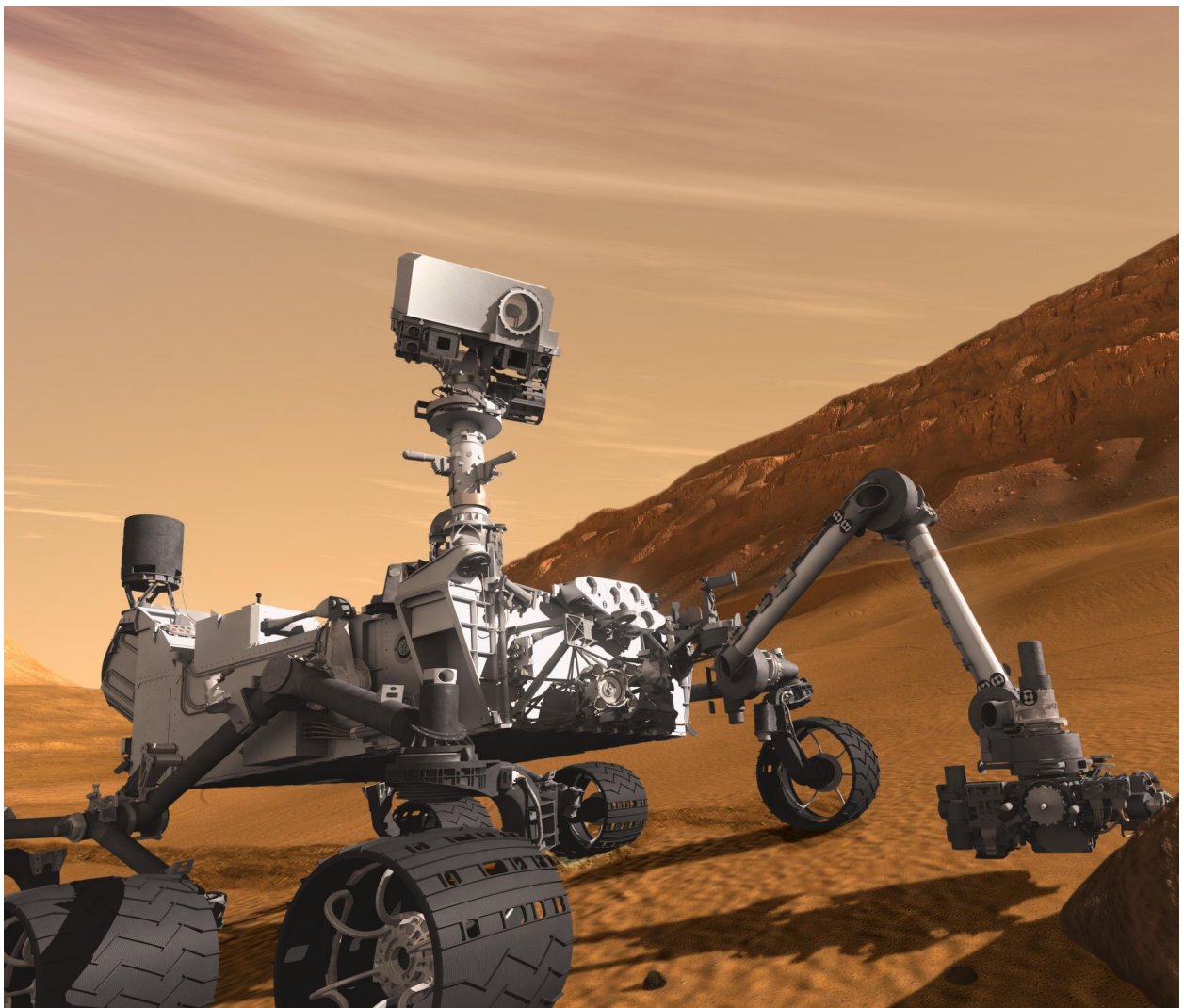


Robotclub Werenfridus

Handleiding rupsvoertuig
Ton Schuckman
Amanuensis/instructeur natuurkunde



Tabor College Werenfridus



Het is niet verboden om elkaar te helpen!
Als iets je niet duidelijk is, vragen kost niets...

De bouw bestaat uit drie delen:

- Het mechanische gedeelte
- De elektronische schakeling met aansluitingen
- Het programmeren van de microcontroller
- Materiaallijst

Het mechanisch gedeelte

Waarschuwing

De scherpe splinters kun je wegdraaien met een grote 10 mm boor. Gebruik bij het boren altijd een veiligheidsbril voor mogelijk rondvliegende metaalsplinters en bind lange haren achter je hoofd in een knot om te voorkomen dat ze door de ronddraaiende boorkop worden meegetrokken.

Het boren van de gaten

Begin met de rechthoekige grondplaat. De zwarte pijl geeft de boven en voorzijde aan. Het ronde gat met een diameter van 15 mm is de rechterzijde. Plaats de zijkanten zodanig gecentreerd zodat de motoren aan de achterzijde komen. Draai het geheel nu om en teken de vier plaatsen af waar de zijkanten aan de grondplaat worden vastgezet. Boor de gaten met een 3,5 mm boortje. Zie ook het voorbeeld.

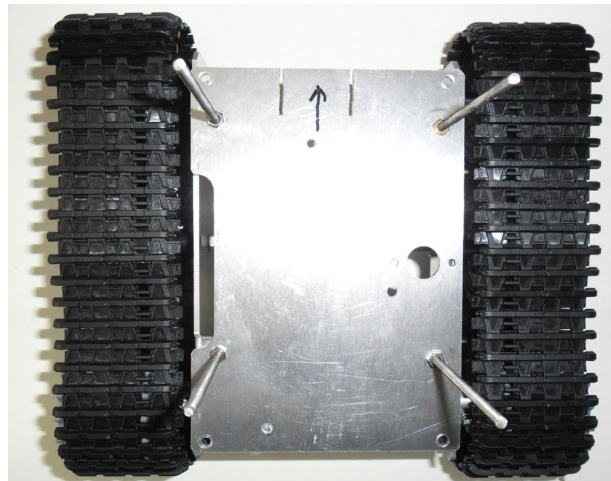


Fig. 2 bovenzijde MER

Plaats de microcontroller met de usb aansluiting aan de achterzijde in de lengterichting op de grondplaat. Het gaatje bij pin A5 is één cm onder het linker gaatje naast het 15 mm gat en markeer dit. Markeer ook het bevestigingsgaatje bij het drukknopje op de grondplaat. Boor nu deze gaatjes met een boortje van 3,5 mm.

Sleuven zagen

Tevens maken we nu al met de ijzerzaag twee sleufjes aan de voorkant voor als je later een servo wilt monteren. Als de robot klaar is dan is dit niet meer mogelijk. Zaag hiervoor 30 mm vanaf de linker voorkant gemeten een sleufje van 15 mm diep. Doe hetzelfde 40 mm vanaf de rechtervoorkant.

Monteren van de middelste loopwielen

We gaan de twee middelste wieltjes aan de zijplaten monteren. Steek een lange bout door het wieltje en draai daarna een moertje erop tegen het wieltje aan. Als je het moertje nu een halve

slag losdraait kan het wieltje vrij draaien. Steek het wiel met het boutje door het gat op de middelste plek van de zijplaat. Zet het met een ander moertje vast aan de binnenkant van de zijplaat. Borg de moertjes door met twee steeksleuteltjes tegen elkaar in te draaien.

Monteren van de motoren.

Voor het monteren gebruik je de kortste boutjes omdat je anders de tandwielletjes beschadigt als daar een boutje tegenaan gedraaid wordt. Draai eerst met de hand de drie boutjes handvast en zet ze daarna pas vast met steeksleutel. Zo voorkom je dat je ze er scheef ingedraait en de schroefdraad beschadigt. Soms moet je het aandrijfwieltje nog vastzetten op het aluminium hulpstukje. Controleer hier eerst met een boutje of de schroefdraad goed is. Voordat je het aandrijfwieltje op het asje schuift controleer je ook hier eerst of het boutje goed ingedraaid kan worden. In sommige gevallen loopt de schroefdraad niet helemaal door en moet dat alsnog gebeuren met een M3 tapeind. Het boutje komt aan de vlakke kant van het motorasje.

Het plaatsen van de voorste wielen en rupsbanden

Leg de rupsband om de aandrijfwielen en de middelste loopwielen zodanig dat het voorste loopwiel er straks bij kan. Monteer nu het voorste loopwiel net zoals je deed met het middelste loopwiel. Het kan voorkomen dat de rupsband nog op maat gemaakt moet worden.

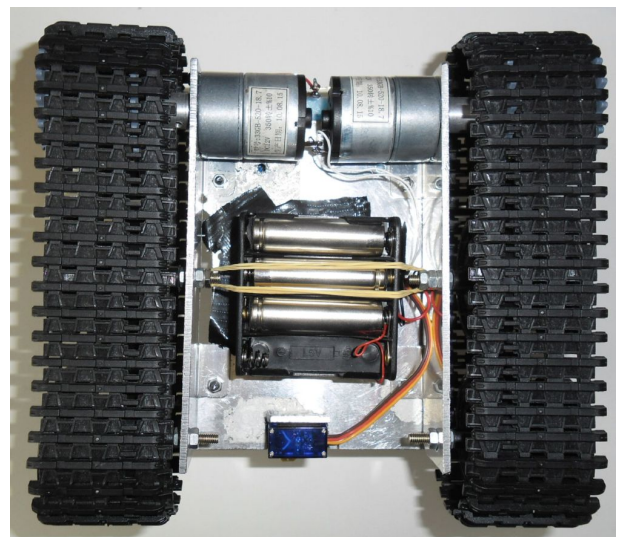


Fig. 3 onderzijde MER

Solderen van de draden aan de motoren

Soldeer nu de draden op de motoren omdat je er later slecht bij kunt.

Algemene werkwijze: voor de + kant gebruiken we rode draden en voor de - kant zwarte of witte draden. Knip eerst twee zwarte draden op lengte (15 cm) en soldeer deze op de voorste oogjes op de motoren. Hierna soldeer je twee rode draden (elk 15 cm) op de achterste oogjes.

Voor wie nog nooit gesoldeerd heeft: Hou de punt van de warme soldeerbout twee volle seconden tegen het oogje waar het draadje al doorheen zit, nu het soldeertin ertegenaan houden en je ziet dat het soldeertin volledig vervloeit met het oogje. De bout nu weghalen en even wachten tot het afgekoeld is. Ter controle voel je even of het draadje stevig vast zit. Let ook op dat je niet met de soldeerbout tegen de plastic kap van het motortje aankomt. Adem de soldeerdamp niet in, deze bestaat uit zware metalen.

Bevestigen van de zijplaten aan de grondplaat

Na het solderen monteer je de twee complete zijkanten onder de grondplaat. Bevestig ze langs de langste zijden van de grondplaat zodat de motoren aan de achterzijde zitten. Gebruik

hiervoor de vier 75 mm lange tapeinden (draadstangen) en M3 moertjes. De draadstangen zijn aan één kant afgezaagd. Zorg ervoor dat die kant aan de onderkant komt en dat ze alle vier even hoog boven de grondplaat uitsteken. Hierdoor kun je later als je dat wilt de robot verder uitbreiden of voorzien van zonnepanelen.

De elektronische schakeling

Plaatsen van de microcontroller

Plaats de microcontroller op de grondplaat, indien nodig met een isolatiestuk aan de onderzijde om kortsluiting via de aluminium grondplaat te voorkomen. Positioneer hem zodanig dat de aansluitingen naar achter wijzen. Steek van onder bij pin A5, links naast het 15 mm gat, een rijgstrip door de grondplaat en microcontroller en zet die losjes vast. De microcontroller kan breken als de rijgstrip te vast aantrekt. Steek daarna bij het drukknopje een rijgstrip door de microcontroller en de grondplaat en zet die ook losjes vast.

Lipjes voor het batterij-elastiekje

Schroef met twee M4 moertjes aan de onderkant op de middelste wieltjes twee soldeeroogjes met de lipjes naar de grondplaat gericht. Hieraan kan een elastiekje gehaakt worden die de batterijhouder met de zes AA batterijen op zijn plaats zal houden. Plak op deze plek twee lagen duct-tape om kortsluiting van het batterijpak te voorkomen.

De microcontroller werkt zoals de meeste elektronica op een spanning van 5 volt die wordt geleverd door de zes oplaadbare AA batterijen. Gebruik alleen oplaadbare batterijen om een te hoge spanning te voorkomen. Deze geven weliswaar samen max 9 volt maar de microcontroller heeft zelf een spanningsstabilisator aan boord die daar 5 volt van maakt. De motoren doen het hier prima op, die kunnen maximaal 12 volt aan.

Het insteek printplaatje of elektronisch prikboardje

Het insteek printplaatje plaats je boven op de grondplaat met de langste zijde tegen de microcontroller. Het heeft een zelfklevende laag aan de onderzijde. Snij met een stanleymes van een strookje van 5 mm in en verwijder dit strookje plastic zodat de insteekprintplaat maar op 5 mm zelfklevend materiaal vast komt te zitten. Je kunt hem anders nooit meer verwijderen of verplaatsen zonder hem stuk te trekken.

De transistor

Een transistor heeft een collector, emitter en een basis. Normaal als de basis geen spanning krijgt blijft de transistor 'gesloten'. Dit kan omdat er in de transistor een halfgeleider materiaal zit dat pas geleidend wordt als er een klein stroompje via de basis B naar de emitter loopt. Pas dan wordt de transistor geleidend en kan de hoofdstroom via de collector C naar de emitter E stromen. De motor gaat dan draaien want er is een stroomkring tot stand gebracht. Volg het schema van + naar - maar eens. Als je nu via het programma, dat je sraks gaat schrijven, een spanning van 5 volt op pin 5 zet, gaat deze spanning, verlaagd door de weerstand naar de basis B van de transistor.

De diode

De diode, een onderdeel dat maar in één richting stroom doorlaat, is er als beveiliging. Als je namelijk met de hand een motor laat draaien verandert de motor in een dynamo en de inductiestroom van een dynamo zou de mc kunnen beschadigen. De diode zorgt er dan voor dat deze stroom alleen naar de batterij terug kan stromen.

De condensator

De condensator dient ter ontstoring van de motor.

Wat is een "male header"

Een "male header" is pin die door een blokje plastic steekt. Aan een kant is de pin lang en aan de andere kant kort. De korte kant gebruik je voor soldeerwerk, bijvoorbeeld door er een electriciteitsdraadje aan te solderen. Het draadje heeft nu een stivige pin die ja makkelijk in een insteekbordje kan steken. Vaak komen "male headers" in lange stripje.

Nog een klein beetje solderen

De draden op de microcontroller voor pin 5 en 6 soldeer je samen op een dubbele male header (rood). Dit doe je ook voor pin 5v en pin gnd (wit en rood), en voor pin 12 en 13 (rood). Let goed op dat je de draadjes (plus en min) van de voedingsplug op de microcontroller niet verwisseld op het insteek printplaatje. Hierdoor kan de microcontroller beschadigen.

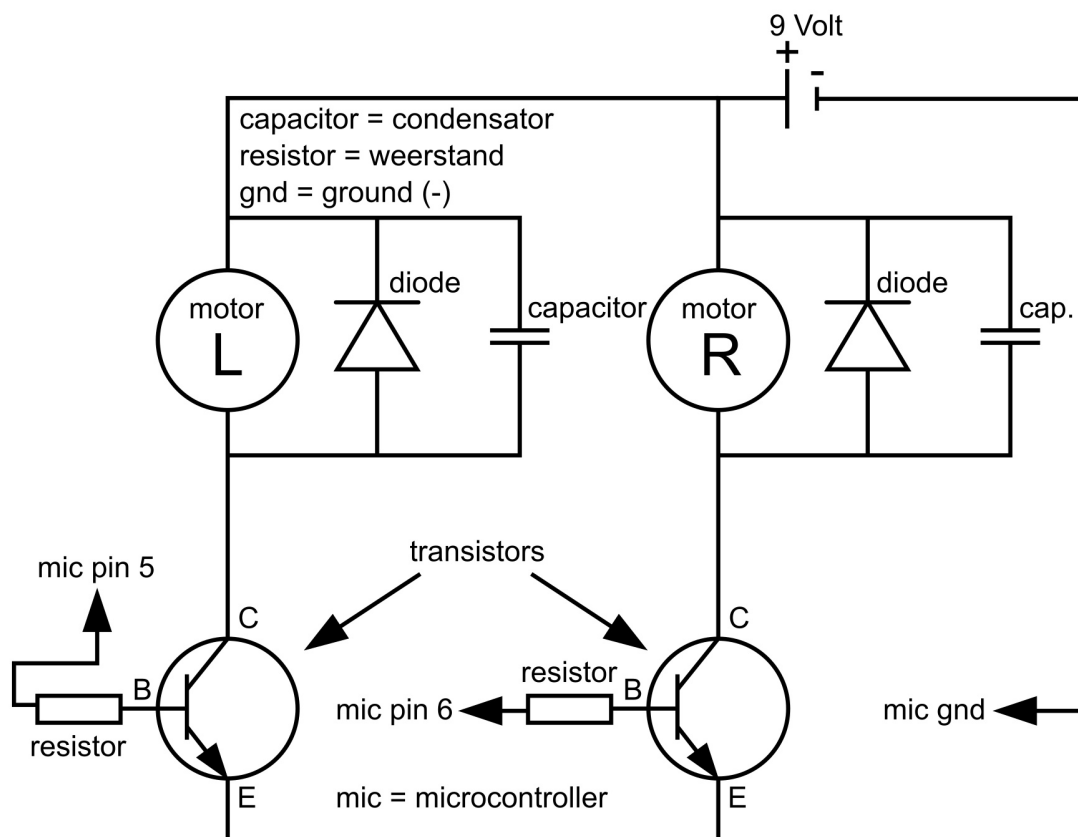


Fig. 1 elektronische schakeling

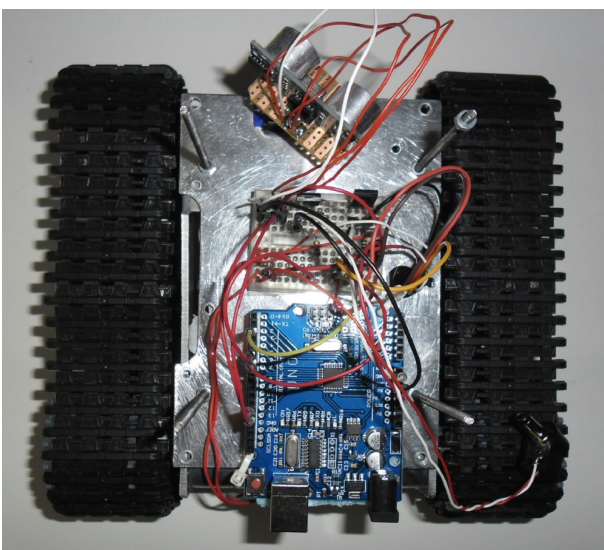
We gaan de schakeling bouwen

Algemeen geldt: maak de draden niet te lang zodat je overzicht houdt. Kort ook de uiteinden van de weerstanden, diodes en condensators in tot een lengte van 12 mm. Nu kun je het insteekprintplaat schema gebruiken (tabel 1) om alle draadjes en elektronische componenten op de goede manier aan te sluiten. Ieder rechthoekje van het schema komt overeen met één insteekgaatje op de insteekprintplaat. Als je goed kijkt zie je dat de insteekgaatjes aan de onderzijde per vijftal met elkaar verbonden zijn. Zo worden de componenten met elkaar geschakeld.

Voor de weerstand en condensator maakt het niet uit hoe om ze gemonteerd worden, voor de diode echter moet het witte randje (de sperzijde) op de + markering komen. De transistoren worden met de metalen zijde naar voren gemonteerd zodat e/emitter, c/collector en b/basis, goed uitkomen. Probeer met behulp van figuur 1 de werking maar eens te doorgronden! (de aansluiting van de servo is al in tabel 1 aangegeven, de gele aanstuurdraad komt in pin twee van de microcontroller). De insteekpinnen van de microcontroller en de insteekprintplaat hebben een gestandaardiseerde maat.

Wanneer je veel last hebt van zichzelf loswerkende draadjes kun je ze vast solderen op een 'male headerpin.' Strip hiervoor het draadje zo kort mogelijk, een mm of twee, en gebruik minimaal soldeertin zodat naast elkaar zittende headerpinnen geen kortsluiting met elkaar kunnen maken. De twee draden (9v- en 9v+) die van de batterijhouder af komen en de pinnen op de microcontroller moet je zeker op headerpinnen vast solderen.

Als je ze nog niet hebt dan moet je nu gaan zorgen voor de batterijen. Je kunt ze, 6 x 1,5 volt AA oplaadbare batterijen gewoon bij een warenhuis aanschaffen. Als je het apparaat opbergt leg dan de plug die je uit de microcontroller trekt op een rupsband, hier blijft immers spanning op staan, en verwijder de batterijen om kortsluiting te voorkomen.



Figuur 4 componenten configuratie

					tra e	tra c	tra b					tra e	tra c	tra b		
us gnd	us ech	us tri	us 5V		wir c -							wir c -				
					wir h -	dio -			dio +				dio -			dio +
wir h -	pin 12	pin 13	wir g -		mic -	cap			cap			bat -	cap			cap
					wir e -	m.l -	res		wir a +			pin gnd	m.r -	res		wir b +
## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##
bat 9V +	bat 9V +															
wir a +	wir b +									ser ora	ser 5V	ser bru				wir d +
	mic +						res							res		wir g +
																pin 5V
m.l +	m.r +						pin 5			pin 2	wir d +	wir e -		pin 6		

Tabel 1. Aansluitingen op de insteekprintplaat

wir = wire/draad

tra = transistor

m.r = motor rechts

mic = microcontroller

bru = bruin

dio = diode

cap = capacitor/condensator

gnd = ground/massa (-)

ser = servo

bat = batterij houder

res = resistor/weerstand

m.l = motor links

us = ultrasoon sensor

ora = oranje

pin = aansluiting op mic

Het programmeren van de microcontroller

Je kunt de Arduino IDE (integrated development environment) programma gratis downloaden van de Arduino website. Met onderstaand programma rijdt de robot een rondje acht. Achter twee // kun je uitleg plaatsen die niet in het programma wordt meegenomen. Als je nu het programma overtypt zonder de '//opmerkingen' dan heb je je eerste programma geschreven.

Als de microcontroller is aangesloten op de pc en geïnstalleerd, dan kun je dit programma uploaden. Mogelijk moet er nog wel een poort op de pc worden toegewezen. Hiervoor klik je bovenin het Arduino programma op -> hulpmiddelen -> poorten en kijk welke poort er gebruikt wordt. Nu klik je op de pc op -> starten -> rechtermuisknop computer -> beheren -> apparaat beheer en controleer of hier de juiste poort gebruikt wordt. Pas dit eventueel aan.

De onderstaande software is met opzet in het Engels omdat dit gebruikelijk is.

Software round eight

```
const byte ML = 5; const byte MR = 6; //the right motor is assigned to pin
number 6.
```

```
void setup() //put your setup code here, to run once:
  { pinMode(MR, OUTPUT); pinMode(ML, OUTPUT); } //the pin is set as an output
signal.
```

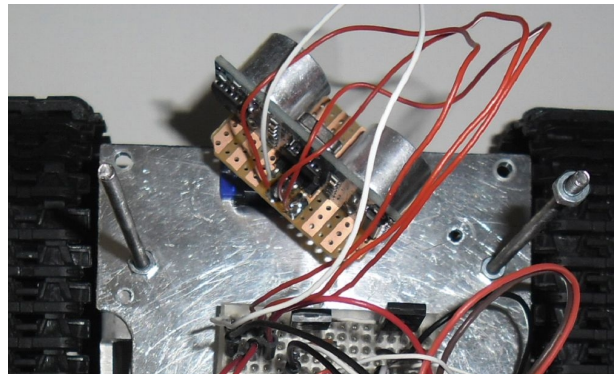
```
void loop() //put your main code here, to run repeatedly:
  { delay(3000);
    digitalWrite(MR, HIGH); digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000); //1000: wait
for 1,0 sec.
    digitalWrite(MR, LOW); digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(MR, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(MR, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(MR, HIGH); digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(MR, LOW); digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(MR, HIGH); digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(MR, LOW); digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(MR, HIGH); digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(MR, LOW); digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(MR, HIGH); digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(MR, LOW); digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(MR, HIGH); digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(MR, LOW); digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(MR, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(MR, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(MR, HIGH); digitalWrite(ML, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(MR, LOW); digitalWrite(ML, LOW); delay(2000);
    digitalWrite(MR, HIGH); delay(1000);
    digitalWrite(MR, LOW); delay(2000); }
```


Extra opdracht; de ultrasoon sensor

Voor degene die de "puntjes op de i" willen zetten volgt nu de omschrijving om de ultrasoon sensor op een servo te monteren op de voorzijde. Met de sensor kan de robot om zich heen kijken en kan er op obstakels gereageerd worden. Hiervoor had je in het begin al de twee sleufjes uitgezaagd op de grondplaat.

Buig het stukje aluminium tussen de sleufjes nu haaks naar beneden zodat de servo met twee kleine druppeltjes seconden lijm vastgezet kan worden. Gebruik absoluut zo min mogelijk lijm, de servo moet immers ook nog losgemaakt kunnen worden als hij stuk is.

Nu maak je uit een stukje printplaat het voetstukje voor de ultrasoon sensor. Zaag een stuk van negen bij vijftien gaatjes uit en boor dan in het midden, 9 mm van de voorkant af een gat van 5 mm. De scherpe hoekjes knip je af met een kniptang. Nu lijm je wederom met twee minuscule drupjes twee seconden lijm het voetje van de servo met de platte kant aan de onderkant van het stukje printplaat, dat is de zijde zonder de koperen strips.



Steek nu de ultrasoon sensor met de pennen door de tweede rij (zie het voorbeeld model). Soldeer nu het rechter pennen, die van vcc vast terwijl je er voor zorgt dat de sensor volkomen haaks staat op het printplaatje. De vier aansluit draden (12 cm lang vanwege het ronddraaien) strip je af en steek je door de achterste rij gaatjes waarna je ze vast soldeert op de pennen van de sensor. (zie wederom het voorbeeld).

Het aansluit schema van de draden is al vermeld in tabel 1. Soldeer de draden voor gnd en echo (wit en rood) samen op een viervoudige male header evenals trig en vcc (beide rood). Het geheel van printplaatje met ultrasoon sensor schroef je nu voorzichtig vast op de servo.

Hieronder de benodigde software om te beginnen met het toepassen van de ultrasoon sensor.

Software straight ahead, at obstacle turn left

```
const byte echoPin = 12; const byte trigPin = 13;
const byte ML = 5; const byte MR = 6;
int duration; int cm;

void setup()
{ Serial.begin(9600); //initialize serial communication.
  pinMode(trigPin, OUTPUT); pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(MR, OUTPUT); pinMode(ML, OUTPUT); forward(); }
```

```

void loop()
  { digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
    cm = microsecondsToCentimeters(duration);

    //this line prints the value of the ultrasonic sensor on the serial
monitor.
    Serial.print(cm); Serial.print("cm"); Serial.println();

    if (cm > 50) { forward(); } else { turn(); } }

int microsecondsToCentimeters(int microseconds)
  //speed of sound = 340 m/s or 29 microseconds per cm; the sound wave
travels out and
  //back, so the distance of the object is half of the distance
travelled.
  { return microseconds / 29 / 2; }

void forward()
  { digitalWrite(ML, HIGH); digitalWrite(MR, HIGH); }

void turn()
  { digitalWrite(ML, LOW); digitalWrite(MR, HIGH); delay (300); }

```

Software with ultrasonic sensor and servo

```

#include <Servo.h> //create servo object to control a servo.
Servo myservo;

  //pin configuration.
const byte servoPin = 2; const byte motorLeft = 5; const byte motorRight = 6;
const byte echoPin = 12; const byte trigPin = 13;
  //send = trigger pin, receive = echo pin.

  //delay determines how long the mer turns, increase to make the turning
angle larger.
const int turnDelay = 500;
  //standard angle for looking straight ahead, compensate for construction
errors.
const int standardAngle = 90;
  //angle in degrees that controls the direction in which the sensor looks.
const int viewAngle = 40;

```

```

    //delay to let servo turn, not optimized; for smaller angles smaller delay
    could be used.
const int servoDelay = 250;
    //object distance in cm at which the mer decides to look around and turn
    another way.
const int lineOfSight = 40;
    //pwm duty cycle of the motor, use a value from 0 (no movement) to 255
    (full speed).
const int motorSpeed = 90;

void setup() //setup pin configuration and initialize the sensor position.
    { delay(3000); //delay to give us some time to place the mer on the ground.
      myservo.attach(servoPin); //initialize the servo and look straight ahead.
      turn_servo(standardAngle);
      pinMode(motorLeft, OUTPUT); pinMode(motorRight, OUTPUT);
      pinMode(trigPin, OUTPUT); pinMode(echoPin, INPUT); drive_mer(); } //start
    the mer.

void drive_mer() //this function lets the mer drive forward.
    { analogWrite(motorRight, motorSpeed); analogWrite(motorLeft, motorSpeed);
    }

void stop_mer() //this function stops the mer.
    { digitalWrite(motorRight, LOW); digitalWrite(motorLeft, LOW); }

void turn_servo(int angle)
    //turn servo to given angle, do not return until angle is reached.
    //if the servo is already at the correct angle, we don't have to do
    anything.
    { if (angle == myservo.read()) { return; }
      else { myservo.write(angle); delay(servoDelay); } }

int look() //looking function, returns distance in the observed direction as
    an integer.
    { int duration, distance;
      digitalWrite(trigPin, LOW); delayMicroseconds(2); digitalWrite(trigPin,
    HIGH);
      delayMicroseconds(10); digitalWrite(trigPin, LOW); duration =
    pulseIn(echoPin, HIGH);
      distance = (duration/2) / 29.1; return distance; }
    //turning function: makes mer turn in preferred direction. 0 for left and 1
    for right.
void turn_mer(int direction)

```

```

    { if (direction == 0) { digitalWrite(motorLeft, LOW);
digitalWrite(motorRight, HIGH); }
    else { digitalWrite(motorRight, LOW); digitalWrite(motorLeft, HIGH); }
    delay(turnDelay); stop_mer(); } //stop the engines when the mer has turned
far enough.

//this function turns the mer depending on the observed distances.
void handle_measurements(int distanceLeft, int distanceStraight, int
distanceRight)

//if objects in each direction, stop the mer.
{ if(distanceLeft < lineOfSight and distanceStraight < lineOfSight and
distanceRight < lineOfSight) { stop_mer(); }

//if there are objects to the left and right, but not ahead: keep driving.
else if (distanceLeft < lineOfSight and distanceRight < lineOfSight
and distanceStraight > lineOfSight) { return; } //back to last line.

//if we see something on the left side, turn right.
else if (distanceLeft < lineOfSight) { turn_mer(1); drive_mer(); }

//if something straight ahead go to best direction.
else if (distanceStraight < lineOfSight) { if (distanceRight >
distanceLeft)
{ turn_mer(1); } else { turn_mer(0); } drive_mer(); }

//if we see something on the right side, turn left.
else if (distanceRight < lineOfSight) { turn_mer(0); drive_mer(); } }

void loop()
{ int distanceLeft, distanceStraight, distanceRight;
//look each direction starting left.
turn_servo(standardAngle + viewAngle); distanceLeft = look();
turn_servo(standardAngle); distanceStraight = look();
turn_servo(standardAngle - viewAngle); distanceRight = look();
handle_measurements(distanceLeft, distanceStraight, distanceRight); }

```

Tot zover is de ondersteuning vanuit school, maar je kunt natuurlijk op de dinsdagmiddagen verder gaan met uitbreidingen, alleen of samen met anderen of zelfs de Arduino als platform gebruiken voor iets heel anders. Meneer Koevoet heeft speciaal voor ons een boekje gemaakt: Programmeren met de Arduino, hier wordt dieper op de software ingegaan. Er zijn ook twee boekwerkjes op school beschikbaar: Exploring Arduino door J. Blum en Microcontrollers programmeren met Arduino door F. Killian. Ook kun je natuurlijk op internet naar ideeën gaan zoeken.

Materiaallijst

De meeste onderdelen waaronder het onderstel zijn te verkrijgen bij hobbyelectronic.nl (H) ook conrad.nl (C) heeft veel van de onderdelen maar niet het onderstel.

Onderdeel	Prijs €	Type	Aantal
Rups-onderstel	45,00	Tank chassis	1 H
Microcontroller	24,00	Arduino Uno	1 H
Printplaat	4,00	535662-89	1 C
Batterijhouder	1,90	615587-89	1 C
Boutjes en moertjes	2,50	3 mm	1
Diodes	0,26	DO-201	2
Transistors	0,22	NPN BD139	2
Weerstand	0,40	1k ohm	2
Condensatoren	0,62	1 microfarad	2
USB kabel	4,00	A naar b	1
Draad	5,00	1m	1m
Batterij 1,5 volt	2,50	2100 mAh	4
Ultrasoon sensor	5,00	HC-SR04	1 H
Micro servo	5,00	SG90	1 H
Voeding plug	1,39	393468-89	1 C
Batterij stekker	0,49	624691-89	2 C