

Zelf gebouwde 2DOF
(2 vrijheidsgraden)
bewegingssimulator voor Flightsim

Tom Schulte

Voorgeschiedenis

- Vanaf 1983 gefascineerd door PC flightsimulator (“draadmodellen” op Mac bij vriend)
- Alle generaties FS doorlopen vanaf subLogic (Bruce Artwick) op Atari ST
- In het begin: toestel in zijn geheel weer aan de grond zetten
- Interesse in technische achtergronden, ILS systemen, FMC, vlieg procedures, ATC gesprekken
- Door drukke werkzaamheden weinig tijd
- Na pensionering: nieuwe uitdaging ! Bouw een bewegingssimulator – geen idee !?! – “start from scratch”

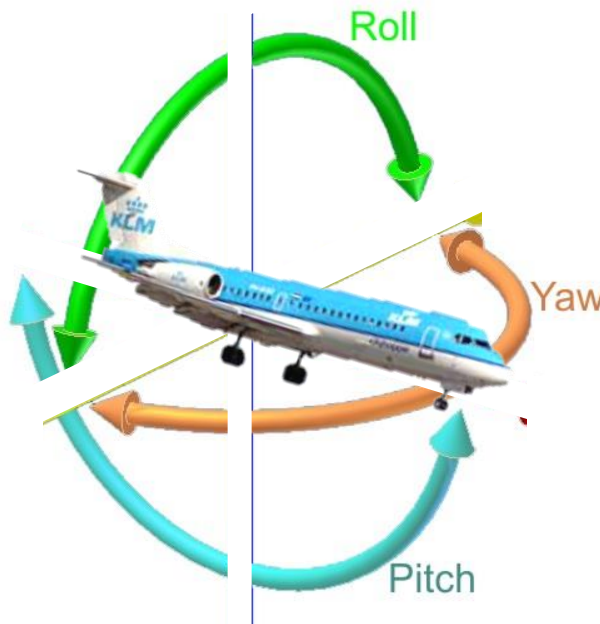
6 vrijheidsgraden vliegtuig

Hoeveel vrijheidsgraden zijn er ?

Voor alle flightsimmsers zijn deze

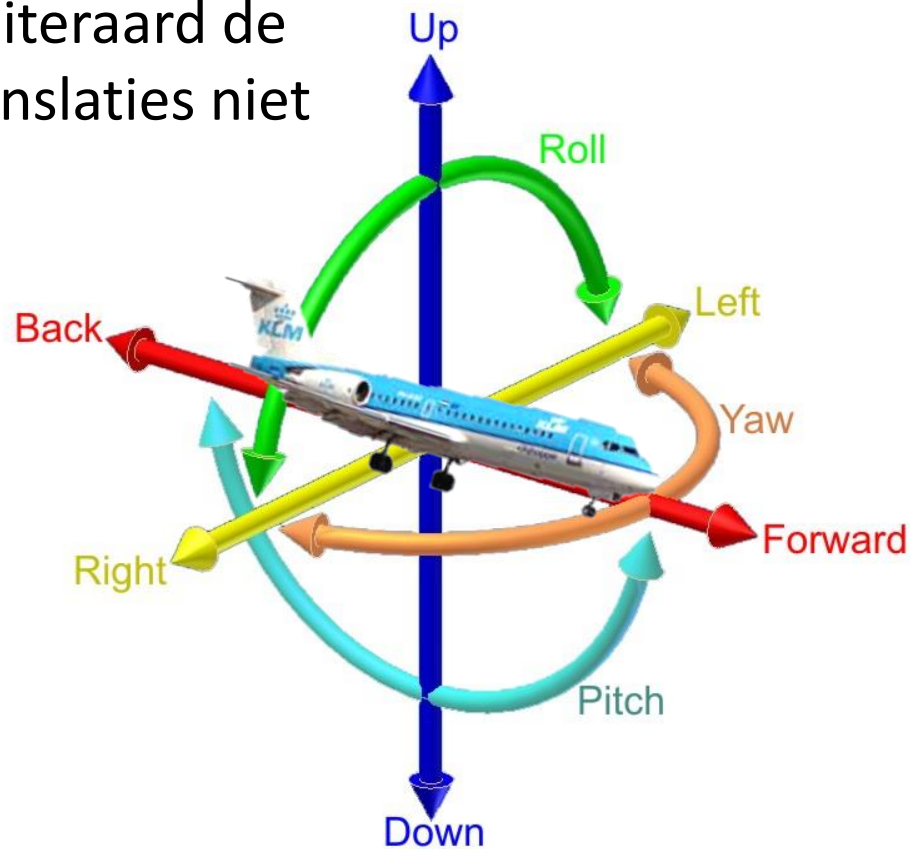
3 zeer bekend:

- Roll
- Pitch
- Yaw



6 vrijheidsgraden vliegtuig

Maar vergeet uiteraard de
3 standaard translaties niet
In x,y en z as



DOF

- 6 vrijheidsgraden gecompliceerd en duur
 - De nodige commerciële aanbieders 2-6 DOF – zeer kostbaar
 - FSweekend: 6 DOF DIY voor zweefvliegen HI6SIM
 - 3 DOF DIY zie je vaker:
 - FSweekend: Roland van Roy *prachtige, creatieve constructie, lastig te reproduceren onderdelen.*
 - Is bezig met 6 DOF
- www.simprojects.nl
- Op internet de nodige andere projecten te vinden, niet vaak in NL

Stewart platform



Mijn uitgangspunten

- Mechanisch een simpele constructie van hout en ‘bouwmarkt’ componenten
- Waar mogelijk software/hardware zelf maken
- Lichte, 2de hands DC motoren
- Hoeft allemaal niet te lijken op echte cockpit
- Voldoening in het leren en zelf maken

Dus:

- Geen verticale beweging: vergt allerlei compensatie constructies voor zwaartekracht
- Horizontale translaties en yaw minder essentieel voor vlieggevoel -> 2DOFs: pitch en roll

Set-up

2 vrijheidsgraden (DOF)

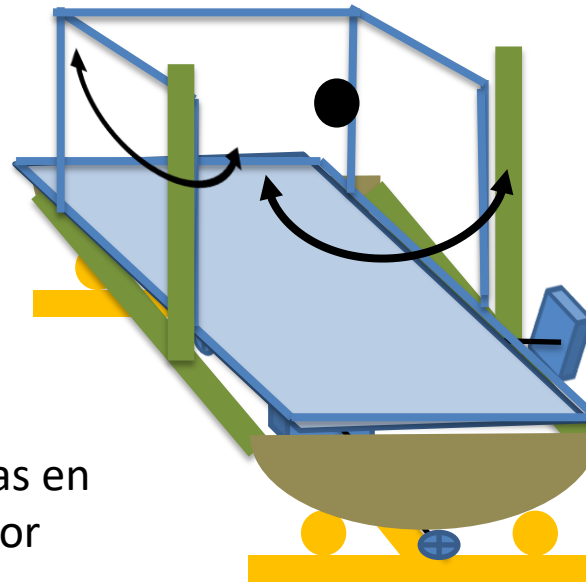
- roll
- pitch

Frame met steunen
en DC motor
voor pitch beweging

DC motor met as en
tandwieltjes voor
roll aandrijving

cockpitvloer

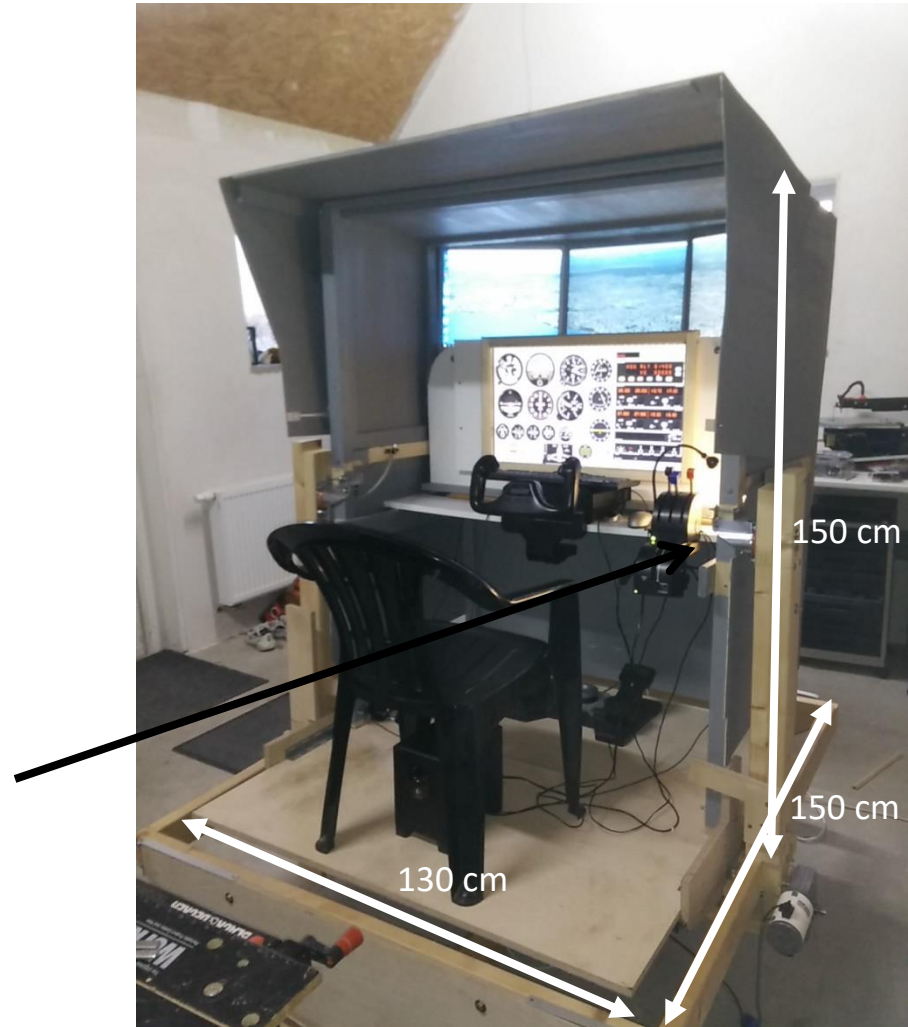
Virtueel draaipunt voor
Roll. Valt samen
met massa middelpunt



Onderstel met vier rollers

Energie verbruik het laagste als je zorgt dat zwaartepunt van simulator + piloot op zijn plaats blijft

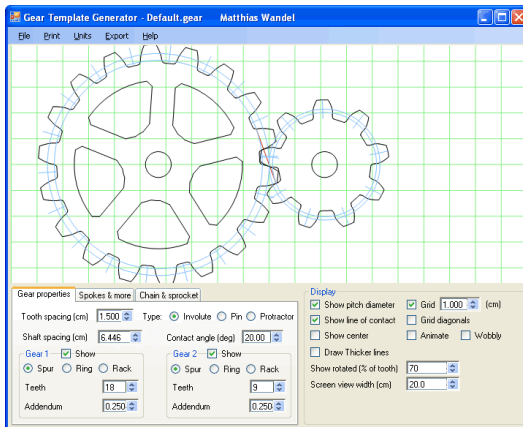
Set-up



Aandrijving mechanisch

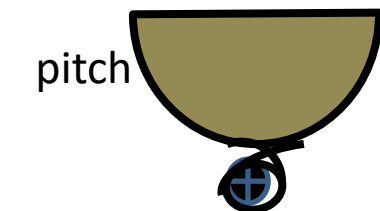
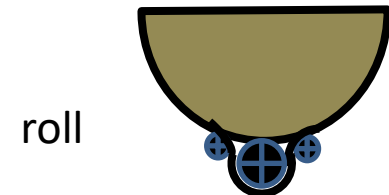
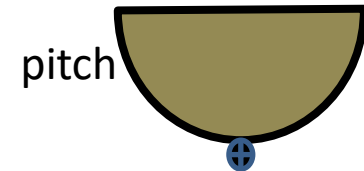
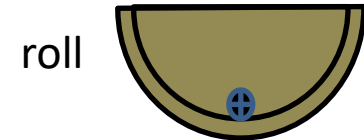
Verschillende systemen geprobeerd (o,a, draad, staalkabel op katrollen)

Wat verbazingwekkend goed werkte:



Houten tandwielen/ringen
Uitgezaagd mbv templates

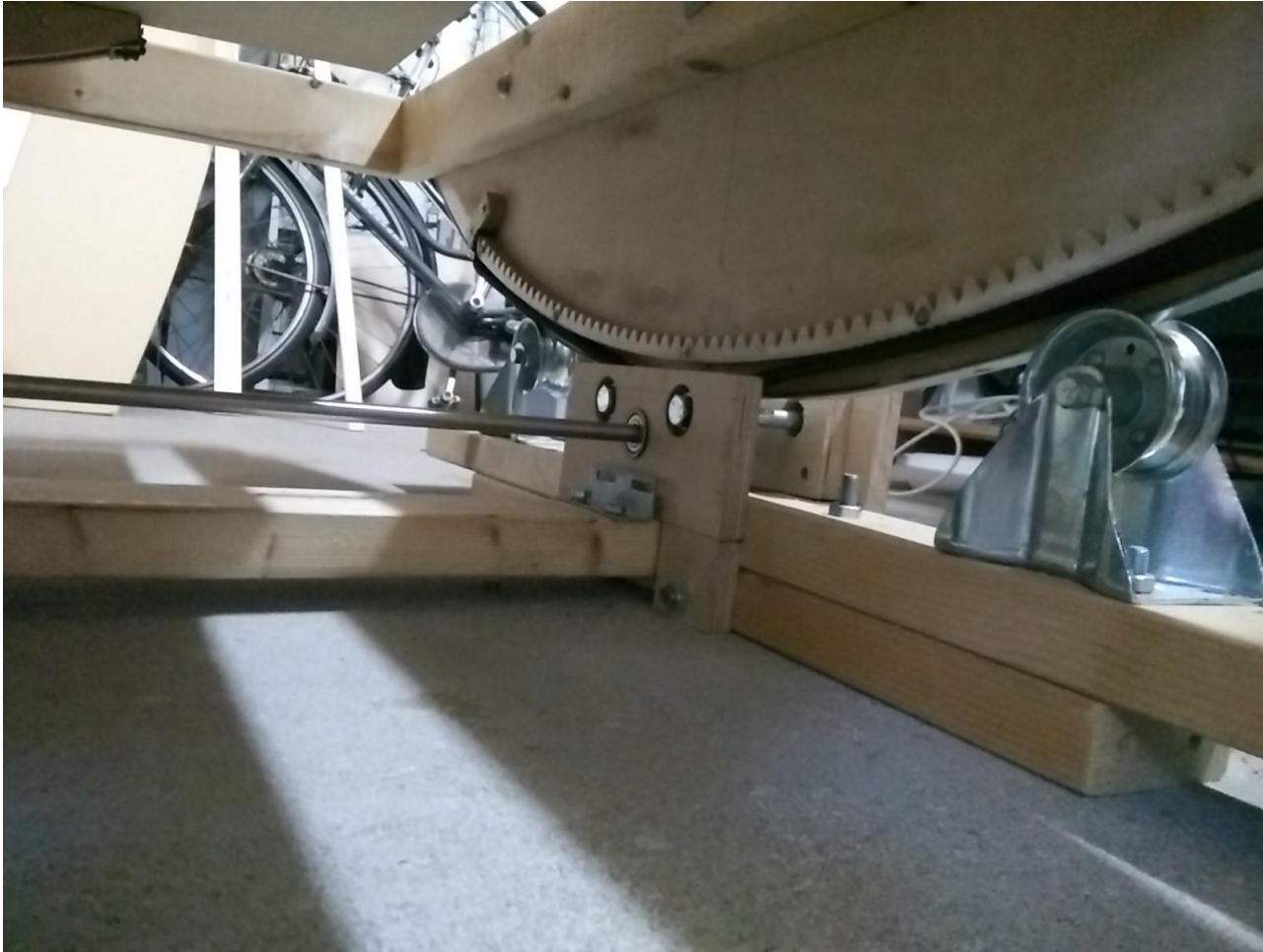
(18 mm multiplex)



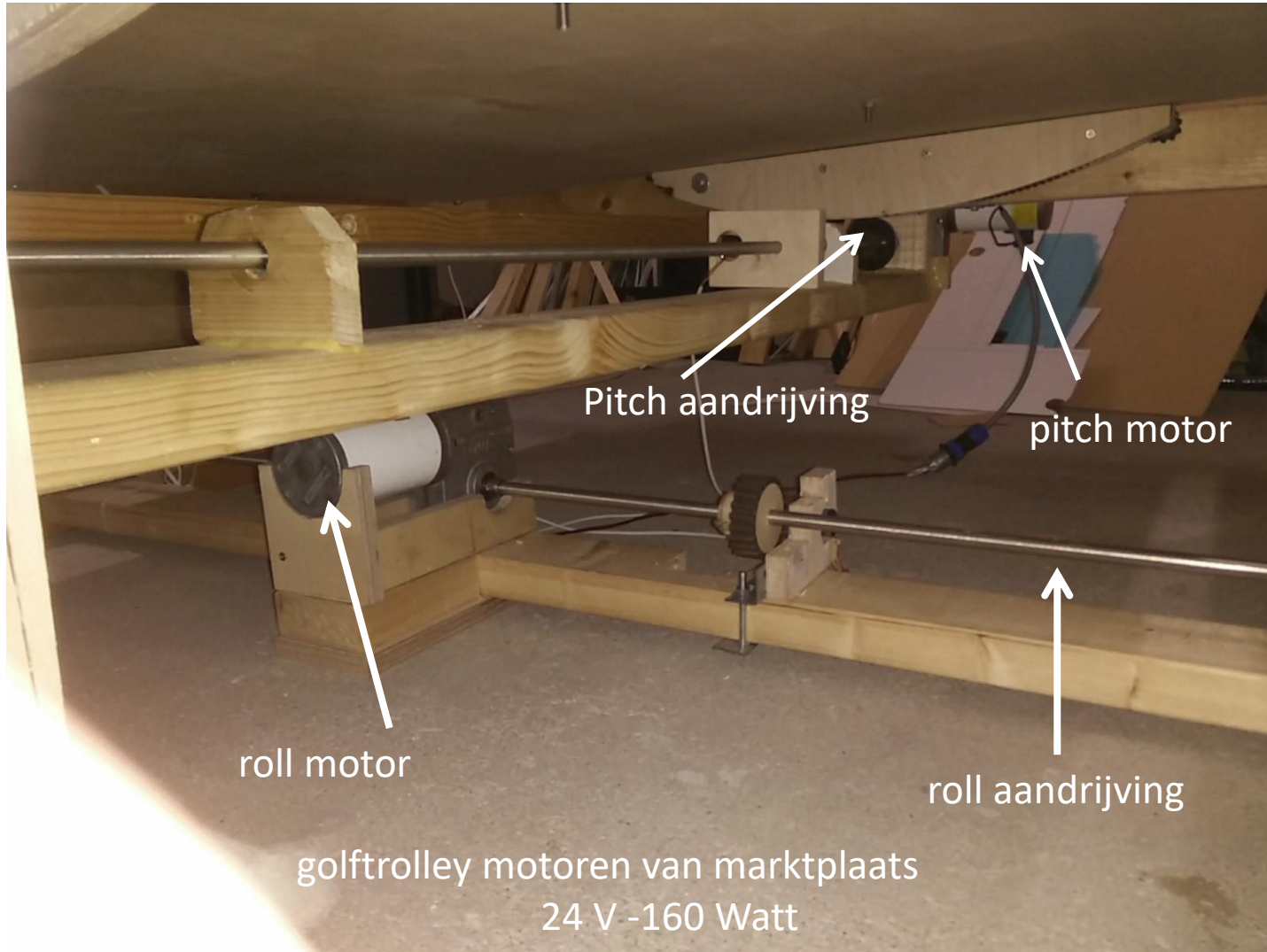
www.woodgears.ca

Momenteel: distributieriem systeem – is wat flexibeler :

Roll



pitch



Aandrijving -Electronica

Eerst gewerkt met aandrijving die bij golfrolley motoren kwam:

- Geen documentatie
- Alles gereconstueerd, potmeter aansturing vervangen door digitale aansturing
- Grootste probleem:
 - Dit soort motorcontollers werkt met relais switches bij omkering draaibeweging
 - Vertraging is bewust aangebracht omdat snelle omkering tegenstromen kan opwekken
 - Te langzaam voor flightsimulator

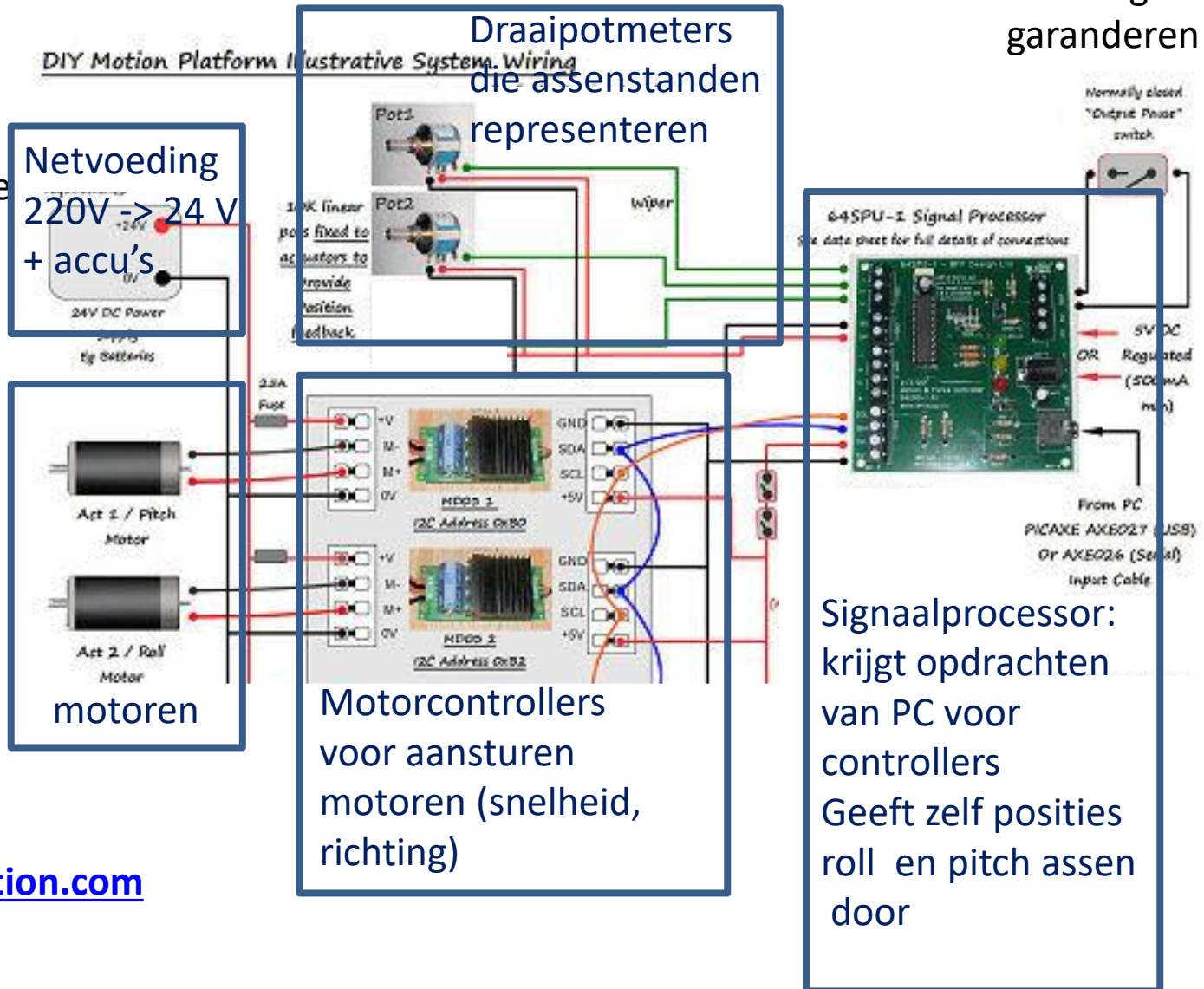
Uiteindelijk overgegaan op kant-en-klaar oplossingen die door mede flightsim enthousiastelingen worden aangeboden/aanbevolen

Aandrijving -Electronica

Verder:
schakelcontacten
om veiligheid te
garanderen

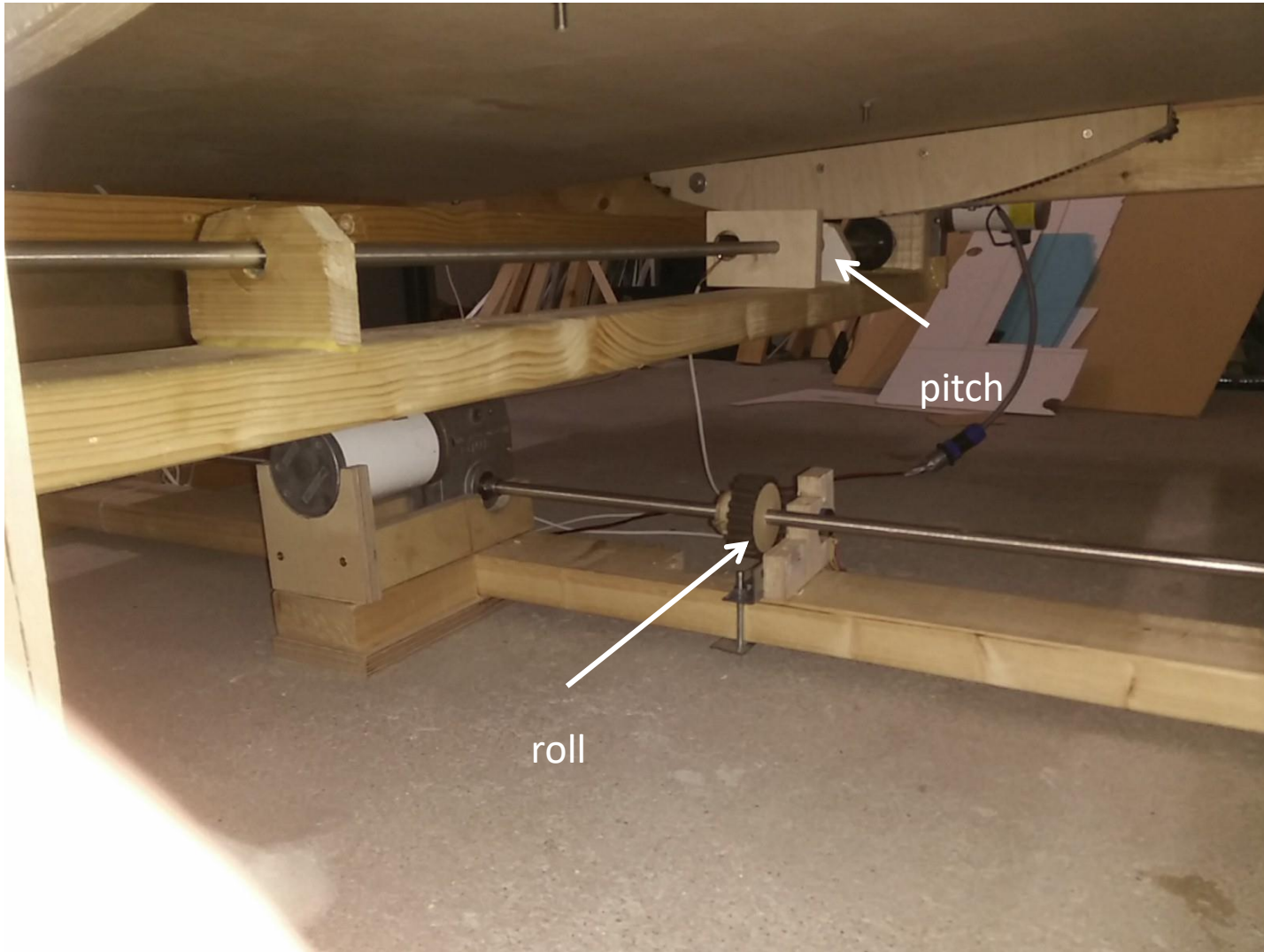
Motoren besturing
gebaseerd op
Hardware/software
van **Ian Hopper**

(ook gebruikt door
Roland van Roy)



Signaalprocessor:
krijgt opdrachten
van PC voor
controllers
Geeft zelf posities
roll en pitch assen
door

Feedback potentiometers

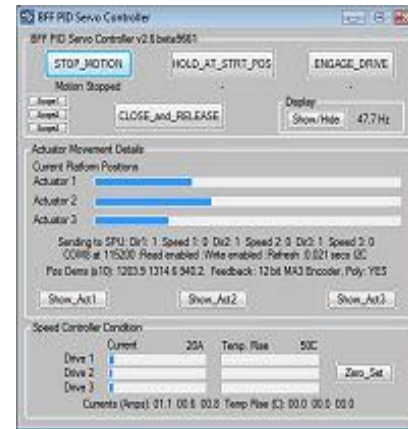


Software aansturing

Motion driver → PID servo drive control

Flightsim

BBF motion bridge



2 motor controllers

PIC signal processor

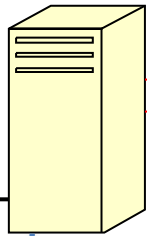
Position feedback pots

- Motion driver krijgt via BFF motion bridge info van flightsim
- Motion driver heeft vele instellingen en filters:
 - hoe snel bewegingen volgen
 - maximale uitslag
 - hoe en wanneer (geleidelijk) terug naar neutraalstand (belangrijkste is initiële bewegingservaring)
- PID servo drive control zorgt voor uitvoering opdrachten naar motoren (via PIC en feedback pots)

Cockpit instr
panel



PC1 -6 core i7
Nvidia 1070



HDMI

Mijn opstelling

- FSX/X-plane11 op PC1
 - 3x 19" monitoren voor uitzicht;
 - 1x 27" monitor voor panel
 - Saitek yoke, throttle, trim wheel via USB
- BFF bridge software op PC1 om commando's te sturen van PC1 naar motion drive software op PC2 via LAN

Video switchbox

Outside view



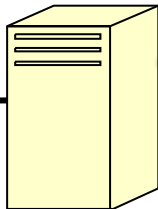
USB

Motion driver

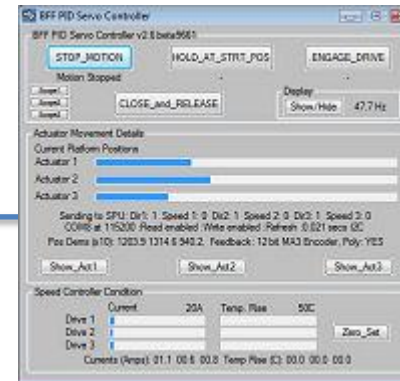
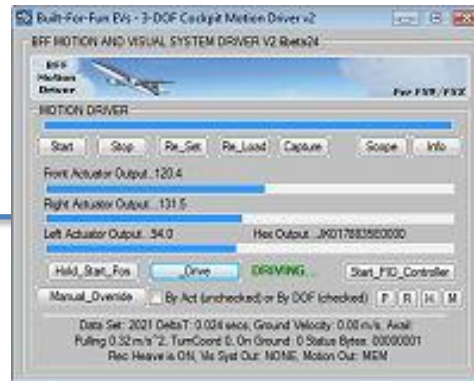
→ PID servo drive control

PC2 – AMD 5200

LAN



Serial/USB



2 motor
controllers

PIC signal
processor

Position
feedback pots

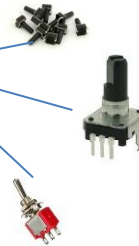
Soft/hardware voor panel-1



ChipKitMax32: programmeerbaar via IDE op PC (USB → serial poort)
83 I/O pinnen (Arduino-achtig kaartje)

i2c

MCP23017's



programmeerbare I/O chips:
16 I/O pinnen

<https://store.digilentinc.com>

MCP's worden in 'matrix' configuratie door ChipKit uitgelezen →
8*8=64 mogelijkheden per MCP: drukknoppen, schakelaars, rotaries

ChipKit geeft uitgelezen waarden door aan LUA module FSX via USB/com poort
LUA vertaalt waarden naar acties:

- FSUIPC directe FSX controls of
- virtuele joystick buttons die in FSUIPC4.ini file assignment krijgen

Panel : combinatie monitor+PanelBuilder display instrumenten+
MDF plaat met uitsparingen voor instrumentdisplay + ingebouwde schakelaars etc.

<https://www.simplugins.com>

Panel - 1



Soft/hardware voor panel-2

- Niet voor ieder vliegtuig nieuw panel bouwen. Mooie gelegenheid om te experimenteren met alternatief panel programma van NL bodem:

<https://www.siminnovations.com>

Air Manager

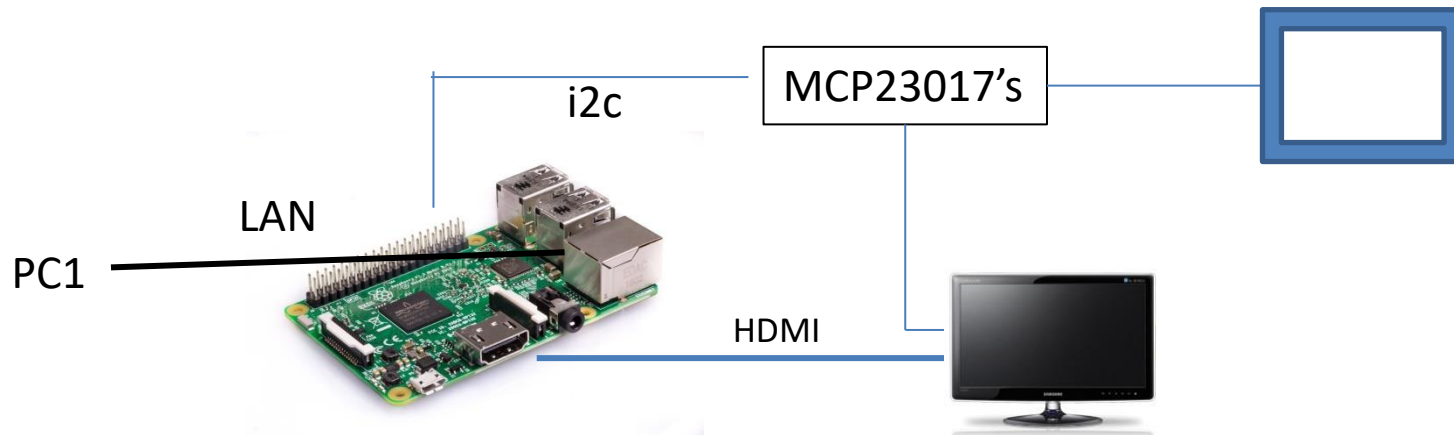


- Meer instrumenten beschikbaar + mogelijkheid om zelf instrumenten te creëren
- Mogelijkheid om panel te draaien via Air Player op aparte Raspberry-Pi (3) (credit card size LINUX computer met GPIO om ICs etc aan te sturen)



Soft/hardware voor panel-2

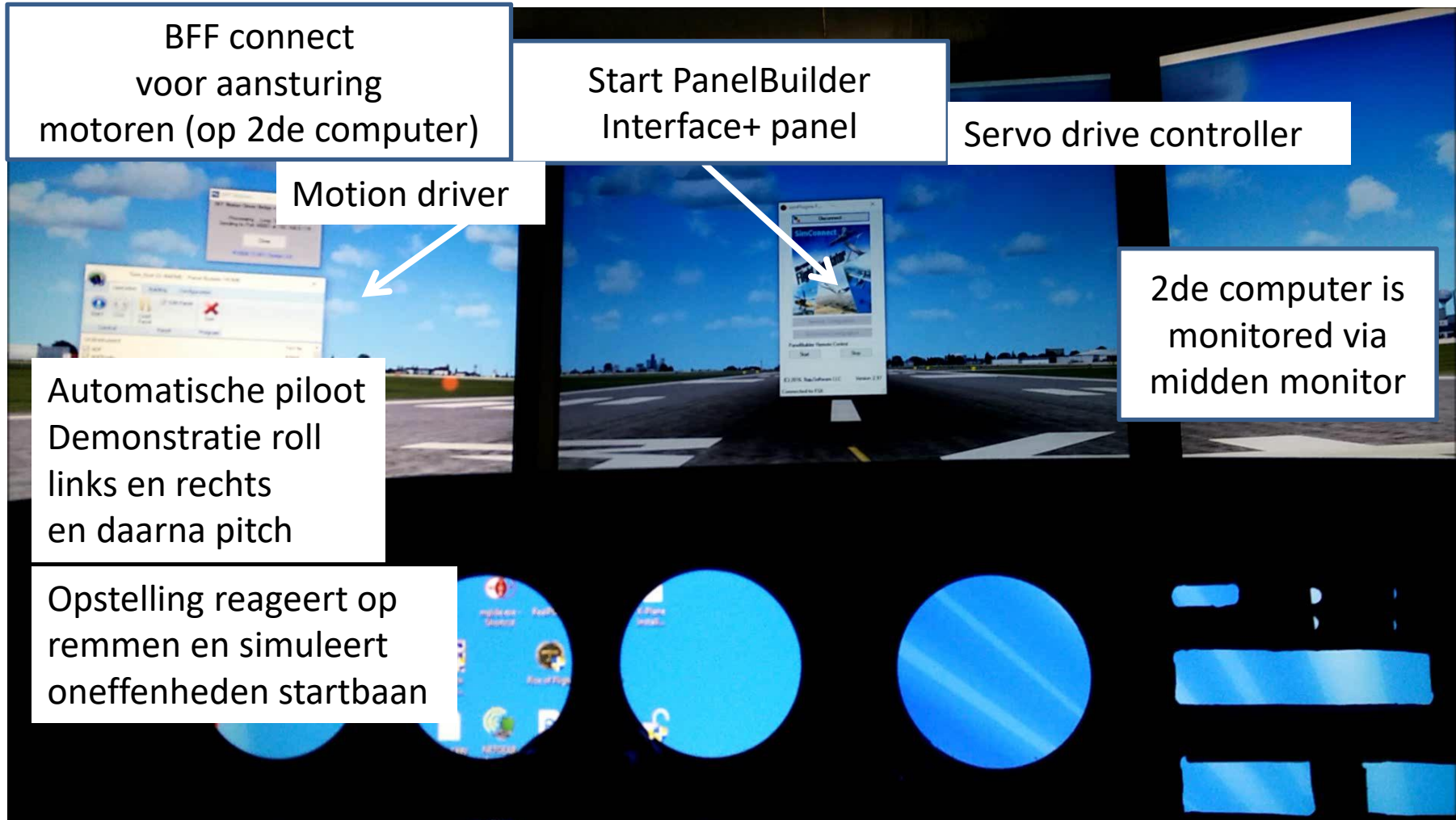
- Mogelijkheid om panel te draaien op aparte Raspberry-Pi (3)
(credit card size LINUX computer met GPIO om ICs etc aan te sturen)
- Geëxperimenteerd met eigen gebouwd touch-screen:
 - rand rondom 27" monitor met IR leds en receivers
 - aansturing en interpretatie via Python script op Raspberry-Pi
 - script levert x,y voor muis click
 - Draait simultaan met panel programma Air Player



Panel-2



Demo video van simulator



Conclusie

- Beweging geeft extra dimensie aan flightsim ervaring
- Veel plezier in leerproces
- Voldoening als alles werkt
- Steeds werken aan verbeteringen
- Nieuwe/andere technieken uitproberen
 - Raspberry Pi Zero als USB HID (joystick – 3x 64 buttons) tesamen met verbeterde Linda (Lua) software
 - Arduino Mega + MF connect (www.mobiflight.com)
 - Bass shaker (Ronald v Roy: geeft extra dimensie)
 - Verbeteringen bewegingsaandrijving