
INTRODUCTIE OP DE MODULE DIGITALE TECHNOLOGIE

Klaas Beute

Rudy Jonker

Bart Kappé

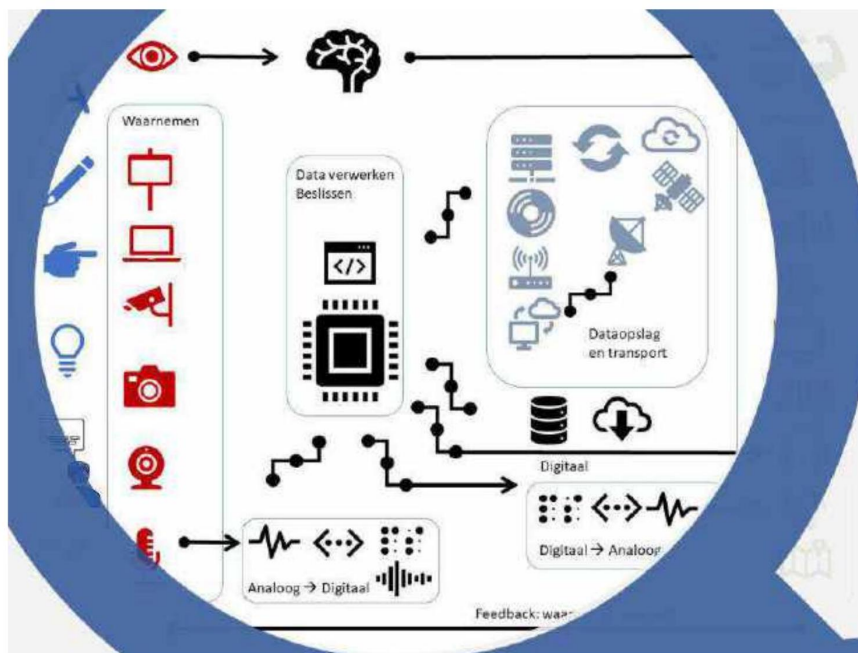
Aernout van Rossum

Jan Jaap Wietsma

21st Dec, 2024

created in  Curvenote

Keywords NLT, schakelmodule, digitale technologie



1 Leerdoelen

Kennis

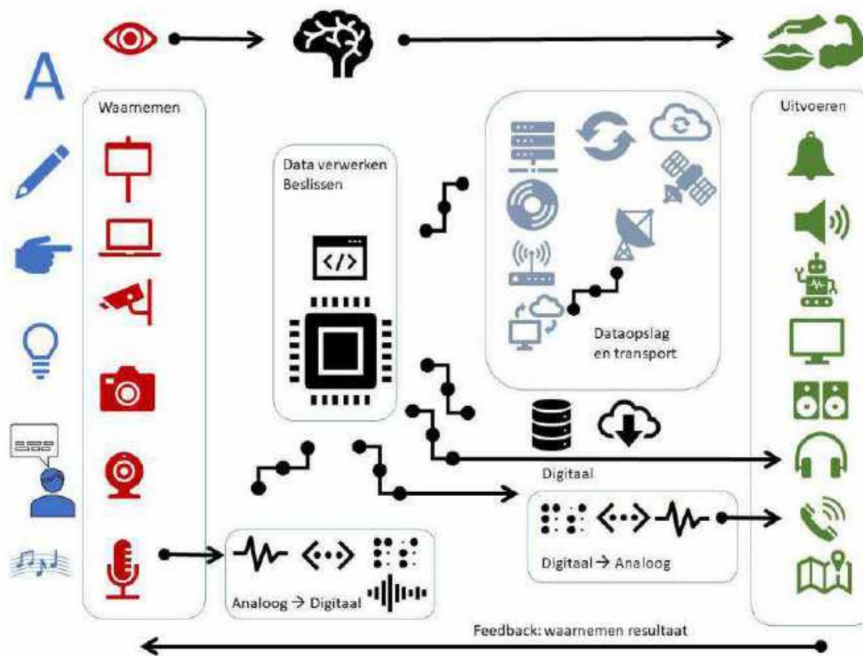
1. Kennismaken met basisbegrippen die in de digitale wereld gebruikt worden. De volgende basisbegrippen kun je uitleggen en gebruiken: sensor, analoog-digitaal conversie, interface, data, processor, dataopslag, datatransport, datacommunicatie, actuator, cloud, ic, programma, programmeren, algoritme, digitaal-analoog conversie.

2. Opbouw van een digitaal apparaat herkennen en beschrijven aan de hand een schematische weergave (het analyseschema digitale technologie).

Vaardigheden 3. Je kunt de functie van een digitaal apparaat uitleggen aan de hand van de basisfuncties waarnemen, data verwerken, beslissen, dataopslag en -transport, uitvoeren en terugkoppeling. 4. Je kunt de relatie tussen een fysieke grootheid en een numerieke (digitale) grootheid uitleggen en welke voor- en nadelen het heeft om informatie digitaal te verwerken.

In dit gedeelte maak je kennis met de basisbegrippen van digitale technologie en een manier om de onderdelen van een digitaal systeem te kunnen benoemen en herkennen: het analyseschema.

2 Basisbegrippen



Figuur 2.1 Schema digitale technologie

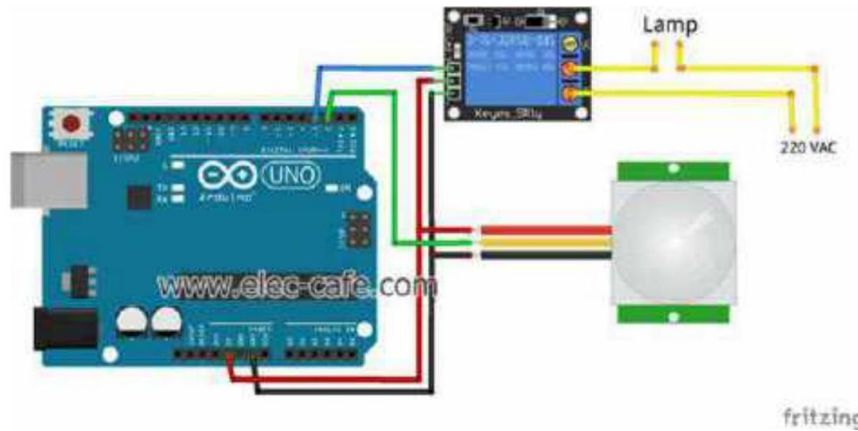
Digitale technologie maakt gebruik van 'digitale' apparaten. Digitaal houdt in dat het apparaat signalen gebruikt die uit maar twee verschillende waarden (bits) bestaan: nul of een. Een rijtje bits vormt samen een klein blokje informatie, bijvoorbeeld een getal of een letter.

Alle apparatuur, die bij digitale technologie wordt gebruikt, heeft overeenkomstige onderdelen en functies. Figuur 2.1 geeft hiervan een schematisch overzicht. Sommige onderdelen komen in ieder digitaal apparaat voor. Wanneer onderdelen ontbreken, betekent het vaak dat een digitaal apparaat andere apparaten of de mens nodig heeft om te kunnen functioneren. Want: digitale apparaten/ digitale technologie bestaan omdat mensen daarmee werken. Altijd moet de verbinding tussen mens en machine gemaakt worden via interfaces (zoals schermen, knopjes en toetsenborden).



Figuur 2.2 Zintuig - hersenen - ledematen: waarnemen, verwerken en uitvoeren in ons lichaam.

Een digitaal systeem heeft veel overeenkomsten met onszelf. Wij hebben zintuigen om de omgeving waar te nemen, hersenen die informatie verwerken en beslissingen nemen voor ons handelen, en organen of ledematen die deze handelingen uitvoeren, zoals handen, benen of stembanden. Verandering van de omgeving nemen we weer waar met onze zintuigen, de feedback, om ons handelen weer te kunnen bijstellen.



Figuur 2.3 Sensor (voor licht), processor (Arduino) en actuator (lichtschakelaar): waarnemen, verwerken en uitvoeren in een digitaal apparaat.

Met techniek zijn zintuigen, hersenen, organen en ledematen nageemaakt. Ze heten dan: sensoren, processoren en actuatoren. In plaats van zenuwvezels lopen er in een apparaat draadjes, die de signalen doorgeven.

3 Algemene beschrijving van het schema

In het schema van een digitaal systeem (fig. 2.1) zijn vier belangrijke blokken te onderscheiden. Waarnemen - verwerken en beslissen - dataopslag en datatransport - uitvoeren. We leggen eerst uit wat er mee bedoeld wordt. In de vervolghoofdstukken gaan we elk van deze blokken verder uitwerken.

4 1. Waarnemen (hoofdstuk 3)

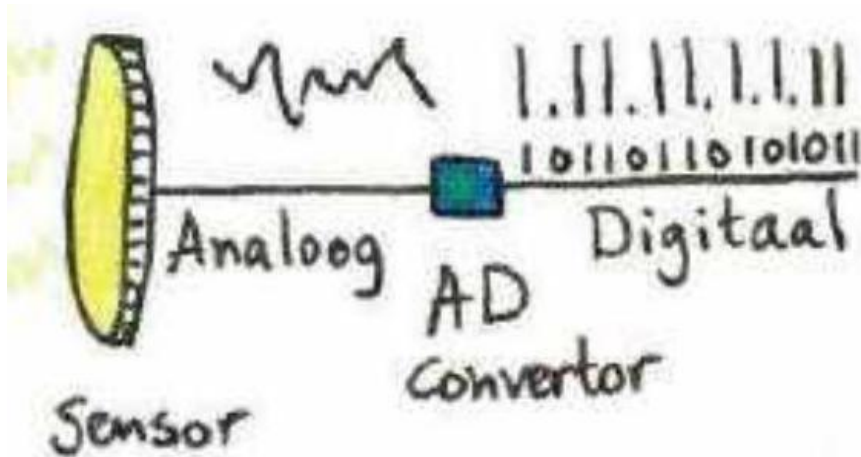


Figuur 2.4 Waarnemen

Figuur 2.5 Conversie

Als mens nemen we onze omgeving, de fysieke wereld, waar. Licht via onze ogen, aanraking met de huid, chemische stoffen in de lucht met onze neus, of bewegingen met ons evenwichtszintuig. Veel apparaten, die wij gebruiken, doen dat ook. Ze zijn uitgerust met sensoren. Een telefoon heeft bijvoorbeeld sensoren voor verplaatsing, licht (camera's), aanraking, warmte, geluid, magnetisme of radiogolven. Hiermee kunnen wij het apparaat bedienen, praten, foto's maken of onze positie bepalen. Door gegevens van sensoren op een slimme manier te combineren, kunnen veel dingen via een omweg gemeten worden, bijvoorbeeld het meten van verplaatsing door een camera te gebruiken.

Een sensor zorgt dat een fysische grootheid (bijvoorbeeld licht of temperatuur) naar een elektrisch signaal wordt omgezet. Het signaal uit de sensor is analoog (kan oneindig veel waarden aannemen) en wordt vertaald in een digitaal signaal (een reeks blokjes met een hoge óf een lage spanning). Die truc wordt uitgevoerd door een analoog-digitaal omzetter (AD converter, figuur 2.6). Het resultaat is een binair signaal (0 of 1).



Figuur 2.6 Analoog naar digitaal omzetting

| Mens | Functies | Machine | Functies |
|---------------------------------------|---|------------|---|
| Zintuig (uitwendig en inwendig) | Waarnemen (licht, geluid, temperatuur, aanraking, chemische stoffen, beweging; inwendig bijvoorbeeld bloedsuiker, hormonen, kooldioxide) | Sensor | Invoer: waarnemen van de buitenwereld (licht, temperatuur, aanraking, chemische stoffen enz.) |
| Zenuwcellen, hersenen | Verwerken en beslissen | Processor | Berekenen en informatie uitsturen |
| Geheugen | Netwerk van verbindin- gen tussen zenuwcellen | Dataopslag | Opslag van bits in geheugenchip of op harde schijven |
| Spier en klier | Uitvoeren van bewegin- gen (dus ook ademen, geluid maken enz.) en afgeven stoffen of hormonen (voor regeling in lichaam) | Actuator | Bewegen, licht geven, geluid |
| maken enz. | | | |

2.1 Mens en digitale machine vergeleken

5 Vragen

6 2. Verwerken en beslissen (hoofdstuk 4)

Digitale signalen lopen als stroompulsjes door metaaldradjes, flitsen als radiogolf of licht

Figuur 2.7 Verwerken en beslissen door de lucht en door glasvezel. Bij een digitaal signaal maakt het weinig uit hoe groot elk pulsje is: als er maar onderscheid te maken is tussen wel en geen puls (1 of 0). Dat voorkomt verlies van het signaal.

Het verwerken van de pulsen in een digitaal systeem gebeurt in heel kleine chips (enkele vierkante mm). Deze microprocessors zitten vol elektronische schakelingen, geïntegreerde circuits (IC), die miljoenen kleine onderling verbonden onderdelen bevatten. Dat zijn o.a. transistoren (schakelaars), diodes (die elektronen in één richting doorlaten) en condensatoren (voor het tijdelijk opslaan van elektronen).

Een IC zet de spanning op uitgaande metaaldraadjes aan en uit op basis van binnenkomende signalen. Wat de IC precies doet, wordt bepaald door de bedrading én door de stand van de schakelaars. Door tevoren de schakelaars in een bepaalde stand te zetten met stroompulsjes, wordt een IC geprogrammeerd. Soms ligt dat programma vast: de processor is dan gemaakt om altijd hetzelfde te doen. Andere processoren zijn telkens opnieuw programmeerbaar. Alle schakelaars komen in de beginstand als de IC geen stroom meer krijgt (reset). De software kan de IC dan opnieuw programmeren. Die van je mobiel heeft telkens andere klusjes, dus vertelt de app (applicatie, het programma) wat er moet gebeuren. Wat de IC doet wordt bepaald door de regels (algoritmen, zie kader) in de software. Daardoor is een processor flexibel te gebruiken.

7 Algoritme

Het woord algoritme herinnert aan de Arabische wiskundige Al-guarismi, die ook de basis legde voor Al-gabbr (algebra). Hij beschreef het oplossen van een (reken)probleem in stappen, die samen een algoritme vormen, dat je kunt volgen om een probleem op te lossen.

Dat doe je in je dagelijks leven voortdurend. Als je een boterham met kaas wilt klaarmaken, volg je een aantal stappen. Welke je precies volgt is afhankelijk van de situatie.

Werk je met een groot stuk kaas of plakjes? Gebruik je een kaasschaaf of een mes? Als je de stappen precies noteert voor elke situatie, krijg je verschillende algoritmen. Verschillende algoritmen kunnen dus dezelfde uitkomst hebben.

8 3. Datatransport en dataopslag (hoofdstuk 5)

Figuur 2.8 Opslag en transport van data

Figuur 2.9 Dataopslag



Figuur 2.10 Uitvoeren

Figuur 2.11 Conversie

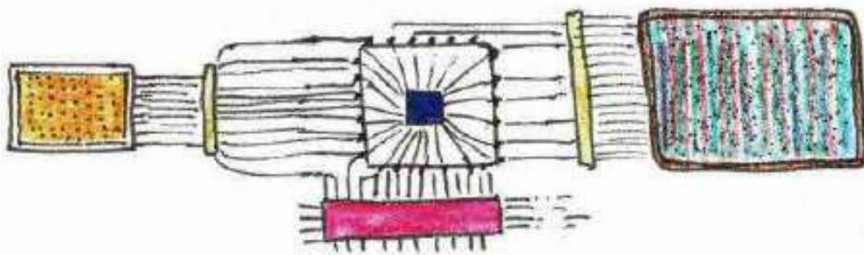
De enen en nullen in digitale signalen worden door de processor voortdurend verplaatst in zijn eigen werkgeheugen en als digitale data opgeslagen op harde schijven of geheugenchips. Hiermee kan data op een ander moment verder worden bewerkt of gebruikt, maar ook verplaatst en ergens anders opgeslagen worden. Opslag in de 'cloud' komt er op neer dat (een kopie van) die data op de schijven van een of meerdere digitale opslagplaatsen ergens ter wereld terecht komt.

Als je een foto met je mobiel maakt en deelt met vrienden, kopieert en verstuurt je mobiel de data. Dat gaat draadloos via 4G of 5G naar een telefoonmast, of via wifi naar een netwerk van koper en glasvezel, en komt via routers terecht bij de server van de app met opslagruimte in een datacenter. Google, Microsoft, Facebook, Zoom en de bedrijven achter al de apps, gebruiken enorme datacenters én supersnelle verbindingen met hun servers om al die digitale data te kunnen ontvangen, opslaan, bewerken én weer door te sturen. Heel dynamisch dus. De foto die je maakt, en die vlak daarna te zien is op de mobiel van je vriendin die naast je staat, heeft al binnen een seconde de wereld rondgereisd.

Het beschermen van computersystemen, cybersecurity, is een belangrijk thema bij transport, opslag en gebruik van digitale data. Het is belangrijk dat niet de hele wereld jouw foto's kan bekijken als je dat niet wilt. Ook verwijderen van data blijkt lastig, omdat in een paar seconden een aantal kopieën op allerlei servers staan, waar je geen controle meer over hebt.

9 4. Uitvoeren (hoofdstuk 6)

Aan pulsjes, de bits, in een digitaal systeem heb je alleen maar iets, als je er iets mee kunt doen. Digitale data van een foto wil je graag op een schermje kunnen bekijken. Een rijtje bits kan gebruikt worden om één pixel van een schermje licht te laten geven. Er zijn miljoenen enen en nullen nodig om een afbeelding of tekst op een beeldscherm te laten zien. Maar je kunt ook geluid maken via een stroompje door de spoel in een luidspreker. Op die manier vormen een scherm, luidspreker of motortje de uitvoer van een digitaal systeem en worden daarom actuatoren genoemd. Een digitaal signaal wordt vaak direct gebruikt om een beeldpuntje aan of uit te schakelen. Om een luidspreker te laten werken, moet het digitale signaal eerst omgezet worden in een analoog signaal door een digitaal-analoog omzetter (DA-converter). Dit analoge stroompje kan de luidspreker laten werken om je muziek af te spelen.



Figuur 2.12 Digitale camera: sensor - processor - opslag - actuator (beeldscherm)

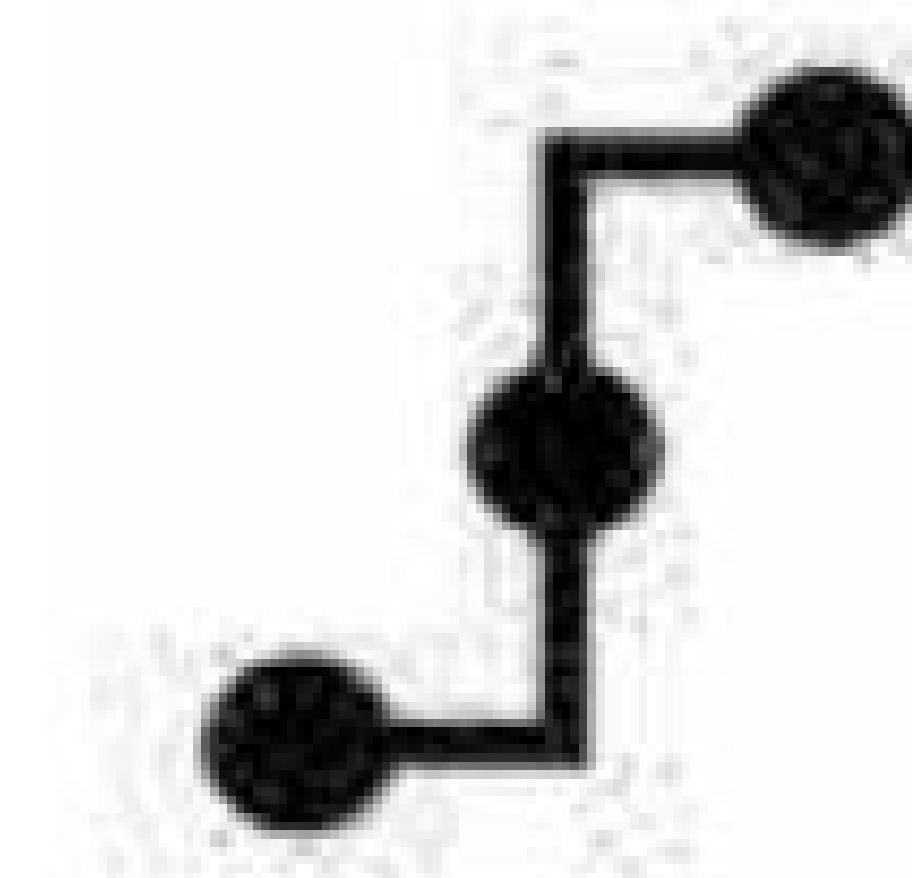
10 5. Feedback (geen eigen hoofdstuk)

In het analyseschema staat het begrip feedback (terugkoppeling): je neemt met sensoren waar hoe een fysische grootheid in de omgeving verandert als een actuator actief is. Bij het nauwkeurig en correct uitvoeren van opdrachten, is het enorm belangrijk dat er controle is op de effecten. Als jij water in je glas giet, blijf je kijken wat je doet, om te voorkomen dat je er naast giet of het glas overstroomt. Net als jij je ogen gebruikt om waar te nemen welk effect je handelingen hebben (terugkoppelen), moet ook een digitaal systeem zijn sensoren gebruiken om te ontdekken wat het effect is van de opdrachten die de actuatoren uitvoeren. Die sensoren ontbreken vaak, omdat digitale systemen met en voor de mens werken. Daardoor doet de gebruiker zelf vaak de terugkoppeling, bijvoorbeeld het regelen van het geluidvolume als je muziek beluistert. Hoe automatischer en zelfstandiger een apparaat werkt, hoe belangrijker de rol van terugkoppeling is. Als heel nauwkeurig te voorspellen is wat een

actuator doet (bijvoorbeeld: een beeldscherm), is het minder belangrijk (maar wel prettig) om allerlei sensoren te hebben. Je mobiel gebruikt een lichtsensor om te bepalen hoeveel omgevingslicht er is en welke kleur dat heeft. Het scherm is op die manier in fel daglicht en in het donker goed te gebruiken.

11 6. Verbindingen (hoofdstuk 5)

Tussen de vakken in het analyseschema zijn verbindingen getekend. Hiermee wordt aangegeven dat informatie van een vak naar een ander vak wordt overgedragen. Van een onderdeel, zoals een sensor, loopt elektriciteit, via stekkertjes en draadjes of via pinnetjes op de printplaat, naar de processor. De informatiestroom kan beide kanten



op



Tussen computers worden netwerkkabels of glasvezel gebruikt of draadloze overdracht via radiogolven. Een deel van die verbindingen hoort bij het vakje datatransport en -opslag.

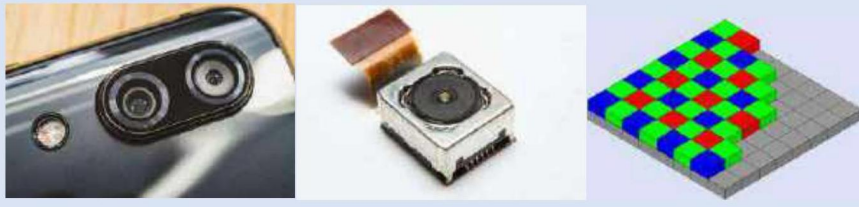


Photo by Mika Baumeister on Unsplash <https://www.vecteezy.com/free-photos> Pixelpatroon, Wikipedia: [Bayer filter](#)

12 Voorbeeldschema: foto's met je mobiel.

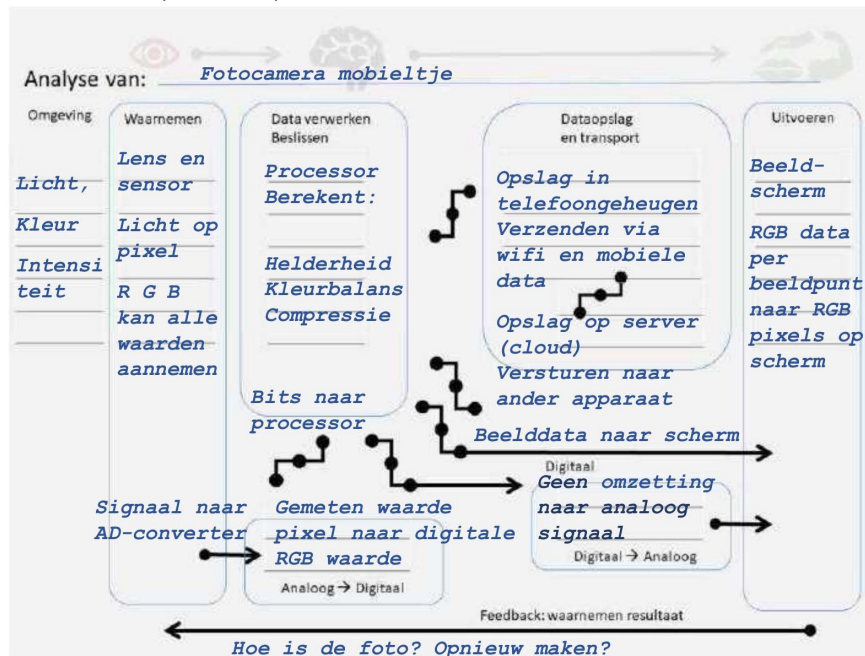
Een mobiele telefoon heeft een camera waarmee je foto's en filmpjes maakt. De camera heeft daarvoor een sensor die via een lens licht opvangt. De sensor is verdeeld in kleine blokjes (pixels), die binnenkomend licht vertalen in een elektrisch stroompje. Naast elkaar zitten een pixel voor R (rood), G (groen) en B (blauw) licht, die samen één RGB beeldpunt vormen. De waarde voor R, G en B is analoog, dat wil zeggen dat het alle mogelijke waarden kan aannemen.

In de camerasensor wordt het analoge signaal vertaald naar een reeks enen en nullen: een digitale waarde. Daarvoor gebruikt de sensor een analoog-digitaal omzetter. Het digitale signaal uit de sensor is een enorme tabel van miljoenen getallen, die voor ieder beeldpunt de RGB waarde weergeeft in (een rijtje van 8) bits. Een goede camera heeft al snel 5 tot 10 miljoen beeldpuntjes (megapixel). Voor één RGB beeld moeten minstens 3 (RGB) \times 5 miljoen (pixels) \times 8 bits verstuurd worden. Ruwe beelden uit de camera gaan digitaal naar de processor in de telefoon. Die processor verwerkt de informatie en berekent bijvoorbeeld hoe het beeld aangepast moet worden. Correctie voor tegenlicht (achtergrond veel te licht) of witbalans (gele foto in kunstlicht) doet de processor. Het fotobestand wordt kleiner gemaakt; als er honderd enen achter elkaar staan, kun je dat verkleinen tot "1, 100 keer". Dat heet datacompressie.

Als dat allemaal gebeurt is, gaat de afbeelding naar het scherm op je mobiel. Een scherm is een actuator: de digitale informatie van de foto gaat naar de beeldpuntjes op het scherm (ook R, G en B). Bekijk het scherm van je mobiel maar eens met een vergrootglas, dan zie je dat.

Tegelijk slaat de mobiel het op bij de foto's (op het camerageheugen). Automatische online opslag (de app foto's) of versturen naar een app (Instagram, Whatsapp of iets anders) betekent dat je mobiel de digitale informatie verstuurt via een draadloze verbinding (wifi, 4 of 5G) naar een server die het dataverkeer voor de app regelt. Je foto staat zo in enkele seconden op meerdere plaatsen in de wereld. Als je de foto via een app met een vriend(in) deelt, stuurt de server deze onmiddellijk door, en geeft de mobiel of computer een melding. Voor je het weet is het fotobestand bewerkt, opgeslagen, gedeeld en op meerdere schermen getoond.

Met deze informatie is het analyseschema (figuur 2.6) als voorbeeld ingevuld. Zo ontdek je hoe je andere digitale



systemen kunt beschrijven.

Figuur 2.13 Ingevoerd analyseschema voor camera van mobiele telefoon

13 Wat ga je doen?

a. Haal een digitale koortsthermometer uit elkaar (of gebruik er een die al uit elkaar gehaald is) en bekijk welke onderdelen aanwezig zijn. b. Verdeel de onderdelen over de vier basiscategorieën aan de hand van het analyseschema (leeg schema achterin de lesmodule of verkrijgbaar als los werkblad): waarnemen, verwerken en beslissen, datacommunicatie en -opslag, en uitvoer. Is er omzetting van analoog naar digitaal signaal en omgekeerd? Zo ja, waar? c. Wat voor omgevingssignaal of -signalen registreert de koortsthermometer? d. Welke sensor(en) heeft de koortsthermometer? e. Welke actuator(en) zijn er aanwezig?

14 Nabespreking koortsthermometer

Een digitale koortsthermometer heeft in het algemeen geen datacommunicatie met de buitenwereld. Een mens bedient het apparaatje en die gebruikt de getoonde gegevens.

De temperatuursensor geeft altijd een waarde aan. Als het meetsysteem aangezet wordt (schakelaar, ook een sensor) wordt de weerstand gelezen en door de AD converter omgezet in een digitaal signaal. De processor bepaalt of de waarde van de weerstand verandert (vergelijk metingen). Als de waarde gedurende 30 seconden niet meer verandert is dat de waarde die op het schermje (uitvoer) moet komen. De processor geeft de opdracht om een piepje (uitvoer via luidsprekertje) te geven. De waarde die op het schermje getoond wordt blijft in een geheugen achter. Indrukken van de schakelaar zorgt dat het apparaat uit gaat. Maar: dit moet vertaald worden in een opdracht aan de processor om te stoppen en het display uit te schakelen. Bij aanschakelen moet de processor alles weer aanschakelen en de laatst gemeten hoogste waarde op het scherm laten zien en na enkele seconden opnieuw beginnen met meten. Voor een koortsthermometer kan ook een minimale waarde ingesteld zijn om een meting te laten starten, bijvoorbeeld 30° Celcius.

Samenwerken met andere apparaten is niet nodig. Het apparaat is ook niet afhankelijk van andere apparaten om zijn werk te doen, het is een zelfstandig, standalone, apparaat.

In het vervolg van de module kom je meerdere systemen tegen, die we aan de hand van dit schema gaan beschrijven.

Jaarlijks belanden miljoenen digitale apparaten op de afvalberg (e-waste). Ook op school of bij jou thuis zijn vast oude apparaten te vinden, die binnenkort worden afgevoerd. Ook zo'n apparaat kun je uit elkaar halen en daarmee de opdracht uitvoeren. Op dezelfde manier kun je andere systemen analyseren. Kies zo'n apparaatje uit en probeer het schema er voor in te vullen. Let op: wanneer er veel vakjes leeg blijven, bedenk dan welke (andere) apparaten er nodig zijn om de functie van ieder vakje te vullen.

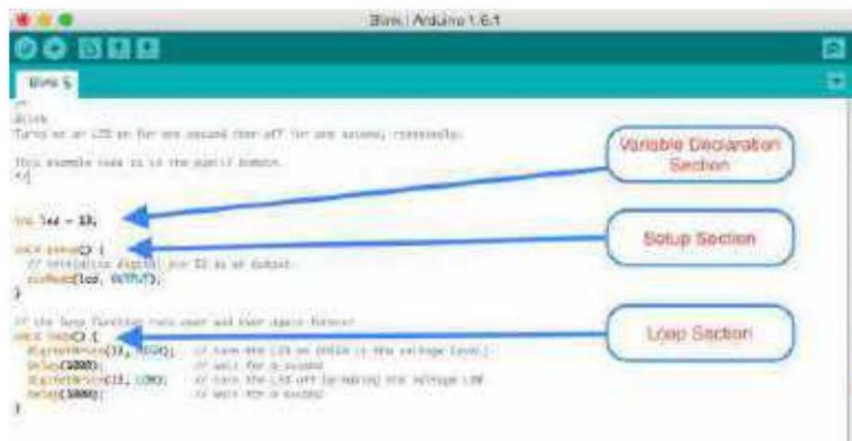
Als het om e-waste gaat: wat gooi je allemaal weg en hoe kun je dat hergebruiken?

Digitale technologie is overal om ons heen. Er zijn diverse manieren ontwikkeld om ermee te experimenteren, zelf te bouwen en programmeren. In dit gedeelte maak je kennis met de meest gebruikte platforms, zodat je daar verderop in de module je eigen projecten mee kunt uitvoeren.

15 Basis van de hardware ontdekken met Arduino, Micro:bit of Raspberry pi

Als je een goed beeld wilt krijgen hoe digitale systemen in elkaar zitten, helpt het om ze zelf in elkaar te zetten en te programmeren. Daar zijn inmiddels veel mooie materialen voor beschikbaar, zoals 'Single Board computers' als Arduino, Micro:bit en Raspberry Pi. Misschien heb je er al wat ervaring mee, want deze kleine apparaatjes worden steeds meer gebruikt op basis- en middelbare scholen.

16 Microcomputer en microcontroller



Figuur 2.14 Arduino code

De Raspberry Pi is een microcomputer, een kleine computer waar je een scherm en een toetsenbord op kunt aansluiten, die een verbinding heeft met het internet, en die je kunt programmeren. Eigenlijk een gewone computer, maar dan veel kleiner en met een aantal aansluitingen waarmee je iets uit kunt lezen (een druktoets) of aan kunt sturen (een LED). De Arduino en de Micro:bit zijn microcontrollers: je kunt er een programma opzetten, waarmee je een sensor uitleest en bijvoorbeeld een LCD display aanstuurt. Je schrijft dat programma op een computer en 'upload' het op de microcontroller. Je kunt maar één programma tegelijk uitvoeren op deze microcontrollers, maar je kunt 'm wel steeds opnieuw programmeren.

Alle drie gebruiken ze Open Source software. Dat betekent dat de computercode voor iedereen toegankelijk is. De programmeurs delen hun code met anderen en ze schrijven samen aan de software, vaak in hun vrije tijd. Die Open Source gedachte is overgenomen door de gebruikers. Als je iets gemaakt hebt worden de resultaten vaak gedeeld met anderen. Overal op het internet zijn voorbeelden te vinden van projecten, die je na kunt bouwen. Zo leer je van elkaars projecten.

Alleen Arduino gaat nog een stapje verder in de Open Source gedachte, omdat het Open Source Hardware is. Het bouwplan van de Arduino staat online en iedereen mag er een (na)maken. Als je wilt, kun je zelfs je eigen Arduino bouwen (<https://www.arduino.cc/en/main/standalone> of <https://www.instructables.com/How-to-make-your-own-Arduino-board/>).

Zo komt het dat je in China voor heel weinig geld een

17 Programmeren

Een computer werkt met instructies (een programma, software) geschreven in een programmeertaal, zoals Arduino taal, C, Python, machinetaal, Visual Basic enzovoorts. Een programmeur schrijft zulke software.

Elke taal definieert, heeft **commando's**, `<>` en een duidelijke markering van {begin} en {eind} van een opdracht. In elk goed programma (code) staat uitleg (`//comments//`). De programmeur beschrijft wat het blokje code doet.

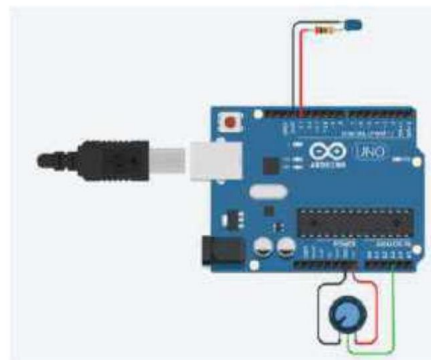
Een werkend programma is fijn. Maar de uitleg is nog fijner, omdat iemand anders jaren later het programma kan begrijpen en aanpassen.

Arduino kloon kunt kopen, terwijl de Micro:bit en Raspberry Pi alleen gemaakt worden door fabrikanten in de EU. Die laatste zijn vaak wat duurder, maar ook wat steviger en betrouwbaarder.

18 Waarom zijn ze handig?

Waarom zijn microcontrollers en microcomputers zo populair? Voor het antwoord op die Vraag moeten we terug in de tijd. Vroeger, voor de microcontrollers, maakten elektronische apparaten gebruik van printplaten: plaatjes waarop de weerstanden, condensatoren en transistoren gesoldeerd zijn, onderling verbonden met een netwerk van geleidende koperbanen. Voor elke kleine verandering moet zo'n printje opnieuw gemaakt worden.

Kijk maar eens naar deze dimmer (fig. 2.16), met een printplaatje met elektronica, een potmeter, transistoren en condensatoren. Klein maar fijn, maar niet flexibel. Want stel dat ik mijn LED niet wil dimmen met een potmeter, maar met een drukschakelaar, die door lang en kort drukken de LED aan en uitzet én dimt? Dan heb je een heel



ander printje nodig.

Figuur 2.16 Dimmen voor LEDs: een printje met variabele draaiweerstand (links) en digitaal met Arduino (rechts)

Een microcontroller werkt veel flexibeler, omdat je 'm kunt programmeren. Je sluit er een LED en een potmeter op aan en schrijft een computerprogramma om de potmeter uit te lezen. Die waarde gebruik je, na wat rekenwerk, om de helderheid van de LED aan te sturen. Maar vervang de potmeter door een drukknop en verander wat aan het computerprogramma, dan kun je de helderheid ook regelen met de tijd die de schakelaar is ingedrukt en hem met een korte klik aan en weer uit zetten.

19 Leren

Om te leren werken met Arduino, Micro:bit en Raspberry Pi heb je eigenlijk geen lagere of middelbare school meer nodig. Op internet wemelt het van de uitleg, lessen en filmpjes. Op de websites van deze single board computers zijn ook lessen, uitleg en achtergrondinformatie beschikbaar. Als je vastloopt en het niet meer weet, zijn er internetforums waar andere gebruikers je kunnen helpen als je vragen hebt.

20 Beroepen

In de wereld van de digitale technologie is veel te doen. De kans is groot dat je zelf, via een onverwachte route, in deze wereld terecht komt.

FutureNL heeft hier de serie DigiDoeners over gemaakt. De labels van schoolvakken laten zien dat het heel breed is. <https://www.lessonup.com/nl/channel/futurenl/series/7b1fc5805d7f73078018673dhttps://www.lessonup.com/nl/channel/futurenl/series/b8914c0f6056a12da919c22a>

Het leuke is dat je al snel begint met het maken van projecten. Je maakt een kleine schakeling, schrijft wat code, en voila, daar heb je een digitale thermometer, een stoplicht of een robot. Er zijn heel erg veel websites waar je leuke projecten kunt vinden, die je kunt maken. Probeer er eens een paar te vinden en maak zo'n project.

Let wel op. Techniek is soms taai. Dingen werken niet, je snapt niet waarom en je zoekt je suf. Dan blijkt dat je ergens iets niet gezien hebt, dat er iets stuk was of dat je een fout(je!) hebt gemaakt met grote gevolgen. That's the life of an electronics nerd, sorry about that. Hou vol, blijf nadenken en redeneren, Vraag hulp (maar denk vooral eerst zelf na) aan een klasgenoot, een TOA of docent of op Internet. Uiteindelijk komt het bijna altijd goed.

Mocht je je nou afvragen waarom je deze tekst hebt gelezen, omdat alles toch online te vinden is?! We hebben hier een globaal overzicht gegeven en proberen uit te leggen, waarom dingen zijn zoals ze zijn. Wat hier staat vind je dan weer niet online, omdat dat vaak te gedetailleerd is of op een niveau, dat voor beginners te hoog gegrepen is. En natuurlijk, omdat dit het vak nlt is.

Je leert veel door dingen zelf te maken. We geven in het laatste deel van elk hoofdstuk maakopdrachten waar je (in overleg met docent en TOA) een keuze uit maakt.