

Digitalisering

van verticale landbouw

Een bijdrage van Würth Elektronik eiSos

Verticale landbouw is een veelbelovende aanpak om een groeiende wereldbevolking te voeden. Geoptimaliseerde verlichting, irrigatie, bemesting en klimaatbeheersing zorgen voor de hoogste opbrengsten en de beste kwaliteit. Dit artikel presenteert een IoT-connected prototype.

Wat is digitale landbouw?

“Digitale landbouw is de naadloze integratie van digitale technologieën in gewassen veeteeltbeheer en andere processen in de landbouw. Voor boeren biedt digitale landbouw de mogelijkheid om de productie te verhogen, op lange termijn kosten te besparen en risico's uit te sluiten.” [3]

Deze aanpak kan niet alleen de opbrengst van de momenteel beschikbare landbouwgrond verhogen, maar kan ook met succes worden toegepast in dichtbevolkte stedelijke gebieden waar ruimte schaars is. De belangrijkste voordelen van indoor farming zijn dat je daarmee je eigen gewassen kunt kweken, milieufactoren kunt controleren, de kwaliteit kunt garanderen en koolstofuitstoot kunt minimaliseren. Het meest voor de hand liggende voordeel van indoor vertical farms is de ruimte. Verticale boerderijen zijn in staat om de productiviteit drastisch te verhogen door meer gewassen onder te brengen op eenzelfde oppervlak.

Er zijn meerdere uitdagingen bij digitale vertical farming. Het grootste nadeel van vertical farming zijn de hoge elektriciteitskosten die nodig zijn om het grote aantal LED's van stroom te voorzien. In plaats van gewoon wit volspectrumlicht kunnen LED's worden gebruikt die alleen de noodzakelijke golflengtes leveren. Het is echter een enorme uitdaging om op grote schaal voor optimale lichtomstandigheden te zorgen en het energieverbruik handmatig binnen de perken te houden.

Bovendien veranderen de milieumomstandigheden die nodig zijn voor een optimale groei, afhankelijk van de keuze van de plant en de groeifase. Het is uiterst moeilijk om

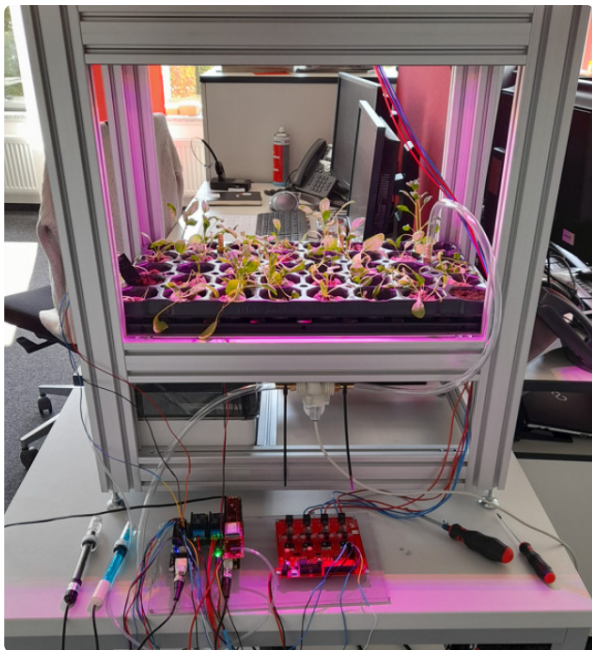
Een verwachte wereldbevolking van bijna 10 miljard zal tegen 2050 een toename van de wereldwijde landbouwproductie met 50 procent vereisen, volgens de Voedsel- en Landbouworganisatie van de VN (FAO). Toch zijn landbouwgrond en andere agrarische activiteiten beperkt. De hoeveelheid landbouwgrond is de afgelopen decennia zelfs afgenomen, van bijna 40% van het landoppervlak in 1991 tot slechts 37% in 2018 [1].

Wereldwijd beslaat de landbouwgrond in 2020 naar schatting 4,7 miljard hectare, ongeveer een derde van het totale landoppervlak. Van dit totale landbouw-oppervlak bestaat ruwweg een derde uit akkerland (ongeveer 1,6 miljard hectare) en de overige twee derde uit permanent gras- en weideland (ongeveer 3,2 miljard hectare) [2]. 1,6 miljard hectare is 12% van het landoppervlak van de aarde. Deze mondiale aandelen zijn sinds 2000 niet noemenswaardig veranderd, maar aan de andere kant is de wereldbevolking toegenomen van 6,15 miljard tot 7,91 miljard in 2021, dat is bijna 30% toename en de groei blijft

doorgaan.

Innovatieve landbouwtechnieken, zoals gecontroleerde omgevings-landbouw (ook wel verticale landbouw genoemd), zijn veelbelovend als middel om de landbouwproductie te verhogen en daarmee te voldoen aan lokale of regionale voedselbehoeften en om te helpen miljarden mensen van versere en voedzamere producten te voorzien, terwijl de milieueffecten van conventionele landbouw tot een minimum worden beperkt. Digitale landbouwbedrijven kunnen alleen slagen als verschillende sleuteltechnologieën, waaronder geavanceerde verlichtingssystemen, controle en toezicht, alsmede regionale acceptatie en passende regelgeving, effectief worden toegepast.

Het doel van dit artikel is te bespreken hoe kunstlicht, monitoring en besturing op afstand belangrijk zijn voor de groei van planten in verticale kweekinstallaties en hoe je je eigen verticale kweekinstallatie op een snelle en kosteneffectieve manier kunt bouwen met behulp van *rapid prototyping tools*.



Figuur 1. Prototype van de indoor farming box (bron: Würth Elektronik eiSos).

verschillende omgevingsfactoren zoals temperatuur, lucht- en bodemvochtigheid te controleren en dynamisch te optimaliseren.

IoT om verticale landbouw te automatiseren

In dit artikel wordt een IoT-oplossing voorgesteld om bovenstaande uitdagingen te overwinnen en tot volledige automatisering te komen. Het Internet of Things (IoT) kan ruim worden gedefinieerd als een overkoepelende term voor een reeks technologieën waarmee apparaten met elkaar kunnen worden verbonden en op elkaar kunnen reageren. Onderling verbonden

apparaten die gegevens genereren, maken een reeks nieuwe toepassingen mogelijk. Industriële automatisering, gezondheidszorg, slimme woningen, slimme steden, slimme netwerken en slimme landbouw zijn enkele van de gebieden waarop de IoT-technologie aanzienlijke voordelen biedt. Het industriële IoT (IIoT), ook wel de 'vierde industriële revolutie' of Industry 4.0 genoemd, is de digitalisering van activa en processen die producten, machines, diensten, locaties/sites verbindt met werknemers, managers, leveranciers en partners. Het nauwer verbinden van de digitale wereld met de fysieke wereld

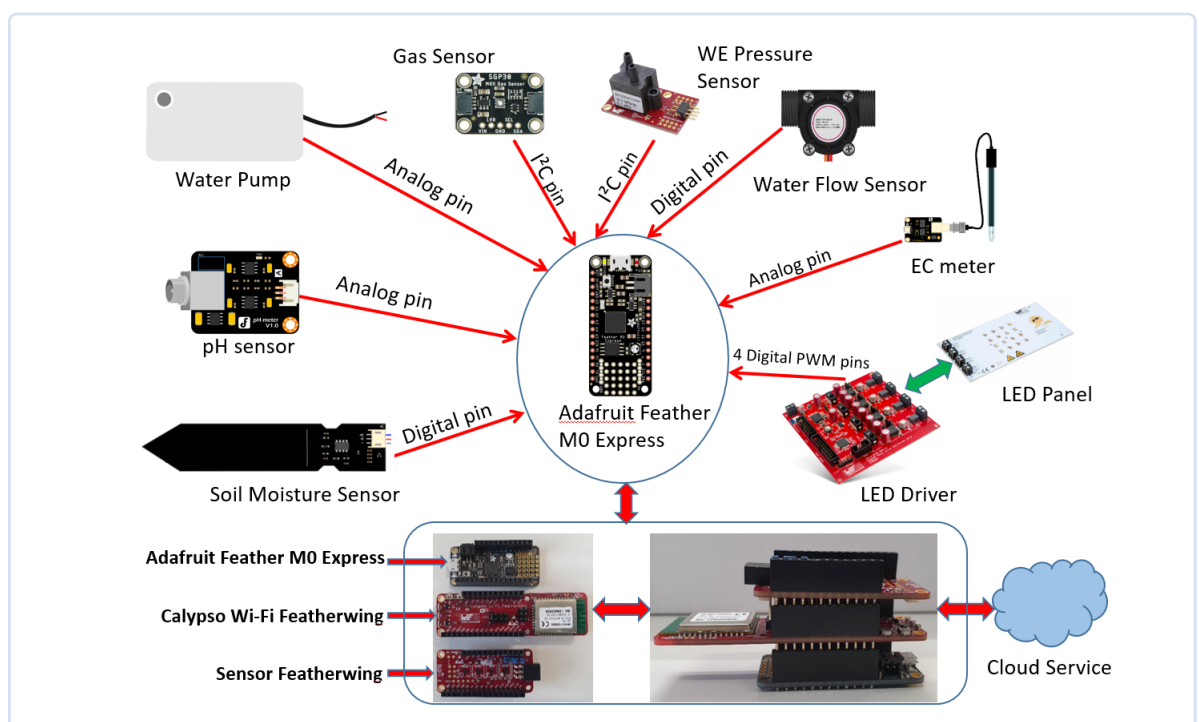
van machines draagt bij tot een hogere productiviteit, veiligheid, efficiëntie en duurzaamheid.

Het IIoT creëert een universum van sensoren dat een versnelde deep learning van bestaande operaties faciliteert en die op zijn beurt snelle contextualisering en automatische patroon- en trenddetectie mogelijk maakt. Dit leidt tot echte kwantitatieve vastlegging van kwalitatieve operaties, wat resulteert in betere kwaliteit, efficiëntie, meer veiligheid, lagere kosten en diverse andere voordelen.

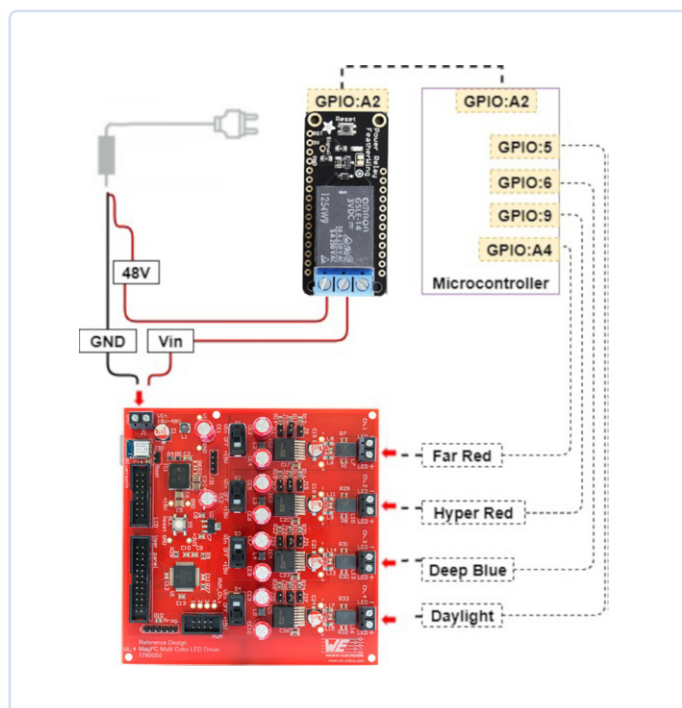
Hier wordt een op het IoT gebaseerde oplossing gepresenteerd om verlichting, irrigatie en andere omgevingsfactoren van een verticale boerderij volledig te automatiseren en te controleren. Verder wordt dit concept in de praktijk gebracht met rapid prototyping tools in de vorm van een volledig geautomatiseerd, verbonden systeem met data-analyse en cloud-connectiviteit met verschillende oplossingen voor verschillende omgevingen. **Figuur 1** toont een prototype van een indoor farming box.

"Feather"-gebaseerde implementatie

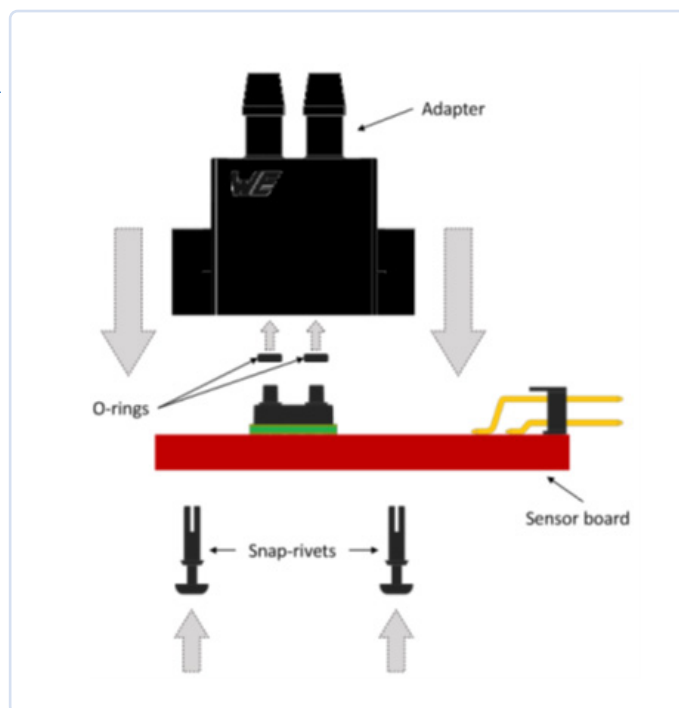
De kerntaak van elke IoT-oplossing is gegevens uit het veld naar de cloud te brengen, waar de analyse ervan de gewenste



Figuur 2. IoT-systeemprototype op basis van de Feather-vormfactor voor vertical farming (bron: Würth Elektronik eiSos).



Figuur 3. Het tuinbouwverlichtingssysteem bestaat uit een array van monochrome LED's en een LED-driver (bron: Würth Elektronik eiSos).



Figuur 4. De verschildruksensor WSEN-PDUS is een zeer nauwkeurige, MEMS-gebaseerde, piëzoresistieve sensor (bron: Würth Elektronik eiSos).

meerwaarde voor de toepassing oplevert. Voor het realiseren van een dergelijke toepassing is gebruik gemaakt van open source hardware- en software-ecosystemen en is een complete IoT-oplossing gebouwd. Voor dat doel zijn Würth Elektronik FeatherWings gecombineerd met het Adafruit M0 Express Feather Board, in combinatie met onze LED's en LED-drivers, en diverse andere sensoren en componenten (figuur 2).

Het basisidee was om een digitaal verticaal landbouwsysteem te implementeren om daarmee enerzijds de groei en anderzijds het stroom- en -waterverbruik te optimaliseren.

Gecontroleerde irrigatie en verlichting

Een verticaal landbouwsysteem bestaat uit een op aarde gebaseerde verticale kweekopstelling, met een vierkanaals LED-driver en een RGBW LED design kit. Dit biedt een eenvoudige oplossing om RGBW-kleuren te mengen voor verschillende verlichtingssituaties, de groei van planten te versterken met het tuinbouwpaneel – en het maakt zelfs binnenverlichting mogelijk op basis van een Human Centric Lighting-concept (HCL). Het druppel-irrigatiesysteem en de watertank maken gebruik van gerecycleerd water, waarvan de pH- en EC-waarden worden gemeten, gecontroleerd en verbonden met de cloud met behulp van verschillende connectiviteitsmodules van Würth Elektronik.

Een bodemvochtigheidssensor controleert de bodemvochtigheid en indien nodig wordt het water met een kleine pomp in het systeem gepompt. De rest van het water wordt opgevangen, gefilterd en teruggeleid naar een tank. De kern van het systeem is een Adafruit Feather M0 Express-board en het Adafruit vermogensrelais. FeatherWings worden gebruikt als schakelaars. Gegevens worden naar de cloud gestuurd waar de informatie wordt verwerkt, geanalyseerd en gebruikt om het systeem te besturen.

Adaptief verlichtingssysteem

Het verlichtingssysteem (figuur 3) bestaat uit twee verschillende onderdelen, een Horticulture LED Panel met vier afzonderlijke kanalen met speciale monochrome LED's voor planten en de MagI3C multi-color LED-driver, beide deel uitmakend van de WE lighting development kit [4]. De kit biedt een eenvoudige oplossing om de groei van planten te stimuleren. Met een MagI3C LED Step Down High Current Module is het mogelijk de intensiteit en de kleur van elk van de vier LED-strings afzonderlijk in te stellen om te voldoen aan de toepassingsbehoeften en de LED-waarden in te stellen op het plantenprofiel. Het tuinbouwpaneel bestaat uit 6 hyperrode, 4 verre rode, 2 diepblauwe en 4 witte keramische LED's. Het systeem kan worden bestuurd met Bluetooth of via de cloud met behulp van WiFi of cellulaire connectiviteit. Hier bespreken we de universele cloud-oplossing.

Irrigatiesysteem

Het waterniveau in de tank wordt gemeten met de drukverschilssensor WSEN-PDUS. Dit is een zeer nauwkeurige, MEMS-gebaseerde, piëzoresistieve sensor (figuur 4). Bovendien pompt een 12V-pomp het voedselrijke water via een stromingssensor in de druppelbak. De waterkwaliteit wordt gecontroleerd met een Gravity: Analog pH Sensor/Meter Kit en een Gravity: Analog Electrical Conductivity Sensor van DFRobot. Het meeste natuurlijke water heeft een pH-waarde tussen 5 en 8. De algemeen aanvaarde pH-waarde voor irrigatiewater ligt tussen 5,5 en 7,5, maar de beste resultaten zijn behaald met water met een pH-waarde tussen 5,5 en 7. Water in dit bereik houdt de voedingsstoffen in evenwicht, zorgt voor effectieve chemische desinfectie en voorkomt kalkaanslag in irrigatieapparatuur [5].

'Fertigatie' is samengesteld uit de woorden fertilisatie en irrigatie. Door het kleine substraatoppervlak vereist de substraat veel bewatering en bemesting, die aan het irrigatiewater wordt toegevoegd. Een EC-meter wordt gebruikt om een te lage of te hoge toevoer van meststoffen in het irrigatiewater op te sporen. De elektrische geleidbaarheid (EC) is een maat voor de concentratie van ionen in water. Hoe zuiverder het water, hoe geringer het geleidingsvermogen.

Voor de bodemvochtmeting werd de capacitieve Adafruit STEMMA Soil Sensor gebruikt. Capacitieve metingen gebruiken

andere kant met een Adrastea-I Feather-Wing (**figuur 7**) voor omgevingen zonder WiFi. Beide zijn verbonden met de rest van het systeem via het Adafruit M0 Express Feather-board.

De Calypso is een compacte WiFi-radio-module op basis van IEEE 802.11 b/g/n (2,4 GHz). Een on-board TCP/IP-stack en MQTT-protocol zijn out-of-the-box geïmplementeerd. De Adrastea-I module is een compacte LTE-M/NB-IoT cellulaire module met geïntegreerde GNSS en een ARM Cortex-M4 processor, geschikt voor elke IoT-toepassing.

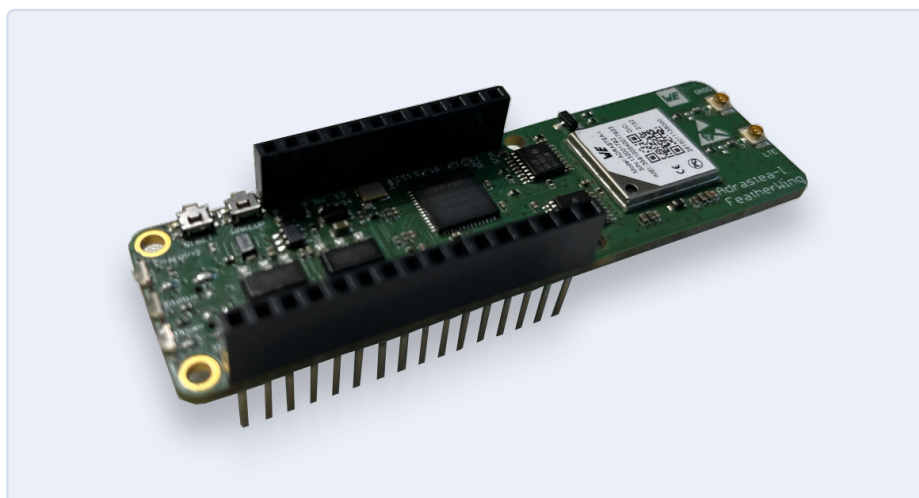
Beide modules kunnen eenvoudig en veilig met elke cloud worden verbonden. In dit geval is gekozen voor een externe M0-processor en Microsoft IoT Central, een Platform-as-a-service, vanwege de eenvoud en het gebruiksgemak. IoT Central heeft een gebruiksklare UI en API gebouwd om IoT-apparaten aan te sluiten, te beheren en te bedienen. Met zijn telemetrie, eigenschappen en opdrachten werd het gebruikt om alle aspecten van het vertical farming-systeem te monitoren en te besturen.

AI-ondersteunde benadering

Verder kan AI worden gebruikt om patronen te detecteren en plantprofielen in de cloud aan te maken, waarmee de LED-waarden, temperatuur, vochtigheid en andere parameters automatisch kunnen worden ingesteld om optimale omstandigheden te realiseren.

Verticale landbouw alleen zal de wereld niet voeden, maar het zal een groter aantal mensen van meer verse producten voorzien. Met deze aanpak werd een miniatuurversie van een verticaal landbouwsysteem gedemonstreerd wat mensen in hun keuken kunnen opstellen. Er was ooit een tijd dat zulke dingen bloembakken werden genoemd... 

230077-03



Figuur 7. De Adrastea-I module is een compacte LTE-M/NB-IoT cellulaire module met geïntegreerde GNSS en een ARM Cortex-M4 processor (bron: Würth Elektronik eiSos).

Over de auteurs



Miroslav Adamov studeerde natuurkunde en informatica aan de Universiteit van Belgrado, Servië. Daarna zette hij zijn wetenschappelijk werk voort aan de TU-Berlijn, WIAS Berlijn, FAU Erlangen/Nürnberg en Center of Private Equity Research in München. Na een paar jaar in kwantitatieve financiën kwam hij in 2015 bij Würth Elektronik als Senior Business Analyst. Zijn functie als Senior IoT Solution Architect nam hij over in 2017, met primaire focus op conceptualisatie en implementatie van industriële IoT-oplossingen.



Adithya Madanahalli studeerde af aan de Technische Universiteit München met een MSc. in Communication's Engineering. Daarna werkte hij enkele jaren als software engineer op het gebied van draadloze connectiviteit en sensoren. Sinds 2022 is Adithya IoT Engineer bij Würth Elektronik eiSos in de business unit voor draadloze connectiviteit en sensoren. Daar is hij gespecialiseerd in het ontwerp en de ontwikkeling van IoT-oplossingen die zich richten op hardware, embedded software en end-to-end beveiliging.

WEBLINKS

- [1] "The future of food and agriculture: Trends and challenges," a report by the Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017 [PDF]: <https://fao.org/3/a-i6583e.pdf>
- [2] "Land statistics and indicators – Global, regional and country trends, 2000-2020," Faostat Analytical Brief 48 [PDF]: <https://fao.org/3/cc0963en/cc0963en.pdf>
- [3] E. Ambrose, "Digital agriculture: Why the future is now." : <https://ag.purdue.edu/stories/digital-agriculture-why-the-future-is-now/>
- [4] Würth Elektronik Lighting Development Kit: https://we-online.com/en/components/products/LIGHTING_DEVELOPMENT_KIT
- [5] V. Brunton, "Irrigation water quality" [PDF]: https://dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/433643/Irrigation-water-quality.pdf