

ESTCube-1

Estonia's first student satellite

E. Ilbis¹, U. Kvell^{1,2}, S. Lätt^{1,2}, E. Kulu¹, J. Kalde¹, H. Kuuste^{1,2}, K. Zalite^{1,2}, A. Slavinskis^{1,2}, T. Eenmäe^{1,2}, V. Allik² and M. Noorma^{1,2}

¹ University of Tartu, Tartu, Estonia ² Tartu Observatory, Tõravere, Estonia



Missioon ja eksperiment

ESTCube-1 on esimene Eesti satelliit. Töö Eesti Tundegisatelliidi kallal algas 2008 aastal Tartu Ülikoolis. Projekti eesmärgiks on edendada kosmosetehnoloogia alaseid, olla praktiliseks õppevahendiks ning arendada Eesti kosmosetehnoloogilist tööstust. Tehiskaaslaste teaduslikuks eesmärgiks on testida Soome teaduri Pekka Janhunen poolt leiutatud elektrilist päikesepurjet. Satelliidi eeldatavaks stardiajaks on määratud 2012 aasta lõpp.

Missiooni parameetrid

- 1 kuupsatelliidi tüük (10x10x10 cm)
- Mass ~1,3 kg
- 600 kuni 800 km kõrge päikesesünkroonne orbiit
- 98 kraadne orbiidi kaldenurk

Missiooni faasid peale orbiidile jõudmist:

- Keerlemise peatamine
- Satelliidi keeramine ja Maa pildistamine
- Ühes tasapinnas pöörlema hakkamine 1 pöörde/sekundis
- Traadi välja kerimine
- Elektrilise päikesepurje efekti mõõtmine
- Aeglane orbiidilt lahkumine

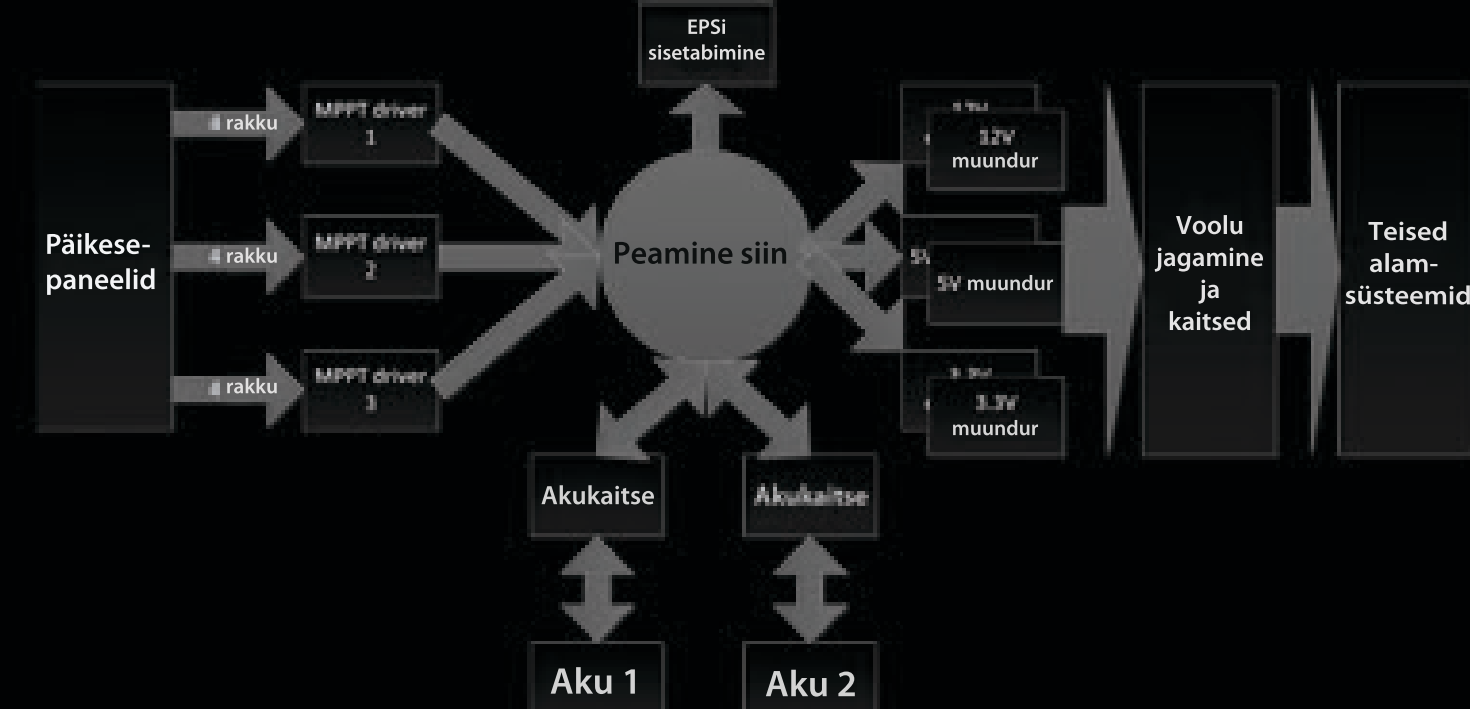
EPS

Electrical Power System

(elektritoite alamsüsteem)

Alamsüsteem tegeleb päikesepaneelidelt energia kogumise, salvestamise ja jagamisega. Päikesepaneelide efektiivsuse maksimaalse efektiivsuse saavutamiseks on kasutuses päikesepaneeli maksimaalse võimsuspunkti jälgimine. ESTCube-1 on päikesesünkroonsel polaarorbiidil ja seepärast on ta umbes 30% ajast Maa varjus. Varjus oldud ajal peavad akud süsteemi toitma. Kõik väljundtoitelikad on dubleeritud ja varustatud koormuse piirajatega.

- 12 päikesepaneeli (efektiivsusega ~30%)
- Keskmine toodetav võimsus ~2 W
- 2 silindrikujulist Li-Ion akut



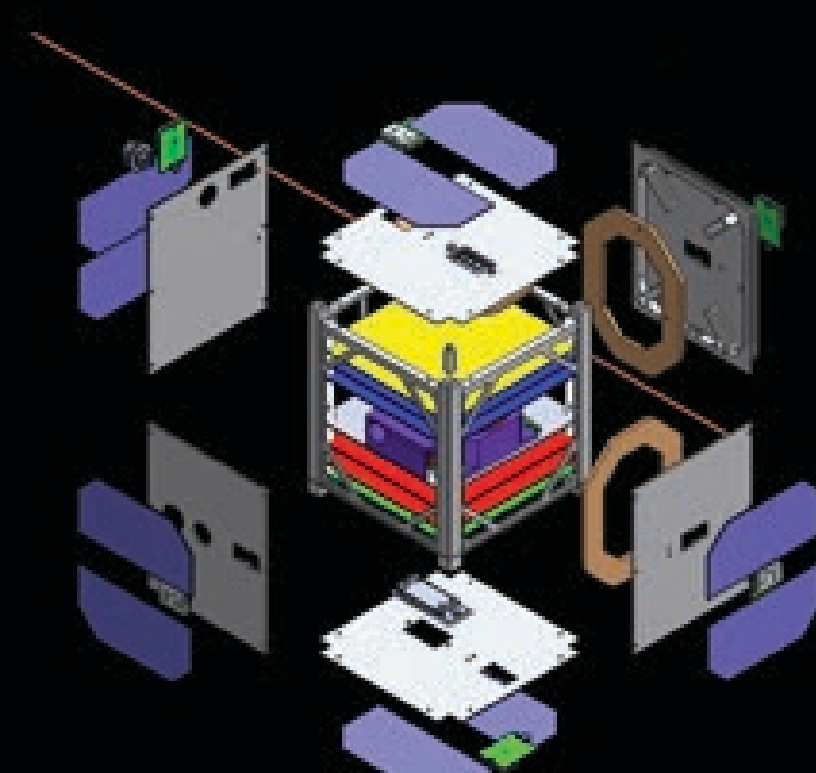
Joonis 2. Veakindel elektrienergia hankimine, salvestamine ja jagamine

STR

Struktuur

Satelliidi raam on freesitud välja ühest alumiiniumploki, et tagada tugevus ja vastupidavus. Kõigi kuue külje külge on kinnitatud kaks päikesepaneeli. Korpuse seest tulevad välja ka kaks antenni. Satelliit on seest täidetud seitsmest trükkplaadist koosneva virnaga, mis on omavahel ühendatud 120 soonelise pistikuga.

- Raami kaal on 97 g
- Struktuuri kogukaal on 295 g
- Trükkplaatide mõõtmed on 92x94 mm

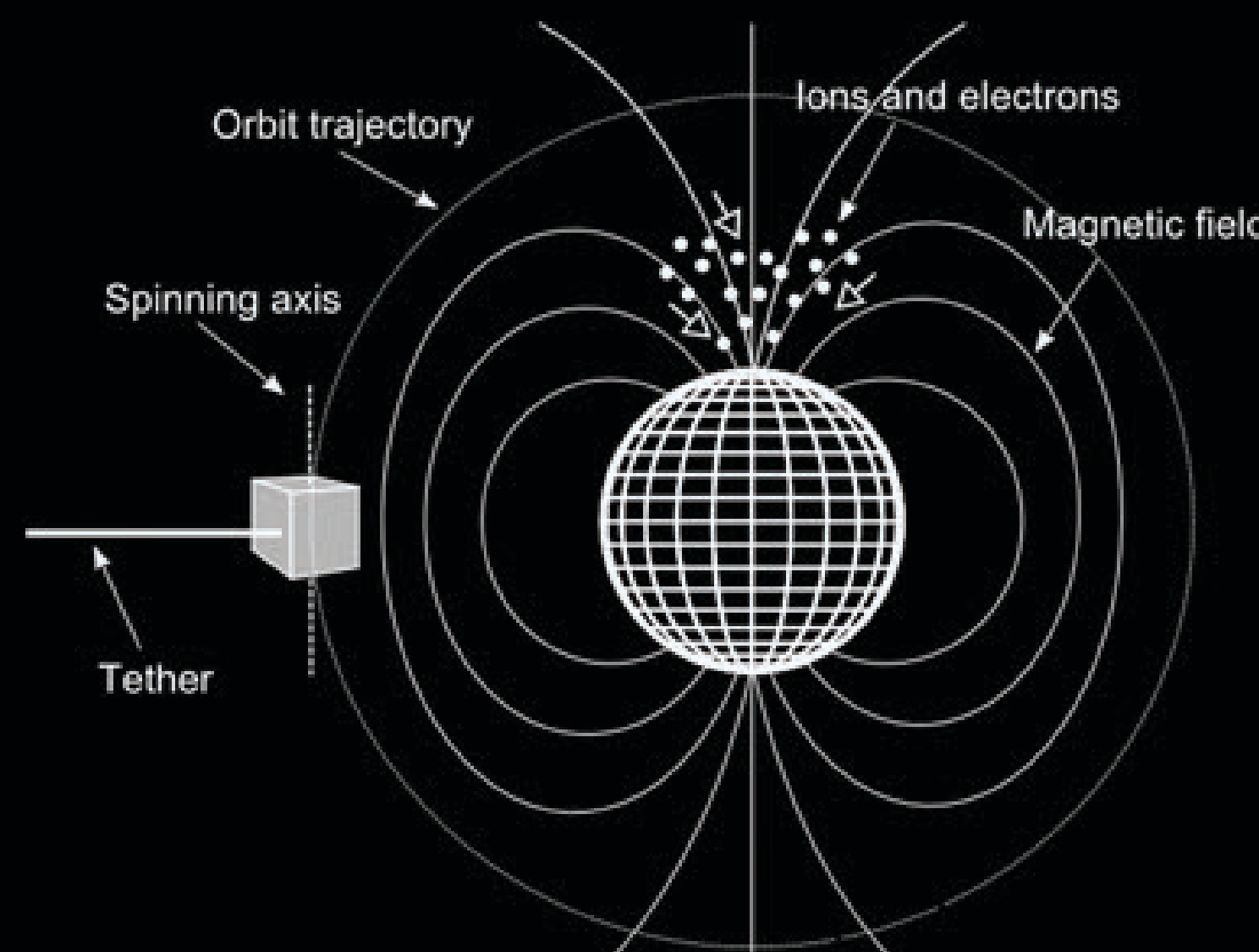


Joonis 3. Satelliidi ülesehitus

ESTCube-1 päiksepuri koosneb ühest 10m pikast ja 50 µm läbimõõduga traadist, mille otsas on 5 g kaaluv valge raskus. Traat laetakse elektronkahuri abil positiivse pingeni 450 V. Traadi ümber olev postitiivne magnetväli pidurdab satelliidi lendu atmosfääri ümbritsevas plasmas, mida omakorda saab mõõta.

Täismõõdus elektriline päiksepuri koosneb viiekümnest kuni sajast 20 km pikkusest kõrgele pingele laetud traadist, mille tekitatud magnetväli mõjutaks päikesetules olevaid prootoneid, mis pakuks tõukejõudu. Tegemist oleks kiire ja odava planeetide- või tähtedevahelise transpordiviisiga.

Selleks, et satelliidi ehitus oleks lihtsamini hallatav ja mõistetav on see jagatud erinevateks alamsüsteemideks.



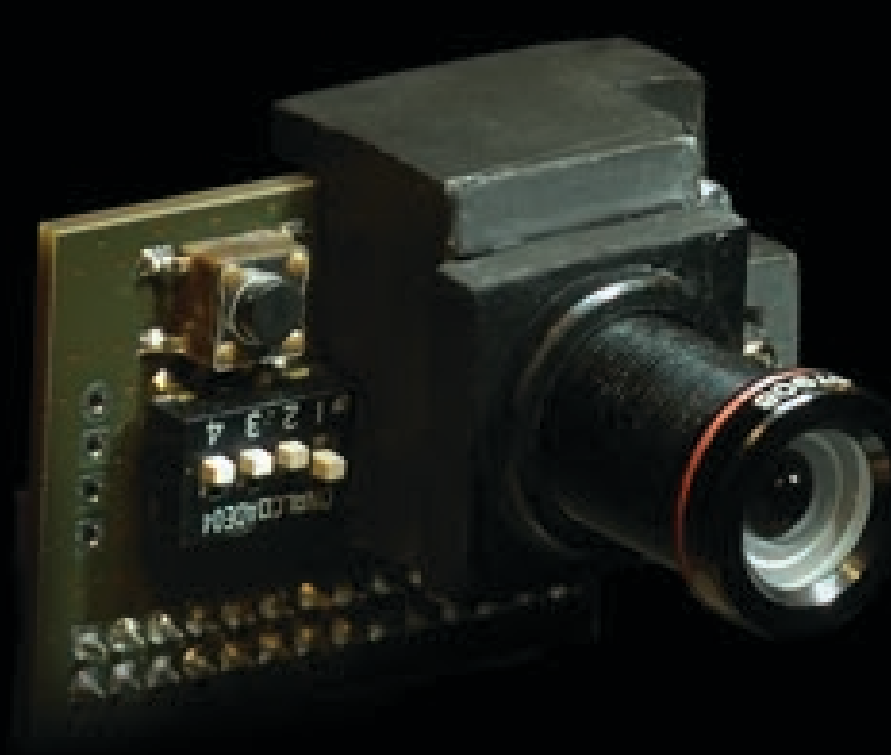
Joonis 1. Traadi asend ja purje eksperimendi joonis

CAM

Kaamera

Kaameramoodul on spetsiaalselt valmistatud, kasutades valmiskomponente. Moodulit kasutatakse Maa pildistamiseks ning purje väljumise kinnitamiseks. Kaameral on eraldi protsessor piltide töötlemiseks.

- 4,4 mm lääts F/# 1.85
- 46x35 kraadi nägemisulatus
- Võimeline tegema mitu VGA RAW pilti
- 16 Megabitti mälu piltide salvestamiseks
- Madal võimsustarve



Joonis 4. Kaamera prototüüp

COM

Sidesüsteem

Sidesüsteem kasutab 2 m ja 70 cm lainepikkusi, mis võimaldab GENSO võrgustikku operaatoritel ja ülemaailmast amatöörraadio kogukonnal kuulata satelliiti. Kiirus 9600 bitti sekundis, eksperimentaalselt ka kuni 19200 bitti sekundis.

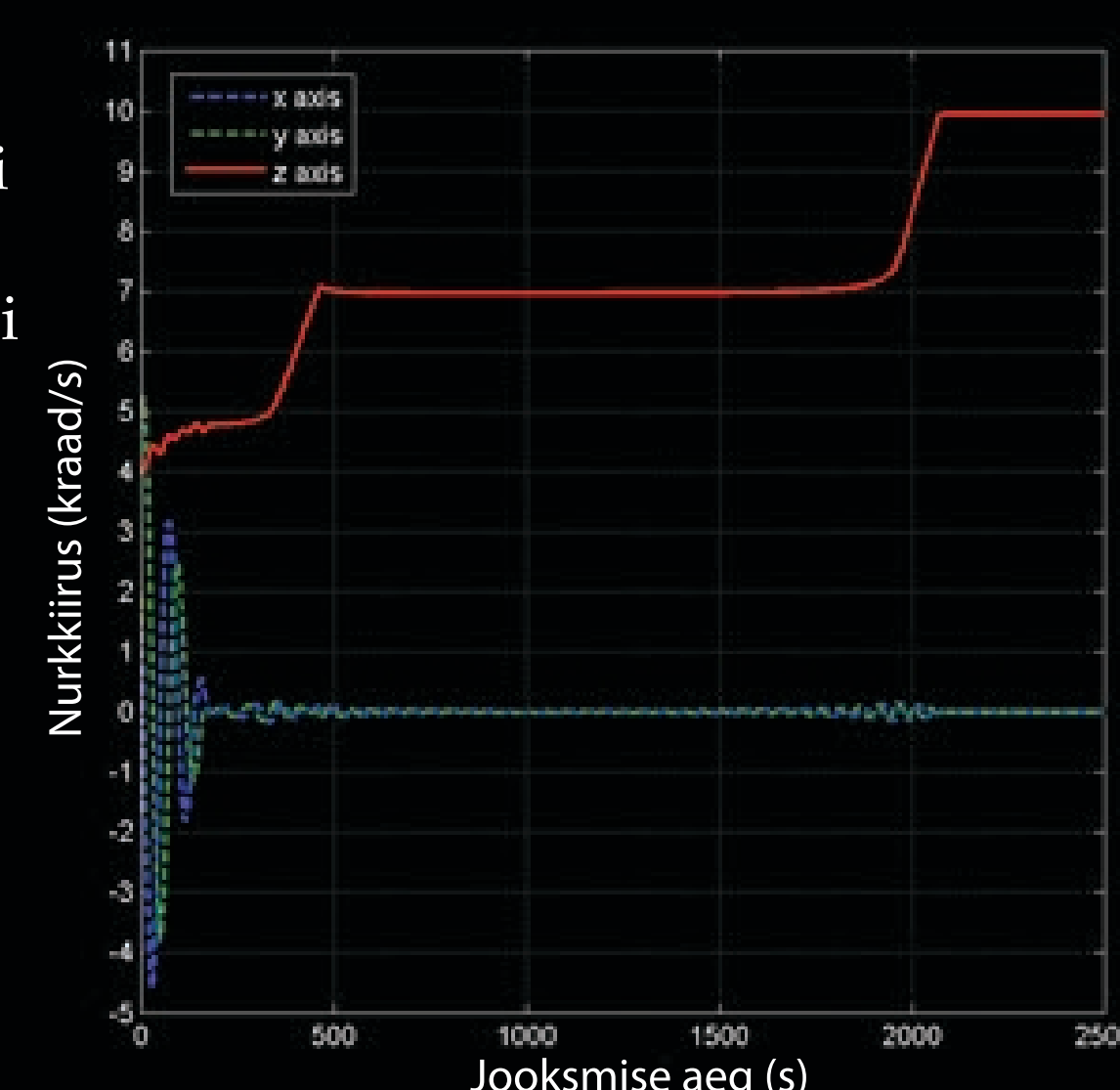
- Kaks mõõdulindist valmistatud antenni
- 437.505 MHz UHF majaka ja maale suhtluse jaoks
- Maaga suhtlemise võimsus 0.5 W FSK/MSK modulatsiooniga
- Majaka võimsus 0.1 W
- 145 MHz VHF orbiidiga suhtlemiseks
- Kutsung: ES5E/S

ADCS

Attitude Determination and Control System
(Asendi määramise ja kontrolli süsteem)

Asendi määramise ja kontrolli süsteemi eesmärgiks on satelliidi asendi määramine ja muutmine, stabiliseerimine, suunamine ja pöörlema panemine. Asendi kindlaks määramiseks kasutatakse güroskoope, magnetomeetreid ja igas küljes olevaid päikeseandureid. Satelliidi asendi muutmiseks kasutatakse kolme elektromagnetilist pooli, mis olles vastastikmõjus Maa magnetväljaga, avaldavad satelliidile mõju.

- 3 elektromagnetilist pooli
- 6 päikese andurit
- 2 kolme teljega güroskoopi
- 2 magnetomeetrit



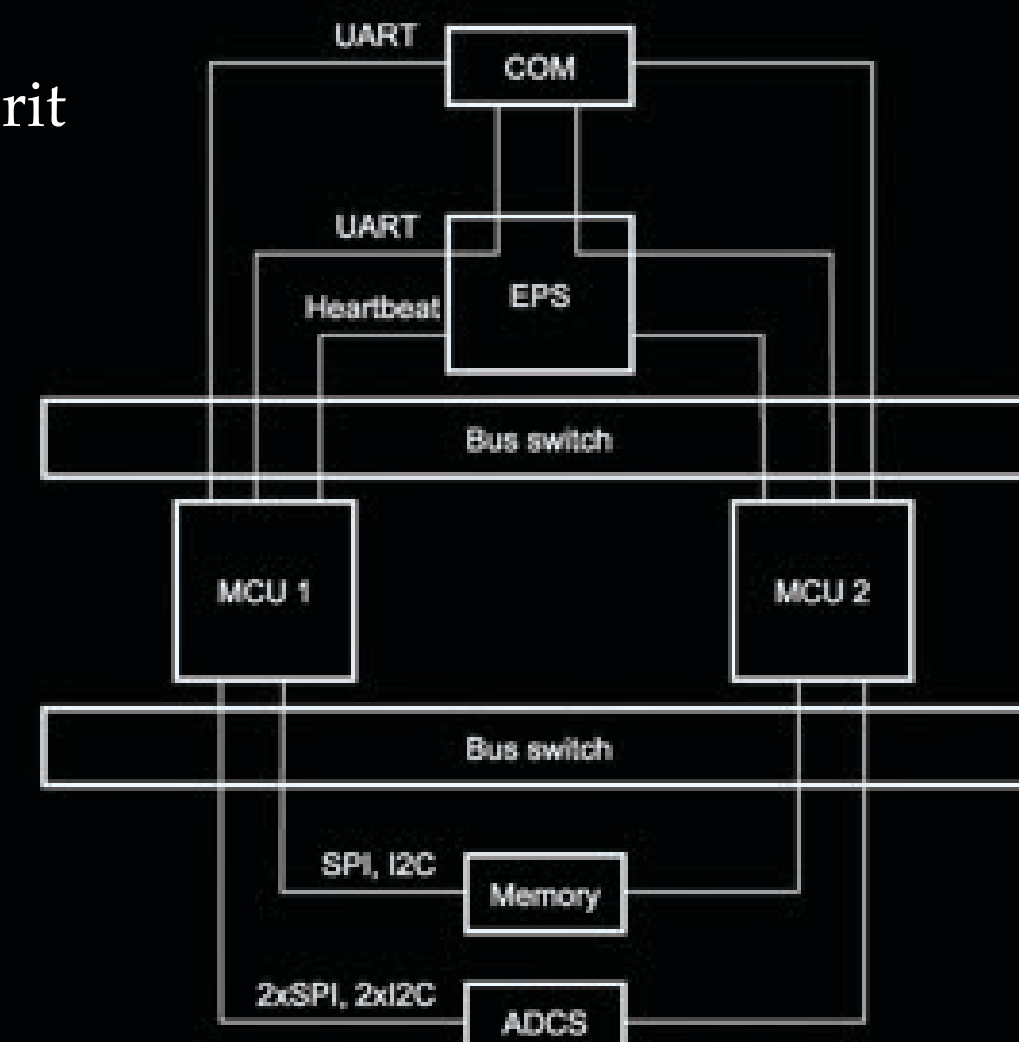
Joonis 5. Ühe telje ümber kiirendamise algoritmi simulatsioon

CDHS

Command and Data Handling System
(Käsu- ja andmehalduse süsteem)

Käsu- ja andmehalduse süsteem korraldab kogu süsteemi info ja käskude haldust. Süsteem tegeleb asendi määramise ja kontrolliga seotud arvutuste ja otsustega. Kõik arvutused tehakse kolm korda, et vähendada vea tõenäosust.

- 2 ARM Cortex-M3 mikrokontrollerit
- Reaalaja operatsioonisüsteem
- Ferroelektriline mälu
- 3 flash mälu moodulit



Joonis 6. ESTCube-1 süsteemi disain

