****

**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

**ESA spiečius palydovai**

Semestro projektas

|  |
| --- |
|  |
| **Žygimantas Marma**  Studentas |
|  |
| **Prof. Darius Gailius**  Dėstytojas |
|  |

**Kaunas, 2023**

Turinys

[Paveikslų sąrašas 3](#_Toc122685798)

[Santrumpų ir terminų sąrašas 4](#_Toc122685799)

[Įvadas 5](#_Toc122685800)

[1. Kosmoso palydovai 6](#_Toc122685801)

[2. Palydovų testavimas 9](#_Toc122685802)

[3. Palydovų patikimumo užtikrinimas 12](#_Toc122685803)

[Išvados 19](#_Toc122685804)

[Literatūros sąrašas 20](#_Toc122685805)

Paveikslų sąrašas

[1 pav. Palydovų patikimumas nuo laiko [2] 7](#_Toc122688019)

[2 pav. Kubinių palydovų patikimumas [3] 7](#_Toc122688020)

[3 pav. Žalingas radiacijos poveikis tranzistoriui 10](#_Toc122688021)

[4 pav. Palydovo posistemių blokinė diagrama 12](#_Toc122688022)

[5 pav. Sematinio versijavimo pavyzdys 14](#_Toc122688023)

[6 pav. ,,Nanoavionics“ *FlatSat* su tarpusavyje sujungtomis posistemėmis 15](#_Toc122688024)

[7 pav. Standartinė programos pasileidimo seka 16](#_Toc122688025)

[8 pav. Programos struktūra vidinėje atmintyje 16](#_Toc122688026)

[9 pav. Tipinė priežiūros laikmačio schema 18](#_Toc122688027)

Santrumpų ir terminų sąrašas

**Santrumpos:**

ADCS – pokrypio nustatymo ir valdymo sistema (*angl. Attitude Determination and Control System*)

COTS – rinkoje laisvai prienami produktai (*angl. Commercial off-the-shelf*)

FC – skrydžio valdiklis (*angl. Flight controller*)

**Terminai:**

**Propulsija (angl. *propulsion*)** – sistema, naudojama kosmoso palydovams manevruoti.

**Femtopalydovai** – itin maži palydovai, kurių tūris mažesnis nei 10cm3.

Įvadas

Kiekvienoje industrijoje prietaisų patikimumas yra svarbus, tačiau tokiose pramonės srityse kaip medicina ar aviacija klaidų kaina yra itin didelė. Detaliau analizuojant kosmoso palydovų rinką ganėtinai didelė paleidimo kaina turi įtakos palydovo dizainui. Išskyrus komunikacijos misijas, kurioms reikia palydovų spiečiaus (angl. *constellations*), misijos (ypač mokslinės) paprastai būna unikalios. Tam tikram eksperimentui ar užduočiai atlikti būna paleidžiamas vienintelis erdvėlaivis, be jokios alternatyvos ar atsarginės misijos nesėkmės atveju. Įvykus erdvėlaivio gedimui misijos būna atidedamos keletą metų arba visai atšaukiamos. Todėl erdvėlaiviai turi būti labai patikimi. Sunkumai kyla atlaikant ekstremalias vibracijas paleidimo metu, o vėliau sėkmingai veikiant ilgą eksploatavimo laiką be priežiūros ir nepaisant didelių radiacijos dozių. Projektavimo ir gamybos procesai turi būti griežti, užtikrinant teisingą erdvėlaivio veikimą pirmą ir vienintelį kartą, kai jis bus naudojamas. Palydovo sistema ir elektronika yra detaliai analizuojamos siekiant užtikrinti, kad bet kurios konkrečios sudedamosios dalies gedimas nekels pavojaus visos misijos ilgaamžiškumui. Būtent dėl šių priežasčių šiame darbe yra nagrinėjamos technikos leidžiančios užtikrinti kosmosų palydovų patikimumą.

# Kosmoso palydovai

Kosminiai palydovai yra dirbtiniai objektai, kurie yra iškeliami į orbitą aplink Žemę ar kitus dangaus kūnus. Jie paleidžiami į kosmosą naudojant raketas ir naudojami įvairiems tikslams, įskaitant ryšį, navigaciją, orų prognozes ir mokslinius tyrimus.

Kosminiai palydovai yra svarbi mūsų šiuolaikinės visuomenės dalis ir turi daug praktinių pritaikymų, pavyzdžiui, suteikia prieigą prie interneto, įgalina GPS navigaciją ir padeda numatyti bei sekti orų tendencijas. Be jų mūsų šiuolaikinis gyvenimas nebūtų galimas, tačiau dirbtiniai palydovai tapo realybe tik XX amžiaus viduryje. Pirmasis dirbtinis palydovas buvo *Sputnik 1*, Rusijos kosminis zondas, pakilęs 1957 m. spalio 4 d. Šis veiksmas sukrėtė didžiąją dalį Vakarų pasaulio, nes buvo manoma, kad sovietai neturėjo galimybių siųsti palydovų į erdvę.

Šiuo metu kosmose skrieja tūkstančiai žmogaus sukurtų palydovų. Vieni fotografuoja žemę, kad padėtų meteorologams prognozuoti orą ir sekti uraganus, kiti fotografuoja kitas planetas, saulę, juodąsias skyles, tamsiąją materiją ar tolimas galaktikas. Šie vaizdai padeda mokslininkams suprasti Saulės sistemą ir visatą. Maždaug pusė visų kosmoso palydovų vykdo mokslinių tyrimų misijas, kurios dažniausiai būna susijusios su atmosferos, visata ar Žemės tyrinėjimu [1]. Konkrečiau mokslo tyrimų sritys apima: biologijos mokslą, netoli Žemės esančių objektų, klimato kaitos, sniego / ledo dangos, orbitos šiukšlių, planetų tyrinėjimo ir tolimojo kosmoso astronomijos tyrimus. Du trečdaliai visų misijų yra naujų technologijų kūrimas arba demonstravimas. Duomenų perdavimo sistemos, propulsijos sistemos, nauji navigacijos ir valdymo algoritmai bei radiacijos bandymai yra dažniausiai pasitaikančios misijų rūšys. Kitos galimos technologijos yra saulės burės, femtopalydovai (itin maži) ir išmaniųjų telefonų palydovai. Pastaraisiais metais itin sumažėjusios pakilimo į orbitą išlaidos leidžia vykdyti didesnės rizikos veiklą, kuri nebūtų įmanoma didelės apimties NASA misijose.

EAS MISIJOS??? Kas yra esa ir jos misijos

## Palydovų patikimumas

Patikimumas yra pripažintas

kaip to išvengti.

## Poveikiai prietaiso gyvavimo metu

Raketos paleidimas yra vienintelis būdas kaip galima iškelti palydovą į orbitą. Šios raketos turi pakelti palydovą

misijos būna pratęsiamos.

# Palydovų testavimas

Norint užtikrinti nebus. patikimi ir galėtų atlikti jiems numatytas funkcijas, kai jie yra kosmose.

## Vibraciniai testai

Visiems pagamintiems palydovams yra vykdomi sistemos lygio mechaniniai bandymai atliekant vibracijos bandymus. Šių bandymų tikslas yra įsitikinti, kad pilnai surinktas palydovas išgyvens

. Jų metu yra vykdomi aukšto „g“ smūgio bandymai norint patikrinti posistemių ir komponentų patikimumą

## Radiacijos testai

Kosminė spinduliuotė

luoksnį aplink palydovą.

## Šiluminio vakuumo testai

Šiluminės vakuuminės

būti pastebėtas šiluminio vakuumo testų metu ir taip užkirsti kelią gedimams.

## Atliekami modeliavimų bandymai

Kadangi sukurti realias

reikalavimus.

# Palydovų patikimumo užtikrinimas

Detaliau šiame darbe yra nagrinėjami programinės

## Pavyzdys

Lorema as asd

Išvados

1. Darbe apžvelgti palydovų kūrimo specifika ir
2. Išanalizuota, kad
3. Detaliai išanalizuoti
4. Pateiktos palydovus kuriančios

Literatūros sąrašas

1. CubeSat101 Basic Concepts and Processes for First-Time CubeSat Developers. Prieiga per: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa\_csli\_cubesat\_101\_508.pdf
2. Dubos, G.F., Castet, J.F. and Saleh, J.H., 2010. Statistical reliability analysis of satellites by mass category: Does spacecraft size matter?. Acta Astronautica, 67(5-6), pp.584-595. Prieiga per: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576510001347
3. Langer, M. and Bouwmeester, J., 2016. Reliability of CubeSats-statistical data, developers' beliefs and the way forward. Prieiga per: https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2016/TS10AdvTech2/4/
4. Bouwmeester, J., Menicucci, A. and Gill, E.K., 2022. Improving CubeSat reliability: Subsystem redundancy or improved testing?. Reliability Engineering & System Safety, 220, p.108288 Prieiga per: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832021007584
5. Dobiáš, P., Casseau, E. and Sinnen, O., 2021. Improving the CubeSat reliability thanks to a multiprocessor system using fault tolerant online scheduling. Microprocessors and Microsystems, 85, p.104312. Prieiga per:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141933121004737

1. STM32 ECC dokumentacija. Prieiga per:

https://www.st.com/resource/en/application\_note/an5342-error-correction-code-ecc-management-for-internal-memories-protection-on-stm32h7-series-stmicroelectronics.pdf