Astro Pi

Noten er en introduktion til Python programmering af en Raspberry Pi med en SenseHat og et kamera tilkoblet. Der sidder to af disse microcomputere ombord på den internationale rumstation, ISS, hvor de kaldes Astro Pi, og det er muligt for elever at lave forsøg på ISS ved at programmere disse Astro Pi. Eleverne kan deltage gennem konkurrencen mission space-lab og noten skal ses som et supplement til Astro-pi.org's ressourcerum, https://astro-pi.org/resources/. På ressource hjemmesiden er det især

- Mission space-lab guidelines
- Astro-pi-mission-zero-project.
- Astro Pi Mission Space Lab Phase 2 guide

som er relevante.

Formålet med noten er, at klæde lærere på til at hjælpe eleverne med at udvikle deres egne programmer til deltagelse i rumkonkurrencen. Noten guider elever og lærere gennem, opsætning af Astro Pi, simpel dataopsamling og dataanalyse. Eleverne bliver fortrolige med Python programmering gennem små opgaver, som tager udgangspunkt i kode som de skal modificere. Vi har på den måde prøvet at gøre programmeringen relativt simpel, mens vi udnytter potentialet i Astro Pi computeren. Det kræver derfor ingen forudgående erfaring med Python programmeringssproget.

De to første afsnit, **Virtuel introduktion til Astro Pi** og **Gemme data Astro Pi** kan bruges med elever uden selve Astro Pi computeren, da det hele foregår virtuelt. **Virtuel adgang til Astro Pi** kan ses som en guide til læreren i opsætning, eller til elever med særlig teknisk interesse. **Første gang med Astro Pi** er programmering og arbejde direkte på Astro Pi computeren. Dette kræver en Raspberry Pi med tilhørende senseHat. Hvis man går videre fra første rundte sender ESERO en pakke med alt udstyret!!! **Undersøgelse af ukendt land eller hvad sker der i mit køleskab når døren er lukket** er en øvelse hvor eleverne bruger deres færdigheder og Astro Pi computeren til at undersøge et ukendt og ugæstfrit miljø, køleskabet. Det kan bruges som et selvstændigt projekt hvor dataopsamling og videnskabelig metode er centralt. De sidste afsnit, **Brug af kamera**, introducerer kameraet hvor der kan tages billeder af Jorden fra ISS. Det sidste afsnit, **Computer vision med Astro Pi**, er en introduktion til computer vision, hvor eleverne lærer at detekterer jord, hav og rumstation og laver en bevægelsessensor. Det er populært at bruge kameraet i elevprojekter og målet med afsnittet er at gøre det overkommeligt for elever og lærere. Arbejdet er støttet af ESERO danmark.

Python koden som bliver gennemgået i dokumentet kan hentes på, http://iftek.dk/astro-pi/.

Rune Klarskov, Mads Peter H. Steenstrup, August 2021.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Virtuel introduktion til Astro Pi **3**
Mål 3
At gemme data 3

Gemme data Astro Pi **4**
Gamme data som cvs kolonner 4

Virtuel adgang til Astro Pi **6**
VNC adgang til Astro Pi 6
Astro Pi på netværket uden skærm og tastatur 7
Terminalen 7
Find IP adresse 8

SSH setup uden skærm, lidt mere avanceret **8**

Log in med SSH og Enable VNC **8**

Første gang med Astro Pi **8**
Tænd og sluk 9
Første dataopsamling med Astro Pi 9
Sende data til Astro Pi 10
VNC viewer 10
Terminal 10
Data ud af RPI 10

Undersøgelse af ukendt land eller hvad sker der i mit køleskab når døren er lukket. **11**

Hvor er ISS **12**

Brug af kamera **13**
programmer 13
Open CV 14
Slet billeder 15
Kameraopløsning 15

Exif data **16**

Computer vision med Astro Pi **17**
Jord, luft, vand og ja rumstation 17
HSV og BGR 18
Life in space 19
Bevægelsessensor 19

Virtuel introduktion til Astro Pi

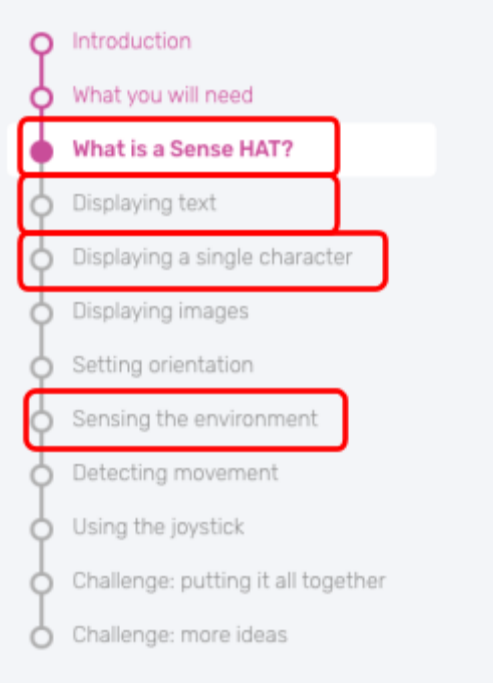
Der findes en online Astro Pi emulatior, så man kan komme i gang uden selve Astro Pi computeren. Start her: projects.raspberrypi.org/en/projects/getting-started-with-the-sense-hat

Følgende afsnit giver en god indføring. Der er flere eksempler end man har tid og lyst til, men så må man udvælge.

Mål

Målet med disse øvelser er at blive fortrolig med python syntaksen til at betjene vores Astro Pi.
Mere specifike skal I kunne

- Vise tekst og tal på senseHat displayet.
- Vise måledata på senseHat displayet.
- Skrive måledata på computerskærmen.
- Gemme måledata i fil, virtuelt med trinket.



På https://trinket.io kan man gemme sin kode og køre den virtuelt. De fleste elever brugte bare emulatoren på Astro Pi hjemmesiden, men trinket kan bruges til at dele eksempelkode mm.

Opgave

- Prøv at udforsk hvad senseHat modulet kan, fokuser på de afsnit i røde bokse.

Gemme data, virtuelt

Det er selvfølgeligt vigtigt at kunne gemme sin data. Det er heldigvis ikke så svært.

Den simpleste, AstroPiSimelGemData

```
with open ('gemData.csv', 'w') as file:
  file.write('gem denne streng')
  file.close
```

Denne kodestump danner en csv fil og genner den.
with open har

- "w" - write,

- “a” - append,
- “r” - read

Settings, hvor man overskriver med *write*, tilføjer med *append* og læser med *read*.

Opgave

- Kør programmet.
- Lav den om til append og gem det samme en masse gange (kør programmet igen og igen).
- Gem `'gem denne streng \n'` i stedet for, hvad er forskellen? (n er new line).
- Som diskuteret i afsnittet dataformater kan I også gemme værdier, på samme måde som i printer. Implementer `file.write('Pi er ca %s \n'%(3.141579))` .

Gamme data som csv kolonner

Hvis vi skal importere data i regneark og lignende er standarden at gemme som kommasepareret fil, csv. Det kan jo godt give problemer for os da vi bruger komme til noget andet og hvis I får problemer med det så brug ; i stedet.

Et lidt større eksempel (gemDataKolonner.py)

```
import datetime
from time import sleep
from sense_hat import SenseHat
sense = SenseHat()

start_time = datetime.datetime.now()
now_time = datetime.datetime.now()
duration = datetime.timedelta(seconds=20)
i = 0

with open ("test.csv", "w") as file:
    file.write("time , temperature , pressure \n")

while now_time < start_time + duration:
    t = sense.get_temperature()
    p = sense.get_pressure()
    now_time= datetime.datetime.now()

    with open ("test.csv", "a") as file:
        file.write("%s, %s, %s  \n" % (now_time, t,p))
        sleep(1)
```

Programmet gemmer filen test.csv med overskrifterne time, temperature, pressure. Variablene bliver aflæst i et loop på 20 sekunder og skrives på hver ny linje i linje 20. \n giver ny linje.

Opgave

- Kør koden og kopier csv filen over i et regneark og lav en kurve.
- Forklar forskellen på linjerne `with open ("test.csv", "w") as file:` og `with open ("test.csv", "a") as file:` i programmet.
- Tilføj en måling af fugtigheden med `h = sense.get_humidity()` og gem den ved at ændre på næstnederste linje.

Variablen `i = 0` bruges til at tælle med. Hvis I indsætter `i = i + 1` i while løkken under variablen `now_time`, bliver i en større hver gang programmet kommer forbi den kodedel.

Opgave

- Lav en variabel som tæller op og gem den.

Måden vi laver gentagne målinger er ved at bruge en løkke eller et loop. Her bruger vi et `while` loop som tjekker om betingelsen `now_time < start_time + duration` er sand og køre den indrykkede kodedel igen og igen indtil betingelsen ikke længere er opfyldt. Her er det variablen `now_time` som bliver opdateret og loopet kører indtil tiden er gået.

Her er en simpel implementering af et while loop.

```
from time import sleep
i = 0
while i < 20:
  print(i)
  i = i + 1
  sleep(1)
```

Opgave

- Beskriv i ord hvad de forskellige linjer gør.
- Lav om i koden så `i = i + 2` og beskriv hvad der sker.

Tiden bliver styret af biblioteket `datetime`. Vi kan finde antallet af sekunder siden starten ved at beregne forskelle `interval = now_time - start_time`.
Hvis vi vil have det i sekunder kan vi bruge `interval.total_seconds()`.

Opgave

- Lav om i filen, gemDataKolonner.py, så det er tiden som er gået i sekunder vi gemmer.

Fjernadgang til Astro Pi

Det simplest er at sætte tastatur, mus og monitor med HDMI direkte i Astro Pi, hvis man skal klare opsætningen. Når eleverne skal eksperimentere er det smartest med en virtuel adgang, hvor eleverne kan styre Astro Pi direkte fra deres egne computere.

Der er en ret grundig beskrivelse her,
https://desertbot.io/blog/headless-raspberry-pi-4-remote-desktop-vnc-setup
men hvis I følger det nedenfor kommer I også i mål.

Astro Pi på nettet

Hvis I har installeret styresystemet Raspbian, preinstalleret på Astro Pi, har i en desktop hvor I kan logge på nettet oppe i højre hjørne.

Hvis I hellere vil bruge terminalen kan I ændre i wpa_supplicant.conf filen ved at skrive:

```
sudo nano /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
```

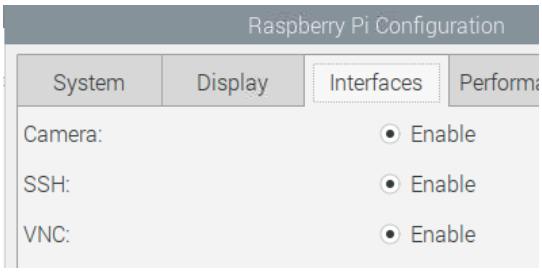
I terminalen.
I filen kan I se hvilke netværk jeres Astro Pi skal logge på.

```
country=DK
ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant GROUP=netdev
update_config=1
network={
  ssid="network name"
  psk="password"
  key_mgmt=WPA-PSK
  priority = 10 }
```

Hvor I selv skal skrive netværksnavn og password, de er begge case sensitive. `priority=10` giver netop dette netværk højeste prioritet, default er 0.
I kan også bruge denne metode til at slette netværk som I ikke længere vil benytte.

VNC adgang til Astro Pi

I kan bruger Virtual Network Computing (VNC) til at kontrollere Astro Pi fra jeres computer. På jeres Astro Pi skal I aktivere den under `Preferences->Raspberry Pi Configuration -> Interfaces:`



På jeres computer skal I have programmet, realVNC, realvnc.com
I programmet skriver I IP adressen (forklares nedenfor) og navn og kode, så er I inde.

Standard **brugernavn**: pi og **adgangskode**: raspberry . Det kan være en rigtig god at skifte den på egen Astro Pi og lave nogle standardiserede for sin klasse.

NB! Det virker generelt bedst hvis man er på samme netværk, computer og Astro Pi.

Astro Pi på netværket uden skærm og tastatur

Hvis det ikke er muligt at tilslutte skærm og tastatur kan man stadigt godt få adgang til sin Astro Pi, hvis VNC er slået til. Hvis I har den kørende på skolen, men eleverne låner den hjem kan det give problemer med at logge på hjemmenetværket men det de skal gøre er:

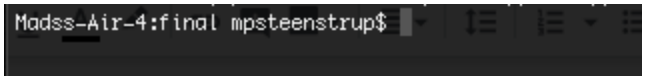
- Indsæt SD kortet i egen computer.
- (mac) Åben Terminale og find boot mappen, `cd /Volumes/boot`.
- Lav en fil med navnet **wpa_supplicant.conf** (mac: nano `wpa_supplicant.conf` og `ctrl x` for at gemme)
- Skriv i filen.

```
country=DK
ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant GROUP=netdev
update_config=1
network={
  ssid="network name"
  psk="password"
  key_mgmt=WPA-PSK
  priority = 10
}
```

Når Astro Pi starter logger den selv på det netværk I har givet.

Terminalen

Terminalen er et uundværligt værktøj når man programmere. På mac og linux og Astro Pi er den preinsalleret, men på Windows maskiner skal I installere den, Link til microsoft webstore.
I terminalen kan man skrive kommandoer til computeren



Hvis man vil vide hvilke filer der er i en mappe kan man skrive `ls`. Der er masser af gode grunde til at bruge terminalen men her skal vi især bruge den til at finde IP adressen på vores Astro Pi.

Find IP adresse

Hvis Astro Pi er på samme netværk som jeres computer kan I skrive `arp -a` i terminalen og finde IP adressen. Det er også muligt at bruge mobiltelefonen til at scanne og der er ret mange forskellige programmer.

Hvis I har tilsluttet jeres AstroPi til en skærm kan I finde ip adressen under VNC symbolet øverst.

Nu er I klar til at taste det ind i VNC og I får en virtuel adgang til jeres Astro Pi.

SSH setup uden skærm, lidt mere avanceret

SSH giver mulighed for at få adgang til Astro Pi med en terminal. Det er slået fra fra starten, men kan slås til med:

- (mac) Åben Terminale og find boot mappen, `cd /Volumes/boot`
- Lav en fil med navn ssh, `> ssh  ( ja du skal skrive > og så ssh)`
- Tjek om filen er der med kommandoen, `ls`

Når Astro Pi starter vil den slå ssh til.

Log in med SSH og Enable VNC

Log ind på Astro Pi med ssh sådan:

- Skriv `ssh pi@ipadresse` i terminalen
- Default password er, `raspberry`

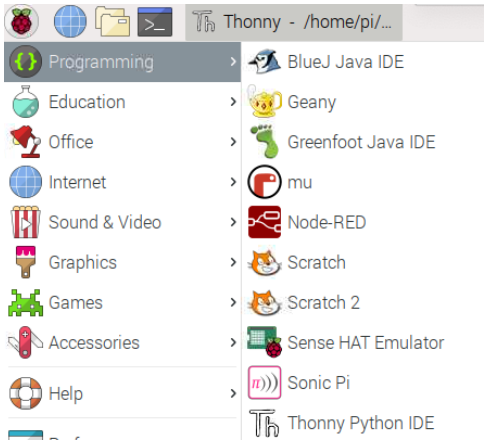
Nu er du inde på Astro Pi og kan køre programmer osv.
For at slå VNC til skal du:

- Skriv, `sudo raspi-config`
- Vælg **Interfacing Options**
- Vælg **VNC**
- Enable VNC, vælg **Yes** (Y)
- For the confirmation, vælg **Ok**

Det er som sagt lettere at tilslutte det til en skærm. Det kan være et TV, en projektor eller en monitor.

Første gang med Astro Pi

Med den virtuelle adgang eller med skærm og tastatur er det nu I skal arbejde med jeres PI. Der er flere editorer, vi bruger **Thonny** som findes under `Programming`.



Pas på med at have for mange programmer åbne på samme tid, det er en microcomputer med begrænset regnekraft.

Opave

- Åben Thonny og skriv `print('Astro Pi')`
- Gem programmet som `printAstroPi.py`, og lav en mappe som I kan arbejde i.

  , undgå som altid æøå, mellemrum og mærkelige tegn.
- Find `printAstroPi.py`, og kør det, .

I har nu jeres egen mappe og skal IKKE ændre i andre mapper, vel?

I princippet har I nu en Linux computer som kan langt det meste som I har brug for. Tag et kig i menuen og se hvor mange gratis open source programmer der er og hvor meget en computer til 500 kr kan!

Tænd og sluk

Vores Astro Pi kan godt lide at blive slukket rigtigt, hvilket man gør som man forventer, ingen hints. Hvis den er slukket tænder man den ved at tænde for strømmen, bum computere er nemme.

Første dataopsamling med Astro Pi

Vi kan selvfølgeligt køre programmer på vores Astro Pi ellers var den jo ubrugelig.

Opgave

- Copy-paste programkoden fra (gemDataKolonner.py) ind i Thonny editoren og kør programmet. (copy paste er ikke helt stabilt, men prøv et par gange hvis det ikke virker umiddelbart og husk at paste er crtl v, og ikke cmd v i linux, brug evt. musen og højreklik).
- Det kan være rart at se at programmet kører og stopper så skriv `print('starter')` og `print('slutter')` fornuftige steder i programmet.
- Åben `test.csv` filen inde fra Thonny og tjek at I har fået det data I vil.

I har nu samlet data op med jeres Astro Pi og er faktisk ikke så langt fra at kunne lave eksperimenter på ISS.

Dataopsamling ISS way

I opgaven ovenfor bliver data gemt i samme mappe som gemDataKolonner.py filen ligger. Vi kører simpelthen programmet fra den samme mappe. Det er ikke sådan programmet bliver kørt på ISS. Her vil jeres program ligge i en mappe og programmet vil så bliver kørt centralt. Vi har stadigt brug for at vores data kommer til at ligge i den samme mappe som jeres kodefil. Til det formål bruger vi biblioteket

```
from pathlib import Path
```

og finder stien til mappen, på engelsk Path ved,

```
dir_path = Path(__file__).parent.resolve()
```

Hvis vi nu printer dir_path får vi den absolutte adresse på den mappe filen ligger i.
Hvis I laver en fil med det her i kan I finde ud af hvilken mappe I er i,

```
from pathlib import Path
dir_path = Path(__file__).parent.resolve()
print(dir_path)
```

Vidste I det?

Opgave

Vi vil lave om i filen gemDataKolonner.py så du er sikker på at stien er den rigtige.

- Tilføj `from pathlib import Path` og `dir_path = Path(__file__).parent.resolve()` til filen
- Lav om i koden hvor der står `with open (filename as w )` så der står, `with open (str(dir_path)+"/test_path.csv" as w ) as file`.
- Gør det samme der hvor data bliver skrevet.
- Som altid kør filen, nogen fejl? Gemmer den data?

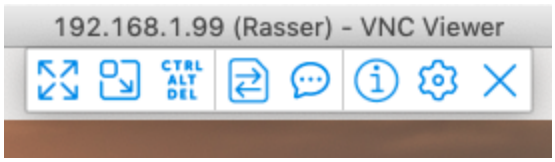
Her er en kode som virker, `gemDataKolonnerPath.py`

Sende data til Astro Pi

Den simpleste måde er nok standard copy-paste, hvor Astro Pi bruger `ctrl` og ikke `cmd` tasten. Hvis det ikke virker kan man bruge VNC viewer programmet.

VNC viewer

I midten toppen er der en lille menu hvor man kan sende filer til Astro Pi computeren. Den er lidt hemmelig, men man kan godt finde den.



Terminal

Ligesom vi kan få adgang til vores Astro Pi gennem ssh, kan vi også sende filer med scp.

Det kan gøres med scp sådan i en terminal

```
scp fil brugernavn@ipadresse:
```

`eks.`

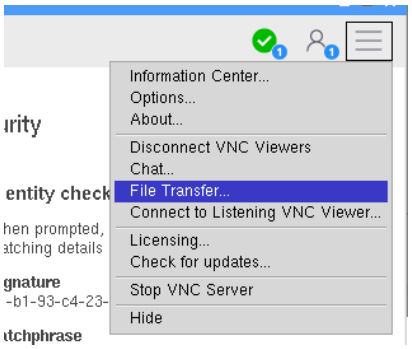
```
scp sort.jpg pi@192.168.1.99:
```

Derefter kodeord

Data ud af RPI

Med VNC kan man overføre filer og mapper, **godt for backup, backup er vigtigt!!!**

- Med Raspbian, styresystemet, klik på VNC symbolet .
- Vælg File Transfer fra drop down menuen i højre hjørne.
- Find filen og overfør den.



Det kan også gøres med terminalen på jeres lokale maskine og scp:
Eks. hvis jeg vil flytte filen test.cvs filen fra Astro Pi til min egen computer

```
scp pi@192.168.1.99:/home/pi/mp/test.csv /Users/mpsteenstrup
```

altså

```
scp pi@ipadresse:/stiTilFil stiTilMappe
```

Her har jeg lavet mappen mp og kørt programmet (gemDataKolonner.py) fra denne mappe.

Opgave

- Overfør datafilen til computren og åben den, eks. i LoggerPro.
- Undersøg hvor meget filen fylder og overvej om det kan give problemer i et 3 timer langt forsøg med maksimal 3Gb til rådighed.

Undersøgelse af ukendt land eller hvad sker der i mit køleskab når døren er lukket?

Selvom målet er at lave forsøg i vægtløs tilstand, ombord på den internationale rumstation, kan vi også bruge vores Astro Pi til at lave forsøg her på Jorden. Det er en central del når eleverne udvikler programmer, at de først udføre test hernede, før koden bliver sendt op. En afprøvning ad måleudstyret er essentiel for et vellykket eksperiment, især når det ikke bare lige kan gøres om.

Nedenstående side indeholder et forsøg hvor temperaturen og trykket bliver målt inde i et køleskab. Eksperimentet vil kunne køre i et modul, 90 minutter, efter at eleverne er blevet fortrolig med at måle og gemme data på Astro Pi computeren.

Vi opbygger det som en klassisk fysikrapport og der er fokus på analyse af fejlkilder, kalibrering af måleudstyr og simpel databehendling. Projektet er relativt styret, men det er muligt at udvide med elevernes egne forslag til målinger af, magnetfelter, luftfugtighed, længere tid osv.

Formål

Formålet er at undersøge tryk og temperatur i et køleskab lige efter det er lukket.

Teori

Vi har observeret at et køleskab binder lige efter det er lukket. Ud fra idealgasligningen ved vi at der er en sammenhæng mellem tryk og temperatur, hvor trykket er proportionalt med temperaturen. Et fald i temperatur vil altså medføre et trykfald. Den varme luft som bliver lukket ind i køleskabet bliver afkølet og trykket falder. Efter et stykke tid vil trykket udligne sig, da køleskabet ikke er helt tæt.

Apparatur

Raspberry Pi, senseHat, power bank.

Programmet

Hvis vi er heldige så kan wifi signale godt trænge ind i køleskabet og vi har fuld kontrol over vores Astro Pi gennem hele eksperimentet. Programmet vi skal bruge ligner til forveksling programmet, `gemDataKolonne.py`, med variablene time, temperature, pressure.
For at holde det adskilt laver vi en ny kodefil.

`koeleskab.py`

```
import datetime
from time import sleep
from sense_hat import SenseHat
sense = SenseHat()


start_time = datetime.datetime.now()
now_time = datetime.datetime.now()
duration = datetime.timedelta(seconds=180)

with open ("test.csv", "w") as file:
      file.write("time , temperature , pressure \n")

while now_time < start_time + duration:
      t = sense.get_temperature()
      p = sense.get_pressure()
      now_time= datetime.datetime.now()

      with open ("koeleskab.csv", "a") as file:
      file.write("%s, %s, %s  \n" % (now_time, t,p))
      sleep(0.1)
```

Udførsel
Placer jeres Astro Pi i et køleskab og start programmet. Åben køleskabet og kig efter noget lækkert. Luk det igen og vent til programmet har kørt færdigt, spis eventuelt det lækre I fandt.

Databehandling
Databehandlingen foregår som altid med at lave grafer her en over temperaturen og en over trykket som funktion af tiden, (t, temp) og (t, tryk). Det kan være en ide at lave tidsmålingern om til antal sekunder efter start i stedet for now_time, se ovenfor hvordan I gør.

Opgave
- Udfør forsøget og lav databehandlingen.
- Overvej hvorvidt jeres resultater giver mening.

Hvis jere målinger ligner mine så giver jeres trykmåling fine resultater mens temperaturmålingerne er helt ved siden af. Lad os arbejde lidt med temperaturmåleren, selvom det ikke bliver helt godt.

Kalibrering af måleudstyr
Vores Raspberry Pi computer med senseHat er ret kompakt, hvilket ofte er fedt. Når vi skal måle temperature er det bare ikke så smart, at have sensoren siddenden lige oven på en CPU som de fleste ved bliver varm. Det er snarere reglen end undtagelsens at måleudstyr skal kalibreres så lad os prøve det. Kalibreringen foregå ved at måle den faktiske temperatur og den målte temperatur på vores Astro Pi og lave en graf med de to målinger en ud af hver akse.

Opgave
- Kør programmet i hhv. køleskabet og i klasselokalet og mål temperaturen med et normalt velfungerende termometer.
- I har nu to datapunkter og kan jo lave en hypotetisk sammenhæng, lineær er den simpleste og simpelt er godt når man ikke ved bedre, vi ved ikke bedre.
- Udtænk en måde at få flere datapunkter så I kan teste den lineære sammenhæng (lad vær med at putte jeres Astro Pi i ovnen, fryseren, tørretumbleren, vand eller noget andet fjollet).
- Det er ikke sikkert at der er en flot funktionel sammenhæng, lineær, eksponentiel, potens, eller lignende. Som I ved fra matematik kan man bruge polynomier til at komme tæt på. Gør det og vurder inden for hvilket område I er rimeligt sikre på jeres kalibrering.

Når I har kalibreringsfunktionen er det rimeligt let at implementerer den i koden. Her skal I være opmærksomme på at Python bruger ** for potensopløsning, eks er x i anden er `x**2`. Hvis kalibreringskurven eks. er givet ved $y = 1.2\,x - 14$, vil den rigtige temperatur kunne findes ved.
`t = 1.2*t-14`.

- Implementer jeres kalibrering af temperaturen.

I har nu en fint kalibreret temperaturmåler, men kan I overhovedet måle ændring når køleskabet åbnes og lukkes? Jeg kunne ikke da jeg prøvede, men jeg brugte heller ikke et af de vigtigste redskaber i værktøjskassen, **gennemsnit**.

Simpel kode til at tage gennemsnittet af temperaturen over ti målinger

```
i = 0
t = 0
while i<10:
  t = t + sense.get_temperature()
  i = i + 1
t = t/10
```

Opgave

- Implementer gennemsnit og se om I kan få temperaturmålingerne til at blive mere konsistente.
- Overvej hvor lang tid det giver mening at tage gennemsnit over, I har data fra trykket til at hjælpe jer.

Konklusion

Hvad kan I faktisk konkludere ud fra jeres undersøgelser, om hvad der sker i jeres køleskab?

Perspektivering

Det er aldrig rart at ens udstyr ikke virker 100% som man gerne vil, men trods alt bedre at finde ud af her på Jorden end på ISS eller Månen eller Mars. Når I skal designe eksperimenter er det vigtigt at undersøge.

- Kan jeres Astro Pi faktisk måle det I gerne vil, eks. temperatur.
- Kan den måle det med en præcision som giver mig noget håb om at svare på spørgsmålet.

Det sidste kan være svært at svare på og I må ikke være for kritiske for så risikerer I at intet kan lade sig gøre. Det er også muligt at lave sit eksperiment om så man bruger andre variable, eks. ved vi at tryk og temperatur er korrelerede, så måske kan en troværdig trykmåling bruges i stedet. Det kan også være at det er ændringer i stedet for absolutte værdier I er interesserede. Hvor meget ændrer det magnetiske felt sig rundt om Jorden er ofte nemmere at måle end hvor stort den absolutte magnetisme er om bord på ISS. Det kræver med andre ord fantasi og forståelse for måleinstrumenter at lave forsøg, hvem havde troet det ;-).

Hvor er ISS

ISS bruger ca. 90 minutter til at komme en hel gang rundt om Jorden, ca. et fysikmodul!!!! Som http://www.isstracker.com/ viser bevæger ISS sig ikke over samme område hver omgang. Det er ret let at finde den nuværende placering af ISS med koden (getLocation.py)

```
import ephem
name = "ISS (ZARYA)"
```

```
line1 = "1 25544U 98067A   19232.21018519 -.00000921  00000-0 -79298-5 0
9998"
line2 = "2 25544  51.6451  43.6489 0007283 302.9282  36.2258
15.50383510185184"

iss = ephem.readtle(name, line1, line2)
iss.compute()

print(iss.sublat, iss.sublong)
```

Python er et smukt programmeringssprog med rigtigt mange brugbare biblioteker og `ephem` er et af dem. Det kan beregne positionen af himmelske objekter ud fra startposition og tid. De to `linje1` og `linje2` strenge, er netop ISS position og tidsdata. Det skal opdateres med de nyeste positioner her, http://www.celestrak.com/NORAD/elements/stations.txt.

Resultatet er 51:19:17.7 27:12:19.5 som skal oversættes til 51 19'17.7 27 12'19.5 for at google maps kan forstå det NB I får selvfølgeligt andre resultater da det er en anden dag.
google maps koordinater
Interessant at se her om det er nat det sted på jorden:
https://www.timeanddate.com/worldclock/sunearth.html

Det kan splittes op med

```
s = str(iss.sublat)
s = s.split(":")
print(s[0])
```

Opgave

- Find ISS position og tjek med isstracker og google maps.
- Skriv et program som kun tager data når ISS er på den sydlige halvkugle.
- Skriv et program som hvor I er sikre på at tage data over Afrika, men ikke vil tage data noget andet sted.

Brug af kamera

Der er to kameraer på ISS, ét som peger ned mod Jorden og ét som peger ind i rumstationen.

Billeder fra rumstationen på Flickr, https://www.flickr.com/photos/raspberrypi/albums.
God beskrivelse på Astro Pi-pictures.
Camera documentation, Camera dokumentation.

Tag billeder med programmering.

Programmerne bruger biblioteket `PiCamera` og virker derfor kun på en Raspberry Pi. Vi kommer gennem programmerne gennem opgaverne nedenunder.

- takePicture.py simpelt program til at gemme fire billeder
- test_image.py, bruger openCV til at behandle billedet og gemme det.
- test_video.py, bruger openCV til at behandle og gemme video.
- saveDateinformation.py, importer og gem dato og tidspunkt.

Opgave - Første billeder

- Kør programmet, `takePicture.py` og åben folderen og se dine billeder.
- Kør programmet igen og tjek om den overskriver de første billeder.
- Læs kommentarerne i programfilen.
- Ret `('img%d.jpg'%i)` til `('img%04d.jpg'%i)`. Hvad er forskellen?
- Find ud af hvordan man laver om på opløsningen ved at kigge i dokumentaionen.

Opgave - Fotoautomat

Vores helt egen fotoautomat, tager udgangspunkt i programmet (takePicture.py). Husk at test hver gang I laver noget om, så fanger I lettere fejl.

- Skriv en besked i konsollen om at billedet tages, `print('NU')`.
- Ret i koden så pausen på 2 sekunder er efter der bliver skrevet `print('NU')`.
- Nu er det bare at skrive pauser og tekst, så har I lavet en nedtælling og en rigtig fotoautomat.

Open CV

OpenCV er et bibliotek til billedgenkendelse og maskinlæring. I `test_image.py` bruger vi rådata fra kameraet, `PiRGBArray`. Det har den fordel, at vores Astro Pi ikke skal bruge ressourcer på at komprimere det til jpg og vi har alt informationen til databehandling. OpenCV bruger formatet `bgr`, altså Blå, Grøn, Rød, hvilket er specificeret i linje 13.

Opgave

- Peg kameraet mod noget farvet og tag et billed.
- byt nu rundt på `bgr` til den normale `rgb` i koden.
- Hvad sker der med farverne på billedet, når du tager et nyt billed?

`c = cv2.waitKey(0)` venter til en tast er trykket og `cv2.destroyAllWindows()` lukker vinduerne.

Vi gemmer billedet til sidst, hvis 's' er trykket

opgaver

- Print `c`
- Print `ord('s')`

`ord()` omdanner UNICODE karakterer til tal (nyttigt hvis man vil lave Cæsar kodning).

Opgave - navngiv billed

- Tilføj

```
navn = input('navn:')
cv2.imwrite(navn + '.png', image)
```

i stedet for

```
cv2.imwrite('CVImage.png', image)
```

Opgave - vælg den røde farve

Data i variablen, `image` ligger som `bgr` værdier. Vi kan udvælge den røde ved `image = image[:,:,2]` hvor `[:,:,2]` tager alle søjler, alle rækker, værdien på plads 2 (den røde i bgr).

- Udvælg den røde farve med, `image = image[:,:,2]`.
- Se billedet med `cv2.imshow("Image", image)`.

Slet billeder

Det er desværre ikke muligt at gemme billeder indefra rumstationen. Hvis programmet skal have lov til at komme i orbit, skal det derfor slette ALLE billederne indefra rumstationen. Det er stadigt muligt at tage billeder og bruge informationen til at undersøge livet om bord, men de skal altså slettes før programmet er kørt færdigt. Denne koden sletter alle filer med endelsen `.jpg`.

```
getFilesWithEnding.py
```

PAS PÅ, den sletter faktisk filerne!!!

Opgaver - slet filerne

- Opret en ny mappe, `sletTest`
- Tag et par billeder i mappen eks. Med `raspistill -o test.jpg` i konsolen.
- Ret i koden så det kun er den mappes indhold som slettes.
- Udkommenter de nederste 3 linjer, #, og tjek om det er de billeder som skal slettes.
- Kør programmet hvor I sletter billederne, uhuuu.

Kameraopløsning

Vi bruger billederne på Flickr fra tidligere missioner.

På billedet [billeder/Bankok14.39052N99.30089N.jpg] kan man rimeligt tydeligt se en ø og koordinaterne er skrevet på billedet. Vi vil prøve at finde størrelsesforholdet af vores billed. Det er ikke muligt at bruge koordinaterne direkte, men hvis man søger lidt på google maps ligner det at det godt kan være øen Mali Kyun på Thailands kyst google maps.

Opgave
Vi vil nu måle afstanden i google maps og den tilsvarende afstand i pixels på billedet. Vi skal gøre det vandret og vi ved at billedet har en opløsning på (1920x1080) pixels.

- Brug værktøjerne i google maps til finde afstanden fra spidsen af Mali Kyun til Great Western Torres islands (en lille ø).
- Mål længden i pixels på billedet.
- Beregn længden per pixel.
- Beregn længden af den synlige del af Jorden fra rumstationen.
- Giv et bud på usikkerheden.
- Vurder om det er muligt at se Emma Mærsk på 397m længde.

min løsning:
(d_Kyun_Torres = 180.63km, Antal pixels = 851px, Opløsning = 0.21km/px = 210m/px, Bredden af billedet er d=1634px=>347km, Hvis jeg har målt 10px forkert bliver intervallet [210m;215m] per px.)

Vi har altså ca. en opløsning på 210m per pixel, med en opløsning påløsning på (1920x1080).

Opgave
De kamera som sidder på ISS er PiCamera v1 med en maksimal opløsning på (2592x1944) ved still billeder. Ved video er det (1920x1080).

- Beregn opløsningen per pixel med den høje opløsning.

Opgave
ISS bevæger sig med en fart på ca $v = 7.6$km/s

- Hvor lang tid går der for at et objekt har bevæget sig ud af billedet?
- Hvordan vil I bruge kameraet til at estimere farten af ISS? Kan man bruge det sammen med en højdemåling?

Exif data

Exif data er metadata som er gemt i billederne. Astro Pi Mission Space Lab Phase 2 guide har et godt eksempel og via oversigten over programmer til rådighed en grundig beskrivelse af hvordan man gemmer data i exif format.

Hvis man skal læse exif data kan det gøres med programmet
(exifRead.py)

For at kunne køre (exifRead.py) skal du installere pillow, hvis din python installation ikke har den allerede. Brug følgende kommando med den såkaldte pip installer:
`pip3 install Pillow`
og hvis du er på en pi:
`Sudo pip3 install Pillow`

```
import PIL.ExifTags
import PIL.Image
img = PIL.Image.open('gps1.jpg')
exif_data = img._getexif()

exif = {
    PIL.ExifTags.TAGS[k]: v
    for k, v in img._getexif().items()
    if k in PIL.ExifTags.TAGS
}

print(exif)
print('Brightness', exif['BrightnessValue'])
```

Opgave

- Indlæs et billed fra ISS og undersøg hvilke information I kan hive ud af det.

Computer-vision med Astro Pi

Computer vision går ud på at lade computeren foretage valg baseret på de billeder den modtager. Der er mange forskellige måder at udvælge og behandle billeder og vil vil kun berøre en meget lille del af det. Vi starter med at arbejde med det kamera som vender mod jorden. Her er det muligt at tage billeder på tilfældige tidspunkter i løbet at de tre timer man har til rådighed, men det er også muligt at udvælge hvornår der skal filmes. Billederne kan groft sagt udvælges ud fra motiv eller sted, koordinater. Selv om det er muligt, at vide hvor ISS er når billedet bliver taget, kan vi ikke på forhånd vide hvor den vil bevæge sig hen over i de tre timer vi har til rådighed. Nogle muligheder, hvis man vil udvælger efter motiv er, kystlinje, bjergkæder, skyformationer, byer eller måske lyserøde solnedgangsskyer, er skyer lyserøde oppefra? Det afhænger alt sammen af om man kan tage billeder på det helt rigtige tidspunkt.

Jord, luft, vand og ja rumstation

Programmet, (landSeaDetection.py), er inspireret af 2019 deltageres program, hvor de målte fraktaldimensioner af skyformationer. Programmet inddeler billedet i fire dele, land, skyer, hav

og rumstation. Billedet viser ISS på vej ind over Thailands kyst.

Hovedideen er at udvælge efter farve og vi bruger OpenCV biblioteket og HSV farvekoden som er forklaret her, Link til OpenCv HSV forklaring.
Her kan man lege med dem allesammen,
http://colorizer.org/

Opgave

- Find et billed eller to og test programmet.

Programmet er en lille smule uoverskueligt men er delt ind i funktioner til at finde de forskellige dele.
Koden nedenfor bliver brugt til at finde hav.

```
def find_sea(img):
      hsv = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2HSV)
      mask = cv2.inRange(hsv, (90,50,50), (125,255,255))
      output = cv2.bitwise_and(img, img, mask=mask)
      return output
```

I linje 2 bliver billedet oversat fra BGR til HSV. Fordelen ved HSV er at der nu kun er en variabel til at bestemme farven.

- H, hue, giver farven, [0;180]
- S, saturation, hvor mættet farven er, eller hvor meget gråt der er i, [0;255]
- V, value, hvor lys farven er, [0;255]

`mask = cv2.inRange(hsv, (90,50,50), (125,255,255))`
Giver et nyt billed med hvid (255) der hvor pixelværdierne er inden for intervallet, `H:[90;125],S:[50;255],V[50;255]`, og sort, (0) ellers.

Opgave

- Gå ind på http://colorizer.org/ og undersøg hvilke farver der ligger i intervallerne.

`output = cv2.bitwise_and(img, img, mask=mask)`
Tager det oprindelige billed `img` og viser de steder hvor `mask` er hvid.

Opgave

Det kan være illustrativt at se mask

- Ret i linje 16 så det bliver sort/hvid billedet af vand som I ser (I skal bruge `mask` variablen).

Opgave

Programmet beregner procentdelen af billedet som er hhv. hav, land, skyer og rumstation. Hvis vi vil sige noget om det vi flyver over, er det måske ikke så relevant med rumstationen.

- Lav om i `calculate_percentage` funktionen så I fjerner den del som hører til rumstationen.

HSV og BGR

Det kan være lidt forvirrende at arbejde med HSV filtre, hvis man er vant til RGB. Ved RGB farver er alle farver bygget op at rød,grøn,blå (RGB) og blandinger af dem. I det menneskelige øje er der receptorer som reagerer på hhv. rødt, grønt og blåt lys, de hedder tappe. Det er også de farver som en computerskærm kan udsende og hvis vi eks. ser gult lys er den røde og grønne lysbølger som rammer øjet og vi fortolker det som gult lys.

I programmerne, (HSVTrackbar.py) og (RGBTrackbar.py), kan I prøve med skydere. Den virker også på jeres bærbare, hvis I har installeret openCV.

Opgave

- Find noget med klare farver, måske den sværeste opgave.
- Eksperimenter med skyderne, så I dedekterer objekterne hver for sig.
- Eksperimenter med lysforholdene, kan I stadigt dedekterer objekterne?

Opgave

Her er en lidt større opgave hvor I skal bruge jeres viden om hvordan man tager billeder og gemmer dem, sammen med detektionen.

- Sammensæt et program som gemmer et billede når et farvet objekt kommer indenfor linsen.

Life in space

Der er også et kamera inde i rumstationen. Her er den store udfordring at vi ikke må hente billeder ned fra rumstationen. Vi bliver derfor nødt til at udvikle metoder til at lave undersøgelser uden at kunne se dem!!!

Her er forslag til tre undersøgelser.

Farver på ISS

Når man ser billeder indefra ISS virker det meget sort/hvidt. En af de hindringer for fremtidige rumrejser er også det psykiske miljø. Det kunne være interessant at undersøge farverne som kameraet kan se. Det kan også være interessant at se om astronauternes tøj er farvet, her skal man så også detektere hvornår astronauterne er i billedet.

Lysforhold på ISS

Ligesom vi er vant til at se farver er vi også vant til at lyset skifter i løbet af dagen og i overgangen fra dag til nat og tilbage igen. Variationen kan undersøges på Jorden og sammenholdes med forholdene på rumstationen. Det kan komplementeres med variation i tryk, temperatur og luftfugtighed, som vi også observerer på Jorden.

Bevægelse på ISS

Hvor hurtigt bevæger astronauterne sig og hvor tit er de i det modul hvor Astro Pi sidder? Kan man for øvrigt måle tryk-, temperatur- og accelerations-udsving når en astronaut passerer? Det kan også være man kan se på orienteringen af astronauter og deres bevægelse. Til det skal vi kunne detektere bevægelse.

Bevægelsessensor

Vi vil udvikle en algoritme som kan vise om der er bevægelse ved at se på ændringen mellem to billeder. Programmet (motinDetection.py) gør netop det. Vi bruger igen openCV til at behandle video og indlæser det i `frame`.
For at gøre billedet simplere laver vi det først om til gråtoner
`gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)`
For at minimere støj køre vi også billedet gennem et gaussfilter, hvor hver pixel bliver en vægtet sum at de omkringliggende. Vægtningen er som en normalfordeling eller en gaussfordeling.
`frame = cv2.GaussianBlur(gray, (21, 21), 0)`
(21, 21) angiver (sigmaX, sigmaY) altså hvor bred gaussfordelingen skal være, hvilket i runde træk svarer til at hver pixel er gennemsnit af den 21 til venstre, højre, op og ned. 0 angiver hvad programt gør i kanterne hvor der ikke er 21 pixels.

Opgave

- Prøv at lav gaussfordelingen om, husk at der er to steder i programkoden.
- Hvorfor vil man gerne have billeder som er ufokuserede og gråtonede når man skal detektere bevægelse?

mortionDetection.py

```
import numpy as np
import cv2

threshold=100

img = cv2.VideoCapture(0)
ret, frame = img.read()
height, width, nchannels = frame.shape
```

```
gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
frame = cv2.GaussianBlur(gray, (21, 21), 0)

while(True):
      frame0 = frame
      ret, frame = img.read()
      gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY) # We apply a black &
white filter
      frame = cv2.GaussianBlur(gray, (21, 21), 0) # Then we blur the
picture
      if not ret:
          break

      # how different is it?
      if np.sum( np.absolute(frame-frame0) )/np.size(frame) > threshold:
          print('change')
      else:
          print( 'no change' )

      # show it
      cv2.imshow('Type "q" to close',frame)

      # exit if so-commanded
      key = cv2.waitKey(1) & 0xFF
      if key == ord("q"):
          break

# When everything done, release the imgture
img.release()
print('Video exit' )
```

Programmet tager to billeder og sammenligner dem med
`if np.sum( np.absolute(frame-frame0) )/np.size(frame) > threshold:`
Linjen sammenligner `np.sum( np.absolute(frame-frame0) )/np.size(frame)` som er summen af den absolutte forskel på de to billeder divideret med størrelsen af billedet, med en tærskelværdi.

Opgave

- Prøv programmet af og ret i tærskelværdierne indtil I synes at den detekterer ordentligt.
- Prøv at skift `cv2.imshow` linjen ud med `cv2.imshow('Type "q" to close',np.absolute(frame-frame0))`. Hvad ser i nu?

- Undersøg hvordan billedet ændrer sig når I forøger sigmaX og sigmaY, I kan gå højt op hvis I vil.

Som I kan se i konsollen skriver den det samme mange gange. Det kan gøres smartere!!

Opgave

I skal lave et program som tæller hvor mange gange I flytter en hånd ind foran kameraet. Det skal I gøre ved at

- Definer en ny variabel til at tælle, eks. `count=0` og en til at holde styr på om der er sket en ændring eks. `change=True`.
- Opdater count hvis `change=True`.
- Prøv det af og bliv nok skuffede, den tæller sikkert for meget.

Det at den tæller for meget kan I klare, enten ved at lave et tidsinterval hvor `count` ikke opdateres eller kun opdatere den hvis den ændrer sig fra `False` til `True`.

Opgave

- Find en måde at forbedre det.

Billedbehandling er et kæmpe område og bliver brugt på alt fra cancerdiagnostik til detektion af sorte huller. Det er også et område som kan være ret teknisk, både programmeringsmæssigt og matematisk. Opgaven i Astro Pi konkurrencen er at udtænke interessante eksperimenter med simple løsninger. Her er det vigtigt at tage et skridt af gangen og sætte delmål i sin programmering eks. tage billed -> tag billed et betemt sted -> vurder om det er land -> gem billedet. Så kan man senere se om det indeholder byer og supertankere og måske kan man svare på sit grundlæggende spørgsmål, *om Månens placering har betydning for fragttransporten til og fra Rotterdam*.

Vi håber at noten har givet mod på at få sit eget program i kredsløb.