

CO₂-meter-bouwkit voor in de klas

Een ESP8266-project van de University of Applied Sciences Aachen

Thomas Dey, Ingo Elsen, Alexander Ferrein, Tobias Frauenrath, Michael Reke en **Stefan Schiffer** (University of Applied Sciences Aachen)

Veel jonge kinderen kunnen niet worden gevaccineerd, dus zij zijn de volgende meest kwetsbare groep in de pandemie. Daarom is goede ventilatie in de klas essentieel en de CO₂-concentratie is daarvoor een goede graadmeter. Leraren van de University of Applied Sciences in Elektor's thuisbasis Aken hebben daarom een CO₂-meter-project gestart. Studenten kunnen dit apparaat bouwen met kant-en-klare elektronicamodules.



Figuur 1: Afgerond apparaat met verkeerslicht en display in een kartonnen behuizing.

Het Duitse milieuagentschap (BMU) geeft op zijn website aan, dat ventilatie helpt tegen de blootstelling aan aerosolen [1]. Verder wordt aanbevolen om CO₂-stoplichten te gebruiken als indicatie wanneer de lucht in een ruimte "opgebruikt" is en ventilatie wordt aanbevolen. Daarom zijn veel scholen bezig om meetapparaten te kopen. Het probleem is, dat veel commerciële apparaten niet meer leverbaar zijn of lange levertijden hebben, vanwege de toegenomen vraag.

In de maker-communities op het Internet circuleren bouwbeschrijvingen om zelf een CO₂-stoplicht te bouwen met elektronische componenten die verkrijgbaar zijn op de markt. Los daarvan heeft een projectgroep

bij de University of Applied Sciences Aachen zo'n bouwkit ontwikkeld. We hebben daarbij verschillende sensoren in verschillende prijsklassen onderzocht en beoordeeld.

Met deze resultaten heeft een onderzoeksteam van de afdeling Elektrotechniek en Informatietechnologie een goedkope CO₂-meter van hoge kwaliteit ontwikkeld die bestaat uit gangbare onderdelen [2]. Dit meetapparaat is bedoeld voor gebruik in schoollokalen; maar natuurlijk is het ook geschikt voor andere binnenruimtes. De CO₂-meter wordt geleverd als een praktische bouwkit. De instructies zijn als online tutorial beschikbaar, dus het meetapparaat kan samen met de leerlingen worden gebouwd en besproken. Het geheel



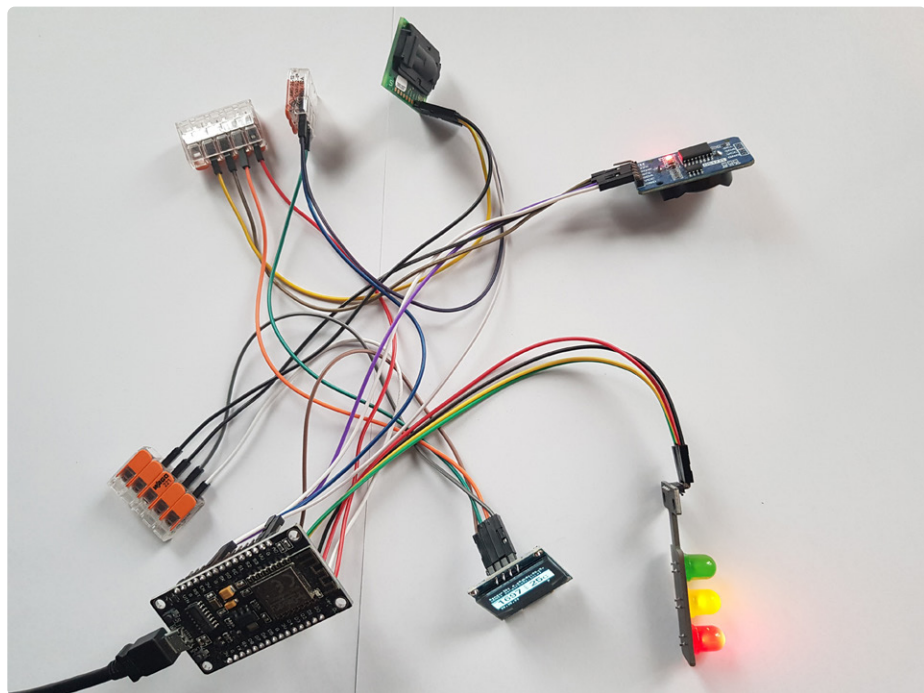
Figuur 4: Een van de configuratiepagina's. Gebruikers kunnen de drempels voor de stoplicht-LED's invoeren. Een Engelstalige versie van de internetpagina's zit in de planning.

den die in elke browser kunnen worden weergegeven. Met die pagina's kan de gebruiker het apparaat configureren. Veel *Elektor*-lezers weten dat de ESP8266 een eigen WiFi-netwerk kan opzetten, maar ook kan inloggen in bestaande netwerken. Dit apparaat ondersteunt beide mogelijkheden, zodat de gebruiker het via een webbrowser kan configureren. Zo kunnen, naast veel andere parameters, de CO₂-drempelwaarden voor de drie LED's van het verkeerslicht worden geconfigureerd (figuur 4).

Om het ontwerp modulair en simpel te houden, gebruiken we een NodeMCU-kaart als break-out-board voor de ESP8266. De USB-connector maakt het (her-)programmeren gemakkelijk. De NodeMCU-kaart kan worden gevoed via USB en genereert de 3,3 V voor de ESP8266. 5 V en 3,3 V zijn ook toegankelijk via de connectors als voeding voor de andere modules.

Periferiemodules

De ESP8266 communiceert via I²C met de CO₂-sensor (op de sensor komen we nog terug). Op dezelfde I²C-bus is ook een real time-klok aangesloten, met een CR2032-knoopcel, om de sensordata te



Figuur 5: Met behulp van klemmen worden de SDA- en SCL-signalen van I²C en de 3,3 V gedistribueerd.

voorzien van timestamps. Voor de eenvoud hebben we gekozen om ook het display aan te sturen via de I²C-interface. Zoals u ziet in het Fritzing-schema in figuur 2, gebruiken we klemmen voor het distribueren van het SDA- en SCL-sigitaal voor de I²C-bus en de 3,3 V voor het voeden van de modules uit het NodeMCU-board (zie figuur 5). Een uitzondering is de RTC: die heeft 5 V nodig.

De RTC-modules die we gebruiken worden geleverd met niet-oplaadbare batterijen. Een eenvoudige 1N4148-diode in serie met 200 Ω levert een continue laadstroom (en heeft 5 V nodig). Die is alleen nuttig voor oplaadbare batterijen. Niet-oplaadbare batterijen zouden kunnen ontploffen! Omdat de levensduur van de batterij langer is dan de verwachte levensduur van de sensoren, hebben we besloten de diode op de RTC te verwijderen om dat gevaarlijke laadcircuit buiten werking te stellen.

Zoals eerder vermeld, gebruiken we drie LED's in vorm van een stoplicht om een snel inzicht te geven in het CO₂-gehalte. Deze LED's zijn verbonden met drie GPIO's van de ESP8266, die zijn geconfigureerd als outputs. We gebruiken een verkeerslicht-module met geïntegreerde weerstanden voor de LED's.

CO₂-sensor

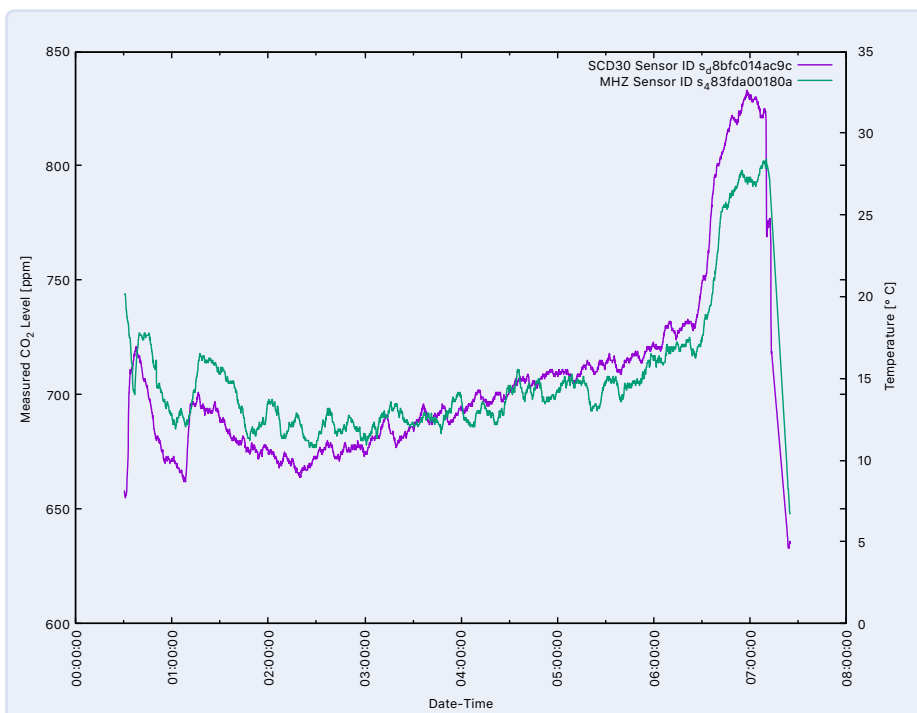
De belangrijkste component is de sensor zelf: Er zijn verschillende sensoren op de markt voor het meten van de luchtkwaliteit. In feite werken ze allemaal met één van twee meetprincipes: (a) VOC en (b) NDIR.

VOC staat voor *Volatile Organic Compounds*. Deze sensoren meten de luchtkwaliteit doordat gassen, zoals koolmonoxide, kooldioxide of benzeen de geleidbaarheid van de sensor veranderen. Het andere principe is *Non-Dispersive InfraRed* (NDIR). Daarbij wordt de concentratie van kooldioxide in een meetbuis geschat aan de hand van de hoeveelheid infrarood licht dat wordt gereflecteerd door het gasmengsel in de buis.

We hebben een aantal sensoren van beide typen getest, door een plastic doos te vullen met een bepaalde hoeveelheid CO₂ (zie figuur 6). Al bij het begin van onze experimenten werd het duidelijk, dat VOC-sensoren niet zo geschikt zijn voor gebruik in een klaslokaal. Ze geven een ruwe indicatie van de luchtkwaliteit, maar wij wilden graag een nauwkeurige meting om een goed advies over ventilatie van de klas te geven. Bovendien wilden we de resultaten van verschillende ruimtes met elkaar kunnen vergelijken.



Figuur 6: Test van verschillende sensoren met bepaalde CO₂-concentraties.



Figuur 7: Vergelijking tussen een MH-Z19- en een SCD-30-sensor [8].

Daarom hebben we gekozen voor een NDIR-sensor. We hebben ook een aantal verkrijgbare NDIR-sensoren onderling vergeleken. We hebben geëxperimenteerd met de Winsen MH-Z19B, de Sensair S8 en de Sensirion SCD-30. We wilden een indruk krijgen hoe nauwkeurig en stabiel de verschillende NDIR-sensoren werkten en hoeveel spreiding er was in de gevoeligheid van verschillende sensoren van hetzelfde type.

In **figuur 7** ziet u een vergelijking tussen een MH-Z19 en een SCD-30 in een praktisch scenario. Beide sensoren maten dezelfde CO₂-concentratie in dit scenario. Ook de spreiding tussen de sensoren van dit type bleek acceptabel. Natuurlijk hebben we maar een kleine steekproef genomen, dus we kunnen niets zeggen over de reproduceerbaarheid bij grote aantallen.

Partnerschap met Elektor

Het project is klaar en het werkt goed, maar er is nog steeds ruimte voor verbetering. Een student van Aachen University of Applied Sciences en Mathias Claussen van Elektor werken op dit moment aan de software, om die nog meer modulair en portabel te maken. Dat zal het mogelijk maken om andere componenten te gebruiken, bijvoorbeeld de ESP8266 te vervangen door de krachtiger ESP32. In plaats van de huidige CO₂-sensor zouden ook andere typen kunnen worden gebruikt.

Vanwege de pandemie is het niet toevallig dat het Elektor Lab ook werkt aan een CO₂-meterplatform, in dit geval met een ESP32 en met printen om de componenten te monteren. Als de software volledig portabel is, zal die te gebruiken zijn in beide CO₂-meterprojecten, en ook voor andere milieusensorprojecten, waar altijd vergelijkbare eisen en diensten worden gebruikt. Let op de artikelen in de volgende edities van ons magazine!

Uiteindelijk hebben we, ook rekening houdend met de levensduur van de sensor, gekozen voor de Sensirion SCD-30 in onze apparaten. Een datasheet is te vinden op de Sensirion-website [5].

Software

De software is ingericht voor een opstartfase, waarin de gebruiker het apparaat kan configureren, een netwerk opzetten en netwerkinstellingen doen, gevolgd door een meetfase, waarin CO₂-concentraties worden gemeten en weergegeven. (Zie het toestandsdiagram in **figuur 8**.)

In de opstartfase opent het apparaat, na de initialisatie, een access point waarmee de gebruiker verbinding kan maken en de configuratie kan instellen. Daarna kan de gebruiker het apparaat benaderen via een webbrowser en een aantal configuratie-instellingen doen, zoals de werkmodus, de WiFi- en MQTT-instellingen, de datum- en tijdstellingen. Hij kan ook de sensorkalibratie starten. De instellingen worden opgeslagen op de flashdrive.

Als er geen gebruiker verbinding maakt in deze fase, gaat het apparaat na ongeveer 30 seconden over naar de meetfase. Afhankelijk van de ingestelde modus maakt het apparaat verbinding met een extern WiFi-access point

