



HÁSKÓLINN Í REYKJAVÍK

HAGNÝTT VERKEFNI II - RT HVR2003

Færslumælir fyrir ísbor

Gísli Hróar Guðlaugarson

gislihg22@ru.is

Jenný Drífa Kristjánsdóttir

jennyk22@ru.is

Umsjón höfðu:

Baldur Þorgilsson

Guðmundur Kristjánsson

Hannes Páll Þórðarson

18. desember 2023

Table of contents

1 Inngangur	3
2 Uppsetning og búnaður	3
2.1 Fyrsta uppsetning	3
2.2 Nýrri uppsetning	6
3 Forritun	8
3.1 Python Forrit	8
3.2 Arduino Forrit	8
3.2.1 Forrit fyrir Eldri Snúningsmæli	9
3.2.2 Forrit fyrir Nýrri Snúningsmæli	9
4 Úrvinnsla gagna	9
5 Niðurstöður og næstu skref	13

1 Inngangur

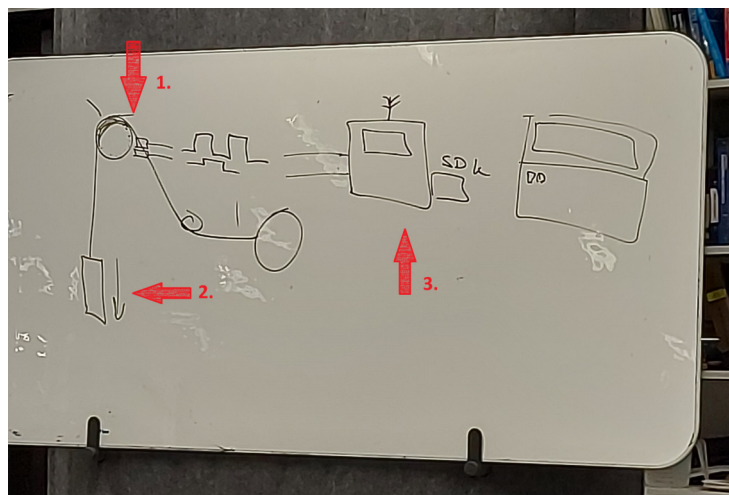
Þetta verkefni er samstarfsverkefni Háskólans í Reykjavík, Háskóla Íslands og Veðurstofu Íslands.

Verkefnið var kynnt í grófum dráttum og er á byrjunarstigi en grunnhugmyndin er að fá nákvæmari mælingar á færslu sýnabors sem tekur sýni úr jöklum. Vonast er eftir að fá nákvæmni upp á $\pm 0.5\text{cm}$.

Sjá má á mynd 1 hvernig hugmyndin var kynnt fyrir okkur. Það sem merkt er nr. 2 á myndinni er sýnaborinn sjálfur sem færist þá upp á niður á hjólinu sem er merkt nr. 1. Á hjólinu var hugsað að hafa skynjara, t.d. sem nema segla eða, ef göt væri á hjólinu, nálægðarnema sem senda púlsa um hvort það sé eitthvað sem þeir nema fyrir framan sig eða ekki.

Sama hvað yrði fyrir valinu væri alltaf verið að fá púlsa til að vinna úr fyrir hreifingu hjólsins. Þá þyrfti alltaf að vera að lágmarki 2 nemar, svo einnig væri hægt að sjá í hvora áttina hjólið er að snúast og þar með hvort verið er að láta borinn síga eða hífa hann upp.

Gögnin sem koma frá skynjurunum yrði svo unnin í tölvu, (er á mynd 1, merkt númer 3) sem yrði eitthvað eins og iðntölva eða tölvukubbur sem svipar til Arduino. Þessi heili myndi svo senda frá sér upplýsingar með fjarskiptum yfir í tölvu hjá þeim sem eru að vinna við borinn, ásamt því að vista gögnin á SD kort til vara ef að fjarskiptarbúnaðurinn myndi bregðast. Allur forritakóði sem notaður er í verkefninu er aðgengilegur á GitHub, sjá [github2023isbor](#).



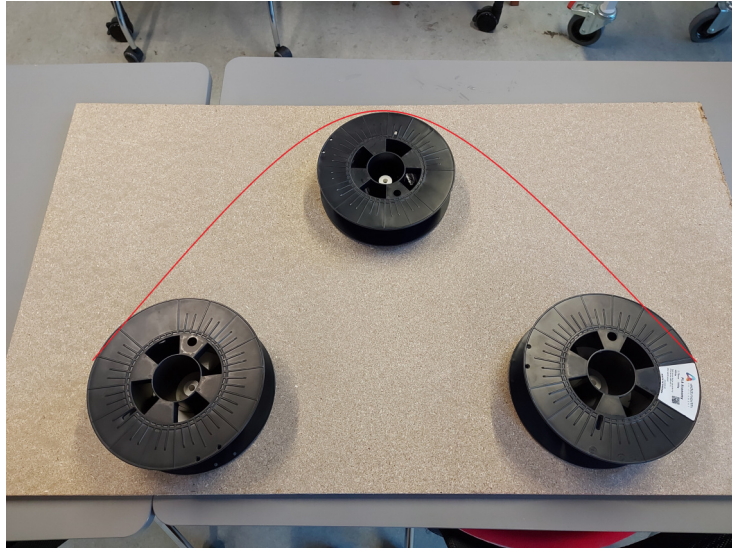
Mynd 1: Teikning af hugmyndinni sem okkur var kynnt fyrir. 1. Hjólið þar sem skynjari verður staðsettur. 2. Ísborinn. 3. Tölva sem vinnur úr gögnum og sendir frá sér og/eða vistar á SD kort.

Það sem þetta verkefni er stærra en hægt er að framkvæma á þrem vikum var tekin ákvörðun um að sannreyna að hægt væri að gera lengdarmælingar með að nýta púlsa frá skynjurum sem við höfðum aðgang að á þessum tímaramma. Til þess að gera það var settur saman einfaldur profubúnaður og valinn var mótör með svokölluðum kóðara (e. *encoder*), eða snúningsmæli, sem hægt var að tengja við einfaldan tölvukubb fyrir gagnavinnslu. Einnig yrði að skrifa forrit sem myndi taka við gögnum frá kóðaranum og breyta því yfir í lengdarmælingu.

2 Uppsetning og búnaður

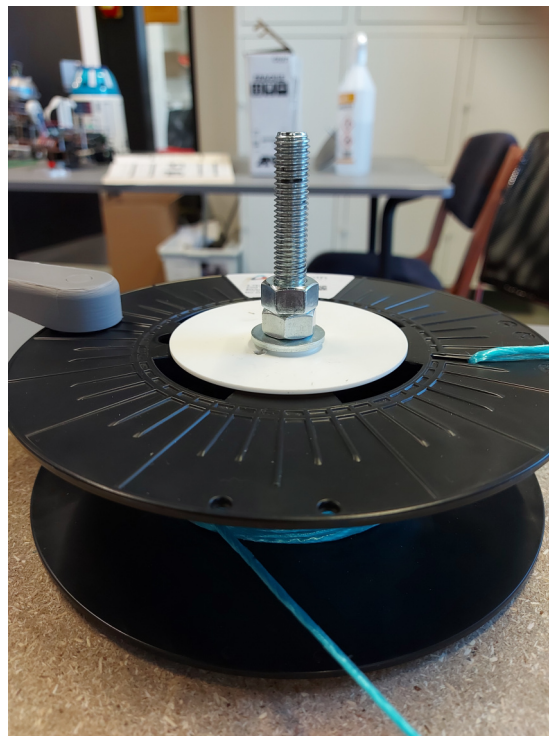
2.1 Fyrsta uppsetning

Til að byrja með var ákveðið að setja upp einfaldan hjólabúnaði í láréttri stöðu. Mynd 2 sýnir fyrstu búnaðarhugmyndina, s.s. að setja tvö hjól fyrir band (teiknað á myndina með rauðu) sem gætu snúist fram og til baka og færa þar með bandið til og frá á þriðja hjólinu. Neðri tvö hjólin á myndinni væru þá söfnunarhjólin meðan að efsta hjólið á myndinni væri það sem tengist við kóðarann.



Mynd 2: Fyrsta hugmynd af tilraunaruppsetningu.

Til að einfalda smíði og ná að gera tilraunir innan tímaramma áfangans var ákveðið að reyna að nýta sem mest af hlutum sem til voru á svæðinu. Hjól undan efni fyrir 3D prentara voru nýtt sem söfnunarhjólin og voru þau fest á spjaldið með að líma niður öxla með bolta. Sjá má á mynd 3 hvernig lok fyrir rafmagnsdósir voru svo sett yfir og fest niður með skinnu og ró. Rærnar voru svo hertar þannig að það fengist ákveðið viðnám fyrir snúninginn á hjólunum og þannig hægt að halda spennu á bandinu sem myndi ekki snúast til baka ef hjólinu væri sleppt. Annarri ró var svo komið fyrir til að koma í veg fyrir að róin sem hélt herslunni á hjólinu myndi ekki snúast með því og þar með herða eða losa sjálfkrafa. Gerð var tilraun með að 3D prenta handföng fyrir hjólin en þau héldu áfram að losna og það var auðveldara að snúa hjólunum með að sleppa handföngunum.



Mynd 3: Festingin á söfnunarhjól.

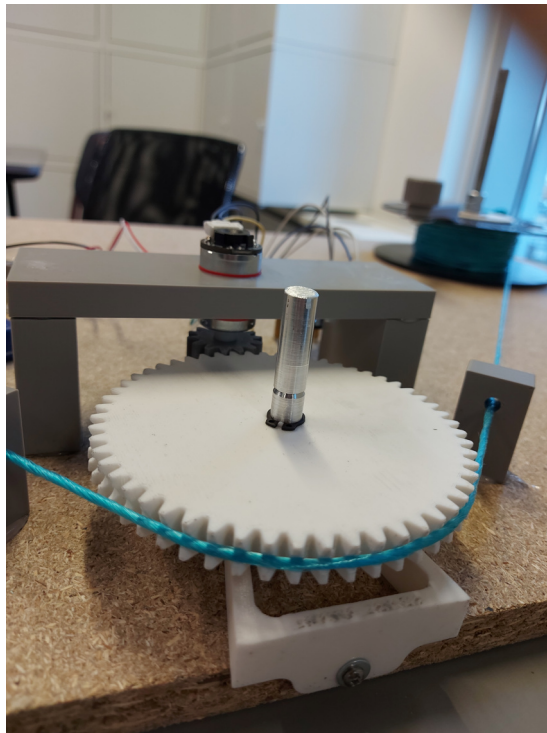
Kóðarinn sem varð fyrir valinu til að byrja með var DC mótur með kóðara sem fæst hjá DFRobot. Upplausnin á kóðaranum er 11 merki á hring. Þar sem ekki þurfti að nýta móturinn sjálfan var gírunin fjarlægð af honum til að auðvelda umreikninga. Þessi kóðari sendir frá sér tvo púlsa sem gerir kleift

að sjá bæði hve mikil hreifing er á hjólinu og einnig áttina sem að hjólið er að snúast. Mynd 4 er af kóðaranum sem byrjað var að nota, fengin af síðu DFRobot



Mynd 4: Kóðarinn. Mynd fengin hér.

Fyrir hjólið sem myndi snúast með bandinu var notað tannhjólasett úr eldra ótengdu verkefni. Tannhjólin voru 3D prentuð og pössuðu saman svo þetta hentaði frekar vel fyrir fljótgerða uppsetningu. Fengin var aðstoð frá Gísli Frey Þorsteinssyni, umsjónamanni vélaverkstæðisins, til að fræsa rauf í miðju tannhjólsins fyrir bandið. Var vitað að þetta yrði einn af mörgum skekkjuvöldum í tilrauninni þar sem ómögulegt var að hafa nákvæmlega jafn djúpar raufir í hverri einustu tönn. Minna tannhjólinu var svo komið fyrir á kóðarann. Sjá má á mynd 5 hvernig hjólin tengjast kóðaranum, ásamt því að sjá standinn sem var 3D prentaður til að halda kóðaranum á sínum stað.



Mynd 5: Kóðari og tannhjólin.

Fyrir úrvinnsluna fyrir gögnin þurfti að vita hlutföllin milli tannhjólanna tveggja ásamt þess að það þurfti að vita snertiflöt bandsins við hjólið. Byrjað var á að mæla þvermál tannhjólanna með skífumáli til að reikna hlutföllin milli þeirra. Til að finna snertiflöt bandsins við hjólið var fundið hvar hjólið

snerti hjólið, bandið svo losað frá hjólinu og mælt með að nota málband. Eftirfarandi eru niðurstöður frá þeim mælingum:

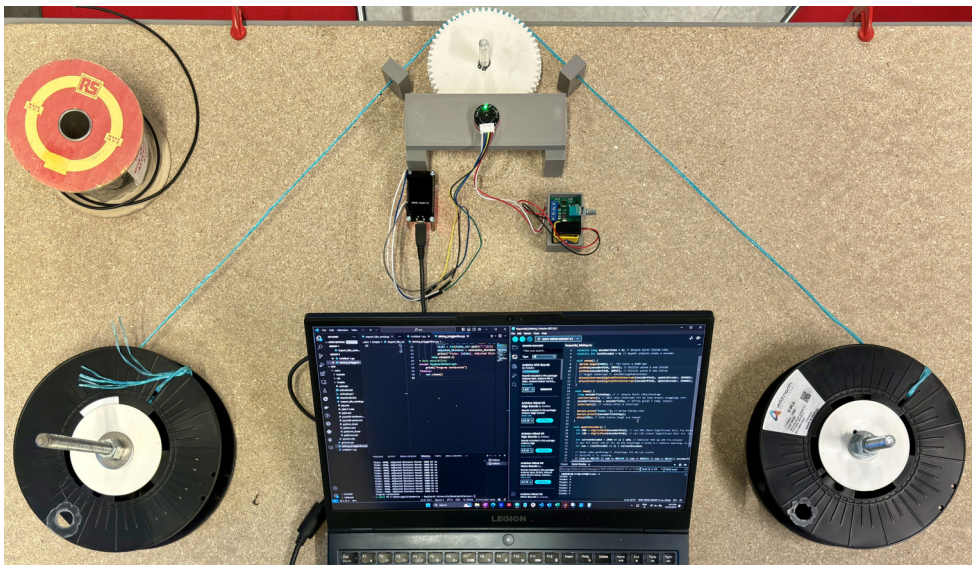
- Stærri hjól, þvermál: $\sim 115\text{mm}$
- Minna hjól, þvermál: $\sim 32\text{mm}$
- Hlutfall milli hjóla: $\frac{115\text{mm}}{32\text{mm}} \approx 3.6$
- Snertiflötur bands: $\sim 104\text{mm}$

Það þótti samt ekki nógu góðar mælingar þannig að til að fá nákvæmari hlutfall milli tannhjólanna voru tannaðfjöldi talinn. Fékkst þar að fjöldi tanna í tannhjólunum væri:

- Stærri hjól: 56 tennur
- Minna hjól : 14 tennur
- Hlutfall milli hjóla: $\frac{56}{14} = 4$

Þótti þetta réttari aðferð til að meta hlutfall milli tannhjólanna. Notað voru samt fyrri mælingar á snertifleti bands.

Að lokum er kóðarinn svo tengdur við við örtölvubretti, kallað ESP32, sem tengist svo fartölvu. Allt er svo tengt saman með rúmlega 10 metra baggabandi sem var kvarðað með að mæla með málbandi og merkja með pennum í mismunandi litum. Sjá má á mynd 6 hvernig uppsendingin á öllu kerfinu endaði með að vera.



Mynd 6: Heildar uppsetning fyrri tilrauna.

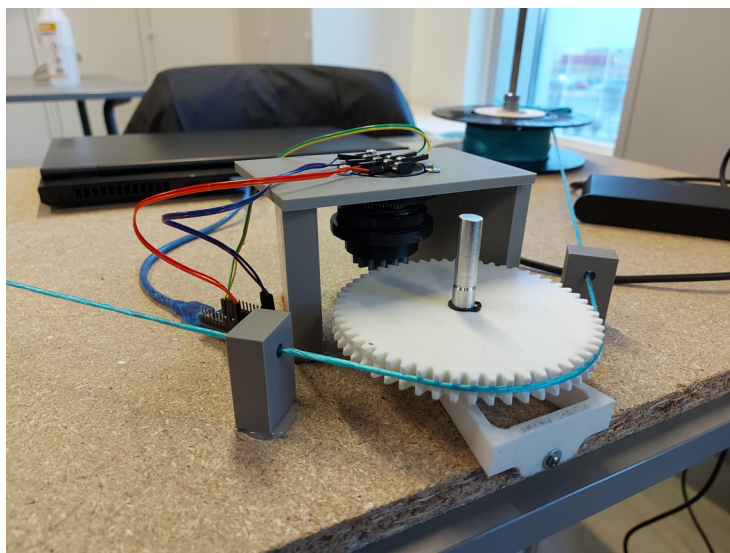
2.2 Nýrri uppsetning

Eftir að gerðar höfðu verið nokkrar mælingar með fyrri uppsetningu áskotnaðist okkur annar kóðar frá Hannesi, en sá kóðari var með meiri upplausn eða 100 púlzar á hring. Að öðru leiti var hann að virka á sama hátt og fyrri kóðarinn. Á mynd 7 má sjá útlitið á kóðaranum sem um ræðir, en myndin er fengin af vefsíðu Desertcart.



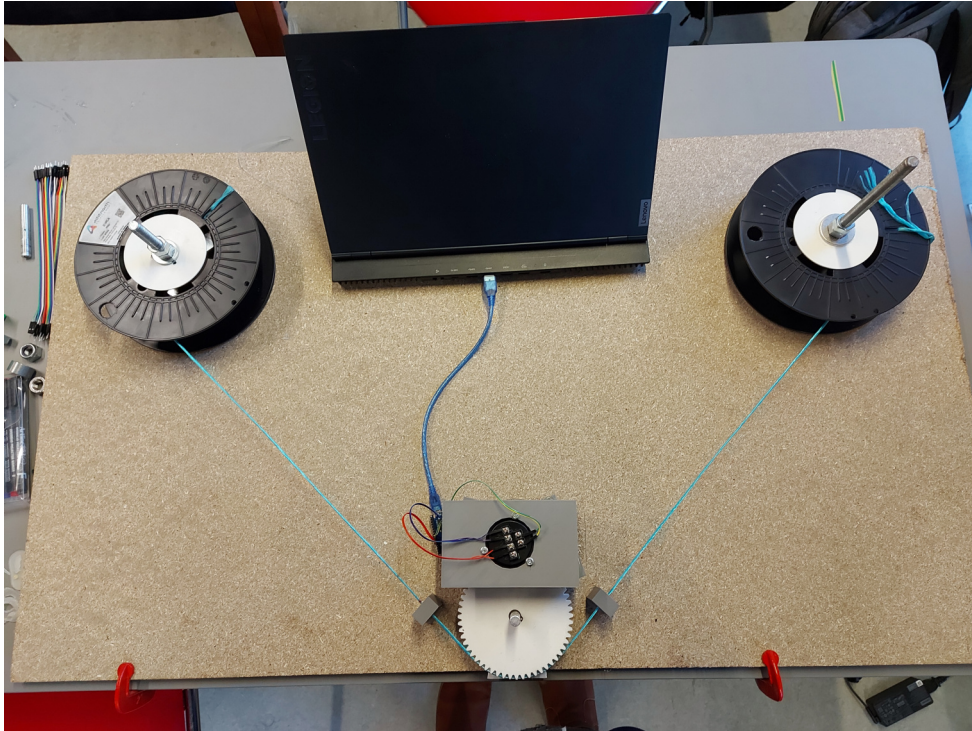
Mynd 7: Mynd af seinni kóðaranum, fengin hér.

Aðal breytingin á uppsetningunni var þá bara hvernig nýji kóðarinn tengdis við tannhjólið. Lausnin var að hann eiginlegan hatt sem færi ofan á snúningsás kóðarans sem tengdist við tannhjólið til þess að halda tannhjólinu á miðju snúningsáss kóðarans. Síðan var búinn til nýr standur fyrir kóðarann. Sjá má hvernig hann tengdist á mynd 8



Mynd 8: Standur og tenging nýja kóðara við tannhjól.

Einnig var skipt um örtölvu til að vinna úr gögnunum frá kóðaranum, en í þetta sinn var notast við Arduino Nano. Aðal ástæðan fyrir því var til að geta haldið tölvunni fyrir fyrri kóðarann alveg sér til öryggis. Lokauppsetningu tilraunarinnar má þá sjá á mynd 9



Mynd 9: Lokauppsetning fyrir tilraunina með nýjum kóðara og örtölvu.

3 Forritun

Í þessum hluta verkefnisins var forritun notuð til að safna og vinna úr gögnum frá snúningsmælum, sem mæla hreyfingu bandsins í gegnum snúning tannhjólana. Tvö mismunandi forrit voru unnin: eitt í Python fyrir gagnasöfnun og úrvinnslu, og tvö í C kóðun í Arduino-umhverfinu fyrir beina stýringu á snúningsmælinum. Með þessum forritum tókst að safna nákvæmum gögnum um hreyfingu bandarins og reikna út færslu þess með tilliti til ýmissa þátta eins og girhlutfalls og snertiflatareins og sést á flæðiriti kóða 10. Skýr skipting í breytur og föll gerir kóðann auðveldan í aðlögun að ólíkum uppsetningum og fyrir áframhaldandi þróun þróun. Einnig leggur hann grundvöll að áreiðanlegri greiningu og úrvinnslu á gögnum í verkefninu. Kóðana, ásamt öllum útgáfum þeirra, er að finna á GitHub geymslunni [github2023isbor](#).

3.1 Python Forrit

Python forritið var gert til þess að lesa púlsa frá snúningsmælinum í gegnum serial (serial port). Forritið notar föst gildi til að reikna út hversu langt bandið hefur færst, miðað við fjölda púlsa frá mælinum. Hér eru einnig breytur til þess að geta tekið tillit til girhlutfalls milli tveggja hjóla á búnaðinum, sem og lengdar snertiflatareins.

Kóðinn byrjar á að skilgreina nauðsynlegar breytur og reikna út aðlagðan fjölda púlsa á snúning, með hliðsjón af girhlutfallinu og snertifleti bands. Eftirfarandi föll eru skilgreind í forritinu:

- **calculate_distance_moved:** Þetta fall tekur inn fjölda púlsa, aðlagðan fjölda púlsa á snúning að lengd snertiflatareins til að reikna út færslu bandsins.
- **read_encoder_ticks:** Fall til að lesa púlsa frá snúningsmælinum í gegnum serial.

Aðal lykkjan í forritinu les síðan púlsa og notar þessi föll til að prenta út reiknaða færslu bandsins.

3.2 Arduino Forrit

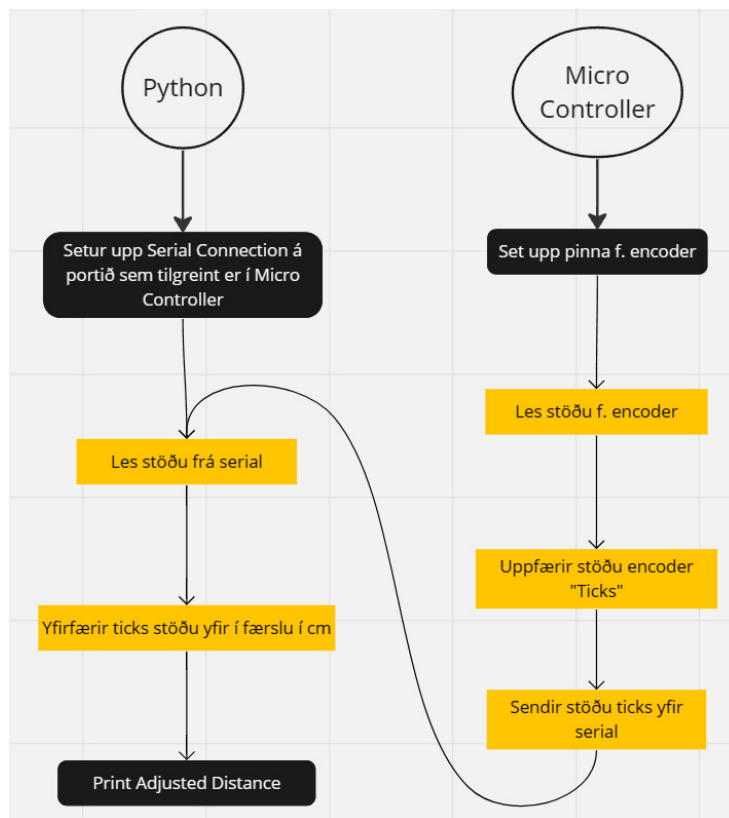
Tvö Arduino forrit voru notuð til að hafa beint samband við snúningsmælana og lesa púlsa frá þeim. Hvert forrit er sniðið að mismunandi gerðum af snúningsmælum.

3.2.1 Forrit fyrir Eldri Snúningsmæli

Fyrsta Arduino forritið var notað með eldri gerð af snúningsmæli sem skilar 11 púlsum á snúning. Forritið notar interrupt-aðferðina til að fylgjast með breytingum á stöðu snúningsmælisins og uppfærslu breytu sem heldur utan um heildarfjölda púlsa.

3.2.2 Forrit fyrir Nýrri Snúningsmæli

Annað Arduino forritið var gert fyrir nákvæmari snúningsmælin. Þetta forrit notar sömu aðferð til að fylgjast með stöðu snúningsmælisins en er ætlað fyrir mæla sem skila fleiri púlsum á snúning. Það notar "No interrupt" aðferð til að tryggja nákvæmni í gagnasöfnun, þar sem seinni snúningsmælirinn hafði um það bil tífalt meiri upplausn sem krafðist tífalt hraðari álesturs, sem þýddi að mikilvægt var að tryggja að og núverandi staða væri rétt lesinn og uppfærð jafn óðum.



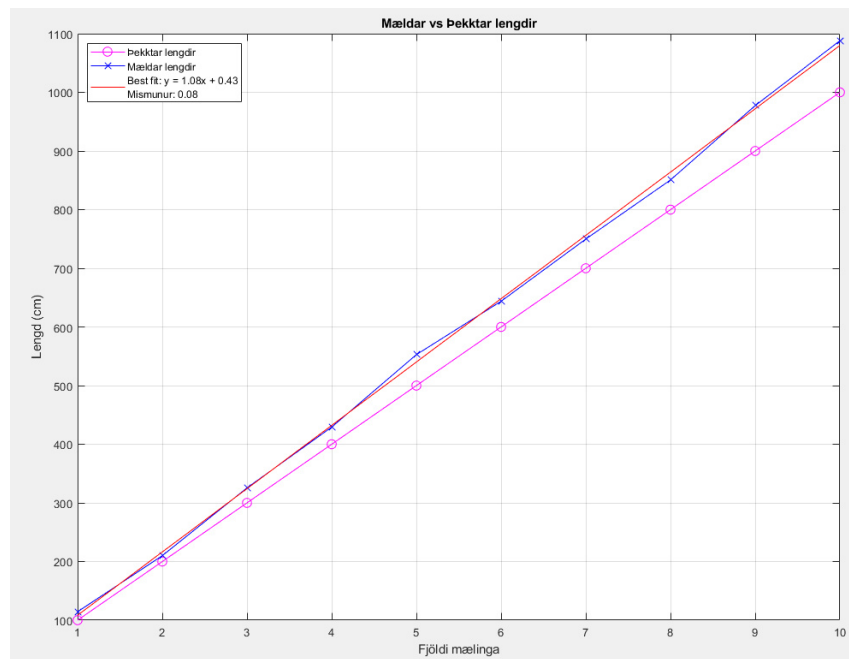
Mynd 10: Flæðirit fyrir grófa virkni kóða

4 Úrvinnsla gagna

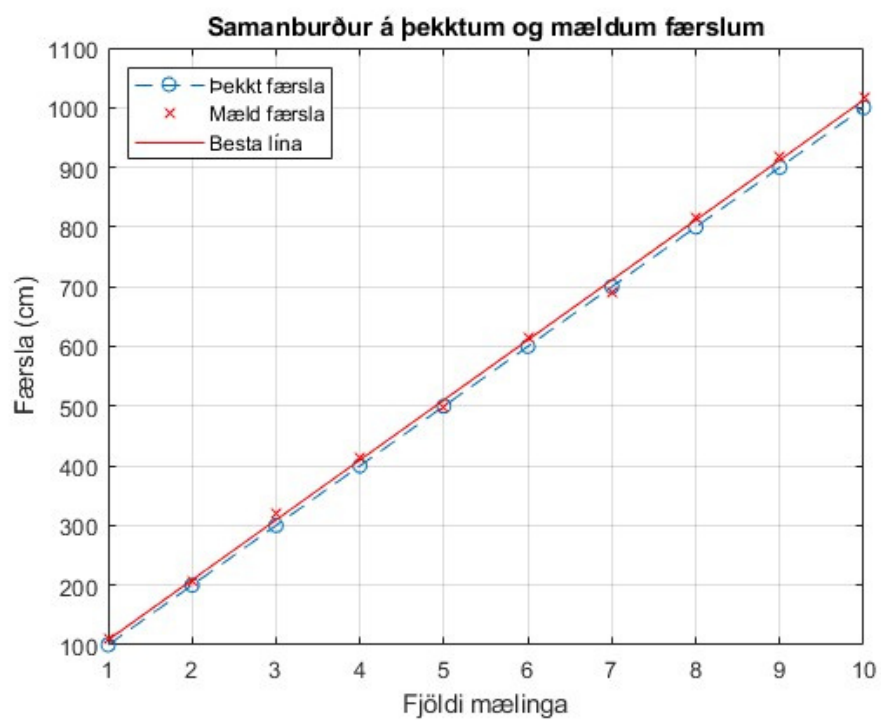
Í þessum kafla eru gögnin frá þremur tilraunum skoðuð til að meta áreiðanleika og nákvæmni snúningsmæla. Fyrstu gögnin sýna mælingar frá upphaflegum snúningsmæli án leiðréttingar, sem gefur til kynna línulega skekkju í mælingum. Þessi skekkja sést greinilega á grafi 11 út frá töflu 1 og verður greinilegri eftir því sem mæld lengd eykst.

Með því að beita línulegri aðfallsgreiningu voru gögnin leiðrétt til að taka tillit til þessarar skekkju í kóða. Graf 12 út frá töflu 2 sýnir niðurstöður eftir leiðréttingu og ber þeim mun betur saman við þekktar lengdir. Mælingar eru nú nákvæmari, sem sýnir fram á gildi leiðréttingarinnar. Skekkja var metinn á um ± 2 cm út frá mælingum eftir leiðréttingu á línulegu skekkju.

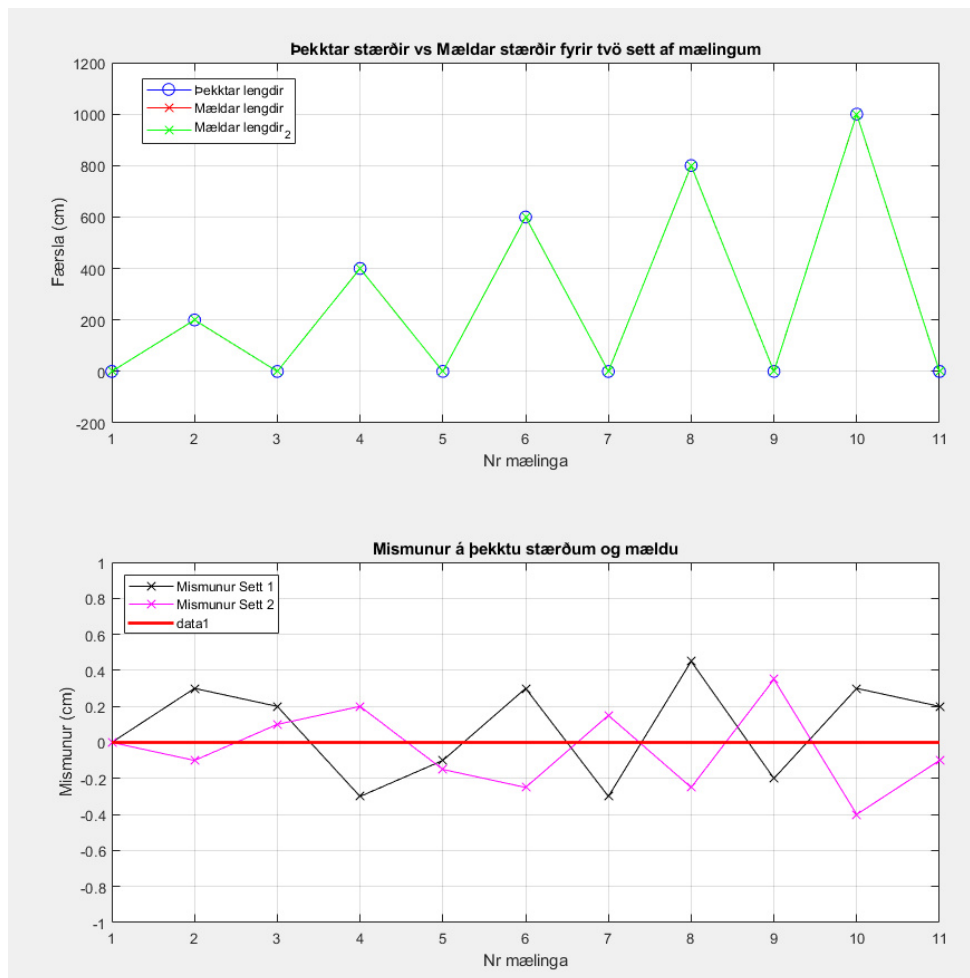
Þriðja tilraunin, sem framkvæmd var með nákvæmari snúningsmælinum, inniheldur mælingar sem framkvæmdar voru í fram- og afturhreyfingum frá núllstöðu upp í tíu metra og til baka, með tveggja metra millibili. Þessi tilraun var endurtekinn tvisvar sinnum og sýnir graf 13 úr gögnum frá töflu 4 feril sem gefur til kynna samskonar niðurstöður beggja mælinga með nákvæmni upp á um ± 4 mm, sem undirstrikar aukna nákvæmni nýja snúningsmælisins við endurteknar færslur til beggja átta á löngu bili.



Mynd 11: Línuleg skekkja sjáanleg á upphaflegum gögnum frá fyrri snúningsmæli.



Mynd 12: Gögn frá fyrri snúningsmæli eftir leiðréttingu á línulegu fráviki, sem sýnir minni skekkju í mælingum.



Mynd 13: Efra graf sýnir feril yfir vegalengd tveggja mælinga þarsem fram og aftur færsla var framkvæmd, neðra graf sýnir skekkju beggja mælinga, rauð lína táknar 0 línu og skekkjan sýnd hvorumeginn við.

Niðurstöðurnar sýna að meðferð og úrvinnsla gagna er nauðsynleg fyrir nákvæmar mælingar. Línu-
leg aðfallsgreining reyndist vera árangursrík aðferð til að leiðrétta fyrir skekkjum í upphaflegum mæl-
ingum. Nákvæmari snúningsmælirinn bætir enn frekar mælinákvæmni, sem er mikilvægt fyrir rann-
sóknir þar sem kröfur um mælinákvæmni eru háar. Miðað við niðurstöður okkar er nákvæmni mæl-
inga með uppfærðum kóðara kominn í $\pm 0.5\text{ cm}$.

Tafla 1: Fyrri snúningsmælir án línulegrar aðhvarfsgreiningar

Þekkt lengd (cm)	Mæld lengd (cm)
100	101.41
200	202.01
300	302.6
400	403.2
500	503.8
600	604.8
700	705.8
800	806.6
900	907.4
1000	1008

Tafla 2: Fyrri snúningsmælir eftir leiðréttingu á línulegu fráviki

Þekkt lengd (cm)	Mæld lengd eftir leiðréttingu (cm)
100	100.41
200	200.51
300	300.6
400	401.1
500	501.8
600	601.9
700	702.4
800	802.6
900	902.8
1000	1003.1

Tafla 3: Nákvæmari snúningsmælir

Þekkt lengd (cm)	Mæld lengd (cm)
100	99.5
200	199.79
300	300.1
400	400.4
500	500.5
600	600.19
700	700.29
800	800.39
900	900.5
1000	1000.59

Tafla 4: Mælingar fyrir fram- og afturhreyfingar með nákvæmari snúningsmæli

Þekktar lengdir (cm)	Mældar lengdir A) (cm)	Mæld lengdir B) (cm)
0	0	0
200	199.7	200.1
0	-0.2	-0.1
400	400.3	399.8
0	0.1	0.15
600	599.7	600.25
0	0.3	-0.15
800	799.95	800.25
0	0.2	-0.35
1000	999.7	1000.4
0	-0.2	0.1

5 Niðurstöður og næstu skref

Niðurstöður sýna að því skekkju marki sem stefnt var að náðist eins og ætlast var til, sem er um $\pm 0.5\text{cm}$. Skekkja í núverandi uppsetningu er á því bili.

Til að bæta nákvæmni í framtíðarprófunum og ná lægri gildum í skekkju og aukinni nákvæmni, eru eftirfarandi skref lögð til:

- Endurskoða búnaðinn til að útrýma ónákvæmni sem stafar frá uppsetningu sjálfs tilraunar búnaðar, svo sem lögun, sveigjanleika eða óstöðugleika í tengingum og uppsetningu íhluta. Þetta felur í sér að gera breytingar á hönnun til að tryggja stífari og stöðugri snertifleti fyrir snúningsmælinn og betri tengingu á milli íhluta sem og að stilla upp í lóðréttri uppsetningu þar sem hægt er að herma eftir uppsetningu bors.
- Skoða snúningsmæla með hærri upplausn og prófa þá í uppfærðu kerfi. Þetta gæti falið í sér að skipta út mælinum fyrir gerð með auknum fjölda skrepa og ananrs konar festingum sem og að bæta við viðbótar skynjurum sem gætu metið umhverfis áhrif sem gætu haft truflandi áhrif á mæli. (Svo sem accelerometer eða 9-dof skynjara)
- Staðla prófunarferlið til að minnka breytileika á milli tilrauna. Það inniheldur að útbúa skýrar verklagsreglur fyrir uppsetningu, notkun og gagnasöfnun.
- Koma á fót skráningarkerfi fyrir tilraunir, þar sem allar breytingar á búnaði og niðurstöður eru skráðar nákvæmlega. Þetta myndi auðvelda greiningu á áhrifaþáttum og auðvelda síðari sam-anburð.
- Fyrir fjarskipti og gagnageymslu, koma á nettengingu á milli skynjara og tölvu. Athugið að í tilraun með fyrri búnað, ESP32, var komið á bráðabyrgða nettengingu milli örtölvu og tölvu með nýtingu á innbygðum netkubb örtölvunar. Nettenging krefst smávægilegra breytinga á kóða sem teljast óverulegar og eru í raun tilbúnar.

Til að fylgja þessum tillögum eftir, er nauðsynlegt að framkvæma styttri og markvissari tilraunir sem beinast að því að prófa sérhverja breytingu fyrir sig. Það myndi þýða þéttari prófanir sem innihalda endur hönnun, prófun og endurmati, þar sem hver áfangi er metinn til að ákvarða áhrif hans á heild-arnákvæmni kerfisins.

Á meðan á þessu ferli stendur þarf að halda áfram að vinna náið með samstarfsaðilum til að tryggja að þekking og tækni frá öllum sviðum séu nýtt til fulls. Sérfræðiþekking frá háskólunum og Veðurstofu Íslands gæti verið mikilvæg til að skilja frekar þau skilirði sem krefjast af slíkum verkefnum sem borinn myndi notast við. Framtíðarþróun verkefnisins mun byggja á núverandi kóðagrunni sem hægt er að finna og taka þátt í á GitHub [github2023isbor](#).

Heimildir

- [1] Erlingsson, S. I., & Auðunsson, H. (2021). Kver um meðferð mæligagna.
- [2] DFRobot (18. desember 2023) Metal DC Geared Motor w/Encoder - 6V 210RPM 10Kg.cm. <https://www.dfrobot.com/product-1617.html>
- [3] Desertcart (18. desember 2023) 5V 60MM Ultra-thin Hand Wheel Pulse Encoder, CNC Mill Router Encoder, Knob Encoder, 6MM Terminal Connection, 100 Stop Positions, Smooth Rotation, for Manual Pulse Input Type CNC or Milling Machine. <https://www.desertcart.co.uk/products/139697212-5-v-60-mm-ultra-thin-hand-wheel-pulse-encoder-cnc-mill-router-encoder-knob-enco>
- [4] GitHub (2023) Kóðasafn fyrir Ísbor verkefnið. <https://github.com/gpabb/isbor>