

Hallo robot!

Natacha Gesquière, Tom Neutens,
Zimcke Van de Staey, Francis wyffels

dwengo

Over de titel
print('Hello world') is doorgaans het eerste dat je op de computer intikt in de eerste les van een cursus programmeren.
De titel van dit boekje verwijst daarnaar.

Dit boekje 'Hallo robot!' is een handleiding bij 'Sociale robot' van de leerlijn AI Op School van Dwengo vzw.

INHOUD

1 Digitale systemen	2	11 Programmeren	50
2 Een toekomst met robots	5	12 Les 1: De rgb-led	54
3 Sociale robots	7	13 Les 2: De ledmatrices	58
4 Sociale robots in de toekomst	17	14 Les 3: Zwaaien	62
5 Vermenselijking	19	15 Les 4: De sociale robot	65
6 De robot	23	16 Terug naar jouw sociale robot	69
7 Kunstmatige intelligentie	35	AI Op School	73
8 Jouw sociale robot	39	FOTO'S EN ILLUSTRATIES	74
9 De Dwengo-simulator	41	BRONNEN - EINDTERMEN	75
10 Ontwerp sociale robot	47	COLOFON	76

1 Digitale systemen

Vandaag de dag zijn digitale apparaten niet meer weg te denken uit onze *maatschappij*. Denk maar aan een robotstofzuiger, een wasmachine, een elektrische tandenborstel of een wekkerradio.

Men spreekt ook van **digitale systemen**. Veel van die apparaten worden aangestuurd door een **microcontroller**.

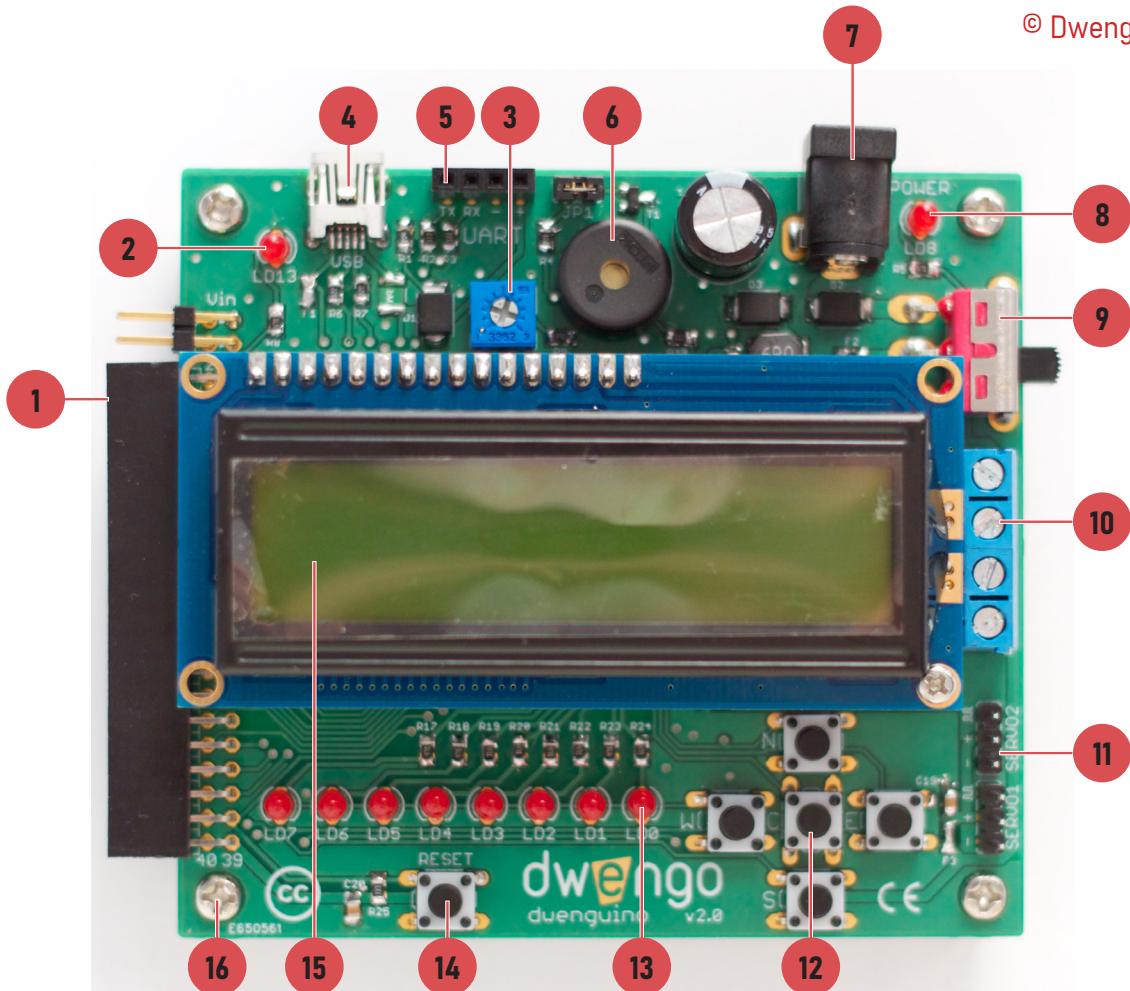
Digitale systemen beschikken over ingangen en uitgangen. De microcontroller krijgt gegevens van de ingangen (**input**). Hij bevat alles wat nodig is om die gegevens te **verwerken**, berekeningen uit te voeren en de digitale apparaten aan te sturen (**output**).



De Dwenguino is een microcontroller-platform dat heel wat elementen bevat waarmee je snel je eigen apparaat kan bouwen.

De Dwenguino beschikt bijvoorbeeld over drukknoppen, een lcd-scherm, een zoemer, leds en connectoren om motoren aan te sluiten. **Vind je deze onderdelen op de foto?**
Welke zijn uitgangen, welke ingangen?

In het boekje 'Bouw jouw eigen robot' vind je meer uitleg over de componenten van de Dwenguino. Je vindt het boekje op onze webpagina dwengo.org/socialerobot.





Paro houdt bejaarden gezelschap en bevordert de sociale interactie tussen de mensen.

2 Een toekomst met robots

Robots duiken hier en daar op, zoals een robotstofzuiger bij je thuis, een robot in het hotel die de klanten verwelkomt, een robot voor de ontmijningsdienst, een robot in de autofabriek en een operatierobot.

Hoe zal de toekomst met robots eruitzien? Zullen robots in ons dagelijks leven even onmisbaar worden als onze smartphone?

Hierover bestaan nog veel vraagtekens! Dromen over een toekomst met robots is alvast spannend: robots om ons te vervoeren en om ons te entertainen, robots voor de klas, robots voor een betere gezondheidszorg en misschien zelfs een robot als collega.

Gaan we met zijn allen afwachten tot de robots er zijn of willen we invloed hebben op hoe ze eruitzien en hoe ze interageren?

Wie wil meedenken om de robots van de toekomst vorm te geven, heeft zeker **inzicht nodig in de werking van een robot**. Bovendien is dat inzicht voor elk van ons belangrijk om geen onrealistische verwachtingen te hebben en de handelingen van robots te kunnen begrijpen. Dit boekje komt daaraan tegemoet.



Pepper verwelkomt klanten en geeft ze uitleg in een winkelcentrum.

3 Sociale robots

kunnen communiceren met mensen. Ze worden in onze samenleving in uiteenlopende gedaantes ingezet in verschillende sectoren, zoals de zorgsector en de horeca.

In het **rusthuis** worden sociale robots gebruikt om bejaarden gezelschap te houden en sociaal contact te stimuleren. In het **ziekenhuis** worden ze ingezet bij revalidatieoefeningen. Sociale robots kunnen ook thuis ingezet worden, bijvoorbeeld om mensen te herinneren aan het nemen van hun medicatie, waardoor ze langer thuis kunnen blijven wonen, of bijvoorbeeld om kinderen te leren omgaan met hun diabetes.

In het onderwijs kunnen sociale robots ingezet worden om leerlingen individueel te begeleiden, of men kan een leerling de leerstof laten uitleggen aan een peer-robot.

Op de luchthaven wijst een robot de reizigers de weg naar de juiste gate. In het museum geeft een robot een rondleiding. In sommige hotels staat een robot aan de receptie. In de winkel kan een robot de klanten op de hoogte brengen van de geldende promoties.

Discussie: Is een sociale robot goed gezelschap voor een eenzame bejaarde?



Furby is een interactieve knuffel die een andere persoonlijkheid aanneemt, afhankelijk van hoe je met hem omgaat.

Voor kinderen zijn er dan weer talloze '**speelmaatjes**' op de markt, waar ze zich zeer sterk kunnen aan gaan hechten, zoals Furby.

Deze speelgoedrobots worden echter niet altijd goed onthaald.

Met het 'Internet of Toys' worden kinderen betrokken in een commerciële, datagestuurde wereld. We moeten er bewust van zijn dat er morele grenzen kunnen worden overschreden. Kinderen kunnen gevoelig zijn voor wat een robot hen vraagt of zegt te doen. Maar ook de privacy van de kinderen is in gevaar.

Hello Barbie is een pop waarmee het kind conversaties kan voeren dankzij spraakherkenning. De pop is verbonden met servers in de cloud en leert uit vorige gesprekken. Omwille van privacyredenen kwam hier veel kritiek op en werd de pop van de markt gehaald.

Gesprekken tussen kinderen en hun teddybeer van CloudPets werden gehackt.

In Duitsland werd de slimme pop My Friend Cayla verboden omdat ze onder andere als afluisterapparatuur gebruikt kan worden door derden.

Robothond Aibo mag omwille van privacyredenen niet verkocht worden in de EU. Aibo neemt bijvoorbeeld foto's van je woning die worden opgeslagen in de cloud en ook de conversaties die je met Aibo voert, komen bij de fabrikant terecht.



K5 Bewakingsrobot in winkelcentrum.



Gezinnen hebben steeds vaker een **home assistant** in huis die taken kan overnemen en, door de mogelijke interactie, deel wordt van het gezin. Smart-home assistenten, zoals Amazons Alexa, kunnen vragen beantwoorden of een muziekje afspelen en informatie geven over het weer en het laatste nieuws.

Maar er zijn ondertussen ook al persoonlijke assistenten op de markt die bijvoorbeeld ogen, oren en een mond hebben en de indruk wekken dat ze meegenieten van de muziek.



Discussie: Mag een fabrikant je gesprekken met je virtuele assistent gebruiken om zijn spraaktechnologie te verbeteren?

Sociale robots **vermaken** ons: ze worden al opgevoerd in het theater, om te voetballen of om een dansvoorstelling te geven.

Shoppingcentra kunnen sociale robots inzetten voor het bewaken van de **veiligheid**. Het is dan de taak van de robots om mogelijk ongepast gedrag of ongewenste gebeurtenissen te detecteren en te rapporteren.

Discussie: Is een robotstofzuiger een sociale robot?

Bekijk de foto's op deze en de volgende pagina. Welke robots zijn sociale robots?



© Luis J. via Pexels

ASIMO.



© Xavier Caré

R2-D2.



Buddy.



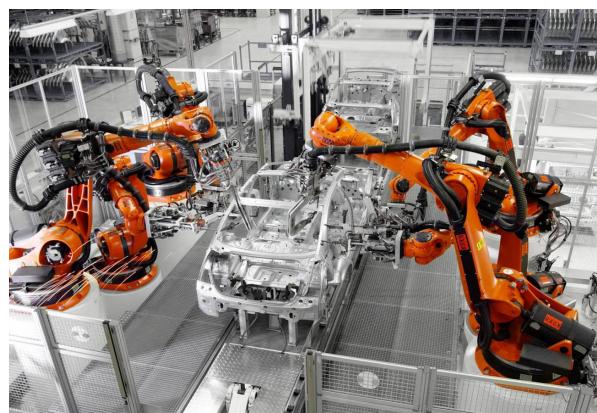
© Belgian Defence
(Fotograaf: Malek Azoug)

Met deze robot maakt DOVO verdachte pakketjes onschadelijk. De operator bedient het toestel vanuit een bestelwagen.



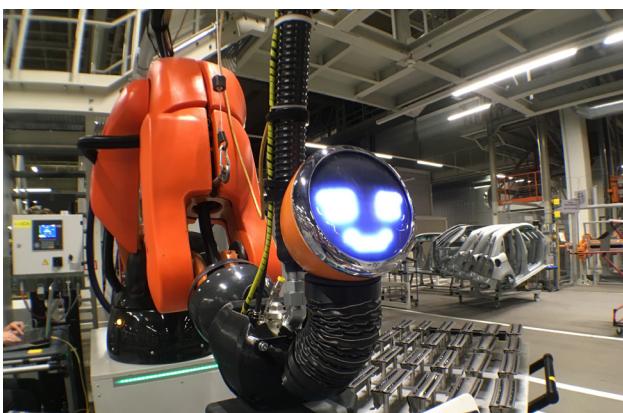
© Cnglee

De Da Vinci robot wordt door de chirurg bediend met een joystick.



© KUKA.

Geautomatiseerde carrosseriebouw met KR QUANTEC.



© Jan De Coster

Cobot Walt als collega in de autofabriek.

3 Sociale robots

Sociale Robotica

van een fysieke robot en hoe die interageert met de fysieke wereld. Sociale robotica is een *interdisciplinair* domein, of hoort het te zijn. Een sociale robot interageert immers met zijn omgeving en met de mensen die erin vertoeven.

Ingenieurs, computerwetenschappers, psychologen, sociologen, taalkundigen, ontwerpers ... hebben allen hun nodige inbreng bij het maken van een sociale robot en hoe men die sociale robot goed kan laten functioneren. De robot moet efficiënt zijn in het vervullen van zijn taken, maar moet ook aangenaam zijn in omgang.

Er is kennis nodig over verschillende domeinen: **het gedrag van mensen wanneer ze interageren met een robot, de technische kant van een robot, de esthetiek ...**

Bij het maken van een robot denkt men best in een interdisciplinair team na over het ontwerp, zowel hardware- als softwarematig, zodat de beoogde interacties waargemaakt kunnen worden en rekening houdend met het effect dat het uiterlijk van de robot zal hebben op mensen.

Soms geheel onverwachts voor de ontwerper, maakt een robot gevoelens los bij de mensen in zijn omgeving. Het gebeurt dat mensen zich emotioneel hechten aan een robot of een virtuele assistent, of dat er

bij de gebruiker onnodige angst voor een nieuwe technologie optreedt, of dat mensen het functioneren van een robot bewust belemmeren.

Bijvoorbeeld: Uit experimenten met robots die worden ingezet als veiligheidsagent in shoppingcentra, blijkt dat mensen, en dan vooral kinderen, geneigd zijn deze robots te pesten. Interdisciplinaire teams moeten dus nagaan of dit pestgedrag voorkomen kan worden door aanpassingen te doen aan het uiterlijk van de robot of door bepaalde acties of de spraak van de robot te wijzigen.

Discussie: Welke relatie kunnen we hebben met een robot? Zullen mensen robots vertrouwen?



Kinderen maken een vuilniswagenrobot.

4 Sociale robots in de toekomst

Dankzij de ontwikkelingen in de robotica en het onderzoek naar de interactie tussen mens en robot zal er op het vlak van sociale robots meer mogelijk worden in de toekomst.

In de zorgsector **evolueert** men naar robots die niet enkel gezelschap bieden, maar ook de gezondheid van de mensen in de gaten houden.

Discussie: Zou jij liever een injectie krijgen van een robot dan van een verpleegkundige?

Voor het onderwijs zet men in op robots die meer actieve taken kunnen opnemen, bijvoorbeeld in het onderwijzen van een vreemde taal.

Men voorziet dat onze huizen meer en meer zullen evolueren naar slimme woningen, waarbij dagelijkse taken geautomatiseerd zijn en ook de meubelen slim zijn.

Men **experimenteert** ook met sociale vuinbakrobots, zoals de Sociable Trash Box, die mensen benadert en hen motiveert om hun afval in de vuilnisbak te gooien.

Discussie: Welke toepassingen kan jij bedenken voor sociale robots in de toekomst?



ERICA is een androïde robot. Met ERICA wordt onderzoek gedaan met als doel de ontwikkeling van een robot die op een natuurlijke manier kan communiceren en ingezet kan worden in het sociale leven.

5 Vermenselijking

eigenschappen toe te kennen aan objecten.

Jij hebt vast ook al eens je computer aangemoedigd om sneller te gaan werken.

En hoewel een robothond een machine is zonder echte gevoelens, wordt hij algauw beschouwd als een huisdier.

Bekijk eens het filmpje op dwengo.org/assets/video/sr/robothond.
Heb jij ook medelijden met de robothond?

Discussie: Mag men een robothond schoppen?

Mensen zijn geneigd om menselijke eigenschappen toe te kennen aan objecten.

Het **uiterlijk** van je sociale robot beïnvloedt in welke mate deze 'vermenselijking' gebeurt. Het uiterlijk van je robot schept **verwachtingen**. Als de robot die verwachtingen niet waarmaakt, dan leidt dat tot teleurstelling bij de gebruiker. Van een robot met ogen verwacht men dat hij ziet, van een robot met wielen dat hij rijdt ...

Van een androïde robot, een robot die er heel menselijk uitziet, verwacht men ook menselijke handelingen. De robot Paro, die eruitziet als een zeehond, wordt door de mensen wel behandeld als een huisdier, maar schept niet de verwachtingen van een hond of kat. De robot Pepper lijkt niet genoeg op een mens om te verwachten dat hij ook heel menselijk voor de dag komt.

Als de verwachtingen die men van de robot heeft, niet overeenstemmen met wat hij effectief doet, dan ervaren mensen de robot als iets negatiefs.

Het is verwarrend als het lichaam van een robot gedeeltelijk bedekt is door 'huid', maar er ook mechanische onderdelen zichtbaar zijn. Het is bevreemdend als een robottier praat.

Mensen vinden robots die eruitzien als mensen meestal leuk. Maar een robot mag ook niet teveel op een mens lijken, want dan vinden ze hem helemaal niet leuk meer.

Het fenomeen dat mensen zo op robots reageren, heet *the Uncanny Valley*.

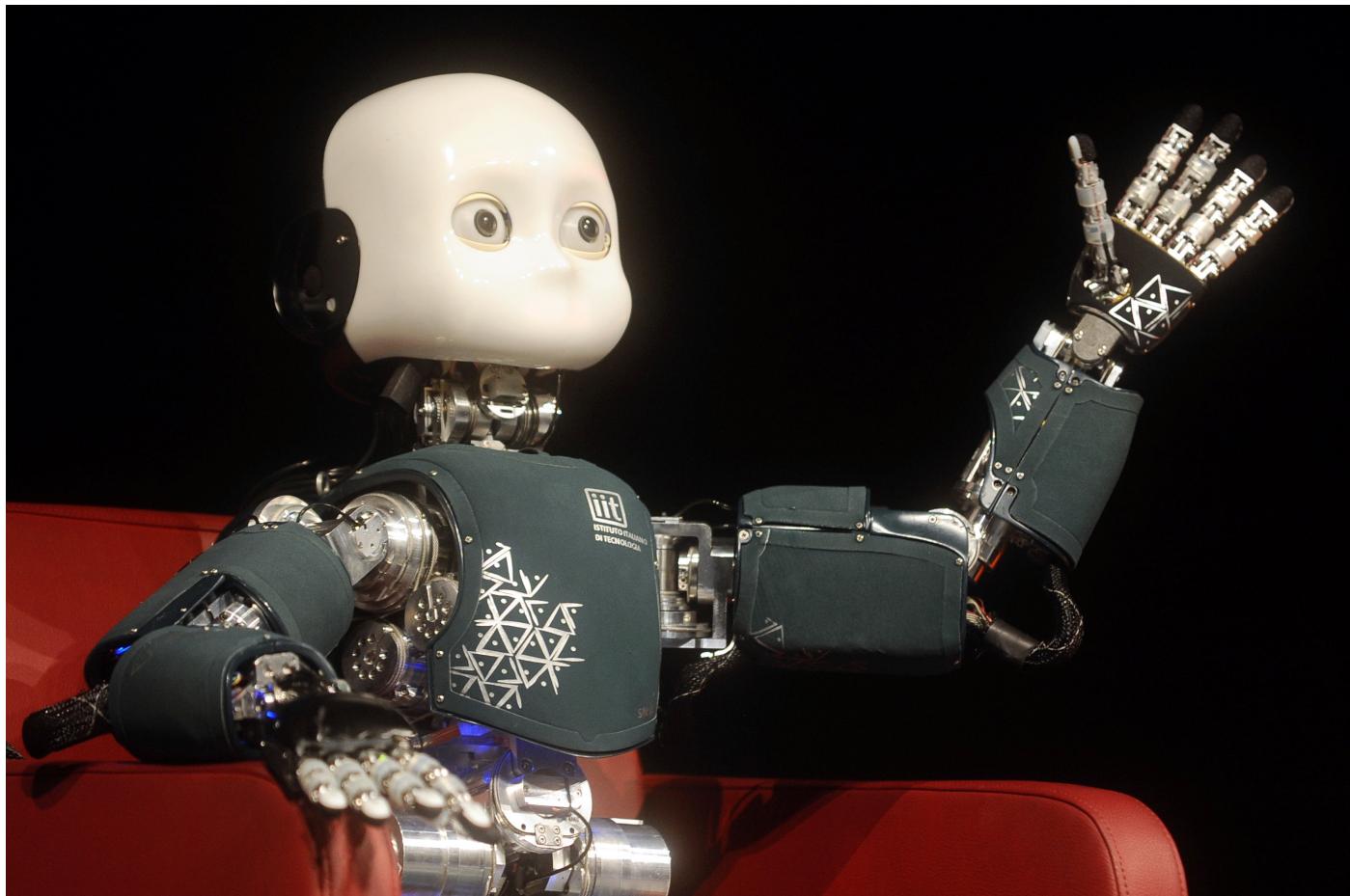
Hoe meer een robot op een mens lijkt, hoe meer menselijke gedragingen men hem zal toedichten en hoe groter de kans dat de robot die verwachting niet waarmaakt.

Bekijk het filmpje
dwengo.org/assets/video/sr/cobot.

Hoe is deze industriële robot vermenselijkt?



Ono.



iCub is een humanoïde robot, zo groot als een kleuter. Men probeert de robot dingen aan te leren op de manier dat men kleine kinderen iets aanleert. iCub kan kruipen en zitten, objecten gebruiken en communiceren met mensen.

6 De robot

6.1 De bouwblokken van een robot

Een robot is niet gewoon een computer op wielen. Een robot neemt de wereld rondom zich waar en handelt navenant. Afgaande op zijn waarnemingen beslist hij welke acties hij zal ondernemen. Een fysieke robot heeft een lichaam met mechanische onderdelen en beschikt over hardware en software. Dit alles zal bepalen wat de robot kan, hoe hij eruitziet en welke verwachtingen dat schept, en hoe hij met zijn omgeving en de mensen erin kan interageren.

Een robot bestaat uit **hardware** (zijn lichaam, met bedrading, rekeneenheid en batterijen) en **software** (het programma dat hem aanstuurt).

Het 'lichaam' van een robot bevat de sensoren, de actuatoren en mechanische onderdelen die uit veel materialen kunnen bestaan: wielen, een arm, een hoofd ...

Om de wereld te kunnen waarnemen, wordt een robot voorzien van **sensoren (ingangen)**, zoals afstandssensoren, tastsensoren en geluidssensoren. Bij een sociale robot worden ook vaak een microfoon en camera's gebruikt.

Om te kunnen handelen, beschikt de robot over **actuatoren (uitgangen)**, zoals motoren, een lcd-scherm of een zoemer.

Cruciaal is de **rekeneenheid** waarmee je robot ‘beslissingen’ neemt. Deze rekeneenheid (**verwerking**) is een processor (zoals in een computer) of een microcontroller (zoals op de Dwenguino). Hoe onthoudt een robot bijvoorbeeld zijn programma (**opslag**)? Sommige robots hebben een harde schijf, bij anderen is dit geïntegreerd in de microcontroller.

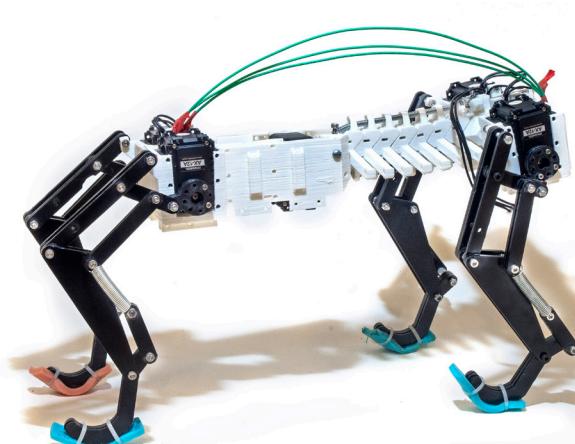
De **bedrading** zorgt ervoor dat de sensoren, actuatoren en rekeneenheid met elkaar verbonden zijn. De **batterijen** voorzien de robot van de nodige energie.

Hoe de robot zijn uitgangen aanstuurt, hangt af van de informatie die hij verzamelt via zijn sensoren en van de manier waarop de rekeneenheid **geprogrammeerd** is. Een robot zal enkel uitvoeren waarvoor hij geprogrammeerd is.

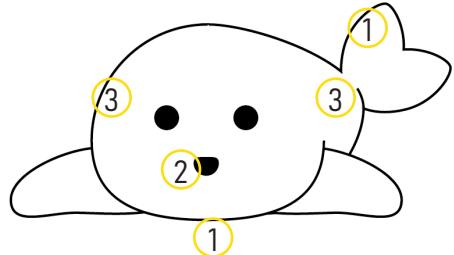
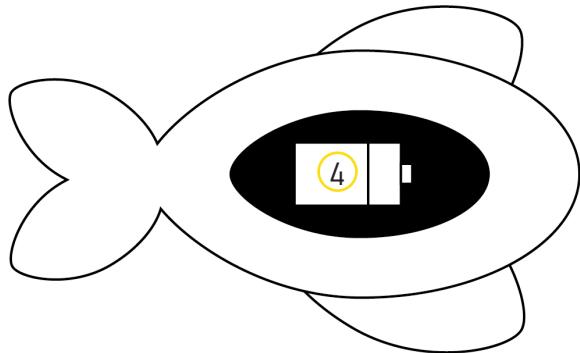
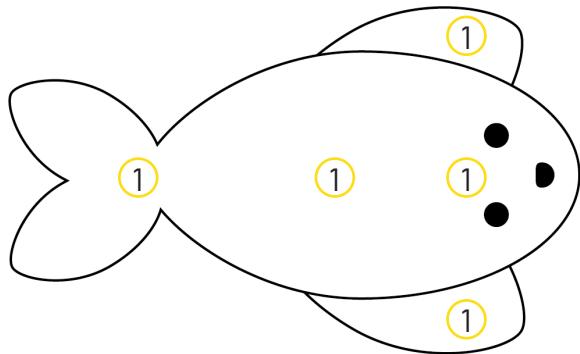
De rekeneenheid krijgt **input** van de ingangen, vervolgens **verwerkt** ze deze input. Het programma bepaalt tot welke **output** dit leidt. De output is niets anders dan het aansturen van de uitgangen.

Wat de robot kan, wordt bepaald door het ontwerp en de bouw van de robot, het lichaam, de hardware en de software. Dat geldt ook voor het soort interactie die de robot kan hebben met mensen.

Vierpotige robot UGent.



© Guilherme Gerais



- 1 Aanraaksensoren
- 2 Lichtsensor
- 3 Microfoon en luidspreker
- 4 Batterijen

Paro beschikt over motoren om zijn nek en flippers te bewegen, en om zijn ogen te openen en te sluiten. Hij reageert op de stem van zijn gebruiker door geluid te maken. Paro stopt met bewegen als hij het te warm heeft, hij beschikt daarvoor over een temperatuursensor.



6 De robot

6.2 Emoties

Een sociale robot interageert met mensen en zal vaak **emoties** simuleren, dat kan bijvoorbeeld via gelaatsmimiek, via gebaren of via het gebruik van bepaalde kleuren en geluiden. Een sociale robot heeft geen echte emoties, hij wekt enkel de indruk er te hebben.

Het is geen noodzaak dat een sociale robot emoties 'toont', maar het vergemakkelijkt wel de interactie tussen mens en robot.

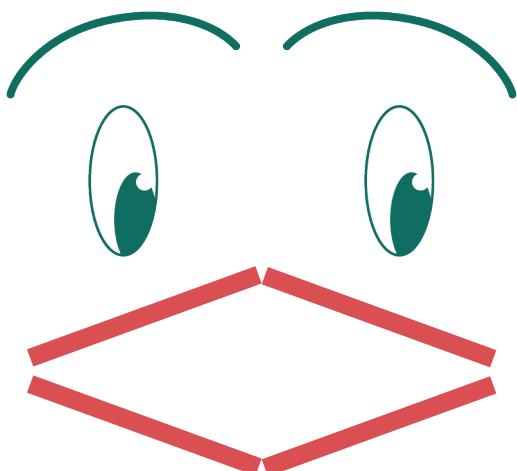
Een sociale robot kan dus ook best de emoties van mensen 'lezen' om er gepast op te kunnen reageren. Hij zal daarvoor van de nodige hard- en software moeten voorzien worden.

Met **artificiële intelligentie (AI)** zorgt men ervoor dat de robot herkent wat een gezicht is en dat hij een lach op een gezicht kan detecteren. Dankzij AI kan een robot emoties uit gezichtsuitdrukkingen en stemintonatie afleiden.

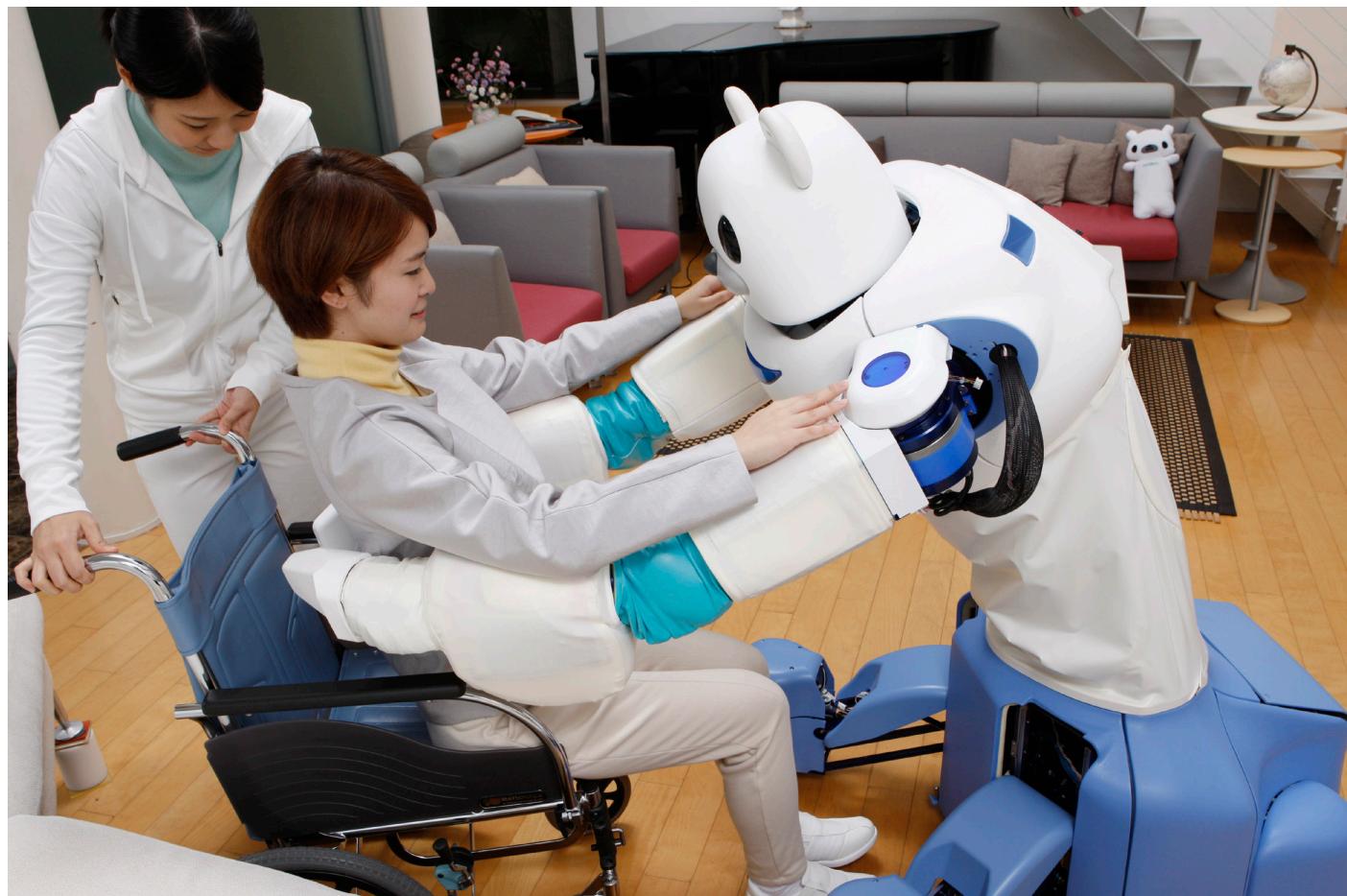
Dat betekent dat de vooruitgang die geboekt wordt in het domein van AI, bepalend is voor de vorderingen binnen de sociale robotica.

Een sociale robot die door zijn uiterlijk de verwachting schept emoties te hebben en er geen 'toont', ervaren mensen als ongeïnteresseerd, koud of lomp. Zou jij van je robothond niet verwachten dat hij met zijn staart kwispelt als je de kamer binnentkomt?

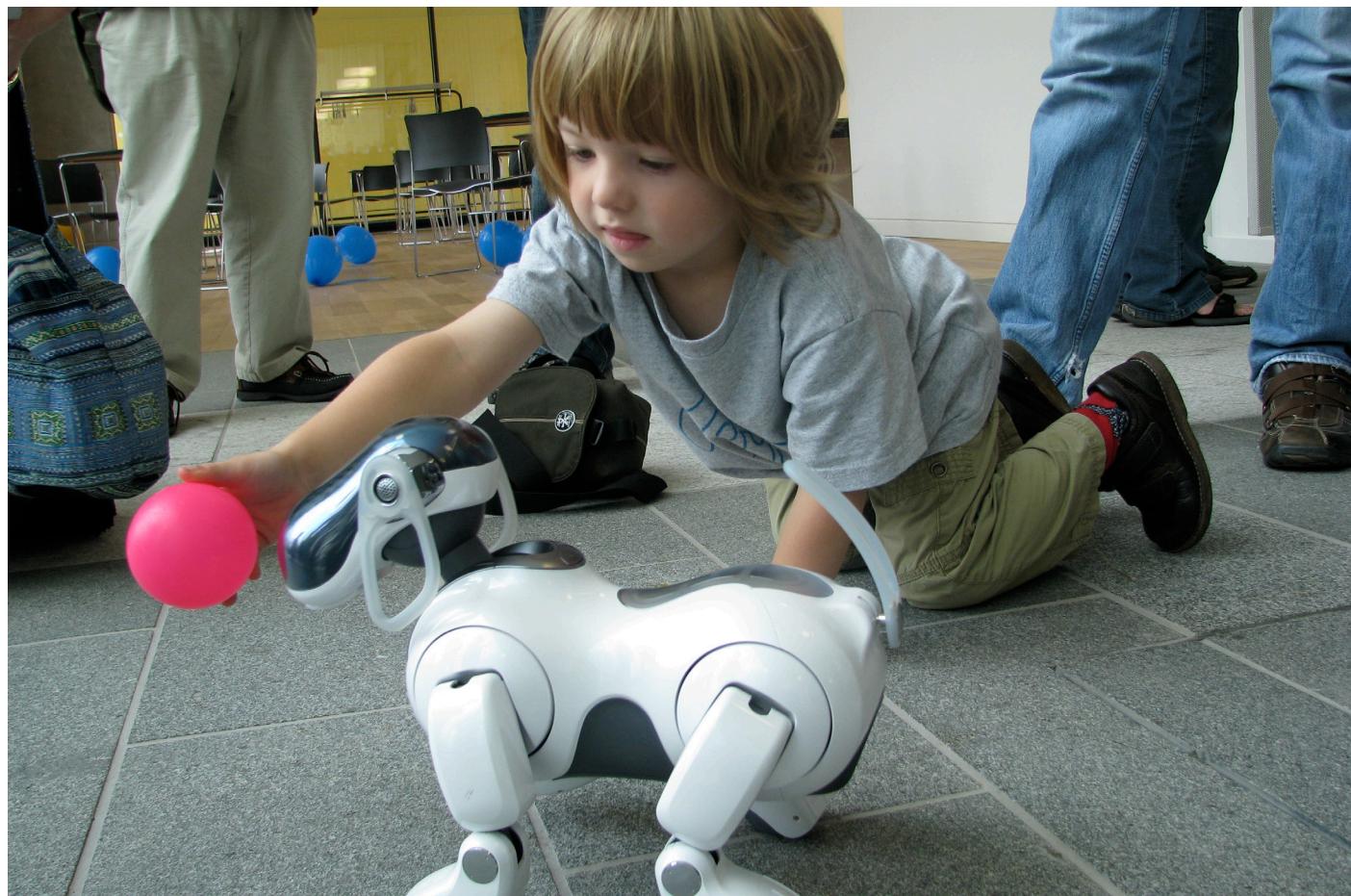
Discussie: Geef voorbeelden van hoe men een sociale robot emoties kan laten simuleren.



Unplugged activiteit: Creëer-een-gezicht.
Programmeer gelaatsuitdrukkingen op een robotgezicht en simuleer emoties. Je doet dit zonder computer. Deze activiteit van Teaching London Computing staat beschreven op dwengo.org/docs/socialerobot/gezicht.



ROBEAR. Dit was een experimenteel project, dat echter niet gecommercialiseerd werd.



Aibo kan de roze bal 'zien' met zijn camera's.

6 De robot

6.3 Een robot als (huis)dier

Een robot wordt weleens met een *dier* vergeleken. Die vergelijking leidt tot interessante vragen. Heeft een dier sensoren? Met welk deel van een dier kan je de motoren van een robot vergelijken? En heeft de bedrading een dierlijk equivalent?

Het is voer voor discussie, maar de volgende interpretatie houdt wel steek: **de rekeneenheid is het brein van de robot en komt overeen met de hersenen van een dier.** Een robot kan namelijk alleen een taak uitvoeren als zijn rekeneenheid daarvoor geprogrammeerd is. De **motoren** doen de robot bewegen, dus je zou ze kunnen vergelijken met de **spieren van een dier**.

Het **programma** vertelt de robot waar hij naartoe moet, hoe snel hij moet bewegen en wanneer hij via zijn sensoren informatie uit de omgeving moet ophalen.

Een deel van de **bedrading** vormt het **zenuwstelsel** van de robot. Via deze draden worden signalen gestuurd: enerzijds van de rekeneenheid naar de actuatoren en de sensoren, en anderzijds van de sensoren naar de rekeneenheid. Een ander deel van de bedrading zorgt voor het transport van de nodige energie. Dieren halen energie uit hun **voeding**, bijvoorbeeld de energie die ze nodig hebben om hun spieren te bewegen. Robots krijgen hun energie van hun **batterijen**.

Waarin verschilt een dier dan van een robot? Het verschil zit hem vooral in de manier waarop een dier beslissingen neemt. Een dier houdt, al dan niet bewust, rekening met de omstandigheden. Een robot beweegt alleen als zijn rekeneenheid hem daartoe beveelt. Als er iets mis is met het programma, als de betreffende sensor stuk is of als de robot over te weinig energie beschikt, dan doet de robot niet wat hij zou moeten doen. Voor een dier geldt dat niet, aangezien het dierlijke brein in staat is om oplossingen te bedenken voor nieuwe problemen.

Discussie: Verkies je een robothuisdier of een echt huisdier?

Activiteit: robotinsect

Een robot die zijn parcours bepaalt afgaand op waar er het meeste licht is, vertoont gelijkenissen met bepaalde insecten, zoals motten en vliegen. Een robot kan echter ook wegvluchten van licht, net zoals kakkerlakken doen.

Exploreer dit fenomeen via de activiteit op dwengo.org/static/socialerobot/insect.



Nabaztag.

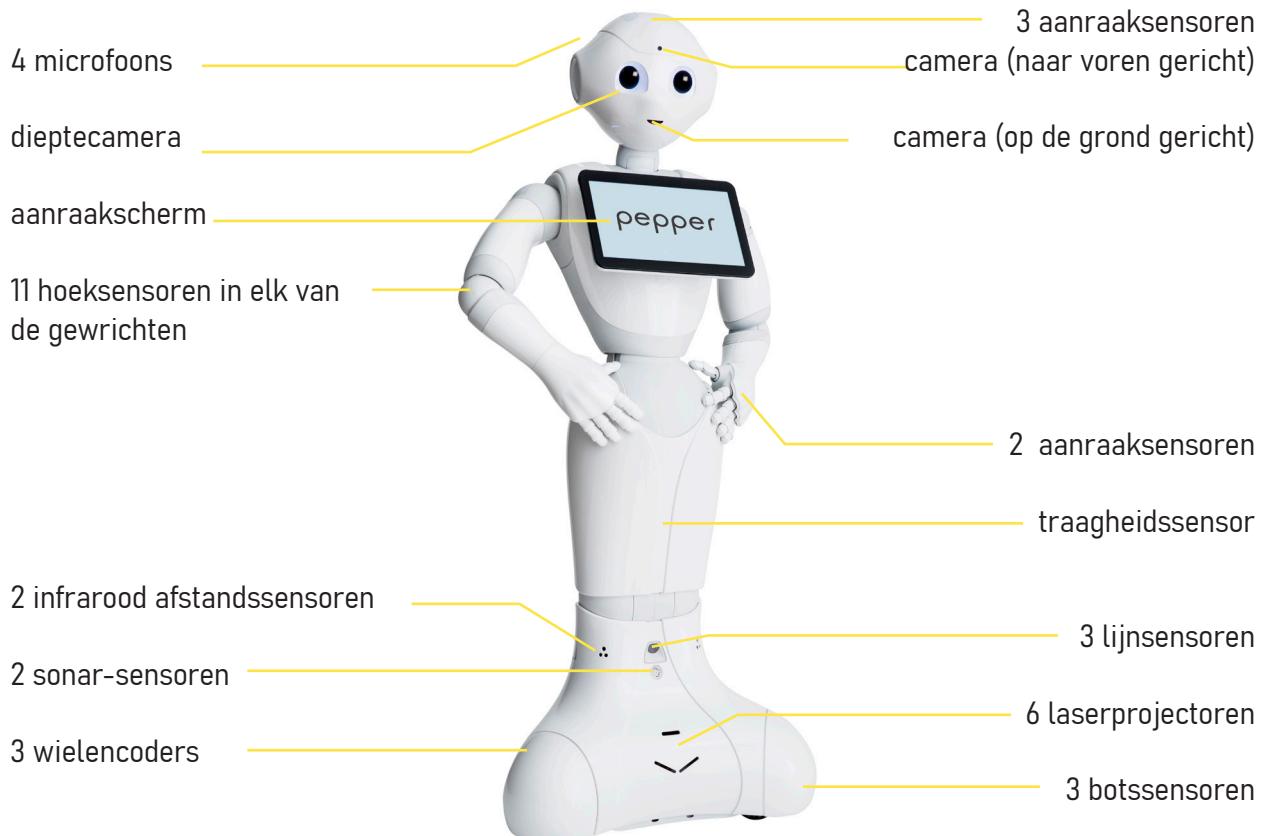
6 De robot

6.4 De bouwstenen van een sociale robot



Welke uitgangen en ingangen denk je dat Pepper gebruikt?

Bekijk een filmpje over een vuilnisbakrobot:
dwengo.org/assets/video/sr/vuilnisbak.
Kan je de ingangen en uitgangen oplossen?



7 Kunstmatige intelligentie

Kunstmatige intelligentie of artificiële intelligentie (AI) wordt gebruikt bij het programmeren van een sociale robot. AI zorgt ervoor dat de robot kan horen en zien, een taal kan ‘begrijpen’ en spreken.

In het domein van AI onderscheiden we **kennisgebaseerde en databasebaseerde** systemen.

Een beslissingsboom is een voorbeeld van een kennisgebaseerd systeem. Een neuraal netwerk is een voorbeeld van een databasebaseerd systeem.

Bepaalde acties kunnen in robots geprogrammeerd worden door middel van een **beslissingsboom**. Men gebruikt dan een ALS-DAN-structuur.



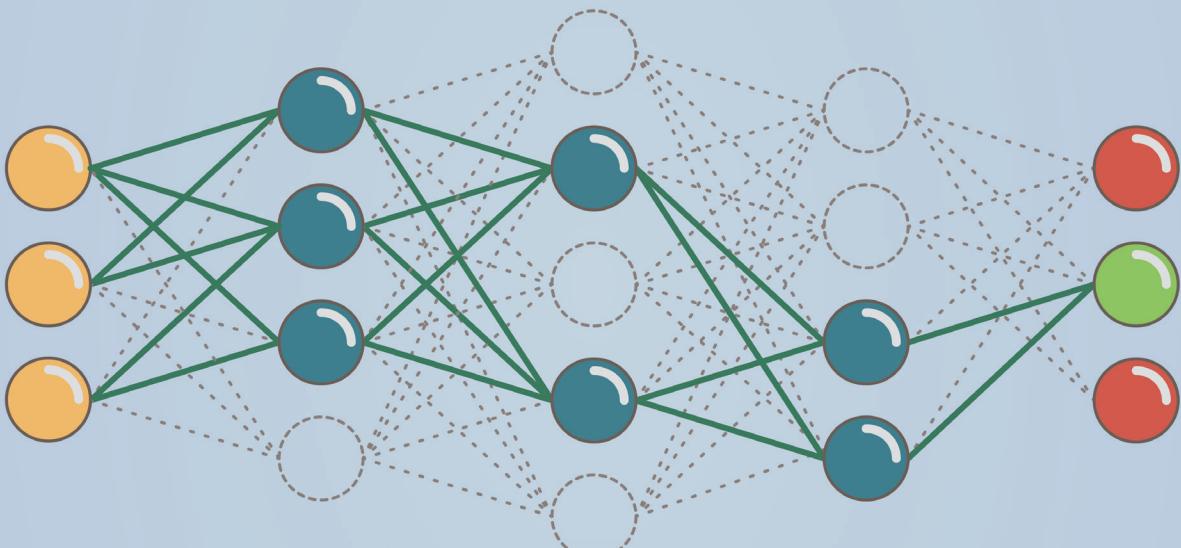
Robot zwaait.



Robot stopt met zwaaien.
Robot blijft zwaaien.



Robot groet persoon via boodschap op lcd.
Robot maakt geluid.



Diepe **neurale netwerken** hebben ervoor gezorgd dat computers met taal kunnen omgaan. Google Translate maakt er bijvoorbeeld gebruik van, en ook de chatbots die meer en meer opduiken.

Door deze netwerken werd ook grote vooruitgang geboekt op het gebied van beeldherkenning. Facebook herkent er mensen op foto's mee. In parkeergarages wordt het gebruikt voor nummerplaatherkenning.

Deze AI-systemen zorgen er dus voor dat een robot taal kan 'begrijpen' en produceren en dat een robot kan 'zien'. Voor een sociale robot kan het belangrijk zijn dat hij de emoties van mensen kan 'inschatten' zodat hij er op gepaste manier kan op reageren.

Neurale netwerken worden getraind met heel veel voorbeelden. Om bijvoorbeeld katten en andere dieren van elkaar te onderscheiden, worden er heel veel foto's van katten in het systeem ingevoerd en ook veel foto's van andere dieren. Deze foto's zijn gelabeld, wat betekent dat bij elke foto wordt meegegeven of er een kat op staat of niet.

AI kan ook gebruikt worden om een robot te leren wat sociale interactie is. Helaas zijn er niet altijd voldoende voorbeelden vorhanden van de interactie tussen robots en mensen.

Wil je meer weten over AI en neurale netwerken, lees dan ons boekje 'Over appels en peren: een introductie tot kunstmatige intelligentie'. Je vindt het op [dwengo.org/docs/kiks/appelenperen](http://dwengo.org/docs/kiks/appelsenperen).

Schets hier jouw sociale robot!



Prototype sociale robot.

8 Jouw sociale robot

Je begrijpt dat er nog heel veel nodig is voordat de sociale robots in grote getale in de maatschappij zullen aanwezig zijn. Nu ga je zelf ondervinden hoe complex het maken van zo'n robot is. Je gaat zelfstandig jouw sociale robot ontwerpen en je zet je eerste stappen in programmeren. Je wordt hierin stap voor stap begeleid.

Veel heb je hiervoor niet nodig: een computer en een webbrowser.

Je denkt na over het **ontwerp** van de robot:

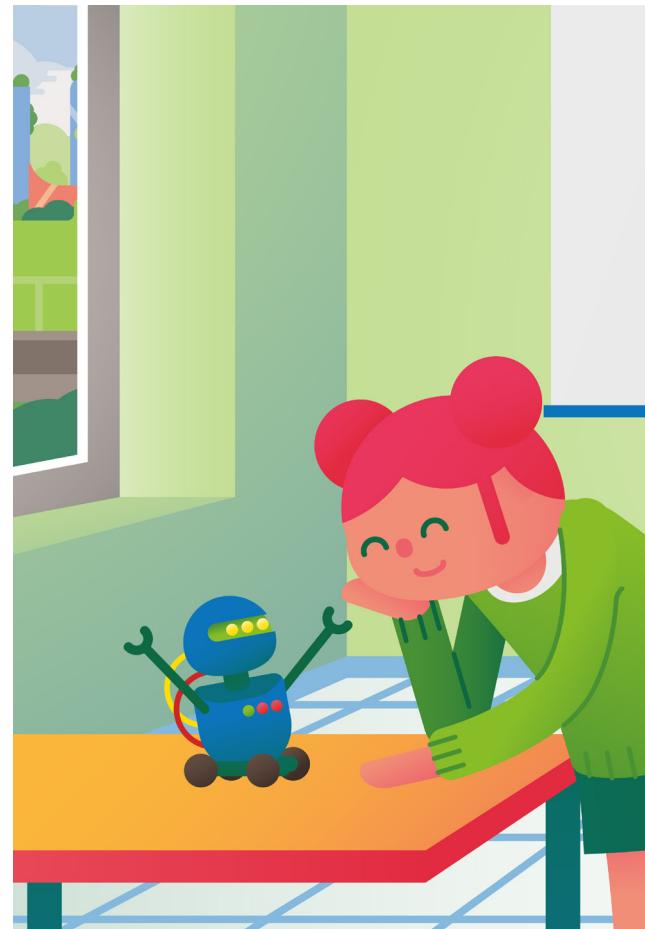
- Wat moet je robot kunnen?
- Hoe zal je robot interageren met mensen?
- Hoe zal je dat verwezenlijken?

Je **bouwt en programmeert** de robot:

- Je ontwerpt en bouwt eerst een sociale robot in de Dwengo-simulator.
- Daarna wek je je virtuele robot tot leven door hem te programmeren in de grafische programmeertaal, DwenguinoBlockly.
- Je kan je programma onmiddellijk uittesten in de simulator.

Als je dat wil, dan kan je nadien je sociale robot fysiek realiseren. Je hebt dan wel hardware nodig: een microcontroller-platform, sensoren en materialen om het lichaam van je robot te realiseren.

Op dwengo.org/socialerobot en dwengo.org/physicalcomputing vind je meer uitleg over het bouwen van een fysieke robot. Je kan er ook **extra oefeningen** vinden.



9 De Dwengo-simulator

9.1 De programmeeromgeving

Je gaat aan de slag met de Dwengo-simulator. Je vindt de simulator via de link blockly.dwengo.org

De simulator omvat meerdere scenario's, zoals:



rijdende robot



rijdende robot
in ommuurde
omgeving



sociale robot



spirograaf

Je klikt het gewenste scenario aan.
Kies het scenario van de sociale robot:



In dit scenario kan je kiezen uit drie uiterlijken:



Kies er een met !
Je kan het uiterlijk achteraf nog wijzigen.

Toolbox

dwenguino | Blockly

- Logic
- Lussen
- Functies
- Formules
- Tekst
- Variabelen
- Dwenguino
- Invoer
- Uitvoer
- Commentaar



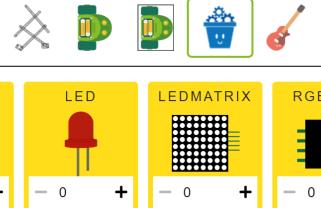
Codeveld

Simulatormenu

Nederlands



SCENARIO:



Simulatieveld

Hoofdmenu

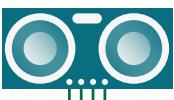


9 De Dwengo-simulator

9.2 Sensoren en actuatoren

In het scenario van de sociale robot beschik je over verschillende sensoren en actuatoren.

Sensoren:



sonar-sensor



knop

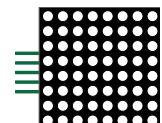


geluidssensor

Actuatoren:



rgb-led



ledmatrix



zoemer



led



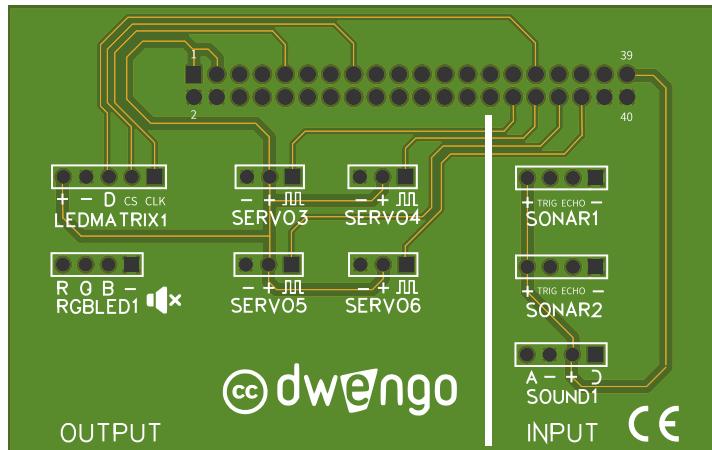
servomotor die de vorm kan aannemen van een oog, hand, hoofddeksel, wijzer of bloem



lcd-scherm

9 De Dwengo-simulator

9.3 Invoer en uitvoer: uitleg over de componenten



Invoer:

sonar-sensor:

Gebruik deze sensor om een persoon of object te detecteren en om te bepalen hoe ver van de sensor de persoon of het object zich bevindt. In de simulator is een schuifbalk voorzien om dit te simuleren. De sensor geeft de afstand terug in centimeter.



(REDPIN:RGB_1_R)
(GREENPIN:RGB_1_G)
(BLUEPIN:RGB_1_B)



geluidssensor:

Gebruik deze sensor om geluid te detecteren. In de simulator is een schuifbalk voorzien om geluid te simuleren. Bij geluid geeft de sensor 1 terug, bij stilte 0.

knop:

Je kan een van de vijf koppen op de Dwenguino gebruiken. Zorg dat de pin van de knop overeenkomt met de gekozen pin in de programmeerblokken.

Uitvoer:**lcd-scherm:**

Het lcd-scherm bevat twee lijnen met elk 16 karakters. De gewenste tekst geef je mee in je programma. Deze actuator wordt gebruikt in les 1 die volgt.

zoemer:

Met de zoemer kan je geluid laten afspelen met een frequentie die je zelf kiest. De gewenste frequentie (in Hz) geef je mee in je programma.

Met een wacht-blok bepaal je hoelang het geluid wordt afgespeeld.

rgb-led:

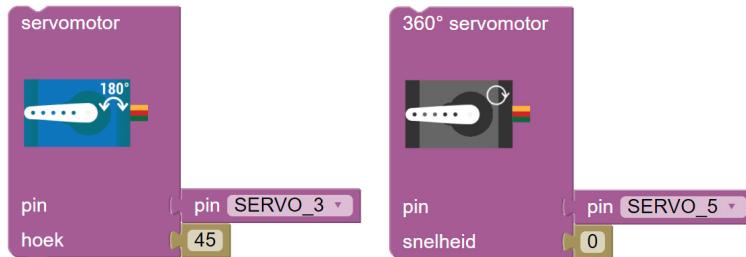
De rgb-led is een led waarvan je de kleur van het licht zelf kan bepalen door de intensiteit van rood, groen en blauw licht (de primaire kleuren) te programmeren. De intensiteit wordt doorgegeven als een getal tussen 0 en 255 (van lage tot hoge intensiteit).

ledmatrix:

De ledmatrix is een vierkante matrix met 64 leds in een vaste kleur. De matrix is ideaal om bepaalde patronen te laten oplichten. Je kan programmeren welke leds er tegelijk moeten oplichten.

servomotor:

Een servomotor kan normaliter draaien over een bepaalde hoek tussen 0 en 180 graden. Daarnaast zijn er ook servomotoren die een volledige rotatie van 360 graden kunnen draaien. Voor die servomotoren moet je niet de hoek, maar de snelheid meegeven in de programmeerblokken.



Opmerking bij deze blokken:

Het uitbreidingsbord van de Dwenguino bevat vier connectoren waarop je een servomotor kunt aansluiten. Dit betekent bijvoorbeeld dat je bij het bouwen van je fysieke robot, de servo van een rechterarm op de Dwenguino zult verbinden met connector SERVO3 en de servomotor van een linkerarm met connector SERVO4.

Mogelijk worden er in de toekomst nog extra sensoren en actuatoren toegevoegd.

Je leest meer over de achterliggende **techniek** van de in- en uitgangen op dwengo.org/docs/socialerobot/techniek.

10 Ontwerp sociale robot

De robot heeft

- twee armpjes (servomotoren);
- twee rode ogen (ledmatrices);
- een rgb-led;
- een sonar-sensor.

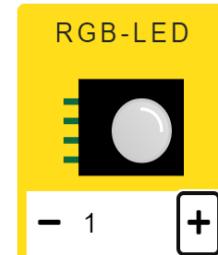
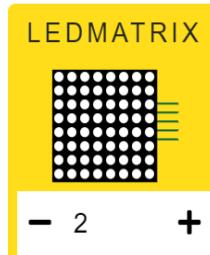
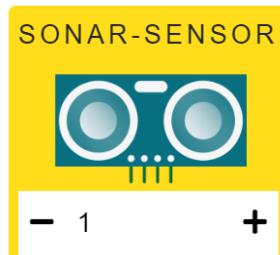
Kies de nodige onderdelen en het aantal dat je ervan nodig hebt in het simulatorveld.

OPDRACHT: Bouw jouw sociale robot in de simulator.



Vervolgens **dubbelklik** je rechts op elk onderdeel om het uiterlijk aan te passen: verander de servo's in handjes.

Tip: voeg zelf nog een lcd-scherm toe aan de robot als mond. Oefeningen met het lcd-scherm vind je op dwengo.org/physicalcomputing.

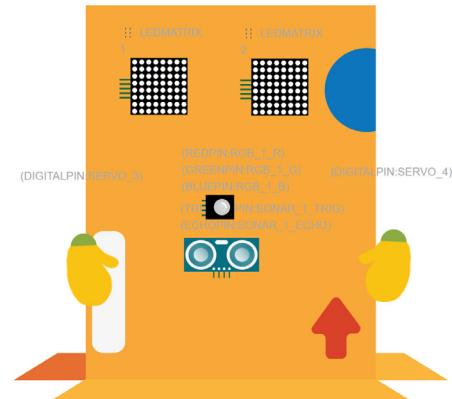
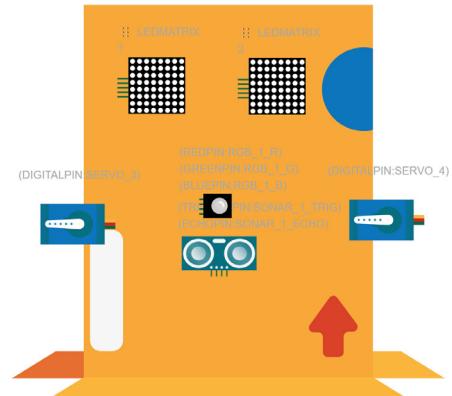
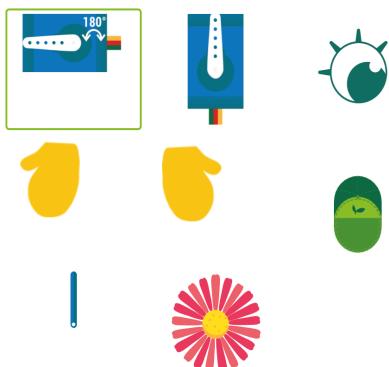


Bijvoorbeeld voor een servomotor:

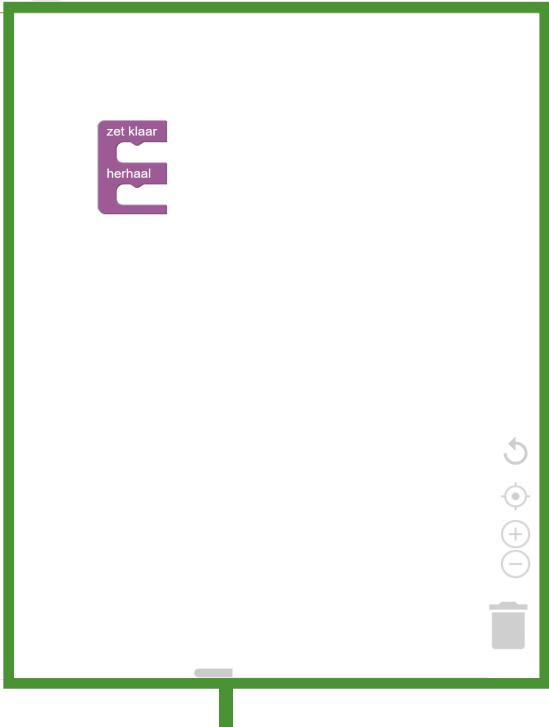
Opties van de servomotor

digitale pin	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	19	20	21	22	23	40	41	SERVO_1		
	SERVO_2	SERVO_3	SERVO_4	SERVO_5						
	SERVO_6									

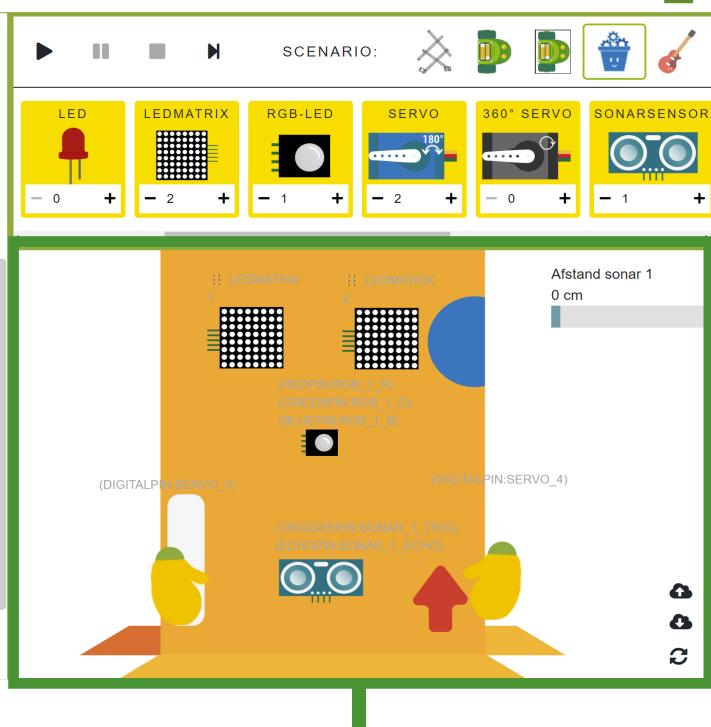
Uiterlijk



- Logica
- Lussen
- Functies
- Formules
- Tekst
- Variabelen
- Dwenguino
- Invoer
- Uitvoer
- Commentaar



Hier komt het programma.



Hier gebeurt de simulatie.

11 Programmeren

De basis van elk programma is het 'zet klaar / herhaal'-blok. Daar plaats je al jouw code. Je kan zowel in het 'zet klaar'-gedeelte als in het 'herhaal'-gedeelte de gewenste blokken toevoegen.



Hierbij is het belangrijk te weten dat alles in het 'zet klaar'-gedeelte slechts één keer wordt uitgevoerd en dit bij het opstarten van de Dwenguino. De blokken in het 'herhaal'-gedeelte worden steeds herhaald tot je zelf het programma stopt.

OPDRACHT: Programmeer de sociale robot in de simulator.

Logica
Lussen
Functies
Formules
Tekst
Variabelen
Dwenguino
Invoer
Uitvoer
Commentaar

De toolbox van de simulator is verdeeld in verschillende categorieën. Naargelang het gekozen scenario, krijg je andere blokken te zien. Voor het programma van je sociale robot kies je blokken uit het Dwenguino-menu, Invoer- en Uitvoer-menu.

Dwenguino Invoer Uitvoer

Ga op zoek naar dit blok:



Gevonden?

Logica
Lussen
Functies
Formules
Tekst
Variabelen
Dwenguino
Invoer
Uitvoer
Commentaar

```

script1:
  [Toon oogpatroon Ruststand v]
  [op ledmatrix 1 v]
  [Maak de ledmatrix leeg 1 v]
  [Maak de ledmatrix leeg]
  [rgb-led v]
    pin rood [pin RGB_1_R v]
    pin groen [pin RGB_1_G v]
    pin blauw [pin RGB_1_B v]
    rgb-kleur [rood 133 groen 196 blauw 65 v]
  [zet de rgb-led uit met pin rood [pin RGB_1_R v] pin gr]
  [rood 133 groen 196 blauw 65]
script2:
  [servomotor v]
    pin [pin SERVO_3 v]

```

The image shows a Scratch script consisting of two scripts. The first script contains several blocks: 'Toon oogpatroon Ruststand v' (with dropdown '1'), 'op ledmatrix 1 v', 'Maak de ledmatrix leeg 1 v', 'Maak de ledmatrix leeg', and a 'rgb-led' control block. The 'rgb-led' block has four pins: 'pin rood' (connected to 'pin RGB_1_R'), 'pin groen' (connected to 'pin RGB_1_G'), 'pin blauw' (connected to 'pin RGB_1_B'), and 'rgb-kleur' (with values 'rood 133 groen 196 blauw 65'). Below this is a 'zet de rgb-led uit met pin rood' block with 'pin RGB_1_R' and 'pin gr' (partially visible). A color palette block 'rood 133 groen 196 blauw 65' is also present. The second script contains a 'servomotor' control block with a pin 'pin SERVO_3'.

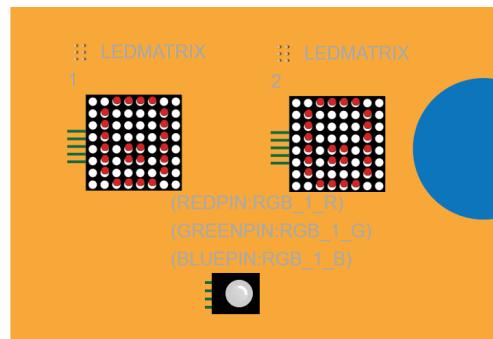
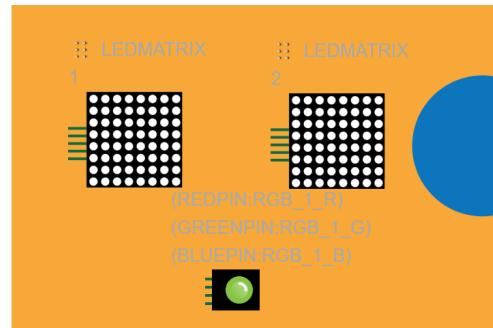
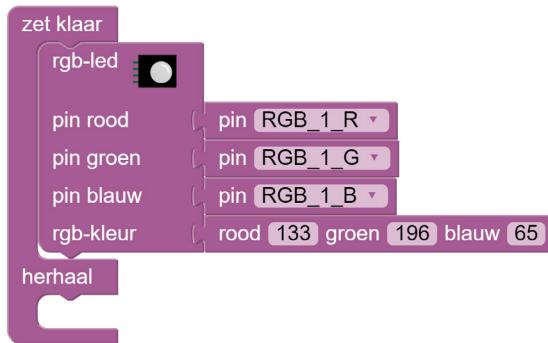
Kies het gewenste blok, sleep het naar het 'zet klaar'-gedeelte en klik het erin vast.

Om het programma uit te testen, klik je in het simulatormenu ► || ■ ▶ op de afspeelknop ► . De simulatie stoppen doe je met ■ .

Bouw zelf deze programma's op in het codeveld.

Voer ze ook uit in de simulator.

Om het programma uit te testen, klik je in het simulatormenu op de afspeelknop ►



11 Programmeren

Opslaan en ophalen

Een programma opslaan op je computer of het weer inladen in de simulator, doe je met twee knoppen uit het hoofdmenu.



Het programma opslaan op je computer.

Kies de gewenste map.

Geef het bestand een goedkozen naam.

Simulator

2019-11-21_OpdrachtLCD.xml



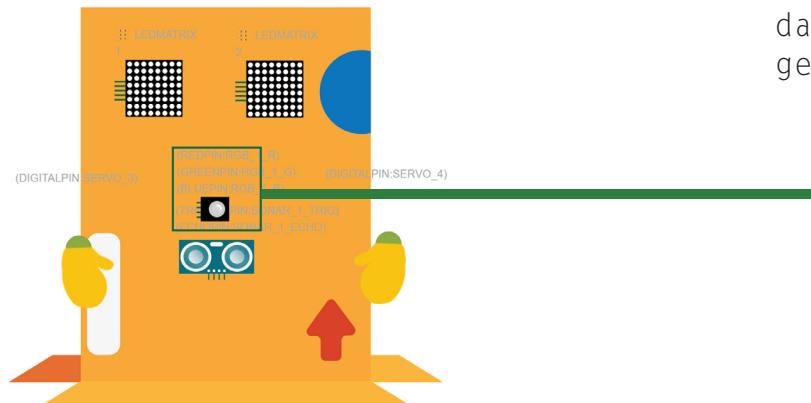
Het programma inladen in de simulator.



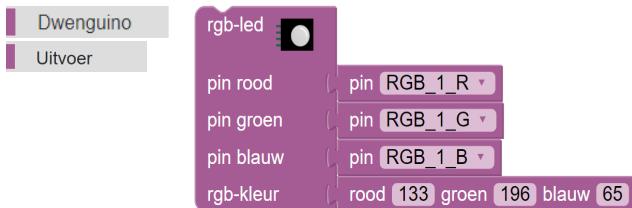
De constructie van je robot kan je ook opslaan en weer inladen. Dat doe je met de knoppen rechts onderaan in het simulatieveld.



12 Les 1: De rgb-led

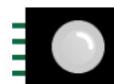


Gebruik deze blokken:



OPDRACHT 1: Eerst is de rgb-led uit gedurende 1 seconde. Laat dan de neus groen oplichten gedurende 2 seconden en doe hem dan weer uit.

(REDPIN:RGB_1_R)
(GREENPIN:RGB_1_G)
(BLUEPIN:RGB_1_B)



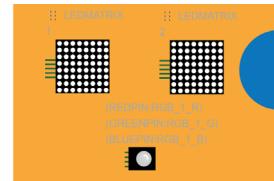
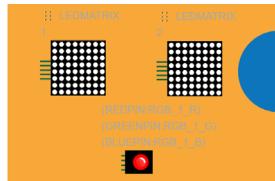
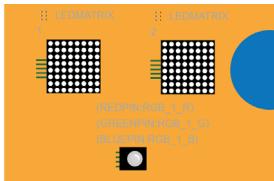
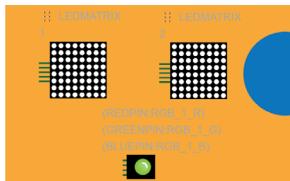
Dit blok dient om een pauze in te bouwen in een programma.

Je kan ermee bepalen hoelang de leds branden.

zet de rgb-led uit met pin rood pin RGB_1_R pin groen pin RGB_1_G pin blauw pin RGB_1_B

12 Les 1: De rgb-led

OPDRACHT 2: Laat de neus groen oplichten, uitgaan, rood oplichten en weer uitgaan. Zorg dat dit zich blijft herhalen.



Gebruik deze blokken:

Dwenguino Uitvoer

wacht [100] ms

rgb-led
pin rood pin RGB_1_R
pin groen pin RGB_1_G
pin blauw pin RGB_1_B
rgb-kleur rood 133 groen 196 blauw 65

zet klaar

herhaal

Wat in het 'zet klaar'-gedeelte staat, wordt slechts één keer uitgevoerd, namelijk bij de start van het programma.

Wat in het 'herhaal'-gedeelte komt, wordt voortdurend uitgevoerd, telkens opnieuw, tot je het programma stopt.

Variabelen

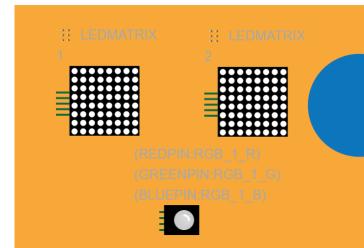
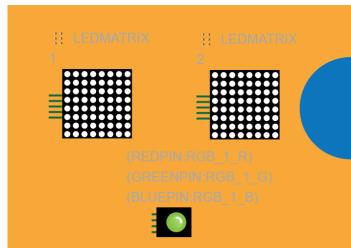
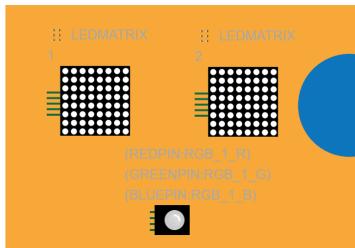
Formules

stel item in op getal item 100

zet de rgb-led uit met pin rood pin RGB_1_R pin groen pin RGB_1_G pin blauw pin RGB_1_B

12 Les 1: De rgb-led

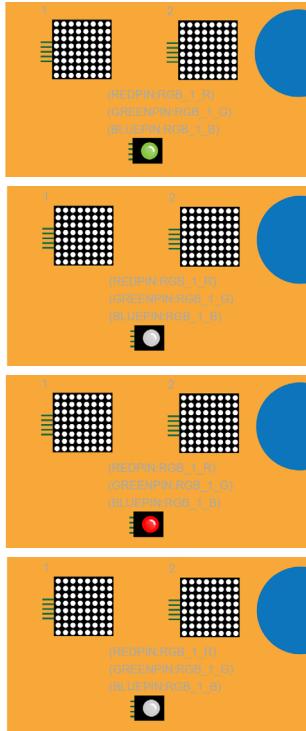
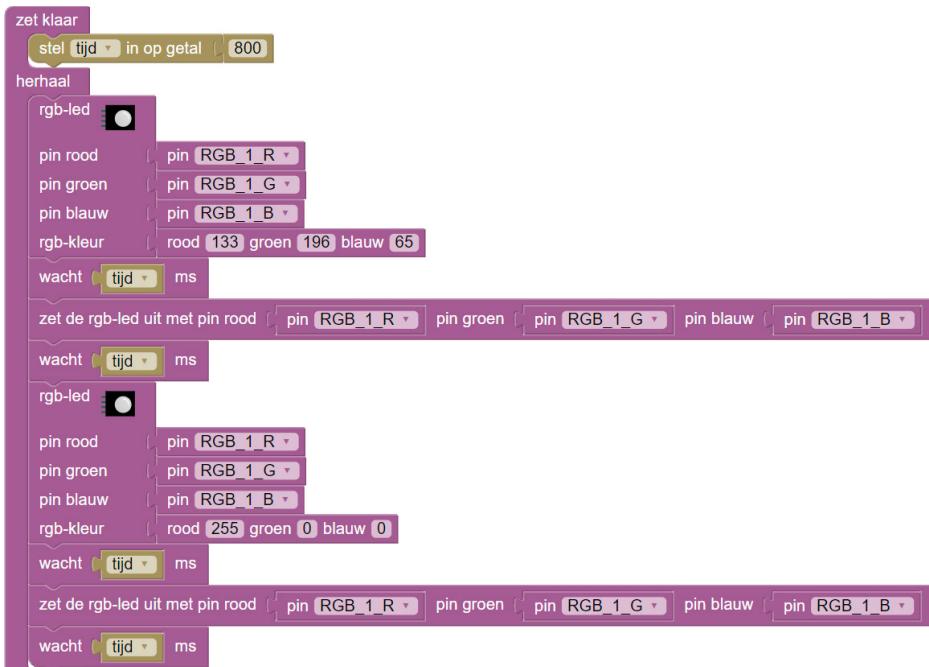
ANTWOORD OPDRACHT 1:



```
set klaar
wacht [1000] ms
rgb-led [red]
pin rood [pin RGB_1_R]
pin groen [pin RGB_1_G]
pin blauw [pin RGB_1_B]
rgb-kleur [rood 133 groen 196 blauw 65]
wacht [2000] ms
[set de rgb-led uit met pin rood [pin RGB_1_R] pin groen [pin RGB_1_G] pin blauw [pin RGB_1_B]]
herhaal
```

12 Les 1: De rgb-led

ANTWOORD OPDRACHT 2:

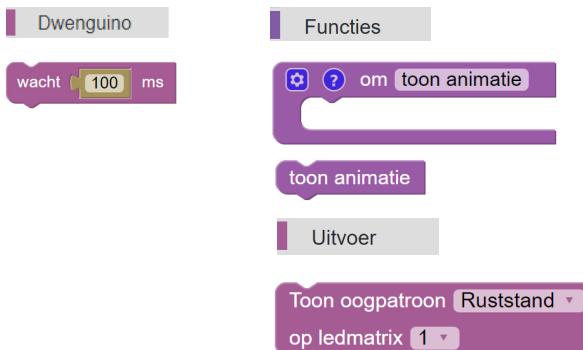


13 Les 2: De ledmatrices

Gebruik deze blokken:



Gebruik deze blokken:



OPDRACHT 1: Programmeer twee ledmatrices zodat ze op twee ogen lijken.

Je kan de vinkjes in het blok veranderen om een ander lichtpatroon op de ledmatrix te tonen.

OPDRACHT 2: Herneem opdracht 1, maar gebruik nu een blok met voorgeprogrammeerd patroon.

OPDRACHT 3: Laat de ogen voortdurend van links naar rechts bewegen.

Met een functie kan je zelf een nieuw blok definiëren (bijvoorbeeld 'toon animatie') om een reeks programmeerblokken te groeperen en in je hoofdprogramma te laten uitvoeren. Wanneer je de functie een naam hebt gegeven, dan verschijnt het nieuwe blok bij in de toolbox.

De simulator bevat al een reeks voor geprogrammeerde patronen voor de ledmatrix.

13 Les 2: De ledmatrices

zet klaar

Toon patroon op de ledmatrix 1

0	1	2	3	4	5	6	7
0							
1			✓	✓	✓	✓	
2		✓					✓
3	✓				✓	✓	✓
4	✓				✓	✓	✓
5		✓			✓	✓	✓
6			✓	✓	✓	✓	
7							

Toon patroon op de ledmatrix 2

0	1	2	3	4	5	6	7
0							
1			✓	✓	✓	✓	
2		✓					✓
3	✓	✓	✓	✓			✓
4	✓	✓	✓	✓			✓
5	✓	✓	✓	✓			✓
6		✓	✓	✓	✓	✓	
7							

herhaal

ANTWOORD OPDRACHT 1: Programmeer twee ledmatrices zodat ze op twee ogen lijken.

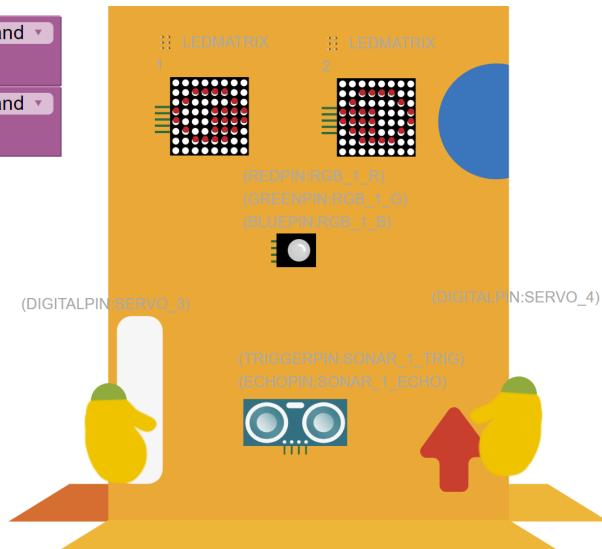
ANTWOORD OPDRACHT 2: Herneem opdracht 1, maar gebruik nu een blok met voorgeprogrammeerd patroon.

zet klaar

Toon oogpatroon Ruststand op ledmatrix 1

Toon oogpatroon Ruststand op ledmatrix 2

herhaal





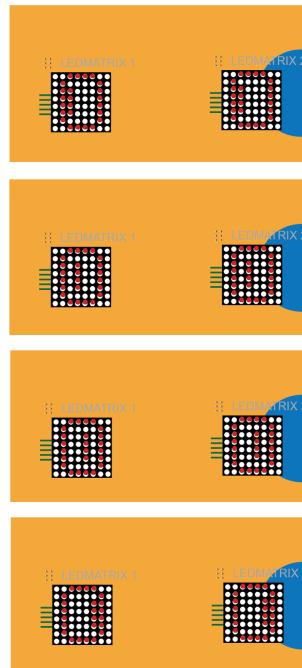
Nao helpt bij het leren van een vreemde taal.

13 Les 2: De ledmatrices

zet klaar
herhaal
toon animatie

```
om [toon animatie]
// [Functie toon animatie op ledmatrices 1 en 2]
Toon oogpatroon [Scan horizontaal 1] op ledmatrix [1]
Toon oogpatroon [Scan horizontaal 1] op ledmatrix [2]
wacht [100] ms
Toon oogpatroon [Scan horizontaal 2] op ledmatrix [1]
Toon oogpatroon [Scan horizontaal 2] op ledmatrix [2]
wacht [100] ms
Toon oogpatroon [Scan horizontaal 3] op ledmatrix [1]
Toon oogpatroon [Scan horizontaal 3] op ledmatrix [2]
wacht [100] ms
Toon oogpatroon [Scan horizontaal 4] op ledmatrix [1]
Toon oogpatroon [Scan horizontaal 4] op ledmatrix [2]
wacht [100] ms
```

ANTWOORD OPDRACHT 3: Laat de ogen voortdurend van links naar rechts bewegen.

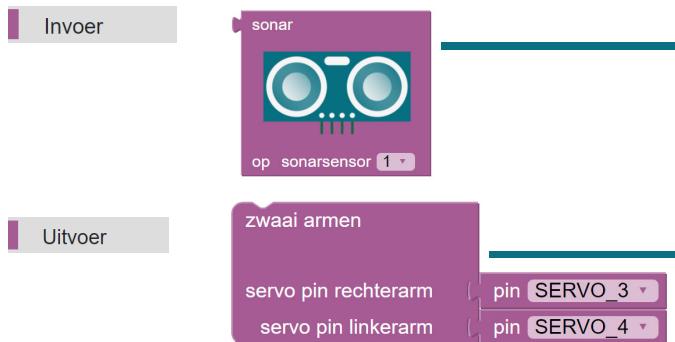


14 Les 3: Zwaaien

Gebruik deze blokken:



Dit blok wordt niet uitgevoerd. Je gebruikt het om je programma leesbaar te maken. Je typt er tekst in die vertelt wat de code doet.



OPDRACHT: Lutfi zwaait met de handjes. Als de sonar-sensor iets op minder dan 1 m (100 cm) detecteert, dan stopt Lutfi met zwaaien.

PSEUDOCODE

**ALS niemand in de buurt
DAN zwaaien**

Met dit blok lees je de waarde van de sonar-sensor uit. Dit is de afstand tot een object, uitgedrukt in cm, indien er een object in bereik is. Let wel: als het dichterbijzijnde object op meer dan 2 m van de sensor staat, dan geeft deze de waarde 0 terug. Een afstand kleiner dan 2 cm is ook niet betrouwbaar.

Dit blok dient om de handjes één keer te laten zwaaien. De getallen moet je niet aanpassen. Als dit blok één keer wordt uitgevoerd, dan zullen de armen een bepaalde beweging maken en dan teruggaan.

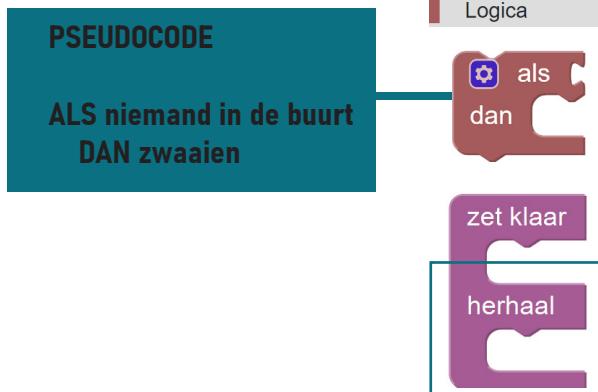
14 Les 3: Zwaaien

WERKWIJZE:

Gebruik van de sonar-sensor:

Afstand sonar 1

41 cm



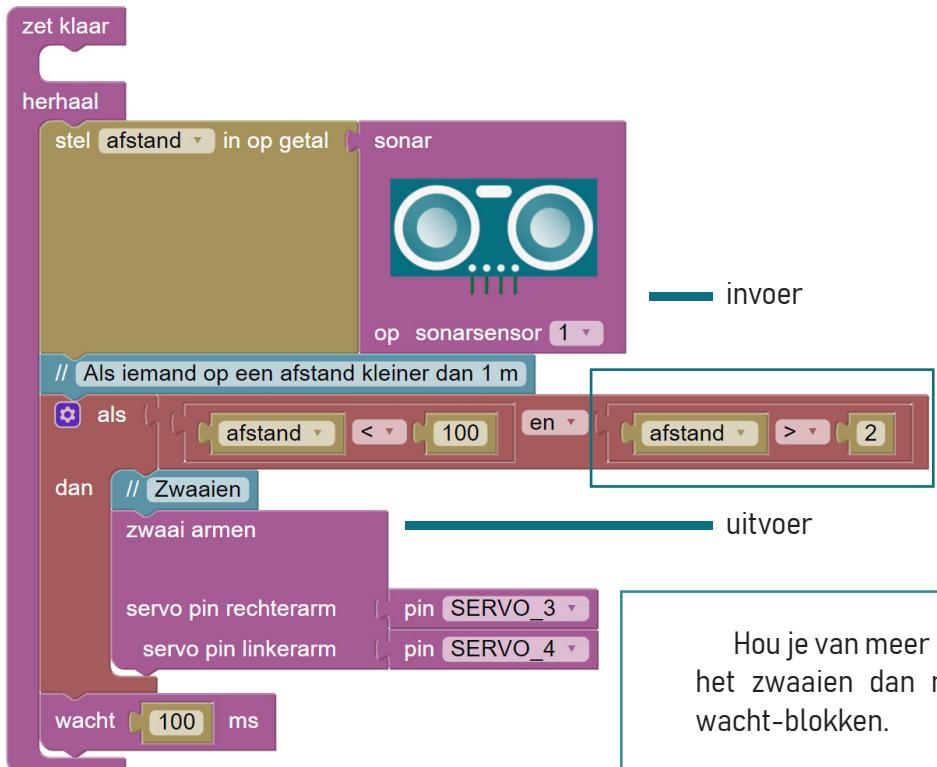
Als je wilt aangeven dat er iemand nadert op een bepaalde afstand van de robot, schuif dan met deze balk om de afstand tussen het object en de robot te veranderen.

Lutfi moet de hele tijd kijken of er iemand komt. Dit moet dus in het 'herhaal'-gedeelte komen.

Wat in het 'zet klaar'-gedeelte staat, wordt slechts één keer uitgevoerd, namelijk bij de start van het programma.

14 Les 3: Zwaaien

ANTWOORD:



Hou je van meer uitdaging? Programmeer het zwaaien dan met de servomotor- en wacht-blokken.

15 Les 4: De sociale robot

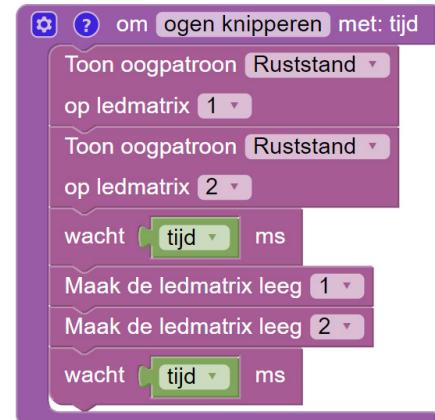
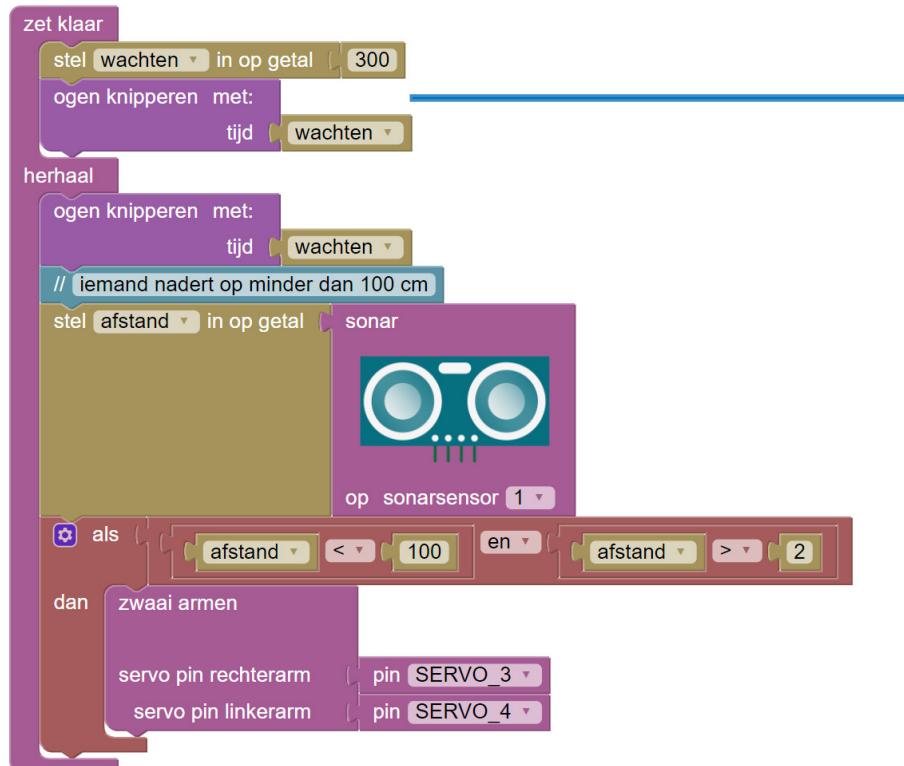
OPDRACHT 1: Bij de opstart van het programma pinken de oogjes (ledmatrices) van Lutfi. Als Lutfi iemand ziet naderen, begint Lutfi te zwaaien, de oogjes blijven pinken.

Tips

- Zorg ervoor dat, als de code wordt uitgevoerd, het pinken van de oogjes goed te zien is.
- Gebruik zowel het 'zet klaar'- als het 'herhaal'-gedeelte van het 'zet klaar / herhaal'-blok.
- Schrijf commentaar.
- Uit de vorige lessen weet je al welke blokken je kunt gebruiken.

15 Les 4: De sociale robot

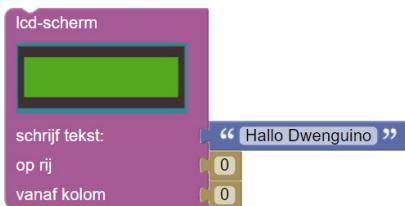
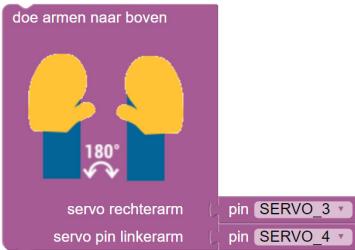
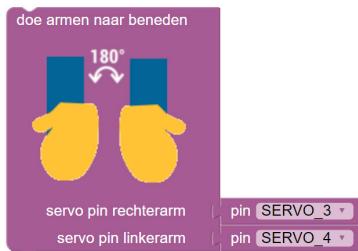
ANTWOORD OPDRACHT 1:



15 Les 4: De sociale robot

OPDRACHT 2: Bij de opstart van het programma zijn de handjes van Lutfi naar beneden en de ogen branden. Op zijn buik staat: "Joehoe!". Als Lutfi iemand ziet, gaan de handjes omhoog. Als de persoon weer weg is, gaan de handjes weer naar beneden.

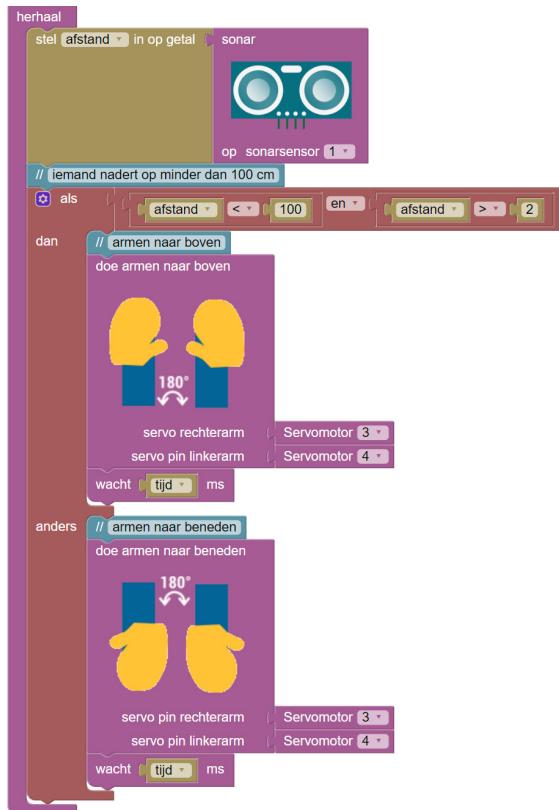
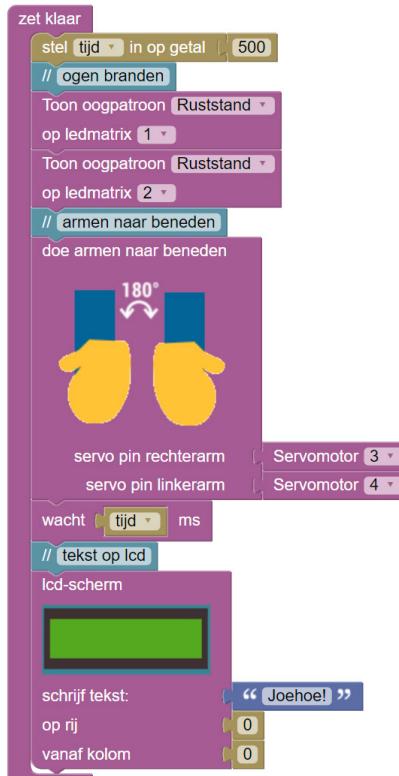
Gebruik deze blokken:



Hou je van meer uitdaging? Programmeer de handjes dan met de servomotor- en wacht-blokken.

15 Les 4: De sociale robot

ANTWOORD OPDRACHT 2:



16 Terug naar jouw sociale robot

Vóór de lesjes heb je al eens nagedacht over welke robot je wilt maken. Nu je hebt kennismegemaakt met enkele sensoren en je meer inzicht hebt in wat er softwarematig mogelijk is, grijp je terug naar *jouw ontwerp*.

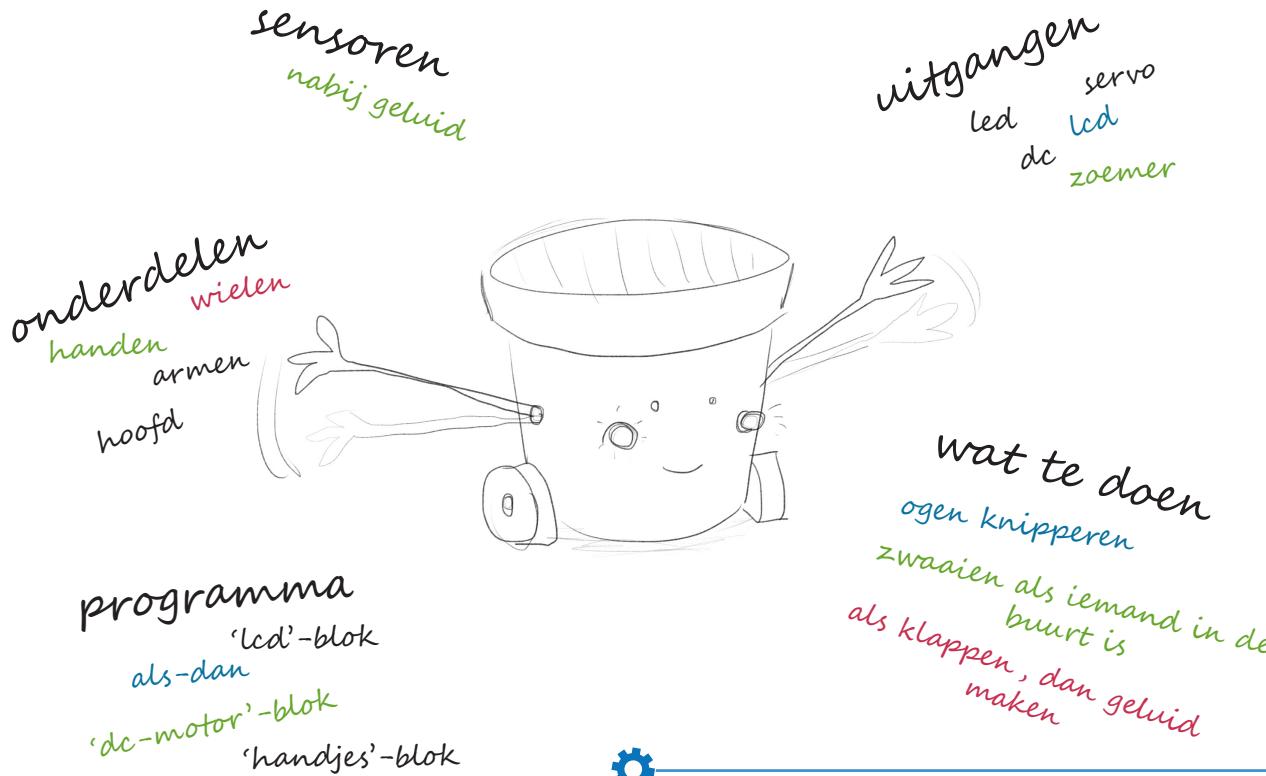
Denk nog eens na over het ontwerp van de robot:

- Welke sensoren zal je gebruiken?
- Voor welke actuatoren kies je?
- Je wilt dat je robot bepaalde acties kan ondernemen en op een bepaalde manier interageert met mensen. Zul je dit kunnen programmeren met de **software** die vorhanden is?

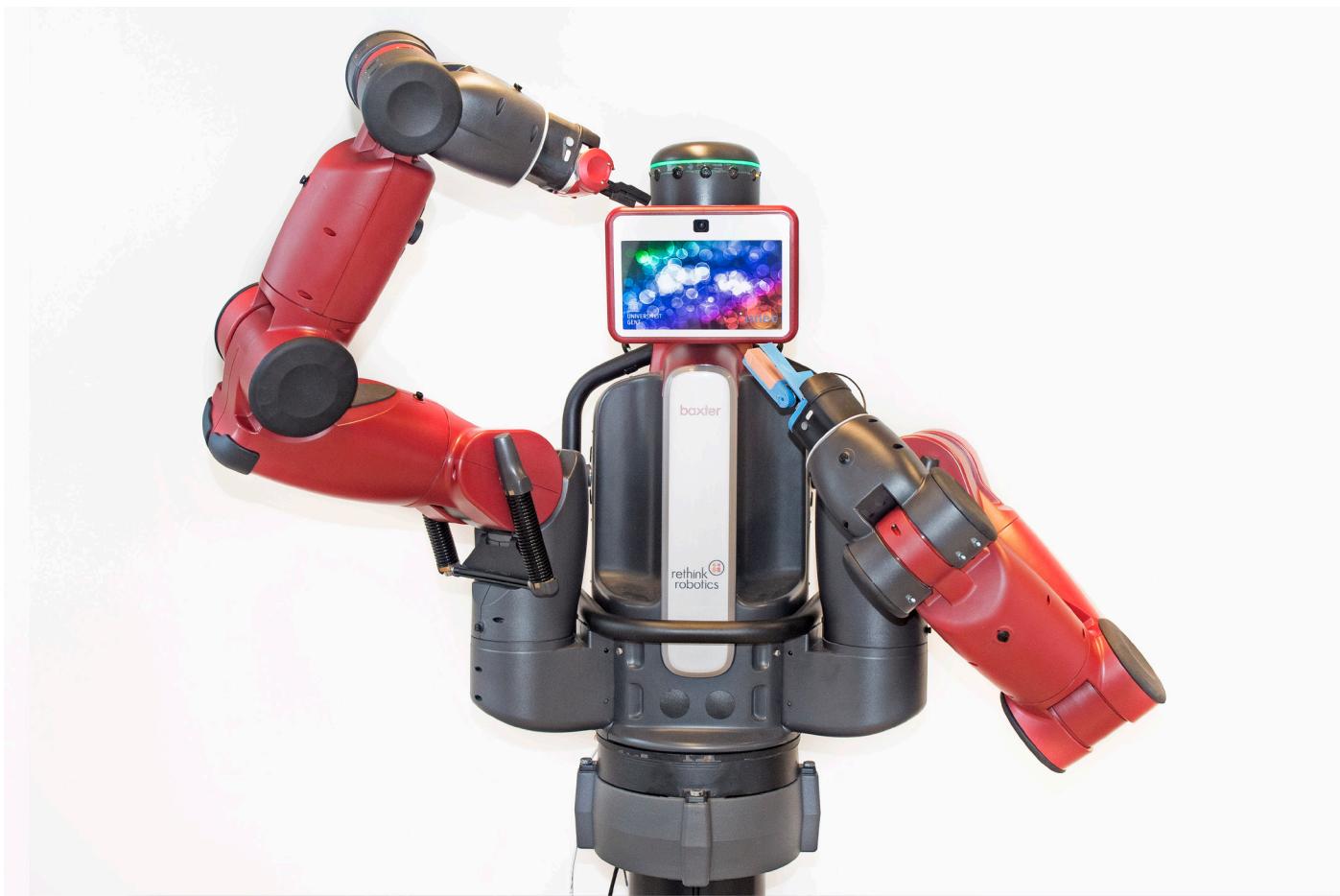
Bouw je robot in de Dwengo-simulator.

- Programmeer je robot.
- Bouw je programma stapsgewijs op.
- Test na elke stap in de **simulator**.

Het ontwerpen van een robot vergt heel wat denkwerk. Brainstormen is hier op zijn plaats.



Neem een groot blad en houd je eigen brainstormsessie. Denk na over de vragen op de vorige bladzijde en ontwerp jouw robot.



Bubbles UGent.



AI Op School

Artificiële intelligentie (AI) komt volop aan bod in de media. Populaire thema's zijn: chatbots, zelfrijdende auto's, virtuele assistenten en het verlies aan jobs. AI-systemen dringen meer en meer onze wereld binnen.

AI Op School is een project dat ontstaan is uit de bekommernis dat leerlingen kunstmatige of artificiële intelligentie moeten kunnen begrijpen. Met AI Op School willen we ook het hiaat in het **curriculum van het secundair onderwijs** om hieraan tegemoet te komen, opvullen.

De nieuwe eindtermen van het secundair onderwijs bevatten eindtermen van 'digitale competenties en mediawijsheid', waaronder 'computationeel denken en handelen'. AI is hiermee nauw verbonden.

AI Op School zorgt voor lesmateriaal rond AI voor het secundair onderwijs, gelinkt aan de **eindtermen** en de bestaande leerplandoelen.

We beogen een **leerlijn** van het eerste t.e.m. het zesde middelbaar.

'**Sociale robot**' werd ontwikkeld voor de eerste graad, maar wordt ook in de tweede graad ingezet.

www.dwengo.org/aiopschool
www.dwengo.org/socialerobot

AI OP
SCHOOL

FOTO'S EN ILLUSTRATIES

<i>Dwenguino.</i> Dwengo vzw.	3	<i>ERICA.</i> Hiroshi Ishiguro Laboratory, ATR.	18
Peter Häll, <i>Paro</i> , Tekniska Museet. CC BY.	4	Cesar Vandevelde. <i>Ono</i> *. www.cesarvandevelde.com .	21
Lukas via Unsplash. <i>Pepper. Robot in Shopping Mall in Kyoto.</i>	6	Niccolò Caranti. <i>iCub</i> . Wikimedia Commons. CC BY-SA.	22
<i>Furby.</i> CCO Publiek domein.	8	Guilherme Gerais. <i>Vierpotige robot</i> *. UGent.	24
<i>Knightscope K5</i> *. Knightscope. www.knightscope.com .	10	<i>Sensoren van Paro.</i> Dwengo vzw	25
Peter Bertels. <i>Google Home.</i> Dwengo vzw.	11	Christoph Bartneck. <i>eMuu</i> *. www.bartneck.de . <i>ROBEAR</i> *. Riken.	26
Jens Mahnke via Pexels. <i>iRobot</i> .	12	Stuart Caie. <i>Aibo</i> . Wikimedia Commons. CC BY-SA.	29
Morio. <i>ASIMO</i> . Wikimedia Commons. CC BY-SA.	13	Geen auteur. Catalarem~commonswiki verondersteld (gebaseerd op copyright claims). <i>Nabaztag</i> . Wikimedia Commons. CC BY-SA.	30
Luis J. via Pexels. <i>R2-D2</i> .		Softbank Robotics Europe. <i>Pepper</i> . Wikimedia Commons. CC BY-SA.	32
Xavier Caré. <i>Buddy</i> . Wikimedia Commons. CC-BY-SA.		<i>Prototype sociale robot.</i> Dwengo vzw.	33
Malek Azoug. <i>Ontmijningsrobot</i> *. Belgian Defence.		Tony Belpaeme. <i>Boy and his bot learning a second language</i> *.	38
Cmglee. <i>Da Vinci</i> . Wikimedia Commons. CC BY-SA.		Guilherme Gerais. <i>Bubbles</i> *. UGent.	60
KR QUANTEC. KUKA. www.kuka.com .			71
Jan De Coster. <i>Walt</i> *. www.jandecoster.com .			
Francis wyffels. <i>Vuilniswagenrobot</i> . Dwengoproject UDAVI, India.	16		

Voor de foto's met * kregen we i.v.m. auteursrechten toestemming van de betrokken personen of bedrijven.

ONZE BRONNEN GEVEN WE MEE ALS LEESTIP

Christoph Bartneck, Tony Belpaeme, Friederike Eyssel, Takayuki Kanda, Merel Keijsers, Selma Sabanovic. 2019. *Human-Robot Interaction. An Introduction*. Cambridge University Press. Te raadplegen via www.human-robot-interaction.org

Katleen Gabriels. 2019. *Regels voor robots. Ethisiek in tijden van AI*. Academic And Scientific Publishers.

Francis wyffels, Natacha Gesquière, Tom Neutens, Bjarne Van de Velde, Silke Van der Schueren. 2017. *Bouw jouw eigen robot*. Dwengo vzw.

Te raadplegen via www.dwengo.org/docs/physicalcomputing/bouwjouweigenrobot

Francis wyffels. 2020. *Over appels en peren: een introductie tot kunstmatige intelligentie*. Dwengo vzw. Te raadplegen via www.dwengo.org/docs/kiks/appelsenperen

Dwengo vzw. *Dwengo-simulator*. Te gebruiken via blockly.dwengo.org

Handleiding Paro. www.parorobots.com/maintenance.asp

BEHANDELDE MINIMUMDOELEN EERSTE GRAAD

Digitale competentie en mediawijsheid: 04.02, 04.03, 04.05, BG 04.02, BG 04.03.

Leercompetenties: 13.01, 13.03, 13.04. Voor minimumdoelen van andere sleutelcompetenties zie dwengo.org/socialerobot

COLOFON

Copyright © 2024 Dwengo vzw
Derde, herwerkte druk
ISBN 9789464441055
D/2024/Dwengo/1; NUR 950

We willen graag zoveel mogelijk mensen laten kennismaken met programmeren en ze warm maken voor wetenschap en techniek.

Daarom brengen we dit boek uit onder Creative Commons. Deze licentie geldt echter niet voor alle foto's.



De gebruiker mag:

- het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven;
- remixen, veranderen en afgeleide werken maken.

Onder de volgende voorwaarden:

- Naamsvermelding: de gebruiker dient bij het werk steeds de auteurs en Dwengo vzw te vermelden (maar zonder de indruk te wekken dat Dwengo vzw instemt met je werk of jouw gebruik van het werk).
- Gelijk delen: indien de gebruiker het werk bewerkt, kan het daaruit ontstane werk uitsluitend krachtens dezelfde licentie als de onderhavige licentie of een gelijksoortige licentie worden verspreid.
- Voor de foto's die in de lijst met foto's aangeduid zijn met een *, zijn de beperkingen van het auteursrecht toepasselijk.

info@dwengo.org . www.dwengo.org/socialerobot



Corrector: Annick Dehennin
Illustrator: Margot De Saegher

Deze handleiding kwam tot stand met de steun van de provincies Oost-Vlaanderen en Vlaams-Brabant.



Een toekomst met robots ... Wacht je af?
Of denk je mee over hoe ze er zullen uitzien
en hoe ze met jou zullen communiceren?

A standard black and white barcode is positioned on the left side of the page. Below it, the number "9 789464 441055" is printed in a small, black, sans-serif font.

AI OP
SCHOOL

