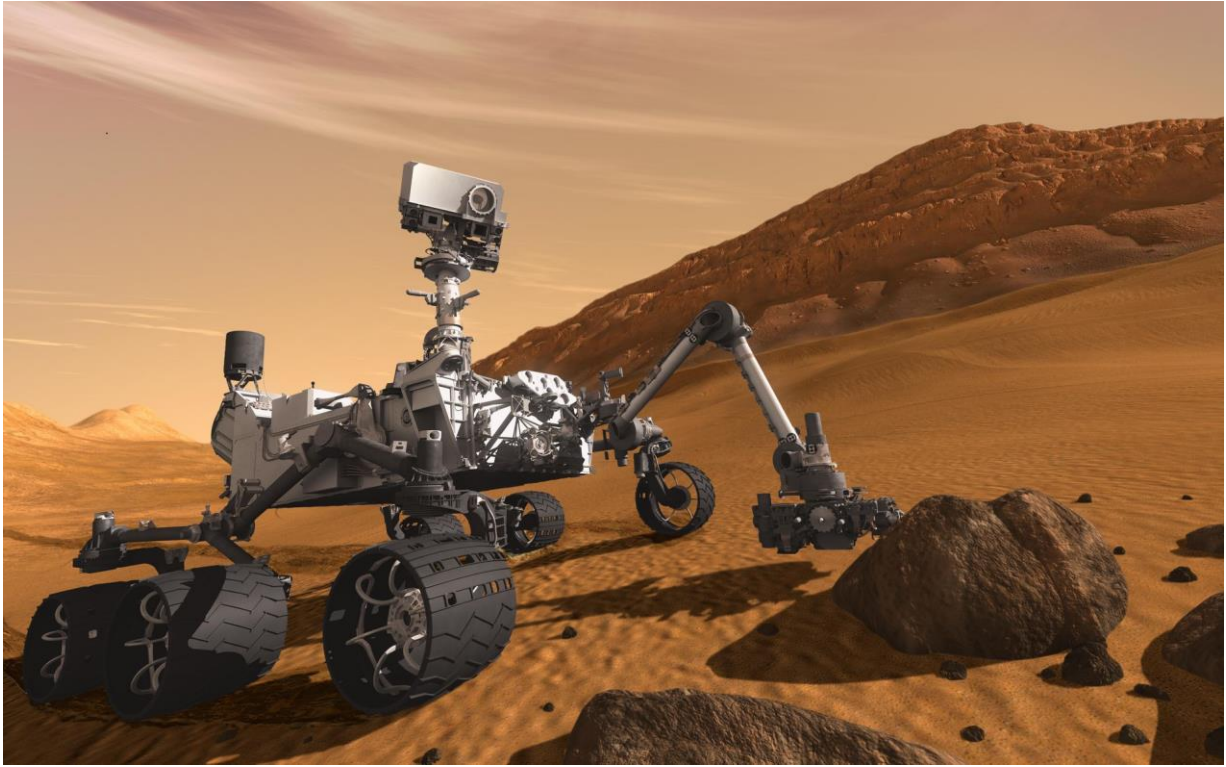


Robotica club Werenfridus



Handleiding MER-rupsvoertuig-pi

Ton Schuckman
Amanuensis/instructeur natuurkunde



Inhoudsopgave

De rechthoekige grondplaat.....	03
Zaagsleuven voor de servo.....	03
Plaatsing middelste wielletjes.....	03
Montage van de motortjes.....	03
Rupsband met voorste wielletje.....	04
Het solderen van de draden op de motoren.....	04
Montage van de zijpanelen.....	04
Het plaatsen van de microcomputer.....	04
Het printplaatje.....	04
Werking van de schakeling.....	05
De diodes en condensatoren.....	05
Draden op de Pi.....	05
Spanningsverschillen.....	06
Polariteit.....	06
Elektrisch schema.....	07
Assemblage van de printplaat.....	08
Tabel 1 lijst van afkortingen.....	08
Tabel 2 aansluitingen op de insteek printplaat.....	09
Tabel 3 aansluitingen van de GPIO pinnen op de Pi.....	10
Plaatsing van de servo.....	10
De ultrasoon sensor.....	11
Aansluitingen ultrasoon sensor.....	11
Maken van het vierkant.....	11
De powerbank en opslag.....	11
Het programmeren van de microcomputer.....	12
Het programmeren van een rondje acht in Python3.....	12
Software rondje acht.....	12
Software met ultrasoon sensor en servo.....	14
Tabel 4 materiaallijst.....	17

Handleiding

De bouw is gesplitst in drie delen:

- **Het mechanisch gedeelte**
- **De elektronische schakeling met aansluitingen**
- **Het programmeren van de microcomputer**

Het mechanisch gedeelte

De rechthoekige grondplaat

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.

De zwarte pijl (zie figuur 1) geeft de boven en voorzijde aan. Het ronde gat met een diameter van 15 mm is de rechterzijde. Plaats de zijkanten zodanig en in het midden gecentreerd dat de motoren aan de achterzijde komen. Draai het geheel nu om en teken de vier plaatsen af waar de zijkanten aan de grondplaat vastgezet moeten worden. Boor nu deze gaatjes met een boortje van 3,5 mm. De scherpe splinters kun je wegdraaien met een grote 10 mm boor. Monteer de zijkanten nog niet, dit komt later.

Zaagsleuven voor de servo

We maken nu al met de ijzerzaag twee sleufjes aan de voorkant voor de latere montage van servo. 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 rechter voorkant.

Plaatsing middelste wieltjes

Steek hiervoor 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 en zet je het met een ander moertje vast op de middelste plek van de zijplaat. Draai de moertjes met twee steeksleuteltjes tegen elkaar in vast.

Montage van de motortjes

Draai eerst met de hand de drie korte boutjes hand vast en zet ze daarna pas vast met een sleuteltje. Zo voorkom je dat ze er scheef ingedraaid worden en de schroefdraad beschadigd. Soms moet het aandrijfwieltje nog vastgezet worden 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 er goed ingedraaid kan worden. In sommige gevallen is de schroefdraad niet helemaal doorlopend en moet dat alsnog gebeuren met een

m3 tapeindje. Het boutje komt aan de vlakke kant van het motorasje.

Rupsband met voorste wielkje

Het kan voorkomen dat de rupsband nog op maat gemaakt moet worden. De rupsband leg je om het nog niet gemonteerde voorste wielkje en daarna om de andere wieljjes. Zet daarna het voorste wielkje vast zoals je met het middelste wielkje gedaan hebt.

Het solderen van de draden op de motoren

Adem de soldeerdamp niet in, deze bestaat uit zware metalen. Let op dat je niet met de soldeerbout tegen de plastic kap van het motortje aankomt. Algemene werkwijze: voor de + aansluitingen gebruiken we rode draden en voor de - kant zwarte of witte draden. Knip eerst de draden op lengte (20 cm) vanaf de motor tot de insteekprintplaat en soldeer op de linker motor een rode draad op het + oogje en zwart op het – oogje. Op de rechter motor is het andersom, rood op het – oogje en zwart op het + oogje want deze motor zit gespiegeld ten opzichte van de linker motor. 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 soldeert in ertegenaan houden en je ziet dat het soldeert in volledig vervloeit met het draadje en oogje. Bout nu weghalen en even wachten tot het afgekoeld is. Ter controle voel je even of het draadje stevig vast zit. Aan het andere eind van de draden komen header pinnen.

Montage van de zijkanten

Na het solderen ga je de twee complete zijkanten monteren onder de grondplaat. Plaats ze zo lang de langste zijden van de grondplaat zodat de motoren aan de achterzijde komen. Gebruik hiervoor de vier 75 mm lange tapeinden met de afgezaagde uiteinden aan de onderkant. Hierdoor wordt de elektronica beschermd en is er plaats voor de powerbank na de montage van het ‘vierkant’.

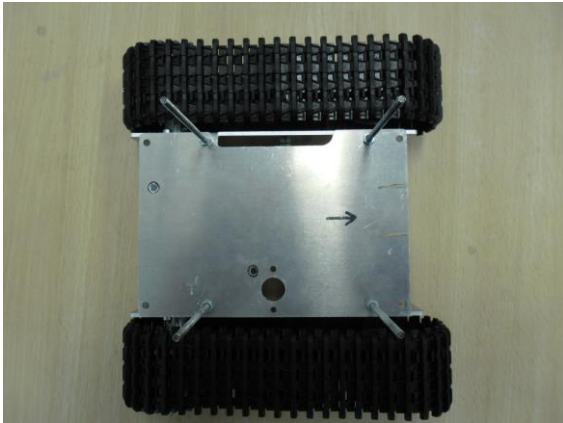
De elektronische schakeling

Het plaatsen van de microcomputer

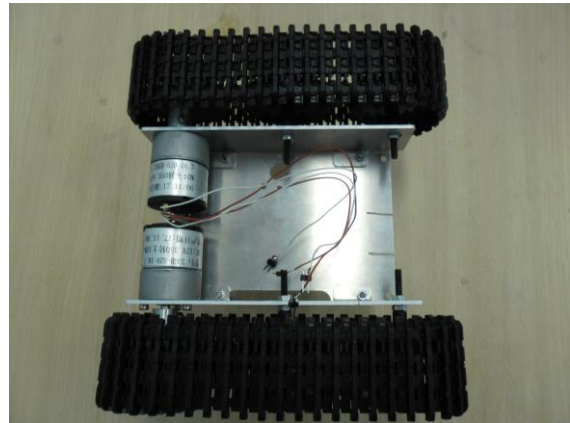
Plaats een isolatiestuk aan de onderzijde van de Pi om kortsluiting via de aluminium grondplaat te voorkomen. Plaats hem zodanig dat de aansluitingen naar achter wijzen. Teken de gaatjes aan de zijde van de GPIO pinnen af op het isolatie stuk en boor daar gaatjes doorheen zodat het geheel met twee touwtjes aan de achterste twee tapeindjes vastgebonden kan worden.

Het printplaatje

Het insteek printplaatje plaats je met de lange zijde evenwijdig aan de Pi in het midden op de grondplaat. Het heeft een zelfklevende laag aan de onderzijde. Snij met een stanleymes 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.



Figuur 1 bovenzijde MER



Figuur 2 onderzijde MER

Werking van de schakeling - transistoren

De microcomputer werkt zoals de meeste elektronica op een spanning van 3,3 of 5 volt die wordt geleverd door een adapter of de powerbank. De motoren doen het hier prima op, die kunnen maximaal 12 volt aan. Als nu via het programma dat je gaat schrijven een spanning van 3,3 volt op pin 4 of 5 gezet wordt, gaat de stroom, verlaagd door de weerstand naar de basis B van 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 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 electrical diagram (figuur 5) maar eens, kruisende lijnen zijn niet met elkaar verbonden.

De diodes en condensatoren

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

Draden op de Pi

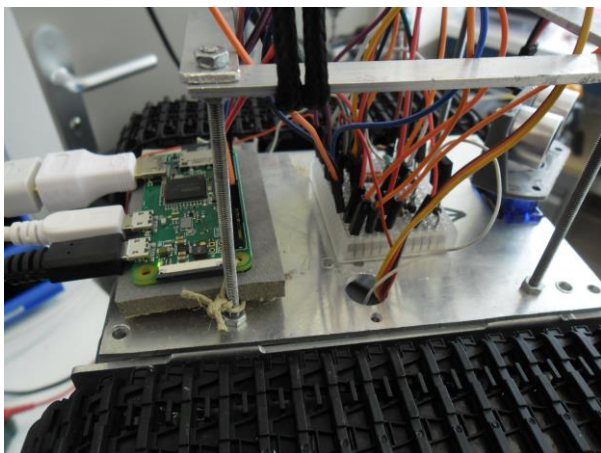
Let goed op dat je de draden (5V plus en GND) niet verwisseld op de GPIO pinnen (General Purpose Input Output) van de Pi en de insteekprintplaat. Hierdoor zal de Pi beschadigen.

Spanningsverschillen

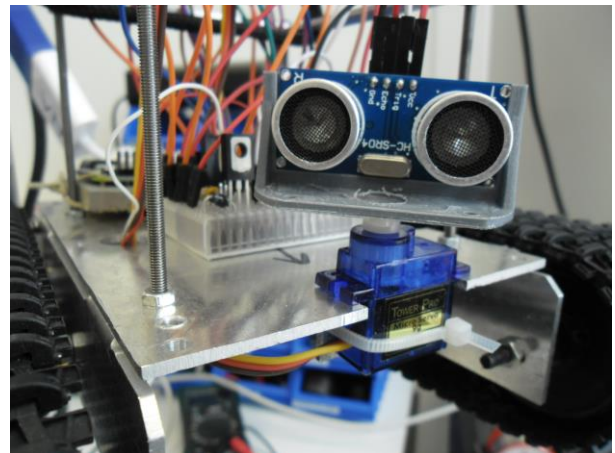
De Pi werkt op een spanning van 3,3 volt en heeft twee pinnen waar een vaste spanning van 5 volt op staat die direct vanaf de powerbank komt. Met deze twee pinnen worden de motortjes aangestuurd, de ultrasoon sensor en de servo. Nu is het probleem dat de Pi alleen een signaal via de GPIO poorten kan verwerken van 3,3 volt. Dit betekent dat de 5 volt van de echo pin op de ultrasoon sensor omlaag gebracht moet worden van 5 naar 3,3 volt. Dit gebeurt door een spanningsdeler gemaakt van de twee weerstanden van 330 en 470 ohm. Voor de servo is het andersom omdat het aanstuur signaal van 3,3 volt juist weer omhoog moet naar 5 volt. Dit gebeurt via een derde transistor op dezelfde manier als bij de motortjes gedaan is.

Polariteit

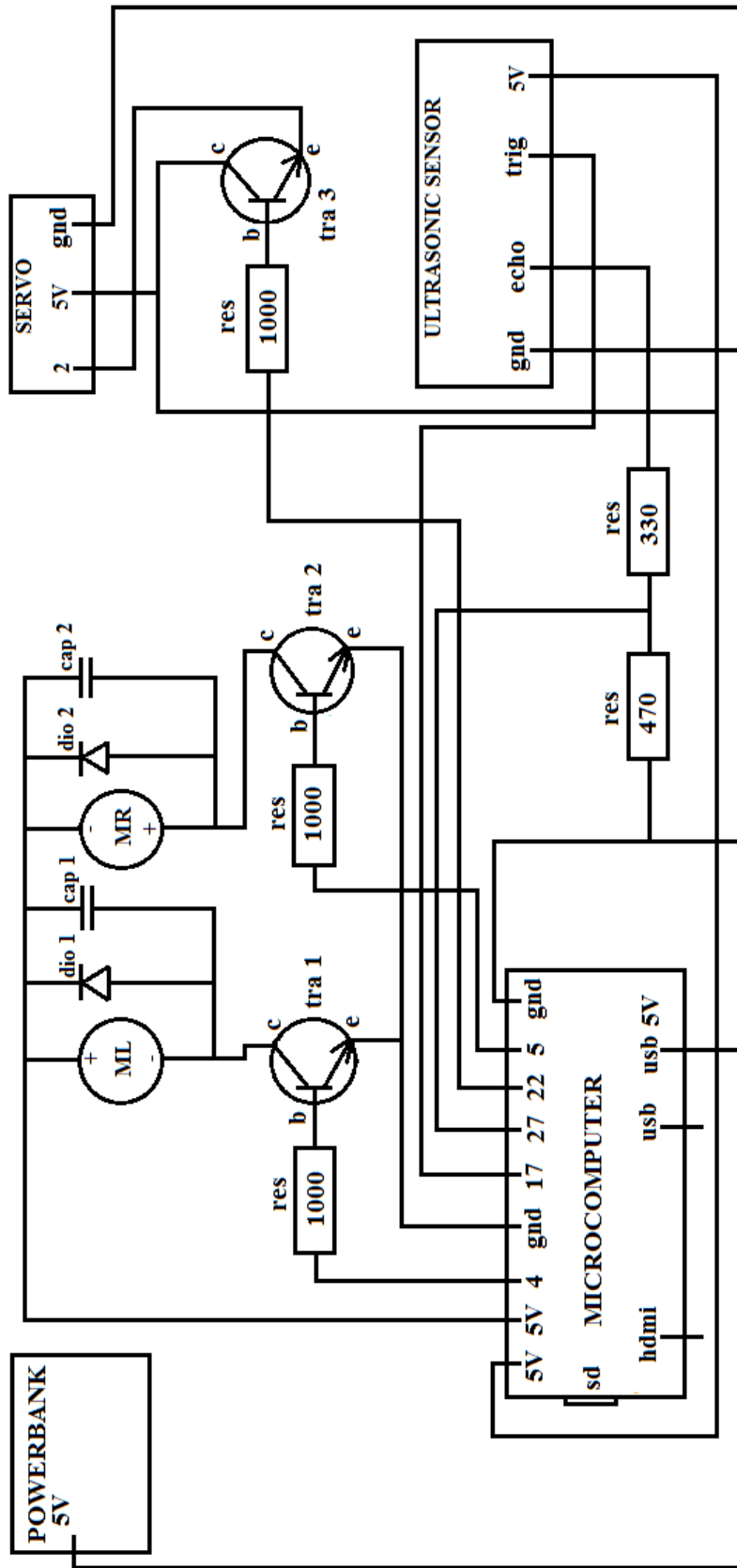
Voor de weerstand en condensator maakt het niet uit hoe om ze gemonteerd worden, voor de diode echter moet het witte randje (de sperzijde) op de + markering komen. De transistoren worden met de metalen zijde naar voren gemonteerd zodat e/emitter, c/collector en b/basis, goed uitkomen. De aansluiting van de servo is ook in tabel 2 aangegeven, de gele aanstuurdraad komt in pin 22 van de Pi. De insteek pinnen van de Pi en de insteekprintplaat hebben een gestandaardiseerde maat.



Figuur 3 componenten configuratie



Figuur 4 ultrasoon sensor en servo



Ton Schuckman

MER electrical diagram

Figur 5 electrical diagram

Assemblage van de printplaat

Maak de draden niet te lang voor een goed overzicht maar je kunt ook kant en klare jumper-wires gebruiken. Kort de uiteinden van de weerstanden, diodes en condensators in tot een lengte van 12 mm. Nu kun je het insteekprintplaat schema gebruiken (tabel 2) om eerst alle elektronische componenten en daarna de draden van boven naar beneden op de goede manier aan te sluiten. Ieder rechthoekje van het schema komt overeen met één insteekgaatje op de insteekprintplaat. Als je goed kijkt dan zie je dat de insteekgaatjes aan de onderzijde per vijftal met elkaar verbonden zijn. Zo worden de componenten met elkaar verbonden.

bas	basis (transistor)	ora	oranje draad (servo)
bru	bruine draad (servo)	pin	aansluiting op de pi
cap	capacitor/condensator	pwr	power (5V)
col	collector (transistor)	res	resistor/weerstand
dio	diode	ser	servo
ech	echo (u.s sensor)	tra	transistor
emi	emitter (transistor)	tri	trigger (u.s. sensor)
gnd	ground/massa (-)	u.s.	ultrasoon sensor
m.l.	motor links	wir	wire/draad
m.r	motor rechts		
.			

Tabel 1 lijst van afkortingen op de insteekprintplaat

u.s. ech		res 330			tra emi	tra col	tra bas					tra emi	tra col	tra bas		
					res 470	dio 1 -			dio 1 +				dio 2 -			dio 2 +
						cap 1			cap 1				cap 2			cap 2
		pin 27						wir g								
res 330		res 470			wir c -	m.l. -	res 10 ³	res 10 ³	wir a +			wir d -	m.r .	res 10 ³		wir b +
## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##	## ##
wir a +		tra emi	tra col	tra bas	wir c -						wir f +	wir d -				wir f +
wir b +																u.s. vcc
		wir e	wir h	wir g			res 10 ³	res 10 ³		ser ora	ser 5V	ser bru		res 10 ³		wir h
m.l. +	u.s. tri				u.s. gnd					wir e						m.r . +
pin 5V	pin 17				pin gnd		pin 4	pin 22				pin gnd		pin 5		pin 5V

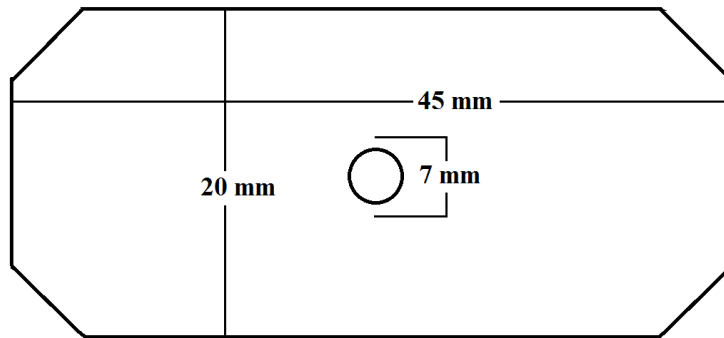
Tabel 2 aansluitingen op de insteek printplaat

3,3V PWR	5V PWR
GPIO 02	5V PWR
GPIO 03	GND
GPIO 04	GPIO 14
GND	GPIO 15
GPIO 17	GPIO 18
GPIO 27	GND
GPIO 22	GPIO 23
3,3V PWR	GPIO 24
GPIO 10	GND
GPIO 09	GPIO 25
GPIO 11	GPIO 08
GND	GPIO 07
ID_SD	ID_SC
GPIO 05	GND
GPIO 06	GPIO 12
GPIO 13	GND
GPIO 19	GPIO 16
GPIO 26	GPIO 20
GND	GPIO 21

Tabel 3 GPIO pinnen op de Pi. De bovenzijde is de kant van de SD card

Plaatsing van de servo

Dan volgt nu de omschrijving om de ultrasoon sensor op de servo te monteren aan de voorzijde zodat de robot om zich heen kan luisteren en er op obstakels gereageerd kan worden. Hiervoor had je in het begin al de twee sleufjes uitgezaagd op de grondplaat. Buig het stukje aluminium tussen de sleufjes nu 90 graden naar beneden zodat de servo met een rijgstrip vastgezet kan worden. De servo moet immers ook nog losgemaakt kunnen worden als hij stuk is. Zie verder het schema van de insteekprintplaat.



Figuur 6 grondplaatje ultrasoon sensor

De ultrasoon sensor

Nu maak je uit een oud stukje printplaat of iets anders het voetstukje voor de ultrasoon sensor. Zaag een stuk van 45 mm bij 20 mm uit en boor dan in het midden een gat van 7 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. Lijm nu de ultrasoon sensor met de pinnen naar boven gericht op de bovenkant van het grondplaatje zo horizontaal mogelijk met een stukje hout van 2 mm dik ter ondersteuning onder één van de twee aluminium buisjes. Je kunt hiervoor het uiteinde van een wasknijper gebruiken.

Aansluiting ultrasoon sensor

De vier aansluitdraden (20 cm lang vanwege het ronddraaien) soldeer je op de pinnetjes van de sensor, maar je kunt ook kant en klare male/female draden gebruiken. Het aansluit schema van de draden is al vermeld in tabel 2. Het geheel van printplaatje met ultrasoon sensor schroef je nu voorzichtig vast op de servo.

Maken van het vierkant

Zaag hiervoor vier stukjes aluminium strip op maat (2 maal 10-94 mm en 2 maal 10-87 mm) en boor op de hoeken gaatjes van 3,5 mm. Je kunt de gaatjes aftekenen ter hoogte van de tapeinden. Monteer nu het vierkant aan de uiteinden van de vier tapeinden. Hierdoor kan bij omvallen van de robot er niets beschadigen en kan de robot voor het testen van de grond opgehangen worden.

De powerbank en opslag

Knip een grote paperclip open en maak daarvan twee haakjes waar een elastiek aan vast gehaakt kan worden zodat de powerbank op het vierkant vastgezet kan worden.

Als je het apparaat opbergt schakel dan eerst via de terminal de Pi uit met de opdracht [sudo shutdown -h now] en haal dan de USB kabel van de powerbank of adapter los om kortsluiting te voorkomen.

Het programmeren van de microcomputer

Als alles goed is aangesloten kan nu de Pi opgestart worden. Stop de SD card waar het Noobs/Raspbian o.s. (operating systeem) op staat met de contacten naar de printplaat gericht in de SD slot. Als de SD card nog leeg is formatteer hem eerst (fat systeem). Volg daarna de instructies op de raspberrypi.org website om het o.s. te downloaden. Open de Noobs file op je computer en kopieer alle files hierin naar de SD card die je daarna in de Pi plaatst. Sluit de monitor, muis en toetsenbord aan. Als laatste stop je de micro USB kabel van de voeding adapter of powerbank in de Pi waardoor deze zal opstarten. Als je dit voor het eerst doet zal de Pi eerst het besturingssysteem gaan installeren. Volg alle aanwijzingen op het scherm op. De Pi heeft geen batterij aan boord dus zul je iedere keer zelf met de volgende opdracht de datum moeten invoeren, bijvoorbeeld: [sudo date -s "22 may 2019 13:23:21"] Dit is echter alleen nodig als je het internet op wilt om allerlei foutmeldingen voor te zijn. Open [Python3] [file] [new file] en typ het programma in de geopende IDE (integrated development environment). Geef je programma een naam en sla het op in de map Documenten. Om het programma te starten open je de terminal en typ [cd Documents] hierna [sudo python3 en de naam van het programma] Zorg dat de MER voor de test is opgehangen aan een statief want anders rijdt hij van de tafel af...

Het programmeren van een rondje acht in Python3

Met onderstaand programma rijdt de robot een rondje acht. Achter een [#] kun je uitleg plaatsen die niet in het programma wordt meegenomen. Als je nu het programma overtypt dan heb je je eerste programma geschreven. De onderstaande software is met opzet in het Engels omdat dit gebruikelijk is.

Software rondje acht

```
import RPi.GPIO as GPIO; import time

time.sleep(5) # time to put the MER on the ground
motor_left = 4; motor_right = 5; run_time = 0
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(motor_left, GPIO.OUT); GPIO.setup(motor_right, GPIO.OUT)
while run_time < 2:
    #straight
    GPIO.output(motor_left, True); GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(1.5)
    GPIO.output(motor_left, False); GPIO.output(motor_right, False)
    #right
    GPIO.output(motor_left, True); time.sleep(2); GPIO.output(motor_left, False)
    #straight
    GPIO.output(motor_left, True); GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(1.5)
    GPIO.output(motor_left, False); GPIO.output(motor_right, False)
```

```

#left
GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(2); GPIO.output(motor_right, False)
#straight
GPIO.output(motor_left, True); GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(1.5)
GPIO.output(motor_left, False); GPIO.output(motor_right, False)
#left
GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(2); GPIO.output(motor_right, False)
#straight
GPIO.output(motor_left, True); GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(1.5)
GPIO.output(motor_left, False); GPIO.output(motor_right, False)
#left
GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(2); GPIO.output(motor_right, False)
#straight
GPIO.output(motor_left, True); GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(1.5)
GPIO.output(motor_left, False); GPIO.output(motor_right, False)
#left
GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(2); GPIO.output(motor_right, False)
#straight
GPIO.output(motor_left, True); GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(1.5)
GPIO.output(motor_left, False); GPIO.output(motor_right, False)
#right
GPIO.output(motor_left, True); time.sleep(2); GPIO.output(motor_left, False)
#straight
GPIO.output(motor_left, True); GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(1.5)
GPIO.output(motor_left, False); GPIO.output(motor_right, False)
#right
GPIO.output(motor_left, True); time.sleep(2); GPIO.output(motor_left, False)
#straight
GPIO.output(motor_left, True); GPIO.output(motor_right, True); time.sleep(1.5)
GPIO.output(motor_left, False); GPIO.output(motor_right, False)
#right
GPIO.output(motor_left, True); time.sleep(2); GPIO.output(motor_left, False)
run_time = run_time +1

```

Als de MER naar behoren werkt typ je in de terminal [ctrl c] hierdoor zal het programma stoppen. Vervolgens sluit je in de terminal de Pi af met [sudo shutdown -h now] en koppel je hem los van de USB voeding adapter. Start nu de Pi weer op met de powerbank aangesloten op de Pi. Als je nu het programma volgens eerdere instructie weer opstart en de HDMI en USB hub loskoppelt kan je robot zelfstandig gaan rijden. Om hem uit te schakelen met [ctrl c] moet je eerst de HDMI en USB hub kabeltjes aansluiten terwijl de robot nog rijdt. Hang hem daarvoor weer op aan het statief of laat iemand hem even aan het vierkant vasthouden.

Software met ultrasoon sensor en servo

```
#!/usr/bin/env python3
# to start the program; open the terminal and type: sudo python3 [file name]
# to stop the program type [ctrl] and [c] simultaneously at the terminal

import RPi.GPIO as GPIO; import time

# constants used for driving logic
line_of_sight = 40; turn_delay = 2

# the duty cycle values for the pulse width modulation of the servo
# check these values to make sure the servo properly rotates 90 degrees each side
min_duty = 3; max_duty = 11

class Robot:
    # define all pins as used on the raspberry pi board
    servo_pin = 22; motor_left = 4; motor_right = 5; echo_pin = 27; trig_pin = 17

    # initial setup of the robot
    def __init__(self):
        # set up the pin layout
        GPIO.setmode(GPIO.BCM)

        # set up the pins for output and input
        GPIO.setup(self.motor_left, GPIO.OUT); GPIO.setup(self.motor_right, GPIO.OUT)
        GPIO.setup(self.trig_pin, GPIO.OUT); GPIO.setup(self.echo_pin, GPIO.IN)
        GPIO.setup(self.servo_pin, GPIO.OUT)

        # start pulse width modulation for servo and motors
        self.pwm_servo = GPIO.PWM(self.servo_pin, 50)
        self.pwm_left = GPIO.PWM(self.motor_left, 1000)
        self.pwm_right = GPIO.PWM(self.motor_right, 1000)

        # default values: servo straight ahead, motors not moving, ultrasonic sensor inactive
        self.pwm_servo.start(7.5); self.pwm_left.start(0); self.pwm_right.start(0)
        GPIO.output(self.trig_pin, GPIO.LOW)

    # cleanup of the robot
    def __del__(self):
        # stop the servo
        self.pwm_servo.stop()
```

```

# stop the motors
self.motor_speed(0,0); self.pwm_left.stop(); self.pwm_right.stop()

# set the motor speed of the left and right wheels to a value between 0% and 100%
def motor_speed(self, left, right):
    # set the left engine
    self.pwm_left.ChangeDutyCycle(left)

    # set the right engine
    self.pwm_right.ChangeDutyCycle(right)

# turn the servo to an angle between -90 and +90 degrees
def turn_servo(self, angle):
    # calculate the duty cycle by linearly distributing the angles
    duty_cycle = (angle + 90) / 180 * (max_duty - min_duty) + min_duty

    # set the duty cycle
    self.pwm_servo.ChangeDutyCycle(duty_cycle)

    # wait for the servo to turn
    time.sleep(0.33)

# use the ultrasonic sensor to look how far the nearest object is
def look(self):
    # trigger the sensor by setting the pin to high, and then low again
    GPIO.output(self.trig_pin, GPIO.HIGH); time.sleep(10e-6)
    GPIO.output(self.trig_pin, GPIO.LOW)

    # define start and end time
    pulse_start = time.time(); pulse_end = time.time()

    # start counting when the echo pin is low
    while GPIO.input(self.echo_pin) == GPIO.LOW:
        pulse_start = time.time()

    # stop counting when the echo pin is high again (signal has come back)
    while GPIO.input(self.echo_pin) == GPIO.HIGH:
        pulse_end = time.time()

    # Calculate the distance (speed of sound 34300 cm/s)
    return (pulse_end - pulse_start)*34300/2

```

```

# driving code starts here
my_robot = Robot()

# initial speed of the robot
my_robot.motor_speed(90,90)

# the main loop
while True:
    # look in each direction and check the distance to the nearest object
    my_robot.turn_servo(45); distance_left = my_robot.look()
    my_robot.turn_servo(0); distance_straight = my_robot.look()
    my_robot.turn_servo(-45); distance_right = my_robot.look()

    # show the distances
    print("left  %s" % distance_left); print("straight %s" % distance_straight)
    print("right %s" % distance_right); print("")

    # driving logic
    if(distance_left < line_of_sight and distance_straight < line_of_sight and
        distance_right < line_of_sight): my_robot.motor_speed(0,0)

    elif distance_left < line_of_sight:
        my_robot.motor_speed(90,0)
        time.sleep(turn_delay)
        my_robot.motor_speed(90,90)

    elif distance_straight < line_of_sight:
        if distance_right > distance_left:
            my_robot.motor_speed(90,0)
        else:
            my_robot.motor_speed(0,90)
            time.sleep(turn_delay)
            my_robot.motor_speed(90,90)

    elif distance_right < line_of_sight:
        my_robot.motor_speed(0,90)
        time.sleep(turn_delay)
        my_robot.motor_speed(90,90)

```


Onderdeel	Type	Aantal
Tank chassis	HE0102-460	1
Raspberry Pi micro pc	Zero W	1
Isolatie	(40 – 70 mm)	1
Micro sd card	8 of 16 GB	1
Insteek printplaat	HE0109-002	1
Boutjes en moertjes	M3	< >
Aluminium strip	10 - 400 mm	1
Diodes	SB160	2
Transistors	NPN BD139	3
Draad bundel	HE0167-001	1
Male headers	HE0236-600	1
Weerstand	1000 ohm	3
Weerstand	330 ohm	1
Weerstand	470 ohm	1
Condensatoren	1 microfarad	2
Draden male/male	HE0108-002	< >
Ultrasoon sensor	HC-SR04	1
Servo	SG90	1
USB hub micro naar USB A	KW2407	1
HDMI kabel	HDMI mini naar normaal	1
Powerbank > 5000 mAh	5V 2.4A output	1
USB kabel voor lader	USB micro naar USB A	1
USB lader	Output 2A	1

Tabel 4 materiaallijst

Ton Schuckman
Amanuensis/instructeur natuurkunde
Tabor College Werenfridus

