Internet of Things (IoT) – Inleiding

Inhoudstafel

[1. Duiding voor de leerkracht 2](#_Toc37859862)

[1.1. Leerdoelen voor deze inleiding 2](#_Toc37859863)

[1.2. Werkwijze voor deze inleiding over IoT 2](#_Toc37859864)

[2. Internet of Things (IoT) – Wat denken jullie zelf? 4](#_Toc37859865)

[3. Bestaande IoT-systemen en hun werking bestuderen 6](#_Toc37859866)

[3.1. Bestaande systemen bestuderen 6](#_Toc37859867)

[3.2. Op weg naar een algemene definitie en een algemeen blokschema? 8](#_Toc37859868)

[3.2.1. Een eerste versie 8](#_Toc37859869)

[3.2.2. De hartmonitor 8](#_Toc37859870)

[3.2.3. Slimme vuilnisbakken 9](#_Toc37859871)

[3.2.4. Algemene definitie en blokdiagram 10](#_Toc37859872)

[4. Een kritische blik op IoT 12](#_Toc37859873)

[5. IoT in de toekomst? 14](#_Toc37859874)

[6. Het eigen IoT-project 16](#_Toc37859875)

[6.1. De centrale uitdaging van jullie IoT-project 16](#_Toc37859876)

[6.2. Het ontwerp van een oplossing 16](#_Toc37859877)

[7. Bijlage – IoT design 18](#_Toc37859878)

[7.1. Belangrijke aspecten 18](#_Toc37859879)

[7.2. Overzichtstabellen 20](#_Toc37859880)

# Duiding voor de leerkracht

## Leerdoelen voor deze inleiding

1. De leerlingen kunnen de belangrijkse elementen van een gegeven IoT-systeem en de communicatie daartussen identificeren en weergeven in een blokschema.
2. De leerlingen kunnen het onderscheid maken tussen one-way en two-way communicatie.
3. De leerlingen kunnen het algemene basisschema voor een IoT-systeem opstellen en duiden.
4. De leerlingen kunnen kritisch naar een IoT-systeem kijken en de voor- en nadelen vergelijken ten opzichte van andere oplossingen.
5. De leerlingen kunnen voorbeelden geven van IoT-systemen en bespreken hoe het IoT-systeem een oplossing biedt voor het achterliggende probleem.
6. De leerlingen kunnen voor een gegeven IoT-systeem nagaan waar er mogelijke problemen kunnen zijn rond privacy, het veilig doorsturen en bewaren van data en rond de ecologische impact van een IoT-systeem.
7. De leerlingen kunnen benoemen welke technologieën cruciaal zijn om IoT verder te ontwikkelen en beschrijven hoe deze technologieën nog verbeterd kunnen worden.
8. De leerlingen kunnen voor hun gekozen studierichting de beroepsprofielen identificeren die gerelateerd zijn IoT.
9. De leerlingen kunnen voor een gegeven IoT-systeem de belangrijkste ontwerpkeuzes identificeren en de vertaalslag daarvan maken naar een blokschema om de werking weer te geven.
10. De leerlingen kunnen voor een gegeven probleem een IoT-systeem bedenken dat het probleem oplost; hiervoor een blokschema opstellen dat de werking van het systeem weergeeft; en de gemaakte ontwerpkeuzes verwoorden en motiveren.

## Werkwijze voor deze inleiding over IoT

Deze inleidende bundel over IoT heeft als doel om in een 3-tal lesuren het onderwerp “Internet of Things” te introduceren en van start te gaan met een eigen probleem en bijpassende IoT-oplossing. Hierbij gaan de leerlingen vooral zelf aan de slag. Ze kijken eerst naar wat ze al weten, bestuderen bestaande voorbeelden, doen opzoekwerk, denken zelf na, en zijn kritisch. Uit die inzichten en informatie filteren ze zelf een genuanceerd beeld van wat IoT juist is, wat de voor- en de nadelen zijn, hoe het kan bijdragen aan een oplossing voor maatschapplijke (en andere) problemen, en hoe het gerelateerd is met de studie en de toekomstige beroepsprofielen van de leerlingen.

De taak van de leerkracht bestaat er hier vooral uit om het leerproces te begeleiden wanneer nodig en *niet* uit het gewoonweg aanbieden van informatie. De leerlingen moeten vooral zelfgestuurd werken in kleine groepjes en nadien steeds hun inzichten met de klas delen om zo tot klassikaal gedragen inzichten te komen.

Hierna kunnen de leerlingen aan de slag met het uitwerken van hun eigen IoT-project. Ze vertrekken daarbij vanuit een centrale uitdaging of een centraal probleem dat ze willen aanpakken. Deze uitdaging of probleemstelling is vrij te bepalen door de leerkracht maar er wordt sterk aangemoedigd om dit zo relevant mogelijk te maken voor de leerlingen in de specifieke studierichting en er ook een maatschappelijke relevantie aan te koppelen waar moglijk. Vertrekkende vanuit die uitdaging of probleemstelling moeten de leerlingen de nood ervaren om allerlei nieuwe kennis en vaardigheden rond de onderliggende IoT-technologieën op te doen. Op deze manier komen de nieuwe leerinhouden op een relevante manier aan bod, ze zijn namelijk *noodzakelijk* om het probleem op te lossen. Deze kennis en vaardigheden worden aangeboden in aparte leerbundels, telkens per technologie of per vak. Die leerinhouden worden dan ook best aangebracht op het moment dat deze noodzakelijk is om het ontwerp van de leerlingen uit te werken en te realiseren zo bij te dragen tot de realisatie van hun eigen IoT-systeem.

Het is *niet* de bedoeling om eerst alle leerinhouden aan te brengen zonder context, daarna een probleem voorop te stellen en daarna de gekende leerinhoud toe te passen aangezien dit het leren van de leerinhoud op het moment van het leren zelf niet relevant of noodzakelijk maakt.

Aangezien het gebruik van een blokschema centraal staat in het weergeven en beschrijven van de werking van een IoT-systeem in deze module is het aangeraden om hier in elk vakgebied zoveel mogelijk mee aan de slag te gaan. De verschillende vakleerkrachten kunnen zo elk hun eigen “laag” bovenop een blokschema aanbrengen. Zo kan er bijvoorbeeld een onderscheid gemaakt worden tussen elektrische kringen met lagere en hogere spanning; of kan er een bedradingsschema voor de elektrische verbindingen en/of voor de dataverbindingen opgesteld worden; etc.

In het begin wordt er sterk toegewerkt naar een algemene definitie en een algemeen blokschema voor IoT. Dit is erg moeilijk en zelfs onder onderzoekers en ingenieurs zal er steeds discussie blijven over een algemeen blokschema, zeker omdat er zoveel variatie mogelijk is voor verschillende toepassingen. In deze bundel is er dan ook geen algemeen en ideaal blokschema gegeven. Het proces dat de leerlingen doormaken waarbij ze zelf nadenken, waarbij ze de grote variëteit van voorbeelden bestuderen, vergelijken en discussiëren over belangrijke elementen en structuren in IoT-systemen is veel leerrijker dan een erg generiek blokschema dat alles en niets zegt. Deze bundel is dan ook zo opgesteld om vooral op dit leerproces in te zetten en minder op het einddoel.

Veel succes!

# Internet of Things (IoT) – Wat denken jullie zelf?

Werk voor het onderstaande stukje samen met je buurman of buurvrouw.

Bekijk samen de onderstaande cartoons over “Internet of Things” (IoT), oftewel het “Internet der Dingen”, met jullie smartphones of tablets:

[](https://marketoonist.com/wp-content/uploads/2017/01/170109.internetofthings.jpg)[](https://i.pinimg.com/originals/2f/68/98/2f6898cc96d4f14870d49a67afee9674.gif)[](https://miro.medium.com/max/660/0*5NvG6DdtobbvlJKb.)

Formuleer samen op basis van deze cartoons en op basis van wat jullie misschien al weten een eigen definitie voor Internet of Things in woorden:

Maak samen één schets die de zelf geformuleerde definitie voor IoT van hierboven visueel duidelijk maakt.

|  |
| --- |
|  |

Vergelijk jullie definities en schetsen met die van de anderen in de klas en argumenteer waarom je wel of niet akkoord bent met die van je medeleerlingen.

Noteer/schets hieronder de belangrijkste overeenkomsten en verschillen.

# Bestaande IoT-systemen en hun werking bestuderen

## Bestaande systemen bestuderen

Hieronder staan een aantal voorbeelden van IoT-systemen opgelijst. Werk in groepjes en bestudeer per groepje een voorbeeld. Niet elk voorbeeld hoeft behandeld te worden en eigen voorbeelden mogen uiteraard ook voorgesteld worden maar moeten goedgekeurd worden door de leerkracht.

**Opdracht**: stel per goepje jullie voorbeeld voor aan de rest van de klas. Zorg dat jullie bij het bestuderen van deze voorbeelden de onderstaande vragen zeker beantwoorden:

1. Het probleem en de oplossing
   * Welk probleem lost deze technologie op?
   * Wat is het nut van deze technologie?
   * Hoe wordt het probleem opgelost?
   * Hoe werd het probleem vroeger opgelost of aangepakt?
2. Bestudeer de werking en stel een blokschema op dat deze werking weergeeft.
   * Maak een duidelijk onderscheid tussen sensoren, computersystemen (lokaal of centraal), actuatoren en communicatie-elementen.
   * Geef door middel van dunne of dikke pijlen aan of er relatief veel of weinig data van het ene naar het andere element gestuurd wordt. Dit maakt van je blokdiagram ook een “datastroomdiagram” en is erg inzichtelijk om een efficient system te ontwerpen of weer te geven.
   * Ga bewust om met het gebruik van enkele en dubbele pijlen die respectievelijk “one-way communicatie en “two-way” communicatie weergeven.
   * Vul de structuur in de bijlage in voor het IoT-systeem dat je bestudeerd om een beter zicht te krijgen op de designkeuzes die hier gemaakt werden.
3. Hoe werkt deze technologie? (leg uit aan de hand van je blokschema)
4. Waarom is dit IoT?
5. Maatschappelijke relevantie
   * Hoe draagt deze technologie bij aan een betere maatschappij?
6. Wees kritisch.
   * Wat zijn de voordelen?
   * Wat zijn de nadelen?
7. Nu je de werking beter begrijpt, identificeer één onderdeel van het IoT-systeem dat je als eerst zou verbeteren om het systeem nog beter te maken. Zorg dat de impact van je keuze zo groot mogelijk is. Motiveer je keuze.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Voorbeeld 1**: De NEST-thermostaat van Google | | | |
| [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (3).png](https://store.google.com/be/product/nest_learning_thermostat_3rd_gen) | C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (4).png |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Voorbeeld 2**: Detectie van beschikbare parkeerplaatsen | | | |
| [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (5).png](https://ikanda.be/nl/oplossingen/parkingbeheer) | [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (6).png](https://industrial-iot.nl/slimme-parkeerplaatsen-in-de-slimme-stad/) |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Voorbeeld 3**: Energieverbruik en productie monitoren | | | |
| [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (7).png](https://www.smappee.com/be_en/homepage) | [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (8).png](https://www.2-wire.net/) |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Voorbeeld 4**: Slimme deelfietsen | | | |
| [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (10).png](https://www.youtube.com/watch?v=lYBvx-kgr3A) | [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (12).png](https://gocar.be/nl/autonieuws/mobiliteit/elektrische-deelsteps-alles-wat-je-erover-moet-weten) | [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (11).png](https://goflash.com/) | [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (9).png](http://www.uber.com/be/nl/ride/uber-bike) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Voorbeeld 5**: Slimme vuilbakken | | | |
| [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (13).png](https://industrial-iot.nl/prullenbakken-verbonden-met-internet/) |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Voorbeeld 6**: Gebruikstijd, productie, ... van machines registreren en analyseren. | | | |
| [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (14).png](https://www.savaco.com/nl/events/detail/iot-in-de-praktijk-webinarreeks) |  |  |  |

## Op weg naar een algemene definitie en een algemeen blokschema?

### Een eerste versie

Leg na de verschillende presentaties de blokschema’s van alle groepjes naast elkaar en stel met de klas een algemeen blokschema op voor een IoT-systeem. Denk hierbij aan:

* Welke elementen moeten altijd aanwezig zijn om van IoT te kunnen spreken?
* Welke elementen zijn vaak nog extra aanwezig?
* Hoe verloopt de communicatie tussen al deze elementen? Is dit enkele richting (“one-way”) of in twee richtingen (“two-way”)?

Teken op basis van jullie inzichten een algemeen blokschema van een IoT-systeem:

|  |
| --- |
|  |

In de volgende twee hoofdstukken worden nog twee verschillende voorbeelden gegeven van IoT-systemen. Bekijk ze en gebruik de bekomen inzichten om jullie eigen blokschema’s nog te verbeteren.

### De hartmonitor

Hieronder wordt een blokschema voor een IoT-systeem van geconnecteerde hartmonitoren gegeven. Vergelijk jullie eigen blokschema hiermee en bespreek de verschillen.

|  |  |
| --- | --- |
| Blokschema voor geconnecteerde hartmonitoren.  [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (15).png](https://www.researchgate.net/figure/Block-diagram-of-the-Internet-of-Things-platform-supporting-the-in-home-Smart-Grid_fig2_302631407)  Bron: Low-Power Wearable ECG Monitoring System for Multiple-Patient Remote Monitoring - ResearchGate. <https://www.researchgate.net/figure/Block-diagram-of-the-Internet-of-Things-platform-supporting-the-in-home-Smart-Grid_fig2_302631407>. | Bespreek de gelijkenissen en de verschillen tussen het blokschema hiernaast en dat van jezelf.  **Gelijkenissen**:  **Verschillen**: |
| Als er woorden in de figuur zijn die je nog niet kent, noteer ze dan hieronder, zoek op wat ze betekenen, bespreek hun betekenis met de klas en noteer een korte beschrijving achter elk woord. | |

### Slimme vuilnisbakken

Hieronder wordt een blokschema voor een IoT-systeem voor slim vuilnismanagement gegeven. Vergelijk jullie eigen blokschema hiermee en bespreek de verschillen.

|  |  |
| --- | --- |
| Blokschema voor slimme vuilnismanagement  [C:\Users\sceuppen\Downloads\qr-code (16).png](http://iaetsdjaras.org/gallery/45-370-jaras-december.pdf)  Bron: IOT Based Waste Management System for Smart City - ResearchGate. <http://iaetsdjaras.org/gallery/45-370-jaras-december.pdf> | Bespreek de gelijkenissen en de verschillen tussen het blokschema hiernaast en dat van jezelf.  **Gelijkenissen**:  **Verschillen**: |
| Als er woorden in de figuur zijn die je nog niet kent, noteer ze dan hieronder, zoek op wat ze betekenen, bespreek hun betekenis met de klas en noteer een korte beschrijving achter elk woord. | |

### Algemene definitie en blokdiagram

Hieronder wordt een algemene definitie voor een IoT-systeem gegeven, gevolgd door een korte uitleg. Vergelijk je eigen definitie hiermee en bespreek de verschillen.

Algemene definitie van een IoT-systeem:

*Een systeem van geconnecteerde toestellen (computers; mechanische toestellen; digitale toestellen; objecten verbonden met mensen, dieren of planten; ...) die elk een unieke identificatiecode hebben en die data kunnen uitwisselen met elkaar zonder de nood aan menselijke tussenkomst.*

In de plaats van een digitaal netwerk (zoals bijvoorbeeld het internet) te gebruiken om veel *mensen* met elkaar informatie te laten uitwisselen en met elkaar te laten communiceren, laat het Internet of Things toe dat veel *dingen (toestellen)* met elkaar communiceren. Die toestellen kunnen zelfs verbonden zijn met mensen, met andere dieren of met planten waardoor ook levende dingen mee een deel kunnen uitmaken van het netwerk. Deze communicatie kan zowel draadloos als bedraad zijn en vaak komen beiden voor in het grotere IoT-systeem. De toestellen die met elkaar verbonden zijn, hebben in de meer geëvanceerde IoT-toepassingen meestal zowel sensoren als actuatoren en kunnen dus zelf informatie vragen van het netwerk en ook geven aan het netwerk. Elk *ding* (al dan niet verbonden aan een levend wezen) in zo een netwerk heeft zijn eigen unieke identificatiecode (een “identifier”) waardoor de rest van het netwerk weet welk *ding* er informatie vraagt of uitzendt.

Maak nu aanpassingen aan jullie eigen blokschema en defintie van IoT. Noteer en schets jullie **finale algemene defintie en blokschema** hieronder.

# Een kritische blik op IoT

Houd met de klas een klasdiscussie met voorbereiding.

1. Verdeel de klas in 6 ongeveer gelijke groepen. Elke groep krijgt één van de onderstaande thema’s en standpunten opgelegd:
   * Privacy – IoT is beter voor privacy
   * Privacy – IoT is slechter voor privacy
   * Veiligheid – IoT is een veilige technologie
   * Veiligheid – IoT is geen veilige technologie
   * Ecologische impact en duurzaamheid – IoT heeft hier een positief effect op
   * Ecologische impact en duurzaamheid – IoT heeft hier een negatief effect op
2. Elke groep mag zich voorbereiden om argumenten te bedenken en te verzamelen via opzoekwerk om hun opgelegde standpunt te verdedigen. Dit kan als huiswerk of aan het begin van de les.
3. Laat per thema (privacy, veiligheid, ecologische impact en duurzaamheid) de groepen discussiëren met elkaar.
   * Elke groep mag eerst kort haar argumenten duidelijk maken. (enkele minuten per groep)
   * Dan wordt er open gediscussieerd tussen de groep die voor en de groep die tegen is. De leerkracht begeleidt de discussie. (bv. 10 min)
   * Dan mogen ook de andere leerlingen (die rond dit thema geen standpunt opgelegd gekregen hebben) mee discussiëren. (bv 10 min)
4. Tijdens de discussies neemt iedereen nota van de belangrijkste argumenten voor en tegen.

|  |  |
| --- | --- |
| **Privacy** | |
| Argumenten voor IoT | Argumenten tegen IoT |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **Veiligheid** | |
| Argumenten voor IoT | Argumenten tegen IoT |
|  |  |
| **Ecologische impact en duurzaamheid** | |
| Argumenten voor IoT | Argumenten tegen IoT |
|  |  |

Bedenk na deze discussie nog twee specifieke voorbeelden, beschrijf ze kort hieronder en motiveer waarom IoT in dat geval al dan niet een geschikte technologie is om het achterliggende probleem op te lossen:

* Één voorbeeld waarvoor IoT duidelijk een geschikte technologie is:
* Één voorbeeld waarvoor IoT duidelijk (nog) geen geschikte technologie is. Motiveer waarom (nog) niet en wat er nog verbeterd moet worden om er wel een geschikte technologie van te maken:

# IoT in de toekomst?

In de discussie van hierboven, en waarschijnlijk ook in het laatste voorbeeld dat je zelf bedacht hebt, is mogelijk al duidelijk geworden dat er nog heel wat verbeterd kan worden aan IoT. Enerzijds is het de technologische evolutie van de onderliggende technologieën die IoT mogelijk maakt en anderzijds is er nog veel potentieel om deze onderliggende technologieën te verbeteren.

Hieronder worden enkele van de belangrijke onderdelen van een IoT-systeem gegeven. Bedenk of zoek voor elk onderdeel minstens twee mogelijkheden om de technologie nog te verbeteren en bijgevolg IoT beter te maken naar de toekomst toe.

**Sensoren**



**Actuatoren**



**Bedrade of draadloze communicatietechnologie**



Hoe kan wetenschappelijk onderzoek bijdragen aan de verbeteringen die je hierboven hebt beschreven?

Hoe kan wiskundig onderzoek bijdragen aan de verbeteringen die je hierboven hebt beschreven?

Waarom is IoT belangrijk binnen de studierichting die je nu volgt?

Welk beroep wil je later uitoefenen? Hoe kan IoT in jouw toekomstig beroep van belang zijn? Bespreek met je klasgenoten.

# Het eigen IoT-project

## De centrale uitdaging van jullie IoT-project

Met jullie verworven inzichten over IoT, gaan jullie nu zelf een probleem oplossen door zelf een IoT-systeem te ontwerpen. Bepaal met de klas en de leerkrachten welke specifieke IoT-probleem jullie zullen behandelen. Denk hierbij niet onmiddellijk aan een oplossing, maar vertrek vanuit het probleem dat jullie willen aanpakken en ontwerp dan een geschikte oplossing die jullie verder uitwerken.

Beschrijf in enkele zinnen de **uitdaging** of het **probleem** dat jullie centraal stellen en willen oplossen binnen jullie IoT-project:

## Het ontwerp van een oplossing

Bedenk in groepjes een geschikte oplossing voor het hierboven gestelde probleem. Gebruik hierbij opnieuw de aspecten en de tabellen uit de bijlage. Vul de tabellen terug in en gebruik dit om jullie designkeuzes beter te sturen. Vergelijk nadien met de andere groepjes in de klas.

Teken hieronder het **blokschema** van jullie oplossing. Optioneel kan je ook de datastroom aanduiden met dunne en dikke pijlen.

Bepaal in samenspraak met de hele klas welk blokschema of welke blokschema’s er zullen uitgewerkt worden in de klas.

Om de gekozen oplossing in de realiteit te brengen zullen jullie nood hebben aan nieuwe kennis en vaardigheden. Om hierbij te helpen worden er verschillende bundeltjes voorzien die elk dieper ingaan op een bepaalde technologie of op een bepaald onderwerp. Raadpleeg elk van de bundeltjes op het moment dat je deze nodig hebt, wanneer ze van pas komen tijdens jullie zoektocht naar een oplossing, tijdens jullie ontwerp en tijdens het uitwerken er van.

Zo zullen jullie voor IoT op sommige momenten zeker eens nood hebben aan extra informatie over enkele dingen die jullie hiervoor waarschijnlijk al zijn tegengekomen, zoals:

* Communicatietechnologie
* De wiskundige beschrijving van golven
* Sensoren
* Actuatoren
* Controllers
* Databases
* Data-analyse en signaalverwerking
* Elektronica
* Dataprotocollen
* Codering
* Privacy en datamanagement
* ...

# Bijlage – IoT design

In deze bijlage worden enkele aspecten opgelijst die belangrijk zijn binnen een IoT-systeem. Voor een bestaand IoT-systeem is dit overzicht nuttig om te kijken welke ontwerpkeuzes er gemaakt werden en waarom. Wanneer je zelf een systeem ontwerpt kan je best deze aspecten eerst overlopen om je te helpen bij het maken van de juiste keuzes in je ontwerp.

Vele van de onderstaande aspecten zijn sterk gelinkt met elkaar. Kies je bijvoorbeeld voor vele goedkope maar minder preciese sensoren dan zul je veel meer data moeten communiceren, een hoger dataverbruik hebben en moeten verwerken. Of kies je voor een beperkt aantal dure maar erg goede sensoren? Of kies je voor lokale dataverwerking vooraleer de essentie naar het centrale systeem wordt gecommuniceerd, dan heb je meer lokale computerkracht nodig en dus ook energie en vermogen wat het onderdeel weer minder compact en mobiel maakt. Kies je voor een eenvoudig upgradebaar computersysteem dat je elke paar jaar vervangt aan een goedkopere prijs of investeer je voor een erg duur systeem dat 10 jaar moet meegaan? ... Er zijn duidelijk vele ontwerpkeuzes die gemaakt moeten worden.

Als je zelf nog specifieke aspecten hebt die belangrijk zijn om af te wegen, vul dan gerust de lijst aan met de aspecten die voor jullie systeem belangrijke designparameters zijn!

Zelf een IoT-systeem ontwerpen, net zoals elk ander technisch systeem, is dan ook een enorme denkoefening met vele afwegingen. De prioriteiten op voorhand vastleggen helpt alvast om de beste systeemkeuzes te maken!

## Belangrijke aspecten

**Energieverbruik (Wh):** Gaat het onderdeel weinig of veel energie verbruiken? Dit zal mee bepalen of dit onderdeel een eigen energiebron nodig heeft (bv. een batterij of zonnecel) of dat het aan het elektriciteitsnet moet gekoppeld zijn.

**Vermogen (W):** Gaat het onderdeel een laag of hoog maximaal vermogen hebben? Als er een hoge piekbelasting voor het onderdeel mogelijk is dan heeft dit gevolgen voor de energievoorziening, de elektrische aansluiting, de bekabeling, de veiligheidsvoorziening, de gebruikte materialen, koelmechanismen, ...

**Spanning (V):** Heeft dit onderdeel een lage of een hoge spanning nodig? Meerdere elektrische kringen met verschillende spanningen binnen één systeem zorgen voor een complexer ontwerp, vereisen omzettingen van de spanning of verschillende energiebronnen, vereisen communicatie tussen de kringen, en vereisen een verschillende elektrische installatie en veiligheidsvoorzieningen.

**Nauwkeurigheid en precisie**: Moet dit onderdeel een lage of hoge nauwkeurigheid en precisie hebben? Als er vele sensoren zijn kan het interessant zijn om een lagere nauwkeurigheid en precisie per sensor te hebben. Als een berekening erg nauwkeurig en precies moet zijn dan is er meer rekenkracht en zijn er meer rekencycli nodig. Een minder nauwkeurige en minder precieze actuator kan nog steeds nuttig zijn wanneer bijvoorbeeld het mechanische systeem waarop deze inwerkt intelligent ontworpen is en voorzien is van vele contactpunten en begeleidingsvlakken om alles op de juiste plaats te krijgen.

**Data**: Wordt er weinig of veel data geproduceerd, verwerkt, of als input gebruikt voor dit onderdeel? Een 4K camera aan 30fps produceert veel data t.o.v. een temperatuursensor die elke seconde één meting doet. Een server die de opnames van 100 camera’s tegelijkertijd moet behandelen verwerkt een grote hoeveelheid data t.o.v. een kleine logische schakeling die moet nagaan of een gemeten temperatuur hoger of lager is dan een vaste waarde. Een actuator die enkel aan of af gezet kan worden heeft weinig data nodig om gestuurd te worden t.o.v. een groot scherm bestaande uit 10 aan elkaar gekoppelde 4K beeldschermen.

**Rekenkracht (dataverwerking):** Is er op het niveau van dit onderdeel een lage of hoge rekenkracht nodig om snel veel data te kunnen verwerken? Een sensor die veel data produceert maar slechts een beperkte hoeveelheid data naar een centraal systeem mag doorsturen kan best lokaal die data al sterk verwerken door wat rekenkracht lokaal in te bouwen. Een centraal systeem dat veel data moet verwerken zal dan weer erg veel rekenkracht nodig hebben maar dan wel maar op één centrale locatie met een grote datastroom. Een actuator zal meestal minder rekenkracht nodig hebben al kan het zijn dat een IoT-systeem elementen heeft waarin een sensor, een computerchip en een actuator tezamen verwerkt zijn in één element en dat er lokaal veel data verwerkt wordt en er slechts beperkt gecommuniceerd wordt met het centrale monitorsysteem.

**Communicatie**: Is de gebruikte communicatietechnologie bedraad of draadloos? Wordt de data doorgestuurd door vaste datakabels, of wordt de data mee doorgestuurd over de voedingskabels (power line communication), of wordt er gebruik gemaakt van korte afstand draadloze communicatie zoals Bluetooth, of middellange afstand zoals Wi-Fi, of lange afstand voor beperkte communicatie zoals LoRa, of via telecomnetwerken zoals 3G, 4G, 5G, of zelfs via satelliet, ...? Elke communicatietechnologie heef haar specifieke voor- en nadelen.

**Aantal**: Zijn er weinig of veel van deze onderdelen nodig in het IoT-systeem? Binnen een woning zijn er misschien maar 5 kamers waar bijvoorbeeld een specifieke temperatuursensor aanwezig moet zijn maar in een netwerk van deelfietsen in een grootstad zijn er mogelijk enkele duizenden unieke fietsen. Is één enkel gecentraliseerd systeem met veel rekenkracht noodzakelijk, of eerder een system met gespreide rekenkracht dichtbij alle sensoren en of actuatoren?

**Compactheid/mobiliteit/robuustheid**: Moet het onderdeel weinig of veel compact, mobiel en robuust zijn? Een onderdeel dat meebeweegt op een groter systeem (zoals een sensor op een fiets) moet zo klein en licht mogelijk zijn en moet tegen een stootje kunnen. Daarentegen kan een centrale server voor dataverwerking veel groter, logger en delicater zijn aangezien het in een afgesloten en gekoelde ruimte staat.

**Databeveiliging (encryptie):** Is het belangrijk dat de data op het niveau van dit onderdeel niet of sterk geëncrypteerd is zodat deze niet ontcijferd kan worden zonder de encryptiesleutel te kennen? Kan dit onderdeel gemakkelijk hardware- of softwarematig gehacked worden? Is het nodig om op dit niveau dure en erg energieconsumerende technologie te gebruiken? Hou er rekening mee dat data die geëncrypteerd wordt nadien ook ergens opnieuw moet omgezet worden in leesbare data.

**Datadeling (privacy):** Wie heeft toegang tot welke data en wanneer? Mag alle data vrij ter beschikking gesteld worden of enkel een bepaald deel van de data aan bijvoorbeeld de overheid, of moet alles binnen het systeem blijven zodat zelfs voor de gebruiker alles geanonimiseerd is?

**Menselijke tussenkomst**: Vraagt het onderdeel weinig of veel menselijke tussenkomst om beslissingen en keuzes te maken of is het sterk geautomatiseerd?

**Future proof**: Is dit onderdeel “future proof”, d.w.z. is het een onderdeel dat erg lang mee kan gaan, weinig onderhoud nodig heeft, niet snel vervangen moet worden en ook zal kunnen blijven samenwerken en communiceren met toekomstige technologieën, ...? Of is het waarschijnlijk dat het binnen enkele jaren al voorbijgestreefd en achterhaald is, en dat de communicatieprotocollen verouderd zijn?

**Upgradebaarheid**: Is het onderdeel eenvoudig te vervangen door een verbeterde versie of niet? Kan nieuwe firmware en software eenvoudig geïnstalleerd worden en kan de hardware dit ook aan? Kunnen mechanische of elektronische componenten eenvoudig vervangen worden door nieuwere snellere/efficiëntere/compactere/krachtigere/.. versies. Kunnen in de computersystemen de CPU, GPU, RAM en geheugenmodules eenvoudig verwijderd of uitgebreid worden? Kunnen het moederbord en de koeling dit aan? Kan de bekabeling hogere stroomsterktes en datastromen aan of kunnen ze gemakkelijk vervangen worden? Kan de draadloze communicatietechnologie eenvoudig aangepast worden?

**Kostprijs per eenheid**: Mag één eenheid van dit onderdeel duur zijn of moet de kostprijs net erg laag liggen omdat er veel eenheden nodig zijn? Hoe hoger de score op de bovenstaande aandachtspunten, hoe duurder het vaak is. Al is dat zeker niet altijd zo, want een erg energiezuinig systeem dat erg precies is, op een laag vermogen werkt en erg compact is zal technologisch moeilijk en dus erg duur zijn. De kostprijs is dan ook een erg bepalende afweging in een ontwerp.

## Overzichtstabellen

Hieronder worden de drie meest essentiële onderdelen van een IoT-systeem gegeven, namelijk sensoren, een centraal platform en actuatoren. Op het niveau van elk van deze onderdelen kan je nagaan in welke mate de bovenstaande aspecten doorwegen in je designkeuzes. Heb je een systeem waarin je onderdelen hebt die sensoren, dataverwerking en actuatoren bevatten, maak dan gerust een aparte tabel aan voor dat onderdeel.

Op het niveau van de **sensoren:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| **Energieverbruik (Wh)** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Vermogen (W)** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Spanning (V)** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Nauwkeurigheid en precisie** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Data** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Rekenkracht (dataverwerking)** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Communicatie** | Bedraad |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Draadloos |
| **Aantal** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Compactheid/mobiliteit/robuustheid** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Databeveiliging (encryptie)** | Geen |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Sterk |
| **Datadeling (privacy)** | Geen |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Alles |
| **Menselijke tussenkomst** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **“Future proof”** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Upgradebaarheid** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Kostprijs per eenheid** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |

Op het niveau van het **centrale platform:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| **Energieverbruik (Wh)** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Vermogen (W)** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Spanning (V)** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Nauwkeurigheid en precisie** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Data** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Rekenkracht (dataverwerking)** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Communicatie** | Bedraad |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Draadloos |
| **Aantal** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Compactheid/mobiliteit/robuustheid** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Databeveiliging (encryptie)** | Geen |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Sterk |
| **Datadeling (privacy)** | Geen |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Alles |
| **Menselijke tussenkomst** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **“Future proof”** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Upgradebaarheid** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Kostprijs per eenheid** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |

Op het niveau van de **actuatoren:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| **Energieverbruik (Wh)** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Vermogen (W)** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Spanning (V)** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Nauwkeurigheid en precisie** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Data** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Rekenkracht (dataverwerking)** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Communicatie** | Bedraad |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Draadloos |
| **Aantal** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Compactheid/mobiliteit/robuustheid** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **Databeveiliging (encryptie)** | Geen |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Sterk |
| **Datadeling (privacy)** | Geen |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Alles |
| **Menselijke tussenkomst** | Weinig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Veel |
| **“Future proof”** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Upgradebaarheid** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |
| **Kostprijs per eenheid** | Laag |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Hoog |

**Extra**: bedenk aan de hand van de bovenstaande tabellen voor elk onderdeel welk element daarvan je best eerst vervangt in de toekomst om op een efficiënte manier het systeem veel beter te maken.