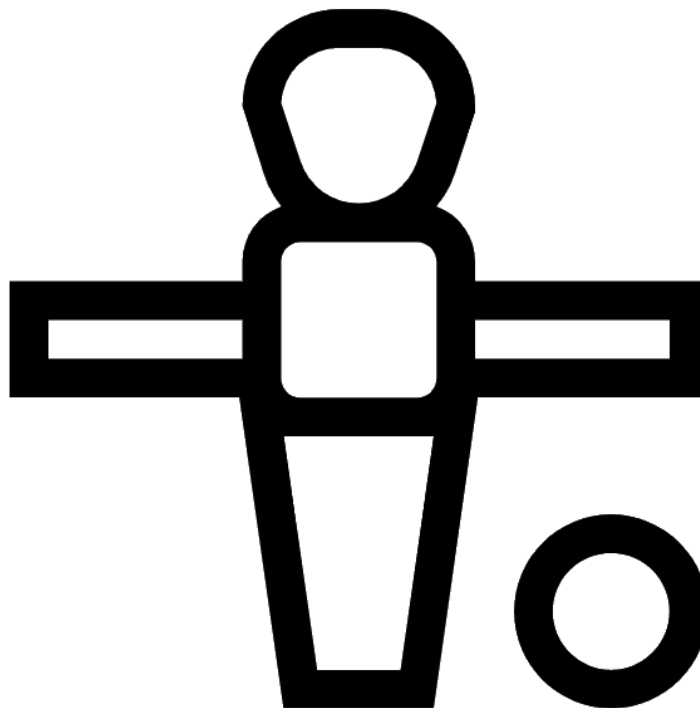


FoosTronics

Handleiding



Namen:	Daniël Boon	1703713
	Kelvin Sweere	1698097
	Chileam Bohnen	1630416
	Sipke Vellinga	1706887

Minor:	Next Level Engineering
Cursuscode:	TIED-MNLE-18
Docent(en):	Franc van der Bent
	Abdelhak El Jazouli
	Petra Verbeek
	Michiel Scager

15-1-2019

Versie 1.1

Revisie index

Versie	Datum	Beschrijving
V0.0	20-12-2019	Opzet handleiding
V0.1	03-01-2020	Inhoud toegevoegd aan de lay-out
V0.2	08-01-2020	Inhoud compleet
V0.3	09-01-2020	Commentaren projectgroep verbeterd
V0.4	09-01-2020	Lay-out aangepast
V0.5	10-01-2020	Feedback peer verwerkt
V1.0	10-01-2020	Releasedatum handleiding
V1.1	15-01-2020	Opmerkingen toegevoegd en verwijderd

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
2.	Product: FoosTronics	5
2.1	Kenmerken	5
2.2	Specificaties	5
3.	BELANGRIJKE VEILIGHEIDSWAARSCHUWINGEN	7
4.	Installatie instructies	8
4.1	Aansluiten Jetson Nano t.b.v. installatie	9
4.2	Installeren Jetson Nano	11
4.3	Opbouwen frame	14
4.4	Monteren van de laterale mechanica	21
4.5	Monteren van de axiale mechanica	27
4.6	Monteren Jetson Nano	31
4.7	Monteren camera	33
5	Gebruikersinstructies	36
5.1	Stappenplan	37
5.2	Spelbeschrijving	37
6.	Troubleshooting sectie en instructies om problemen op te lossen	39
6.1	Jetson Nano foutmeldingen	39
6.2	Overig	40
7.	Onderhoudsinformatie	42
7.1	Onderhoud aan de mechanica	42
7.2	Onderhoudsplan	43
7.3	Software	43
8	Contact details	44
	Lijst van afkortingen en begrippen	45
	Lijst van figuren	47
	Lijst van tabellen	48
	Bibliografie	49
	Bijlage 1	50
	Bijlage 2	51

1. Inleiding

Om het project “FoosTronics”, dat is uitgevoerd tijdens de Minor Next Level Engineering van de opleiding Elektrotechniek, beter over te kunnen dragen aan andere docenten en studenten is er gekozen om een handleiding te schrijven.

Voor het gebruik van dit product worden minimaal 3^e jaars elektrotechnici verwacht. Het doel van het product is vooral om deze tijdens open dagen te laten zien.

Voor het opzetten van de handleiding is onder ander gebruik gemaakt van de lay-out van Vermeulen (Vermeulen, 2019) en voor het schriftelijke deel is gebruik gemaakt van informatie van Bloom (Bloom, 2019).

Met behulp van deze handleiding kan de FoosTronics tafelvoetbaltafel worden geïnstalleerd en in gebruik worden genomen. Er wordt vanuit gegaan dat de tafelvoetbaltafel vanaf een volledig gedemonteerd product in elkaar gezet moet worden.

In de volgende hoofdstukken zal eerst het product worden beschreven aan de hand van de kenmerken en specificaties. Vervolgens zal er worden ingegaan op welke veiligheidsvoorschriften van belang zijn om ongelukken te vermijden. Met deze kennis in het achterhoofd worden de gebruiksinstructies voorgeschreven gevolgd door de installatie instructies.

Verder zal er een troubleshooting sectie te vinden zijn waar de meeste voor te komen problemen zijn opgesomd samen met een beschrijving hoe deze zijn op te lossen. Dit wordt gevolgd door een aantal onderhoudstips om het product in een zo goed mogelijke staat te houden. De gehele handleiding wordt afgesloten met contactgegevens mochten er nog onduidelijkheden ontstaan na het lezen van deze handleiding (gaan we niet vanuit natuurlijk).

2. Product: FoosTronics

In dit hoofdstuk worden de kenmerken en specificaties van het product beschreven.

2.1 Kenmerken

Het product kan het volgende:

- Met behulp van beeldherkenning wordt de tafelvoetbal bal gedetecteerd en gevolgd.
- De keeper kan met behulp van de richting van de bal bewegen naar een berekende positie.
- De keeper kan met behulp van beeldherkenning en artificiële intelligentie interactie hebben met de bal.

2.2 Specificaties

Jetson Nano

- Product model: NVIDIA JETSON NANO DEVELOPER KIT
- Voedingspanning: 5V
- Voedingsstroom: 4A
- Vermogen: 5-25 watt
- Maten: 69.6 mm x 45 mm
- Aansluitingen:
 - Monitor: HDMI 2.0 en Displayport 1.4
 - Ethernet: RJ45, M.2 Key E
 - Camera connector: 1x MIPI CSI-2 DPHY lanes
 - Overig: GPIO, I²C, I²S, SPI, UART

Raspberry Pi camera

- Product Model: V2.1
- Compatibel met Raspberry Pi 4 en Jetson Nano
- Maten: 25mm x 23mm
- Aansluiting:
 - Camera connector: CSI-2

Stappenmotor 2,3 inch

- Product model: KH56KM2
- Klemspanning: 12V
- Normaal stroom: 1A
- Aansluiting:
 - 6-pins JST A en B-fasen

Stappenmotor 1,7 inch

- Product model: 17PU-H502
- Klemspanning: 12V
- Normaal stroom: 0,8A
- Aansluiting:
 - 6-pins JST A en B-fasen

Motordriver

- Arcus Technology ACE-SDE Single axis controller plus microstep driver
- Voedingsspanning: 12V – 48V
- Voedingsstroom: 3A
- Aansluitingen:
 - o 2-pins klemblokken voeding
 - o 4-pins klemblokken A en B-fasen
 - o USB-mini voor aansturing
 - o 28-pins 2mm dubbele rij IO-connector voor schakelaars

Gyroscoop

- Product model: MPU6050
- Voedingsspanning: 3.3V
- Voedingsstroom: 3.6mA
- Aansluiting:
 - o I²C
 - o SPI

3. BELANGRIJKE VEILIGHEIDSWAARSCHUWINGEN

Lees dit hoofdstuk rustig door om ongelukken te voorkomen voordat u gebruik maakt van het product.

Productnaam: FoosTronics tafelfoetbaltafel

- Dit product maakt gebruik van spanningen en stromen die schadelijk zijn voor het menselijk lichaam, raak daarom geen blote delen aan en laat werkzaamheden aan elektronische componenten alleen over aan deskundigen.
- Controleer vooraf of alle zichtbare delen onbeschadigd zijn alvorens gebruik te maken van het product. In geval van schade, laat dit eerst repareren.
- Componenten kunnen gevoelig zijn voor statische elektriciteit. Maak bij contact daarom altijd gebruik van antistatische maatregelen, zoals een polsband.
- Zorg ervoor dat het product in een schone en droge omgeving staat.
- Zorg ervoor dat de omgevingstemperatuur te allen tijde tussen de 15°C en 25°C is.
- Het product mag niet in direct zonlicht worden geplaatst.
- Vloeistoffen kunnen grote schade aanrichten, zorg daarom dat deze op veilige afstand van het product staan.
- Houd handen, haar, kleding en andere voorwerpen buiten bereik van tandwielen en andere bewegende delen om persoonlijk letsel te voorkomen.
- Wanneer het product niet gebruikt wordt, schakel dan eerst de Jetson Nano uit met behulp van de aan/uit knop en haal daarna de stekker uit het stopcontact.
- In geval van brand gebruik bij voorkeur een schuimbrandblusser.
- Dit product is niet geschikt voor kinderen onder de 12 jaar.
- Schakel het apparaat altijd uit alvorens er gereinigd wordt.

Gebruik van dit product is volledig op eigen risico en er is dan ook geen enkele aansprakelijkheid op de ontwikkelaars of andere betrokkenen.

4. Installatie instructies

In dit hoofdstuk staat beschreven hoe de FoosTronics tafervoetbaltafel wordt opgebouwd en geïnstalleerd. Dit hoofdstuk is voor gebruikers en doorontwikkelaars die het besturingssysteem willen installeren en de tafervoetbaltafel willen opbouwen.

Per onderdeel van FoosTronics zijn de benodigde materialen en gereedschappen beschreven. Met behulp van een stappenplan is beschreven hoe de onderdelen gebouwd, gemonteerd en geïnstalleerd kunnen worden. Voordat wordt begonnen met de uitvoering van de installatie wordt geadviseerd eerst de stappen door te nemen.

De volgorde voor het opbouwen van FoosTronics begint bij het aansluiten en installeren van de Jetson Nano. Dit is gedaan, omdat het installeren van het besturingssysteem en benodigde Python modules veel tijd kosten. In de tussentijd van het installeren kunnen de andere onderdelen worden opgebouwd en gemonteerd.

De materialen die gebruikt worden bestaan uit halffabricaten. De technische tekeningen van deze halffabricaten staan op GitHub: <https://github.com/CookieLover22/FoosTronics/tree/master/3D-prints>. Wanneer blijkt dat er tijdens het uitvoeren van de installatie instructies een onderdeel mist vul deze dan a.u.b. aan, verhoog het versienummer en vermeld de wijziging in de revisie index.

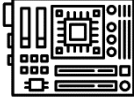










Kort overzicht van de paragrafen

1. Aansluiten Jetson Nano t.b.v. installatie
2. Installeren Jetson Nano
3. Opbouwen frame
4. Monteren van de laterale mechanica
5. Monteren van de axiale mechanica
6. Monteren van Jetson Nano
7. Monteren van camera

4.1 Aansluiten Jetson Nano t.b.v. installatie

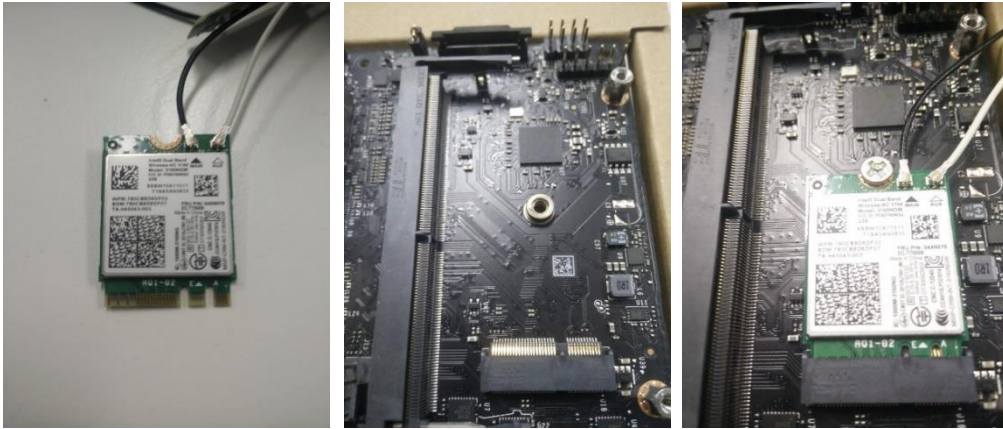
In deze paragraaf wordt de Jetson Nano aangesloten zodat de benodigde installaties voor de Jetson Nano uitgevoerd kunnen worden. In Tabel 1 is een lijst weergegeven van alle benodigde materialen.

Tabel 1: Materialen voor het aansluiten van de Jetson Nano

Materialenlijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
1	Jetson Nano	n.v.t	
1	5V adapter (4A geadviseerd)	Barrel connector OD 5,5mm ID 2,1mm	
1	5V actieve koeling met 2-pinsconnector	40mm * 40mm * 10mm	
1	Monitor met HDMI of Display port	n.v.t	
1	HDMI of Display port kabel (aansluitbaar op de monitor)	Minimaal lengte van 1 meter	
1	M.2 wifi/bluetooth module	n.v.t.	
1	(optioneel) UTP-kabel voor internetverbinding	n.v.t.	
1	USB-keyboard	n.v.t	
1	USB-muis	n.v.t	
2	Drukknoppen		
1	Jumper cap	2.54mm pitch	

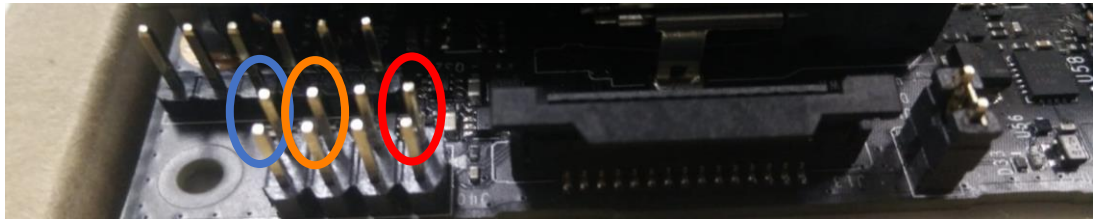
4.1.1 Stappenplan

1. Om een M.2 wifimodule te gebruiken, dient de Jetson Nano module van het moederbord te worden ontkoppeld. Als er geen M.2 wifimodule wordt gebruikt, ga naar stap 4.
2. In het onderstaande voorbeeld, zie Figuur 1, wordt een M.2 wifi/bluetooth module geplaatst.



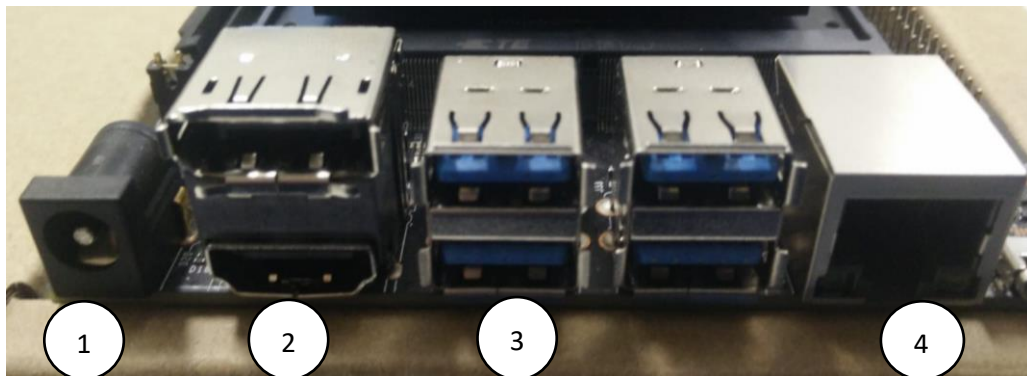
Figuur 1: plaatsen van M.2 wifimodule

3. Bevestig de Jetson Nano module op het moederbord.
4. Voor het aanzetten en resetten van de Jetson Nano dienen twee knoppen en een jumper cap te worden aangesloten op header J40. Deze 8-pinsheader bevindt zich links van de CSI-2 camera connector, zie Figuur 2.
5. Bij de blauwe markering in Figuur 2 moet een jumper cap worden geplaatst. Bij de oranje markering de reset knop en bij de rode markering de power-on knop.



Figuur 2: Zij aanzicht Jetson Nano met links de 8-pins header en in het midden CSI-2 camera connector.

6. In Figuur 3 zijn de hoofdaansluitingen weergegeven van de Jetson Nano. Bij nummer 1 wordt de voedingsadapter aangesloten. Bij nummer 2 de HDMI/Display port aansluiting voor het gebruik van een monitor. Nummer 3 zijn vier USB-poorten voor het aansluiten van een muis en toetsenbord. Wanneer er geen M.2 wifimodule mogelijk is kan bij nummer 4 een UTP-kabel worden aangesloten voor een internetverbinding.



Figuur 3: Voor aanzicht Jetson Nano met connector sockets.

4.2 Installeren Jetson Nano

Om de Jetson Nano ontwikkelbord van Nvidia te gebruiken dient een besturingssysteem en aanvullende hulpmiddelen te worden geïnstalleerd. Het besturingssysteem dat gebruikt wordt is JetPack 4.3.

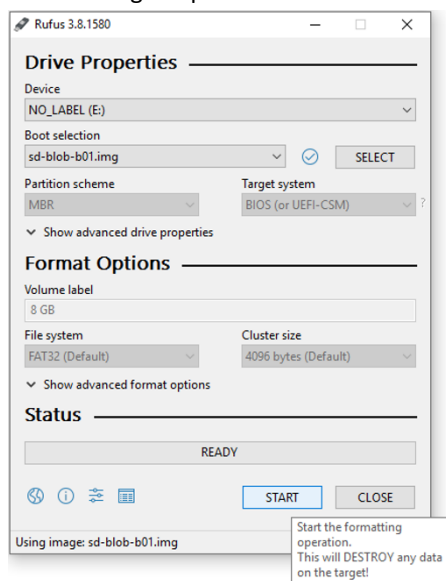
De volgende stappen helpen bij het installeren van JetPack 4.3 en de aanvullende hulpmiddelen. De benodigheden hiervoor zijn:

- Jetson Nano
 - o Zie: Aansluiten Jetson Nano t.b.v. installatie op pagina 8.
- Minimaal 32 GB-micro SD-kaart klasse 10.
- Laptop/desktop met micro SD-kaart slot of een micro SD-kaart adapter.

4.2.1 Stappenplan

Installatie JetPack 4.3 op micro SD-kaart

1. Download de JetPack 4.3 image van Nvidia.
<https://developer.nvidia.com/jetson-nano-sd-card-image-r3231>
2. Download Rufus 3.8 om een opstart image te schrijven naar de micro SD-kaart.
<https://rufus.ie/>
3. Plaats de micro SD-kaart in de computer.
4. Start Rufus 3.8 executable.
5. De instellingen op de GUI moeten overeenkomen met Figuur 4.



Figuur 4: Rufus instellingen

6. Start het formatteren van de micro SD-kaart en de installatie van JetPack 4.3.
7. Sluit Rufus 3.8 en verwijder veilig de micro SD-kaart.
8. Plaats de micro SD-kaart in de Jetson Nano.
9. Sluit de overige benodigheden aan, zie: Aansluiten Jetson Nano t.b.v. installatie op pagina 8.
10. Start de Jetson Nano op.
11. Bij de eerste keer opstarten van het OS, is er een configuratiescherm te zien. Doorloop de instructies van deze configuratie. Bij het venster met als titel "Who are you?" vul deze gegevens in:
 - a. Your name: foostronics
 - b. Choose a password: socbot12(Wanneer anders gewenst, maak deze handleiding up-to-date van de nieuwe gegevens en verhoog de revisie versie.)

Virtual environment aanmaken, pip install's en library builds

1. Installeer de virtual environment applicatie door het volgende commando in de terminal in te typen en druk vervolgens op enter. Bij deze stap zal er gevraagd worden naar het wachtwoord. Vul het wachtwoord in dat is aangemaakt bij stap 11 van de installatie van JetPack 4.3.

```
sudo apt-get install python3-venv
```

2. Maak een environment met de naam "ft_env" aan door het volgende commando in de terminal uit te voeren:

```
sudo python3.6 -m venv ft_env
```

3. Activeer de environment "ft_env" met het volgende commando:

```
source ft_env/bin/activate
```

4. Installeer de benodigde librarys via pip:

```
sudo apt-get install pip3
```

```
sudo pip3 install usb1
```

```
sudo pip3 install imutils
```

```
sudo pip3 install matplotlib
```

```
sudo pip3 install numba
```

```
sudo apt-get install v4l-utils
```

```
sudo pip3 install pygame
```

```
sudo pip3 install pyqt=4
```

```
sudo pip3 install pyglet
```

5. Bouw OpenCV V4.1.1 met de volgende commando's: (let op dat dit bouwproces 2 tot 3 uur kan duren)

```
git clone https://github.com/JetsonHacksNano/buildOpenCV
```

```
cd buildOpenCV
```

```
./buildOpenCV.sh |& tee openCV_build.log
```

Zie voor meer informatie hierover:

<https://www.jetsonhacks.com/2019/11/22/opencv-4-cuda-on-jetson-nano/>

6. Bouw PyBox2D met de volgende commando's: (let op dat dit bouwproces 2 tot 3 uur kan duren)

```
git clone https://github.com/pybox2d/pybox2d
```

```
cd pybox2d
```

```
python3 setup.py build
```

```
python3 setup.py install
```

7. Installeer TensorFlow 1.14 met de volgende commando's:

```
sudo apt-get install libhdf5-serial-dev hdf5-tools libhdf5-dev zlib1g-dev zip libjpeg8-dev
```

```
sudo pip3 install -U numpy grpcio absl-py py-cpuinfo psutil portpicker six mock requests gast h5py astor termcolor protobuf keras-applications keras-preprocessing wrapt google-pasta
```

```
sudo pip3 install --pre --extra-index-url  
https://developer.download.nvidia.com/compute/redist/jp/v42 tensorflow-  
gpu==1.14.0+nv19.10
```

Zie voor meer informatie hierover:

<https://devtalk.nvidia.com/default/topic/1048776/jetson-nano/official-tensorflow-for-jetson-nano/>

FoosTronics repository clone en test

1. Kloon de FoosTronics repository door het volgende commando in de terminal uit te voeren:

```
git clone https://github.com/CookieLover22/FoosTronics
```

2. Draai het testscript:

```
cd FoosTronics
```

```
python3 testscript.py
```





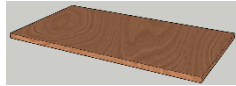














3. Wanneer de testscript print: "test geslaagd!" is de Jetson Nano gereed om gebruikt te worden voor de voetbaltafel.


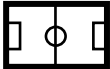











Is dit echter niet het geval? Dan zal de gegeven error verholpen moeten worden, wil de Jetson Nano bruikbaar zijn voor de voetbaltafel (kijk voor mogelijk oplossingen op pagina 39).

4.3 Opbouwen frame

In deze paragraaf wordt beschreven hoe het frame voor de tafelfoetbaltafel en componenten stapsgewijs kan worden opgebouwd. In Tabel 2 is eerst een lijst opgesomd van alle materialen en gereedschappen die hiervoor nodig zijn.

Tabel 2: Materialen- en gereedschapslijst voor het opbouwen van het frame

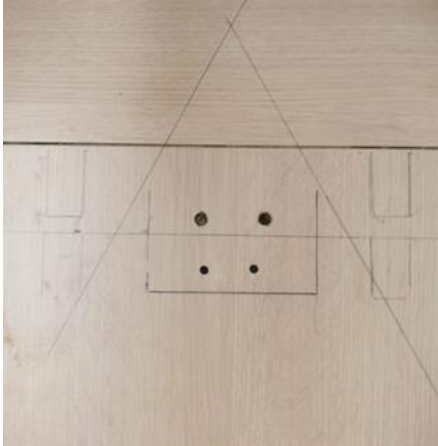
Materialenlijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
2	Houten balk	170cm x 6,9cm x 2,8cm	
2	Houten balk	80cm x 6,9cm x 2,8cm	
2	Houten balk	70cm x 6,9cm x 2,8cm	
1	Houten plaat	101cm x 55cm x 1,2cm	
1	Houten plaat	101cm x 32cm x 1,2cm	
2	Metalen hoekstrip	76cm x 4cm x 8cm	
1	Metalen hoekstrip	13cm x 8cm x 4cm	
1	Metalen hoekstrip	63cm x 7,5cm x 4cm	
2	Driehoek plaat	20,5cm x 14cm x 14cm	
4	Houten blokje	10,5cm x 9,5cm x 7cm	
19	Zeskantbout	M8 x 80mm	
2	Zeskantbout	M8 x 25mm	
21	Zeskantmoer	M8	
38	Sluitring	M8	
2	Zeskantbout	M10 x 100mm	
2	Zeskantmoer	M10	
8	Sluitring	M10	
16	Schroef PZ-2	4 x 60mm	
14	Schroef PZ-2	4 x 25mm	

14	Kraalring	M4	
1	Tafelvoetbaltafel	1045mm x 540mm x 185mm	
2	Tafel	80cm x 80cm x 75cm	
Gereedschap			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
1	Steek/ringsleutel	13	
1	Ratelsleutel	n.v.t.	
1	Dopsleutel	13	
1	Steek/ringsleutel	17	
1	Schroefmachine	N.v.t.	
1	PZ-2 bit	n.v.t.	
1	Bit-verlengstuk	n.v.t.	
1	Schroevendraaier PZ-2	n.v.t.	
1	Klauwhamer	n.v.t.	
1	Rolmaat	n.v.t.	

4.3.1 Stappenplan

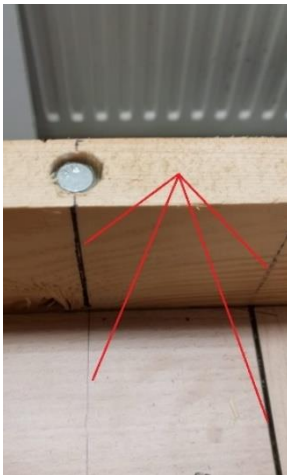
Het fundament

1. Schuif de twee tafels tegen elkaar aan met de markeringen (Figuur 5) naar elkaar toe.



Figuur 5: Markering tafels

2. Leg de twee balken van 170cm x 6,9cm x 2,8cm over de twee tafels (aan de langste zijde). Let goed op de markeringen (Figuur 6).



Figuur 6: Markeringen lange balken

3. Stop in elk gat van de balken (Figuur 7) een M8 bout met een M8 ring. Gebruik eventueel een hamer om ze er volledig in te krijgen.



Figuur 7: Boutgat lange balk

4. Plaats aan de onderkant van de tafel op elke M8 bout een M8 ring en draai er een m8 moer op. Let op: draai deze nog niet helemaal vast. Dan kun je het geheel bijstellen.
5. Pak de twee balken van 80cm x 6,9cm x 2,8cm en plaats deze tegen de uiteinden van de lange balken met de markeringen zoals in Figuur 8.



Figuur 8: Plaatsing en markering korte balk

6. Stop in elk gat van de twee balken (Figuur 9) een M8 bout met een M8 ring. Gebruik eventueel een hamer om ze er volledig in te krijgen.



Figuur 9: Boutgaten korte balk

7. Plaats aan de onderkant van de tafel op elke M8 bout een M8 ring en draai er een M8 moer op. Let op: draai deze nog niet helemaal vast. Dan kun je het geheel bijstellen.
8. Draai nu in alle hoeken twee 4 x 25mm schroeven (Figuur 10). Gebruik hiervoor een schroefmachine met een verlengstuk en een PZ-2 bit.



Figuur 10: Balk verbindingsgaten

9. Draai nu alle M8 moeren in de balken goed vast en zorg dat het geheel zo recht en haaks mogelijk staat.

Opstelling

10. Pak nu de twee hoekstrippen van 76cm x 4cm x 8cm. Leg de strip met de rode tape aan de kant waar de tekst "Rood" staat (Figuur 11). Plaats de strip zo dat de hoge kant van de strip in het verlengde van de lange balk ligt.



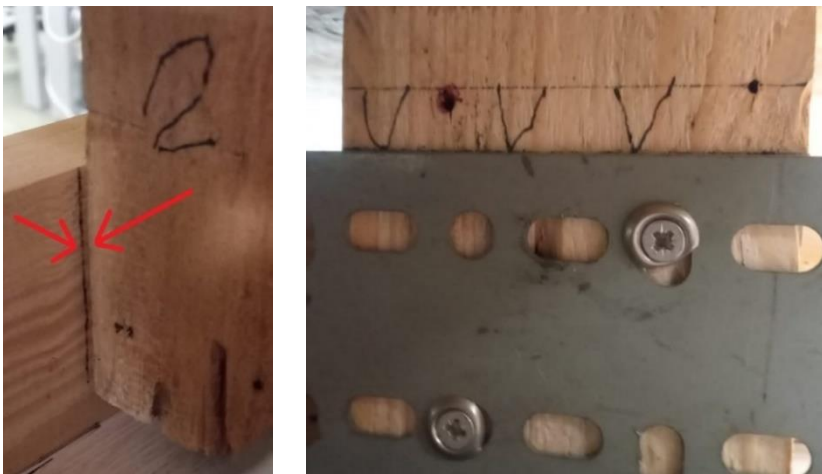
Figuur 11: Hoekstrip met rode tape

11. Monteer nu, op de plekken waar de gaten door de tafel zijn geboord, M8 bouten met een ring en aan de onderkant van de tafel M8 moeren met een ring. Twee per strip, zie Figuur 11.
12. Pak nu de blokjes van 10,5cm x 9,5cm x 7cm. Leg ze op de volgorde zoals weergegeven in Figuur 12, tussen de metalen hoekstrip en de balk. De rode lijn is de hoekstrip met de rode tape.



Figuur 12: Plaatsing houten blokjes

13. Positioneer de blokjes tussen de markeringen en op de hoogte van de pijlen, zoals weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13: Positionering houten blokjes

14. Schroef de blokjes vervolgens vast. Gebruik hiervoor per blokje twee 4 x 60mm schroeven samen met M4 kraalringen, de schroefmachine, een verlengstuk en een PZ-2 bit.

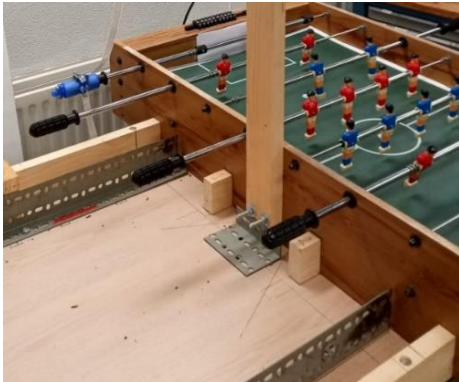
Camera statief

15. Pak nu de tafelvoetbaltafel en de balk van 103cm x 6,9cm x 2,8cm. Monteer de balk aan de tafelvoetbaltafel met behulp van twee M8 bouten en twee M8 ringen met aan de andere kant twee M8 moeren met twee M8 ringen in de voorgeboorde gaten (Figuur 14).
16. Monteer de hoekstrip van 13cm x 8cm x 4cm onderaan de balk (Figuur 14) van 103cm x 6,9cm x 2,8cm. Gebruik hiervoor de 4 x 25mm schroeven samen met een M4 kraalring.



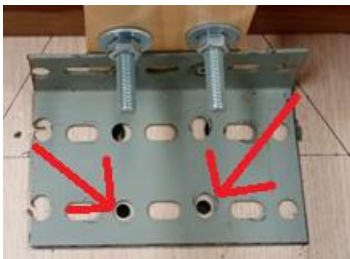
Figuur 14: Monteren camera statief aan tafel

17. Leg de tafelvoetbaltafel in de lengte over de breedte van de balken. Let erop dat, vanuit de blauw spelers gezien, de rechterkant het korte stuk van de tafel is, zie Figuur 15. De tafelvoetbaltafel moet binnen de lijnen liggen.



Figuur 15: Tafelvoetbaltafel met camerastatief

18. Pak nu de twee balken van 70cm x 6,9cm x 2,8cm en schuif deze onder de nog twee open sleuven door van de tafelvoetbaltafel, zie Figuur 15. Let erop dat de nummeringen overeenkomen (1-4). Bij 3 en 4 moeten de schroefgaten naar boven. De balken moeten binnen de lijnen komen, aan beide kanten van de tafelvoetbaltafel op ongeveer dezelfde afstand.
19. Bevestig de hoekstrip van 13cm x 8cm x 4cm aan de tafel in de voorgeboorde gaten (Figuur 16). Gebruik hiervoor de M8 x 25mm bouten samen met M8 ringen en draai deze aan de onderkant vast met M8 ringen en moeren.



Figuur 16: Boutgaten camerastatief en tafel

Opstelling mechanica

20. Leg de plaat van 101cm x 55cm x 1,2cm over de blokjes, met de pijl naar boven richting de tafelvoetbaltafel. Stem de markeringen aan de onderkant af met de blokjes. Schroef de plaat vast met de 4 x 60mm schroeven in de voorgeboorde gaten. Gebruik hiervoor de schroefmachine, het verlengstuk en de PZ-2 bit. Zie Figuur 17 voor een voorbeeld.



Figuur 17: Grote houten plaat gemonteerd op houten blokjes

Afwerking gebruiker

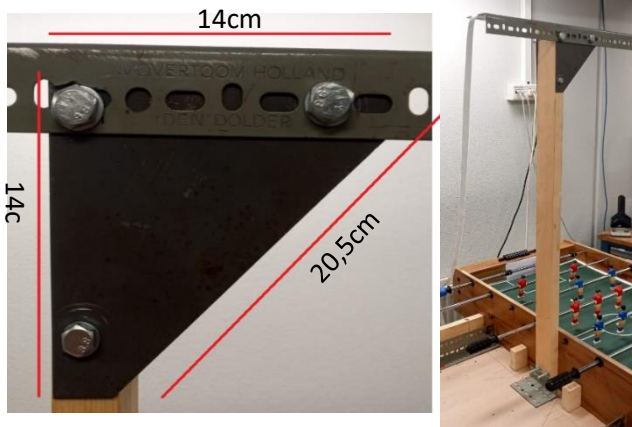
21. Leg de plaat van 101cm x 32cm x 1,2cm aan het andere uiteinde met de schroefgaten naar de tafel toe. Zorg dat de markeringen aan de onderkant zitten en goed liggen met de balkconstructie. Schroef de plaat vast met de 4 x 25mm schroeven in de voorgeboorde gaten met M4 kraalringen. Gebruik hiervoor de schroefmachine, het verlengstuk en de PZ-2 bit. Zie Figuur 18 voor een voorbeeld.



Figuur 18: Afwerkplaat gebruiker

Camera statief

22. Voor deze stap zijn de twee driehoek platen nodig van 20,5cm x 14cm x 14cm. Plaats aan elke zijde aan de bovenkant van de balk van 103cm x 6,9cm x 2,8cm deze twee driehoek platen, zie Figuur 19. Gebruik hiervoor eerst één M8 x 80mm bout met een ring en duw deze door het onderste gat, om de platen op hun plek te houden.
23. Pak nu de hoekstrip van 63cm x 7,5cm x 4cm erbij. Deze komt op de bovenkant rechts, gezien vanuit de balk richting de tafelfoetbaltafel. Het afwijkende gat van de hoekstrip komt bij het gat linksboven van de driehoek plaat zie Figuur 19. Bevestig de hoekstrip aan de twee driehoek platen met M10 x 100mm bouten, samen met M10 ringen en M10 moeren.


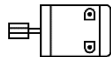
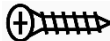










Figuur 19: Driehoekplaten en hoekstrip aan camerastatief

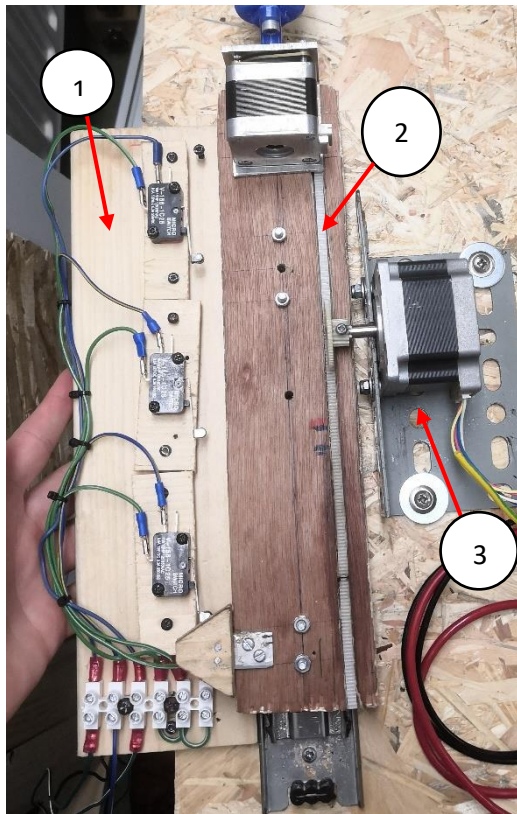
4.4 Monteren van de laterale mechanica

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de mechanica voor de laterale beweging stapsgewijs kan worden gemonteerd. In Tabel 3 is een lijst te zien van alle materialen en gereedschappen die hiervoor nodig zijn.

Tabel 3 Materialen- en gereedschapslijst laterale beweging.

Materialenlijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
1	Eindschakelaarsbord	n.v.t.	Zie nummer 1 in Figuur 20
1	Tandheugelplatform	n.v.t.	Zie nummer 2 in Figuur 20
1	Stappenmotorhouder	n.v.t.	Zie nummer 3 in Figuur 20
1	Motordriver	N.v.t.	
1	Stappenmotor	KH56KM2	
4	PZ-2 schroeven	4 x 25 mm	
4	Sluitringen	M4	
2	Platkopbouten	M4 x 10 mm	
2	Kruiskopbouten	M3 x 4 mm	
1	Stappenmotorconnector	JTS 6-pins stappenmotorconnector naar 4-pins fasen connectoren voor de motor.	
Gereedschapslijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
1	PZ-2	N.v.t.	
1	Steek/ringsleutel	7	
1	Platkopschroevendraaier		
1	Punttang	n.v.t.	

In Figuur 20 is het uiteindelijke resultaat te zien van dit stappenplan.

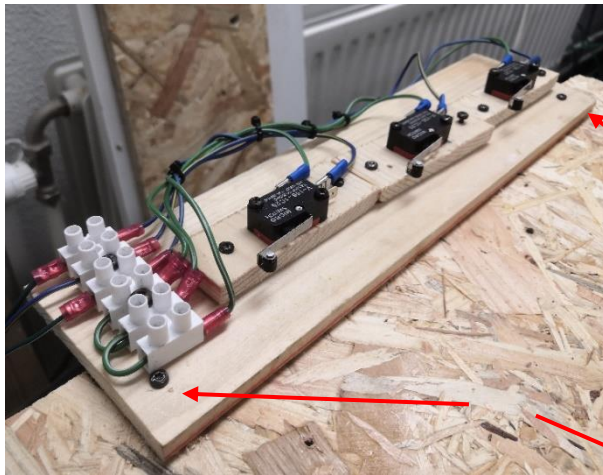


Figuur 20 Laterale beweging opgedeeld in onderdelen.

4.4.1 Stappenplan

Eindschakelaarsbord

1. Plaats het eindschakelaarsbord zoals is weergegeven in Figuur 21. Zorg hierbij dat de twee gaten (die zijn gemarkeerd met de rode pijlen) zijn uitgelijnd. Let hierbij op de markeringen die op de tafel staan genoteerd.
2. Schroef de kruiskopschroeven vast met de schroevendraaier.



Figuur 21 Opbouw eindschakelaarsbord. Hierbij is links een schuin vooraanzicht en rechts een bovenaanzicht.

Tandheugelplatform

3. Plaats de ladegeleider met tandheugel tegen het eindschakelaarsbord, zoals is afgebeeld in Figuur 22. Zorg hierbij dat de gaten in de ladegeleider zijn uitgelijnd met de voorgeboorde gaten. Dit is weergegeven met de rode pijlen.
4. Schroef twee kruiskopschroeven van 25 mm in de gaten. De tandheugel en de ladegeleider zijn nu aan de tafel bevestigd.

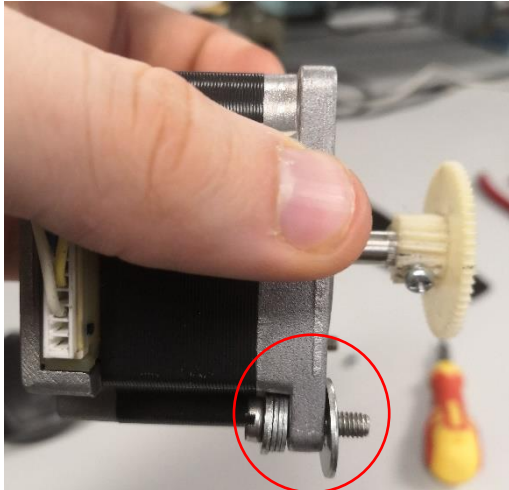


Figuur 22 Uitlijnen van de ladegeleider.

Motorhouder en motor

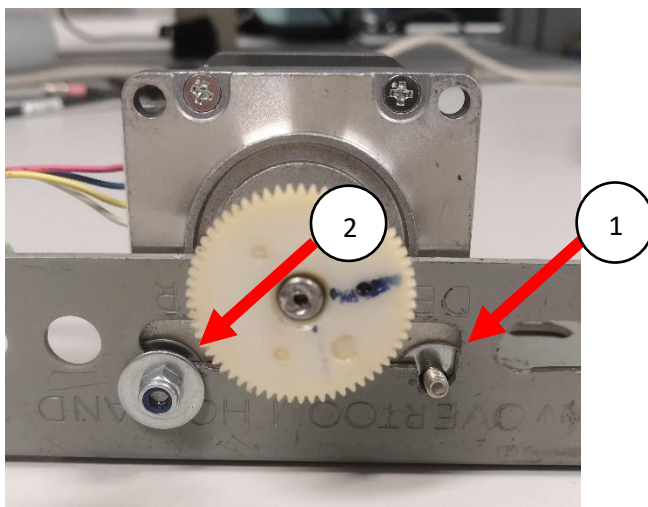
5. Schroef aan beide kanten doormiddel van een kruiskopschroevendraaier de M3 schroeven op de tandwieloverbrenging van de stappenmotor.
6. Plaats M4 x 10 mm kruiskopbouten met drie ringetjes door de stappenmotor.

7. Plaats daarna een carrosseriering M4 op de bouten, zoals is weergegeven in Figuur 23.



Figuur 23 Opbouw boutverbinding stappenmotor

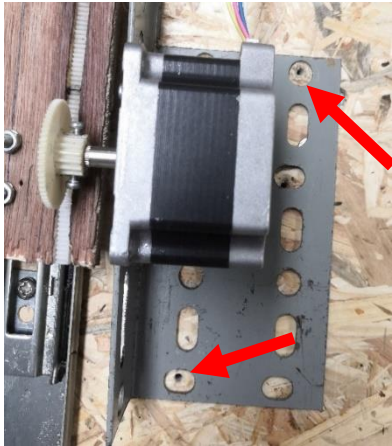
8. Plaats twee keer de M4 x 10 mm kruiskopbout door de stappenmotor. Dit staat weergegeven in Figuur 24 met het getal '1'.
9. Monteer aan beide kanten een carrosseriering en een M4 moer op de uit stekende bouten. Dit staat weergegeven in Figuur 24 bij getal '2'. Houdt met de steeksleutel de moeren vast, terwijl met een platkopschroevendraaier de bouten worden aangedraaid.
10. Zet de stappenmotor op de houder zoals bij nummer '1' is afgebeeld in Figuur 24.
11. Plaats nu op beide bouten een M4 carrosseriering en een M4 (borg)moer, zoals bij nummer '2' staat afgebeeld in Figuur 24.



Figuur 24 Monteren stappenmotor op houder.

12. Houdt met de steeksleutel de moeren vast en draai met de platbekschroevendraaier de bouten vast.

13. Lijn de stappenmotor met houder uit, doormiddel van de gaten naast de tandheugel. Dit staat weergegeven in Figuur 25 met de rode pijlen.
- Bevestig PZ-2 4*25 mm schroeven met M4 kraalringen doormiddel van een kruiskopschroevendraaier.
- LET OP: voordat de schroeven vast zitten, moet gecontroleerd worden of het tandwiel recht over de tandheugel kan lopen.



Figuur 25: Positionering van de houder op de tandheugel.

Stappenmotordriver

14. Schuif de stappenmotordriver op de omcirkelde bout, zoals is weergegeven in Figuur 26. Zorg ervoor dat de mini usb-poort naar de richting van de pijl wijst. In Figuur 26 is met de pijl de schuifrichting weergegeven.



Figuur 26: Schuifrichting stappenmotordriver.

15. Lijn de stappenmotor uit met het voorgeboorde gat aan de tafelfzijde. Dit is aangegeven in Figuur 27 met de rode cirkel.



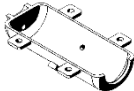

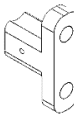
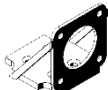
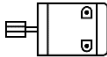











Figuur 27: Uitlijning stappenmotordriver.





16. Bevestig aan de onderkant van het tandheugelplatform een M4 platkopbout, die de stappenmotordrive bevestigd op het platform van de tandheugel.
17. Bevestig op de uitstekende bout een M4 veerring en M4 moer.
18. Houdt met de punttang de moer vast, terwijl de bout aan de onderkant wordt aangedraaid doormiddel van een platbekschroevendraaier. LET OP: doordat de ruimte tussen de moer en de stappenmotordriver klein is, past een (combinatie)tang niet.
19. Bevestig nu vanaf de zes- pins JST A- en B-fasen connector van de stappenmotor een kabel naar de vier pins klemblokken (A en B-fasen) van de driver.

4.5 Monteren van de axiale mechanica

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de mechanica voor de axiale beweging stapsgewijs kan worden gemonteerd. Als eerste zullen alle materialen en gereedschappen opgesomd staan, zie Tabel 4. Daarna zullen de stappen van de axiale mechanica stapsgewijs worden uitgelegd.

Tabel 4 Materiaal- en gereedschapslijst axiale beweging.

Materialenlijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
2	Hendelklem	N.v.t.	
1	Gyroscoop	N.v.t.	
1	Verbindingsstuk	N.v.t.	
1	Stappenmotorhouder	N.v.t.	
1	Stappenmotor	17PU-502 (1,7 inch)	
2	PH-2 schroef	M2 x 3mm	
2	Zeskantsbout met zaagsnede	M3 x 10 mm	
6	Inbusbout	M4 x 8 mm	
2	Inbusbout	M4 x 5 mm	
4	Inbusbout	M4 x 4 mm	
2	Verzonken inbusbout	M4 x 27 mm	
2	Inbusbout	M5 x 10 mm	
4	Zeskantmoer	M4	
4	Verzonkenhoutschroef	4 x 25 mm	
Gereedschapslijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
1	Steek/ringsleutel	7	
1	Steek/ringsleutel	11	

1	Kruiskopschroevendraaier	M2	
1	Platkopschroevendraaier	M3	
1	PZ-2 schroevendraaier	M4	
1	Punttang	n.v.t	

4.5.1 Stappenplan

Hendelmal

1. Zet de twee hendelklemmen op de hendel van de keeper die wordt geautomatiseerd, zoals is weergegeven in Figuur 28.



Figuur 28: Klempositie hendel klemmen.

2. Zorg tijdens het klemmen dat de inbusschroeven M4 x 8mm in beide hendelklemmen gaan, zoals is weergegeven in Figuur 29.



Figuur 29 Links voorzijde van gemonteerde hendel klemmen en rechts zijaanzicht.

3. Monteer nu de moeren aan de onderkant van de hendel klemmen. Zorg ervoor dat de moeren hand vast worden gemonteerd. De kans op breken van het materiaal is namelijk groot. Als dit is gelukt, kunnen de hendel klemmen worden losgelaten.
4. Monteer twee M4 x 5 mm inbusschroeven aan de onderkant van de hendel klem doormiddel van een inbussleutel.

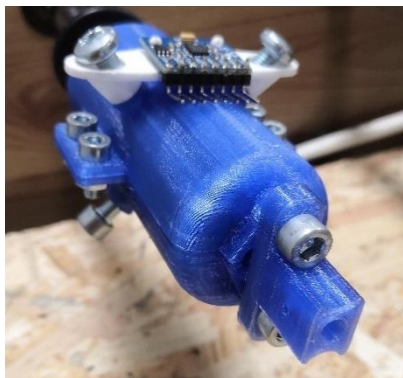
4. Positioneer de gyroscoophouder zoals is afgebeeld in Figuur 30. Monteer daarna de M4 x 8 mm schroeven met een kruiskop.



Figuur 30 Klemrichting hendel klemmen.

Verbindingsstuk

5. Plaats het verbindingsstuk zoals weergegeven is in Figuur 31 en monteer de M5 x 10 mm bouten doormiddel van een M5 inbussleutel.



Figuur 31 Gemonteerde verbindingsstuk.

Houder

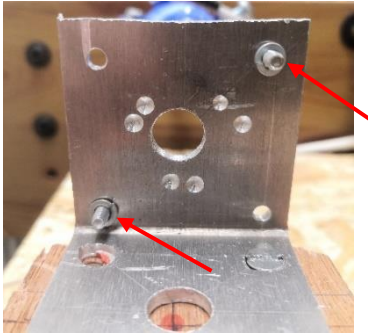
6. Plaats de stappenmotorhouder zoals is afgebeeld in de linker foto in Figuur 32 met de M4 x 27 mm bouten.



Figuur 32 Bovenaanzicht en zijaanzicht motorhouder.

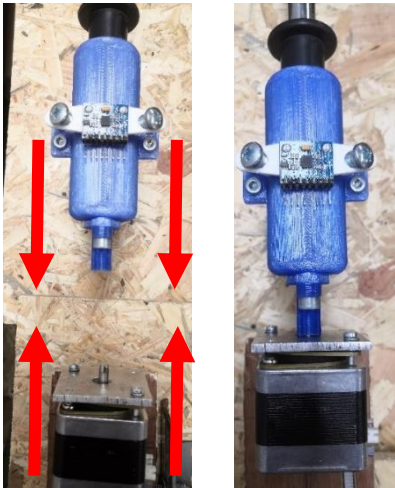
7. Positioneer twee M4 moeren onder de constructie doormiddel van een punttang. Bevestig nu de bouten met een platkopschroevendraaier.

8. Bevestig de M3 bouten door de stappenmotorhouder zoals is weergegeven in Figuur 33. In dit figuur staan twee pijlen die wijzen naar de schroeven. Bij de schroefverbinding wordt bij beide zijdes twee veerringen geplaatst.



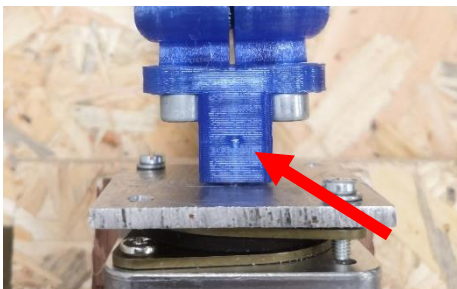
Figuur 33 stappenmotorhouder met bouten.

9. Monteer de stappenmotor op de schroeven doormiddel van een M3 platbekschroevendraaier.
10. Plaats de stappenmotor as in het verbindingsstuk, zoals weergegeven is in Figuur 34.



Figuur 34 Richting van de bevestiging van de as.

11. Monteer de M2 x 3 mm kruiskopschroeven op het verbindingsstuk (zie Figuur 35) doormiddel van de bijbehorende M2 handschroevendraaier. LET OP: zorg dat dit met een handschroevendraaier gebeurt en niet met een schroefmachine.






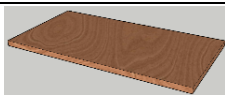




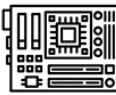


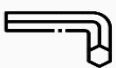
Figuur 35 M2 axiaal borging van het verbindingsstuk.

12. Test nu de axiale M2 bevestiging door de stappenmotor lateraal en axiaal te bewegen. Wanneer deze blijft zitten is de axiale beweging in zijn geheel gerealiseerd.

4.6 Monteren Jetson Nano

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de Jetson Nano stapsgewijs kan worden gemonteerd. In Tabel 5 is een lijst van alle materialen en gereedschappen te zien die hiervoor nodig zijn.

Tabel 5: Materialen- en gereedschapslijst monteren Jetson Nano

Materialenlijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
4	Zeskantbout	M8 * 30mm	
4	Zeskantmoer	M8	
8	Sluitring	M8	
1	Houten plaat	140mm * 80mm * 3mm	
8	Inbusbout	M2.5 * 10mm	
4	Zeskantmoer	M2.5	
4	Kunststof ring	M2.5	
4	Kunststof afstandsbus	M2.5 * 10mm	
1	Jetson Nano	n.v.t.	
Gereedschap			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
1	Steek/ringsleutel	13	
1	Steek/ringsleutel	5	
1	Inbussleutel	2.7	

4.6.1 Stappenplan

1. Verzamel de materialen uit de materialenlijst en het nodige gereedschap.
2. Bevestig eerst vier afstandsbussen aan de bovenzijde van de houten plaat, dit is gemarkeerd met Jetson Nano, zie Figuur 36. En zet ze vast m.b.v. vier M2.5 inbusbouten.



Figuur 36: Houten plaat met Jetson Nano markering

3. Bevestig de houten plaat op de gemarkeerde plaats op het tafelblad, zie Figuur 37. Gebruik hiervoor de M8 bouten, moeren en ringen.



Figuur 37: Houten plaat bevestigd op de tafel.

4. Bevestig de Jetson Nano aan de afstandsbussen m.b.v. vier M2.5 inbusbouten. Gebruik de vier kunststof ringen tussen de Jetson Nano en de bouten, zie Figuur 38.



Figuur 38: Eindresultaat montage Jetson Nano

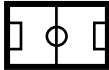
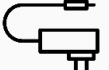







4.7 Monteren camera








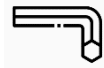

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de camera stapsgewijs kan worden gemonteerd. Hierbij wordt aangenomen dat de instructies voor het installeren van de Jetson Nano (zie pagina 11), het opbouwen van het frame (zie pagina 14) en het monteren van de Jetson Nano (zie pagina 31) succesvol zijn uitgevoerd. Tijdens het uitvoeren van de volgende instructies dient rekening te worden gehouden met de veiligheids waarschuwingen (zie pagina 7). In Tabel 6 is een lijst gemaakt van de benodigdheden.

Bij de volgende situaties kan er bij een andere stap van het stappenplan begonnen worden:

- Is de camera in behuizing al gerealiseerd, maar staat deze los van het frame? Dan kan er bij stap 4 worden begonnen.
- Is de camera in behuizing al gemaakt en zit deze op het frame, maar zit deze los? Dan kan er bij stap 6 worden begonnen.
- Is de camera in behuizing al gemaakt en zit deze vast op het frame, maar de camera positie moet opnieuw gekalibreerd worden? Maak de moeren gedeeltelijk los zodat de camera vrij bewogen kan worden en dan kan er bij stap 6 worden begonnen.

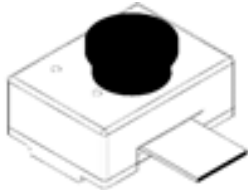
Tabel 6 Materialen- en gereedschapslijst monteren camera

Materialenlijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
1	Voetbaltafel opstelling (met frame en Jetson Nano erop gemonteerd)	n.v.t	
1	5V adapter (4A geadviseerd)	Barrel connector OD 5,5mm ID 2,1mm	
1	Monitor met HDMI of Display port	n.v.t	
1	HDMI of Display port kabel (aansluitbaar op de monitor)	Minimaal lengte van 1 meter	
1	USB-keyboard	n.v.t	
1	USB muis	n.v.t	
1	Raspberry Pi camera (Raspicam V2.1)	n.v.t	
1	0.67X wide angle lens	15mm diameter	
1	Bovenstuk camera behuizing	n.v.t	

1	Onderstuk camera behuizing	n.v.t	
1	CSI-2 ribbon kabel	Minimale lengte van 1,5 meter	
4	Inbusbout	M3 * 30mm	
4	Zeskantmoer	M3	
2	Zeskantbout	M8 *80mm	
2	Zeskantmoer	M8	
1	Houten plaat voor verbinding camera met het frame.	Zie Bijlage 2 op pagina 51	
Gereedschapslijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
1	Inbussleutel	3	
1	Steeksleutel	5.5	

4.7.1 Stappenplan

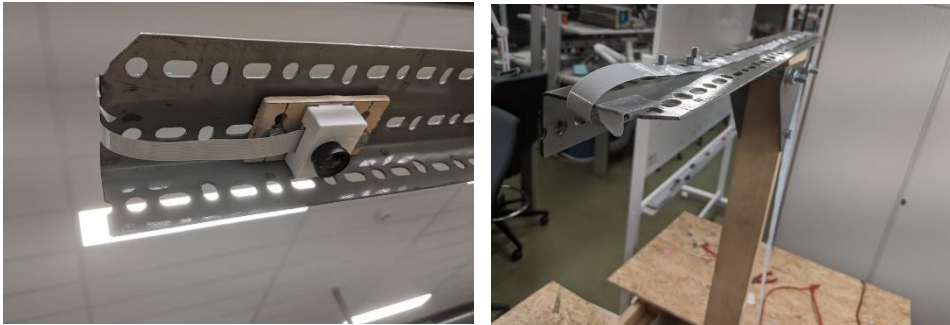
1. Sluit de ribbon kabel aan op de Raspberry pi camera. Zorg hierbij dat de contactpuntjes richting het PCB zijn bij het aansluiten.
2. Zet de Raspberry pi camera op het onderstuk van de behuizing en zet het bovenstuk op de camera en onderstuk. Als er een “klik” te horen is, is deze juist in elkaar gezet.
3. Draai de lens op het bovenstuk van de behuizing. Het resultaat is vergelijkbaar met Figuur 39.



Figuur 39: Camera in behuizing gemaakt

4. Monteer de behuizing met camera aan de houten plaat met de vier M3 inbusbouten en moeren.

5. Monteer de houten plaat met behuizing met behulp van de M8 bouten, moeren, steeksleutel en inbussleutel aan het frame en zet de ribbon kabel languit over het frame. Het resultaat is vergelijkbaar met Figuur 40. Maak hierbij de moeren nog niet vast zodat de camera nog vrij bewogen kan worden.



Figuur 40: Links onderaanzicht, rechts bovenaanzicht van de camera aan het frame

6. Sluit het keyboard, muis, monitor en ribbon kabel aan op de Jetson Nano (als dit nog niet gedaan is).
7. Sluit de 5V adapter aan op de Jetson Nano.
8. Wanneer alles goed is aangesloten toont de monitor dat de Jetson Nano aan het opstarten is.
9. Login op de Jetson Nano met het wachtwoord: "socbot12"
10. Open de terminal en voer de commando's uit:

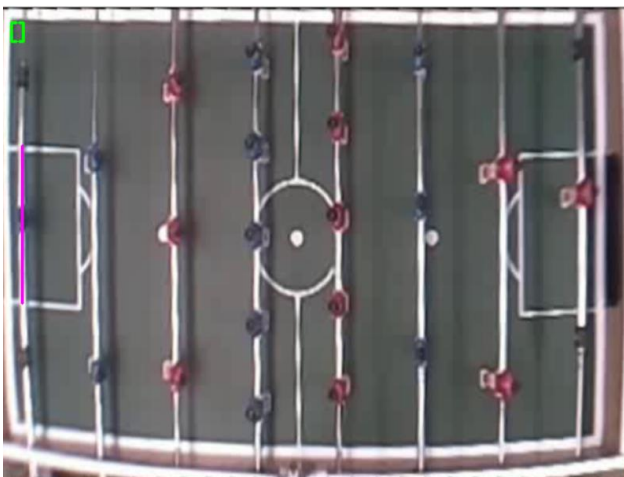
```
source ft_env/bin/activate
```

```
cd FoosTronics
```

11. Voer het volgende commando uit om de camera positie te kalibreren:

```
python3 kalibratie_camera_positie
```

12. Op de monitor verschijnt er een venster met het camerabeeld en een paars gekleurde lijn vergelijkbaar met Figuur 41. Verschuif de camera zo op het frame, dat de stang van de keeper evenwijdig is en de paarse lijn erboven staat. Als het beeld hieraan voldoet, monteer de M8 moeren vast aan het frame met steeksleutel en inbussleutel.



Figuur 41: Voorbeeldvenster van juist gekalibreerde camera positie.

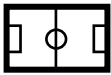
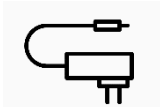




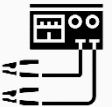

13. Als alle bovenstaande stappen zijn voltooid, is de kalibratie geslaagd en is de camera gereed voor gebruik.
Druk op 'q' om het Python programma af te sluiten.

5 Gebruikersinstructies

In dit hoofdstuk worden instructies gegeven over hoe de tafelvoetbaltafel in gebruik kan worden genomen.

In Tabel 7 zijn alle benodigde materialen weergegeven voor het uitvoeren van de gebruikersinstructies.

Tabel 7 Materialenlijst gebruikersinstructies

Materialenlijst			
Aantal	Materiaal	Afmetingen	Voorbeeld (Noun Project Inc., 2020)
1	Voetbaltafel opstelling (met mechanica, frame, stappenmotordrivers, Jetson Nano en camera erop aangesloten)	n.v.t	
1	5V adapter (4A geadviseerd)	Barrel connector OD 5,5mm ID 2,1mm	
1	Monitor met HDMI of Display port	n.v.t	
1	HDMI of Display port kabel (aansluitbaar op de monitor)	Minimaal lengte van 1 meter	
1	USB-keyboard	n.v.t	
1	USB muis	n.v.t	
2	12V/1A voeding (en benodigde voedingsbekabeling voor de motordrivers)	n.v.t	
2	USB-mini kabels	n.v.t	

5.1 Stappenplan

1. Sluit het keyboard, muis en monitor aan op de Jetson Nano.
2. Sluit de twee stappenmotordrivers aan op de twee stappenmotoren.
3. Sluit de twee stappenmotordrivers via de USB-mini kabels aan op de Jetson Nano.
4. Sluit de 5V adapter aan op de Jetson Nano.
5. Wanneer alles goed is aangesloten, toont de monitor dat de Jetson Nano aan het opstarten is.
6. Login op de Jetson Nano met het wachtwoord: "socbot12".
7. Open de terminal op de Jetson Nano en voer de volgende commando's uit:

```
source ft_env/bin/activate
```

```
cd FoosTronics
```

8. Sluit de 12V aan op de twee stappenmotordrivers.
9. Om het programma met getrainde artificiële intelligentie af te draaien, voer het volgende commando uit:

```
Python3 ImageProcessingAI.py
```

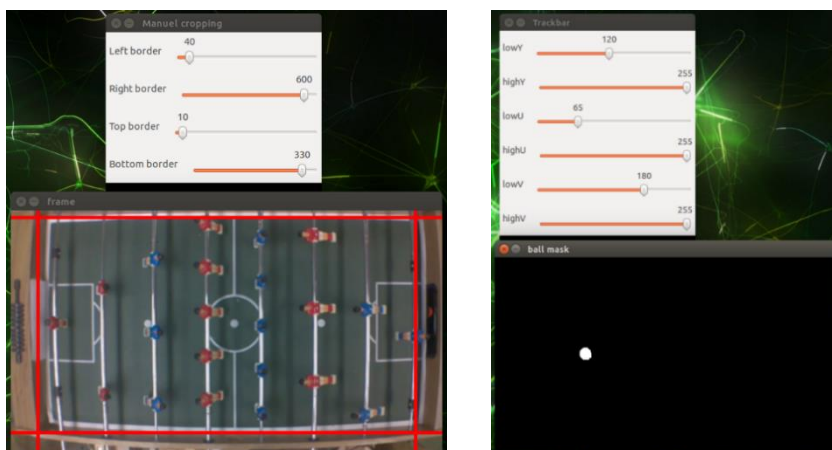
10. Wanneer de code door de initialisatie heen is (dit duurt ongeveer 10 seconden), is de tafelfootbaltafel klaar voor gebruik.

Druk op 'q' om het Python programma af te sluiten als dat gewenst is.

5.2 Spelbeschrijving

FoosTronics is een tafelfootbaltafel waarbij de keeper wordt aangestuurd door een zelflerend systeem. Dit zelflerend systeem is getraind met behulp reinforcement learning. De uitdaging bij dit spel is om te scoren met de spitsen.

Bij het opstarten van de applicatie moet eerst het speelveld worden geselecteerd. Dit wordt gedaan m.b.v. slide bars. Figuur 42 laat deze slide bars zien. Voor het selecteren van het speelveld moeten de rode randen de witte buitenlijnen omtrekken. Vervolgens moet de kleur van de bal worden gekalibreerd. Dit wordt gedaan door de bal op het tafelfootbalveld te leggen. Het kalibreren van de balkleur is gelukt wanneer alleen de kleur van de bal zichtbaar is op het pop-up venster.



Figuur 42: Selecteren speelveld en kalibreren balkleur

Na het instellen van de balkleur en speelveld kan het spel gestart worden. In tegenstelling tot tafelfootbal kan alleen met de spitsen gespeeld worden. Als hulpmiddel kan een balk achter de spitsen worden geplaatst, zodat de bal in bereik van de spitsen blijft, zie Figuur 43.



Figuur 43: Speelveld spitsen tegen de keeper

6. Troubleshooting sectie en instructies om problemen op te lossen

In dit hoofdstuk zijn bij verschillende problemen instructies gegeven voor de mogelijke oplossing. Hierbij wordt aangenomen dat alle installatie instructies (zie vanaf pagina 7) succesvol zijn uitgevoerd.

In het geval dat het betreffende probleem niet in dit hoofdstuk aanwezig is, probeer dan zelf de oplossing via het internet op te zoeken en/of een docent te vragen naar een mogelijke oplossing. Als het probleem dan nog steeds voordoet, is contact mogelijk met de gegeven contactpersonen op pagina 44.

Wanneer er een probleem is opgelost wat ontbreekt in dit hoofdstuk, gelieve het betreffende probleem en oplossing aan te vullen in de onderstaande tabellen. Verhoog daarnaast de revisie versie en werk deze bij.

6.1 Jetson Nano foutmeldingen

In Tabel 8 zijn mogelijke oplossingen weergegeven die betrekking hebben op problemen met de Jetson Nano.

Tabel 8 Troubleshooting Jetson Nano foutmeldingen

Probleem	Mogelijke oorzaak	Mogelijke oplossing
No module ...	Virtual environment is niet geactiveerd.	Voer in de terminal het volgende commando uit: <code>cd ~</code> <code>source ft_env/bin/activate</code>
	Module is niet geïnstalleerd.	Zorg er voor dat virtual environment 'ft_env' geactiveerd is en voer in de terminal het volgende commando uit: <code>sudo pip3 install *naam ontbrekende module*</code> Wanneer dit het probleem heeft verholpen, vul het gebruikte commando aan bij stap 4 van installeren Jetson Nano op pagina 12 en verhoog de revisie versie.
No module named 'Box2D.Box2D'	Bouwen Box2D is mislukt of library is corrupt geraakt.	Zorg er voor dat virtual environment 'ft_env' geactiveerd is en voer stap 5 uit van installeren Jetson Nano op pagina 12.
No module named 'TensorFlow'	Installatie TensorFlow is mislukt of library is corrupt geraakt.	Zorg er voor dat virtual environment 'ft_env' geactiveerd is en voer stap 7 uit van installeren Jetson Nano op pagina 13.
'...' object has no attribute '...'	Python bestanden ontbreken of zijn niet in de juiste map.	Bekijk de repository op: https://github.com/CookieLover22/FoosTronics Controleer of er bestanden ontbreken of op de juiste plaats staan op de Jetson Nano. Wanneer dit het geval is, vul de ontbrekende bestanden aan.
No camera detected	Camera is nadat de Jetson Nano is opgestart aangesloten.	Herstart de Jetson Nano door in de terminal het volgende commando uit te voeren: <code>reboot</code>

6.2 Overig

In Tabel 9 zijn mogelijke oplossingen weergegeven voor overige problemen.

Tabel 9 Troubleshooting overig

Probleem	Mogelijke oorzaak	Mogelijke oplossing
Bal wordt niet of foutief gedetecteerd	Belichting in omgeving is veranderd of kalibratie is onjuist uitgevoerd.	Sluit de applicatie af en start deze vervolgens opnieuw op volgens de gebruikersinstructies op pagina 37 vanaf stap 7.
Stang is losgelaten van mechanica	Verbindingsstuk is heel, maar is niet verbonden aan axiale motor.	Duw het verbindingsstuk stevig op de axiale motor as. Als deze verbinding na korte tijd weer loslaat, zal het verbindingsstuk vervangen moeten worden. Zie voor 3D print bestand in map "3D-prints" met bestandsnaam "Verbindingsstuk_handel_v2_m5.STL" op de repository: https://github.com/CookieLover22/FoosTronics
	Verbindingsstuk gebroken.	Het verbindingsstuk zal vervangen moeten worden. Zie voor 3D print bestand in map "3D-prints" met bestandsnaam "Verbindingsstuk_handel_v2_m5.STL" op de repository: https://github.com/CookieLover22/FoosTronics
Keeper staat axiaal verkeerd of draait niet	De gyroscoop wordt niet of verkeerd uitgelezen.	Controleer of de verbinding tussen de Jetson Nano en de gyroscoop juist is aangesloten. Vervang de gyroscoop en/of de bekabeling.
	De axiale motor is stapverlies aan het oplopen door onvoldoende voltage en/of stroom.	Zet op de spanningsbron van de axiale motor de voltage op 12V en de stroombegrenzer op 1A.
	Hendel klemmen zitten los.	Monteer de hendel klemmen opnieuw volgens de instructies van stap Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. tot en met Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. van Monteren van de axiale mechanica op pagina Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd..
	Hendel klemmen gebroken.	De hendel klemmen zullen vervangen moeten worden. Zie voor 3D print bestand in map "3D-prints" met bestandsnaam "Mal_handel_2x.STL" op de repository: https://github.com/CookieLover22/FoosTronics
Motor bij laterale mechanica blijft doordraaien bij limiet	Limietsensors staan te ver van tandheugelplatform.	Zorg dat de limietsensors en tandheugelplatform juist gemonteerd zijn volgens Monteren van de laterale mechanica op pagina 21.
Keeper blijft lateraal hangen en zijn niet bij de limietsensoren gekomen	De laterale motor is stapverlies aan het oplopen door onvoldoende voltage en/of stroom.	Zet op de spanningsbron van de laterale motor de voltage op 12V en de stroombegrenzer op 1A.
	Geleiders in ladedragers zijn stroef.	Volg de instructies van hoofdstuk Smeren op pagina 42.

7. Onderhoudsinformatie

In dit hoofdstuk zal vermeld worden hoe de hard- en software van de voetbaltafel wordt onderhouden.

7.1 Onderhoud aan de mechanica

Naarmate de mechanica ouder wordt, zullen er gebreken optreden. Om problemen te voorkomen zal gekeken worden naar schoonmaak- en smeerinstructies en als laatste een onderhoudsplan.

Schoonmaken

Na verloop van tijd zullen er stofresten ontstaan op de tafel. Om de tafel in goede staat te houden is er een schoonmaakplan opgesteld.

Voor het spelen:

- Stof de camera doormiddel van een doekje met alcohol of brilspray. Dit zorgt ervoor dat de bal duidelijk kan worden herkent.
- Stof de tafel af met een vochtig doekje.
- Zorg dat de bak van de voetbaltafel stofvrij is. Dit kan gedaan worden doormiddel van een stofzuiger, kruimeldief of een vochtig doekje.

Na het spelen:

- Reinig de handvatten met alcohol. Dit zorgt ervoor dat de tafel hygiënisch blijft.

Smeren:

- Controleer een keer per week of de stangen goed glijden. Wanneer dit niet zo is, vet de stangen in met WD40. Tijdens het smeren is het aan te raden de stangen te bewegen, zodat het smeermiddel evenredig wordt verspreid.
- Smeer eens per week de kogellagers in de ladegeleiders met WD40. Dit kan gedaan worden door de ladegeleider uit te schuiven (naar de tafel) en WD40 aan te brengen aan de zijkanten van de geleider. Dit is weergegeven in Figuur 44 met de rode pijlen.
- Eens per week moet gecontroleerd worden of de tandheugel ingevet is. Indien dit niet het geval is, moet WD40 op de tandheugel worden aangebracht.



Figuur 44 Kogellager in de ladegeleider.

7.2 Onderhoudsplan

Om de kwaliteit van het product te waarborgen, is het aan te raden om voor opendagen een visuele inspectie te houden. In Bijlage 1 staat een onderhoudsplan met daarin een checklist met globale onderdelen. Indien een van deze onderdelen de inspectie faalt, mag de voetbaltafel niet in bedrijf worden genomen. Nadat het desbetreffende onderdeel is vervangen, moet het onderhoudsplan opnieuw worden uitgevoerd voordat het product in bedrijf mag worden genomen.

7.3 Software

Wanneer de tafel een tijd niet is gebruikt, is het van belang dat de nieuwste software update op het systeem wordt gezet. Per punt zal stapsgewijs beschreven worden hoe de nieuwste versie vanaf Github kan worden gehaald:

1. Zet de Jetson Nano aan en log in.
2. Open een terminal (ctrl+shift+t)
3. Ga naar de map doormiddel van: `cd ../FoosTronics`
4. Git checkout master
5. Git pull

De bestanden zijn nu up-to-date met de laatste stabiele versie.

8 Contact details

Wanneer vragen of onduidelijkheden zijn over verschillende onderwerpen zijn wij te bereiken via mail. In Tabel 10 zijn van alle onderwerpen de contactgegevens weergegeven.

Wanneer het project wordt voortgezet door een ander groep, is het van belang dat de mailgegevens worden aangepast.

Tabel 10 Contactgegevens studenten.

Onderwerp	Mail
Mechanica/ stappenmotor	Kelvin.sweere@student.hu.nl
Simulatie	Daniel.boon@student.hu.nl
Beeldherkenning	Sipke.velinga@student.hu.nl
Git	Chileam.bohnen@student.hu.nl

Lijst van afkortingen en begrippen

Artificiële intelligentie	Wetenschap die zich bezighoudt met het creëren van een artefact dat een vorm van intelligentie vertoont
Axiaal	De roterende beweging voor het schieten van de keeper
Beeldherkenning	Softwarematige bewerking op digitale beelden
Displayport	Audio- en videostandaard
Extrapolatie	Op grond van een bekende reeks gegevens conclusies trekken buiten het meetgebied
Github	Website waarop software en documenten geplaatst kunnen worden
GPIO	General-purpose input/output
HDMI	High-definition multimedia interface
I ² C	synchrone, seriële bus, ontwikkeld voor datacommunicatie tussen microprocessoren en andere IC's
I ² S	Seriële bus voor het verbinden van digitale audioapparatuur met elkaar
IO-connector	Input/output connector
JST	Japanese solderloze terminals
Lateraal	De lineaire beweging van de keeper voor het doel
M.2 Key E	Connectie op de NVIDIA Jetson Nano voor de M.2 wifimodule
MIPI CSI-2 DPHY lanes	Connectie tussen camera en applicatie processor
NVIDIA JETSON NANO DEVELOPER KIT	Mini computer
OpenCV	Open source computer vision
Pip	Pakket manager voor Python pakketten
PyBox2D	2D bibliotheek met natuurkundige functies voor spellen en simulaties
Reinforcement learning	Toepassing van artificiële intelligentie

Repository	Benaming voor een online archief (Github)
Rufus 3.8	Windows-programma waarmee zelfstartende usb-sticks kunnen worden gemaakt
SPI	Seriele Periferele Interface
Stappenmotor	Motor waarvan de hoekverdraaiing nauwkeurig te bepalen is
Tandheugel	Rechthoekige staaf die aan één kant is voorzien van vertanding zoals een tandwiel
TensorFlow	End-to-end open source machine learning platform
UART	Universele asynchrone receiver-transmitter
USB	Universele seriële bus
Virtual environment	Een softwareomgeving waarin andere Python versies en librarys gebruikt kunnen worden waarbij de root of andere virtual environments onaangepast blijven
WD40	WATERVERDRIJVEND KRUIPOLIE SPRAY

Lijst van figuren

Figuur 1: plaatsen van M.2 wifimodule	10
Figuur 2: Zij aanzicht Jetson Nano met links de 8-pins header en in het midden CSI-2 camera connector.	10
Figuur 3: Voor aanzicht Jetson Nano met connector sockets.	10
Figuur 4: Rufus instellingen	11
Figuur 5: Markering tafels	16
Figuur 6: Markeringen lange balken.....	16
Figuur 7: Boutgat lange balk.....	16
Figuur 8: Plaatsing en markering korte balk.....	17
Figuur 9: Boutgaten korte balk.....	17
Figuur 10: Balk verbindingsgaten	17
Figuur 11: Hoekstrip met rode tape	17
Figuur 12: Plaatsing houten blokjes	18
Figuur 13: Positionering houten blokjes	18
Figuur 14: Monteren camera statief aan tafel	18
Figuur 15: Tafelvoetbaltafel met camerastatief.....	19
Figuur 16: Boutgaten camerastatief en tafel	19
Figuur 17: Grote houten plaat gemonteerd op houten blokjes.....	19
Figuur 18: Afwerkplaat gebruiker.....	20
Figuur 19: Driehoekplaten en hoekstrip aan camerastatief.....	20
Figuur 20 Laterale beweging opgedeeld in onderdelen.....	22
Figuur 21 Opbouw eindschakelaarsbord. Hierbij is links een schuin vooraanzicht en rechts een bovenaanzicht.	23
Figuur 22 Uitlijnen van de ladegeleider.	23
Figuur 23 Opbouw boutverbinding stappenmotor	24
Figuur 24 Monteren stappenmotor op houder.....	24
Figuur 25: Positionering van de houder op de tandheugel.....	25
Figuur 26 Schuifrichting stappenmotordriver.	25
Figuur 27: Uitlijning stappenmotordriver.....	25
Figuur 28: Klempositie hendel klemmen.....	28
Figuur 29 Links voorzijde van gemonteerde hendel klemmen en rechts zijaanzicht.	28
Figuur 30 Klemrichting hendel klemmen.	29
Figuur 31 Gemonteerde verbindingsstuk.....	29
Figuur 32 Bovenaanzicht en zijaanzicht motorhouder.....	29
Figuur 33 stappenmotorhouder met bouten.....	30
Figuur 34 Richting van de bevestiging van de as.....	30
Figuur 35 M2 axiaal borging van het verbindingsstuk.	30
Figuur 36: Houten plaat met Jetson Nano markering.....	32
Figuur 37: Houten plaat bevestigd op de tafel.....	32
Figuur 38: Eindresultaat montage Jetson Nano	32
Figuur 39: Camera in behuizing gemaakt.....	34
Figuur 40: Links onderaanzicht, rechts bovenaanzicht van de camera aan het frame	35
Figuur 41: Voorbeeldvenster van juist gekalibreerde camera positie.	35
Figuur 42: Selecteren speelveld en kalibreren balkleur	37
Figuur 43: Speelveld spitsen tegen de keeper	38
Figuur 44 Kogellager in de ladegeleider.....	42
Figuur 45 Afmetingen houten plaat voor verbinding camera met het frame.	51

Lijst van tabellen

Tabel 1: Materialen voor het aansluiten van de Jetson Nano	9
Tabel 2: Materialen- en gereedschapslijst voor het opbouwen van het frame	14
Tabel 3 Materialen- en gereedschapslijst laterale beweging.....	21
Tabel 4 Materiaal- en gereedschapslijst axiale beweging.....	27
Tabel 5: Materialen- en gereedschapslijst monteren Jetson Nano	31
Tabel 6 Materialen- en gereedschapslijst monteren camera	33
Tabel 7 Materialenlijst gebruikersinstructies	36
Tabel 8 Troubleshooting Jetson Nano foutmeldingen	39
Tabel 9 Troubleshooting overig.....	40
Tabel 10 Contactgegevens studenten.	44

Bibliografie

- Bloom, L. (2019, januari 12). *How to Write a Great User Manual in 12 Steps*. Retrieved from dozuki: <https://www.dozuki.com/blog/2017/01/12/how-to-write-a-user-manual>
- Human Benchmark. (2019). *Reaction Time Test*. Retrieved oktober 10, 2019, from <https://www.humanbenchmark.com/tests/reactiontime>
- Noun Project Inc. (2020). Icons for everything. 2020. Utrecht. Retrieved januari 8, 2020, from <https://thenounproject.com/>: <https://thenounproject.com/>
- Vermeulen, F. (2019, februari 15). *User Manual Template Case Study: Startup Creates a Compliant Manual (in Less Than 3 Weeks)*. Retrieved from instrktiv: <https://instrktiv.com/en/user-manual-template/>

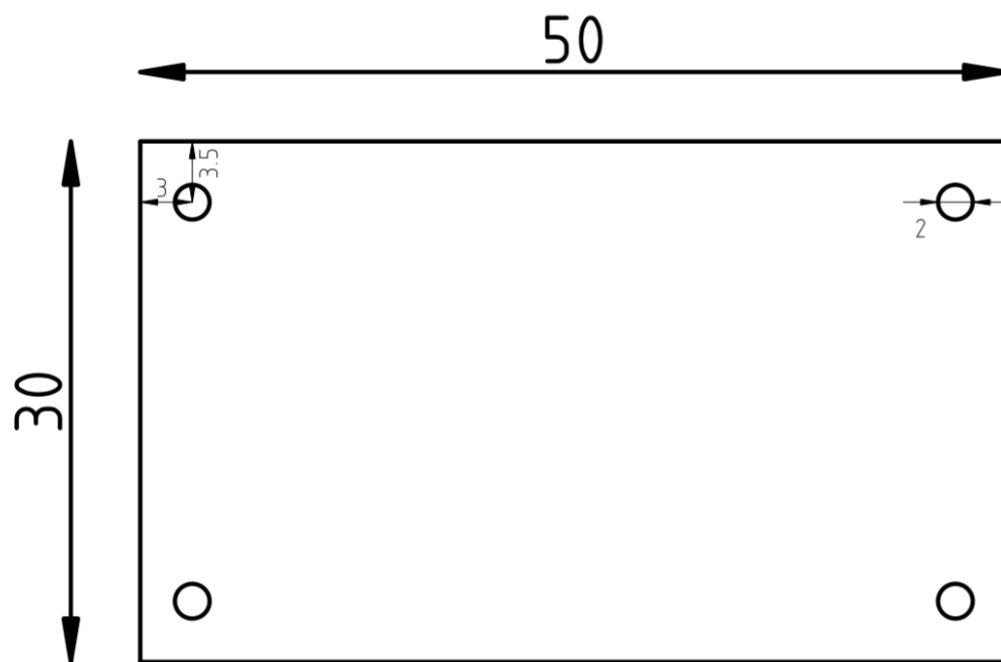
Bijlage 1

#	Checklist correctief onderhoud	Streep door
1	Zit er een scheur in de hendel klem?	Ja / nee
2	Zit er een scheur in het verbindingsstuk?	Ja / nee
3	Zit de camera los in de camerabehuizing?	Ja / nee
4	Zit er een scheur in de gyroscoophouder?	Ja / nee
5	Hebben de stangen een kromming groter dan 10 graden?	Ja / nee
6	Zit er een scheur in het camerastatief?	Ja / nee
7	Kan de stappenmotor niet los komen van de tandheugel?	Ja / nee
8	Is de tandheugel versleten?	Ja / nee
9	Kan het eindschakelaarsbord worden opgetild van de tafel?	Ja / nee
10	Zit de ladendrager en tandheugel los?	Ja / nee

Indien één van deze onderdelen met 'ja' is beantwoord, moet dit onderdeel worden vervangen. Na het vervangen is het van belang dat de checklist opnieuw wordt uitgevoerd.

#	Oplossing
1	Print hendel klemmen opnieuw (zorg hierbij dat de nieuwste versie wordt gebruikt (en op elkaar aansluit).
2	Print verbindingsstuk opnieuw (zorg hierbij dat de nieuwste versie wordt gebruikt (en op elkaar aansluit).
3	Print camerabehuizing opnieuw (zorg hierbij dat de nieuwste versie wordt gebruikt (en op elkaar aansluit).
4	Print gyroscoophouder opnieuw (zorg hierbij dat de nieuwste versie wordt gebruikt (en op elkaar aansluit).
5	Verwijder de stangen en buig deze weer recht. Indien dit niet meer kan, zorg dat er nieuwe stangen worden gekocht.
6	Vervang het camerastatief.
7	Zorg dat de stappenmotor wordt uitgelijnd met de tandheugel. Lees "" voor verdere informatie.
8	Vervang de tandheugel. Indien deze niet meer op voorraad zijn, kan een nieuwe besteld worden op: http://nl.aliexpress.com/item/32400417811.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.446428aeBi2OHY&algo_pvid=85169156-3d7d-47e6-8727-ca2d0dfd0036&algo_expid=85169156-3d7d-47e6-8727-ca2d0dfd0036-4&btsid=8f1ec7ff-b2d7-4d6f-8d9c-824de64b5c4e&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_7,searchweb201603_55
9	Zorg dat het eindschakelaarsbord aan het tafelblad wordt bevestigd. Verdere informatie is te vinden in "Monteren van de axiale mechanica".
10	Bevestig de ladendrager via het stuk "Monteren van de laterale mechanica".

Bijlage 2



Figuur 45 Afmetingen houten plaat voor verbinding camera met het frame.