

Objekto su švyturėliu sekimas naudojant bepilotį orlaivį

Darbą atliko: Arvydas Tomkus EEI-7/2

Vadovas: prof. Linas Svilainis

2021-06-01

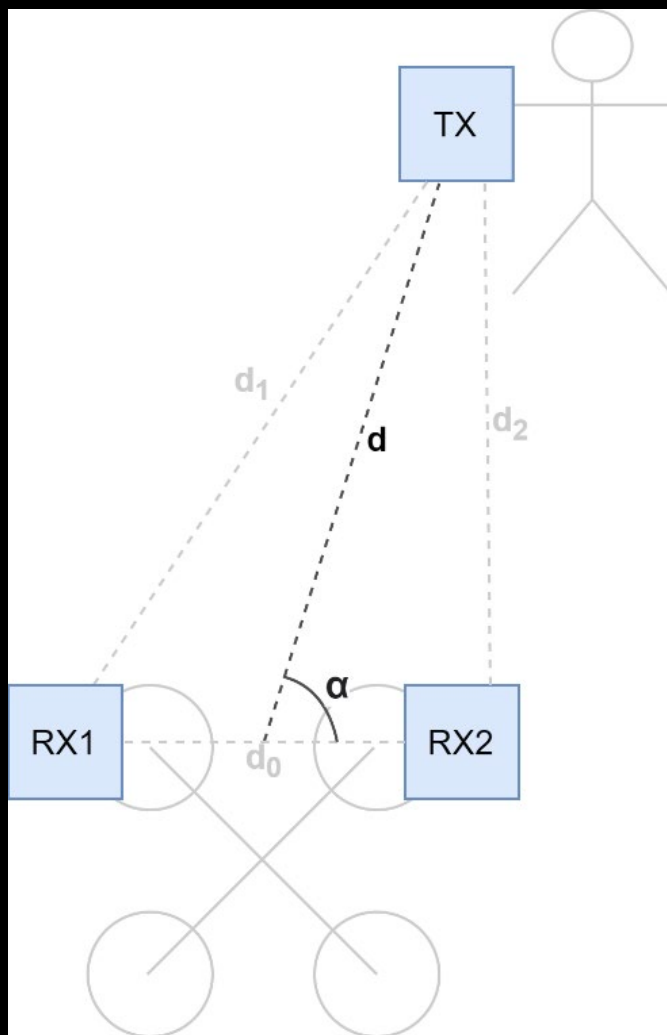
Darbo tikslas ir užduotys

ktu

Suprojektuoti kvadrokopterį papildančią sistemą, kuri atliktų pas žmogų prisegto švyturėlio sekimą.

1. Išmatuoti atstumą ir kampą į švyturėlį
2. Išmatuoti orlaivio aukštį
3. Užtikrinti švyturėlio sekimą tam tikru atstumu ir tam tikrame aukštyje.

Užduotis (1). Kampo ir atstumo iki švyturėlio matavimas



d_0 – žinomas iš anksto (30 cm)

d_1 ir d_2 išmatuota

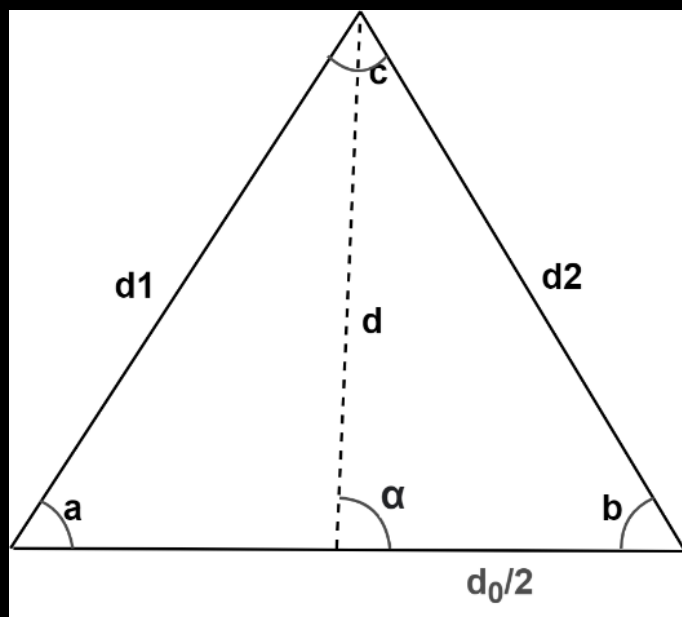
d – atstumas iki švyturėlio

α – kampas į švyturėlį

Užduotis (1). Trigonometrinis metodas

ktu

Įprastas atvejis. Du susikirtimo taškai



$$\angle b = \arccos\left(\frac{d_2^2 + d_0^2 - d_1^2}{2d_2d_0}\right)$$

$$d = \sqrt{d_2^2 + (d_0/2)^2 - 2d_2(d_0/2)\cos(\angle b)}$$

$$\angle \alpha = \frac{180}{\pi} \left| \frac{\arccos\left(\frac{d^2 + (d_0/2)^2 - d_2^2}{2d(d_0/2)}\right)}{1} \right|$$

Ribinis atvejis. Nėra susikirtimo taškų

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$\alpha = \begin{cases} -90^\circ, & \text{jei } d_2 > d_1 + d_0 \\ 90^\circ, & \text{jei } d_1 > d_2 + d_0 \end{cases}$$

Užduotis (2). Kvadrakopterio aukščio matavimas

| Bangų tipas | EM bangos (radaras) | Šviesos bangos (IR TOF jutiklis) | Akustinės bangos (ultragarso jutiklis) |
|--|---------------------|----------------------------------|--|
| Ar trukdo pašalinis oro srautas nuo propelerių ? | Ne | Ne | Taip |
| Ar tinka naudoti lauke ? | Taip | Ne | Taip |
| Kaina | Brangu | Pigu | Pigu |

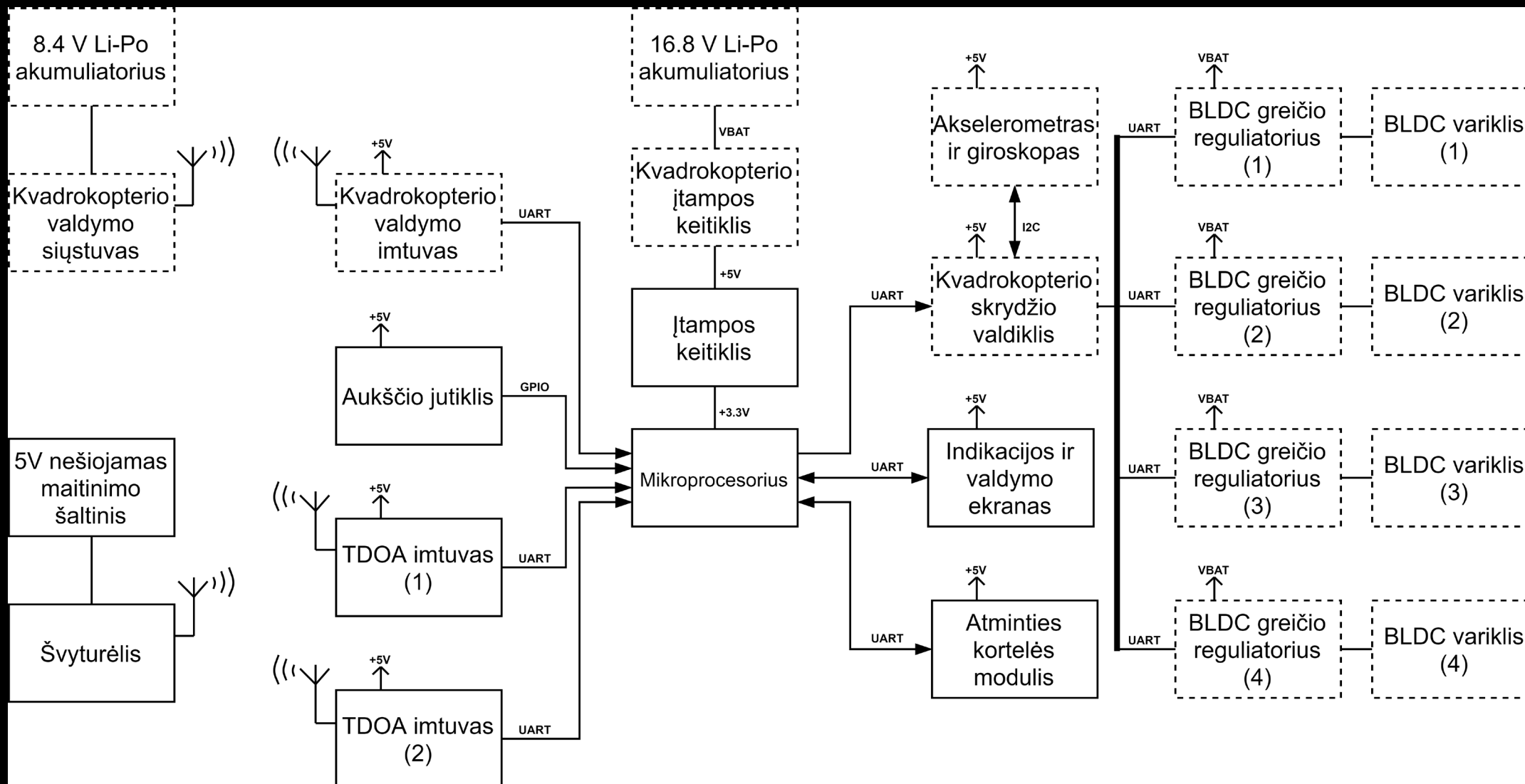
Užduotis (3). PID valdiklis kampui, atstumui ir aukščiui

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Papildomai:

1. Apribotas PID išėjimas
2. Apribota integralo suma
3. D dedamoji skaičiuojama nuo išmatuotos vertės, ne nuo paklaidos
4. LPF D dedamosios išėjime, su 20 Hz „cut off“ dažniu.

Sistemos struktūrinė schema



Komponentų pasirinkimas (1). UWB modulis ir ultragarso jutiklis

ktu

UŽ KIEKVIENOS TECHNOLOGIJOS - ŽMOGUS

| Pavadinimas | „BU01“ | „DWM1001-DEV“ | „Pozyx developer tag“ |
|-------------------------------|--------|----------------------------|--------------------------------------|
| Maksimalus atstumas, m | - | 300 | 60 |
| Atsitiktinė paklaida, cm | 10 | 10 | 10 |
| Sąsaja | „SPI“ | „UART“, „SPI“, „Bluetooth“ | „UART“, „I2C“ |
| Diskretizavimo dažnis, Hz | 10 | 10 | 10 |
| Papildomi jutikliai | - | Akselerometras | Akselerometras, giroskopas, kompasas |
| Plėtojimo plokštės kaina, Eur | 18 | 20 | 135 |
| Atskiro modulio kaina, Eur | 10 | 25 | - |

| Pavadinimas | HC-SR04 | GY-US42 | EV_MOD_CH101-01-02 |
|---------------------------|---------|----------------------|--------------------|
| Maksimalus atstumas, m | 4 | 7.5 | 1.2 |
| Atsitiktinė paklaida, mm | 3 | 10 | 1 |
| Matymo kampas, ° | 15 | 10 | 45 |
| Sąsaja | „PWM“ | „I2C“, „UART“, „PWM“ | „I2C“ |
| Diskretizavimo dažnis, Hz | 16 | 15 | 100 |
| Kaina, Eur | 3.5 | 7 | 18 |

Komponentų pasirinkimas (2). Mikroprocesorius

ktu

| Pavadinimas | „STM32L053C8U6“ | „STM32F303ZDT6“ | „STM32F732VET6“ |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Taktinis dažnis, MHz | 32 | 72 | 216 |
| Timerių kiekis | 9 | 14 | 18 |
| Laikinoji atmintis, kB | 8 | 64 | 256 |
| Flash atmintis, kB | 64 | 512 | 512 |
| „SPI“ kiekis | 4 | 4 | 5 |
| „UART“ kiekis | 2 | 5 | 4 |
| Palaiko „UART“ priėmimo loginį invertavimą | Taip | Taip | Taip |
| Korpusas | „LQFP-48“ | „LQFP-144“ | „LQFP-100“ |
| Kaina, Eur | 3.25 | 7.91 | 8.79 |

Komponentų pasirinkimas (3). Ekranas ir atminties kortelė

ktu

| Pavadinimas | „AST1032“ | „NX3224T024“ |
|-------------------------|-----------|--------------|
| Istrižainė, coliai | 0.96 | 2.4 |
| Technologija | OLED | TFT LCD |
| Valdymo sąsaja | „I2C“ | „UART“ |
| Rezoliucija | 128x64 | 320x240 |
| Srovės suvartojimas, mA | 15 | 90 |
| Lietimo sensorius | - | Yra |
| Kaina, Eur | 6.55 | 18 |

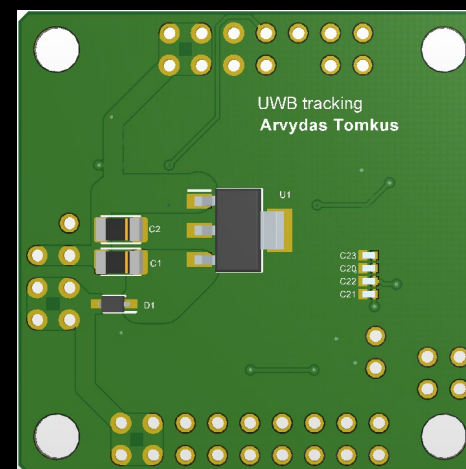
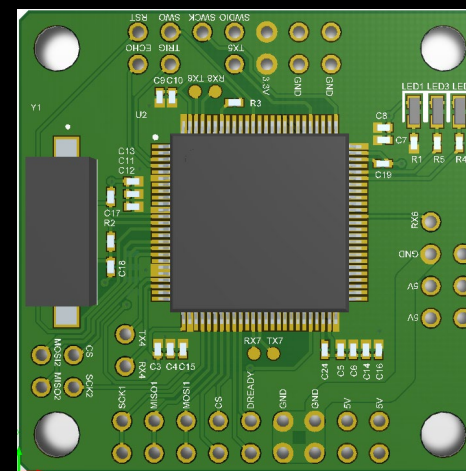
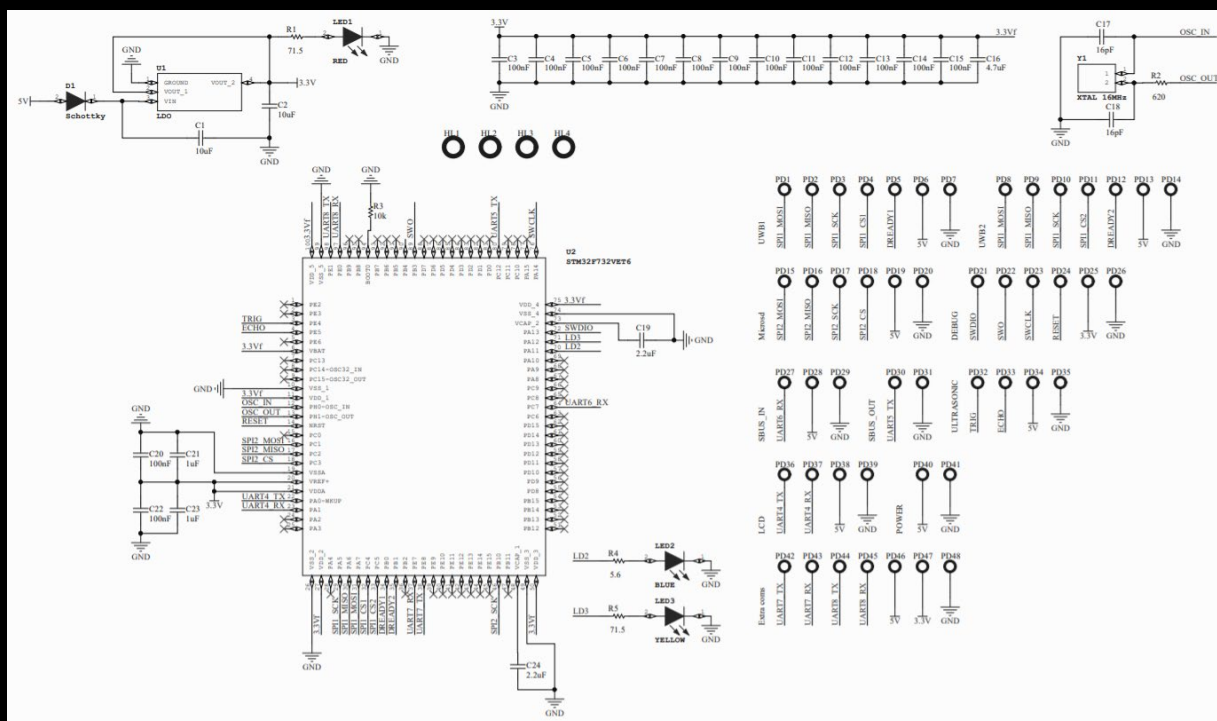
| Pavadinimas | „Adafruit MicroSD card breakout board+“ | „Sparkfun Openlog“ |
|-------------------------|---|--------------------|
| Valdymo sąsaja | „SPI“ | „UART“ |
| Maksimalus greitis | - | 115.2 kbit/s |
| Palaikoma failų sistema | „FAT16“, „FAT32“ | „FAT16“, „FAT32“ |
| Kaina, Eur | 6.55 | 18 |

Spausdinto montažo plokštė

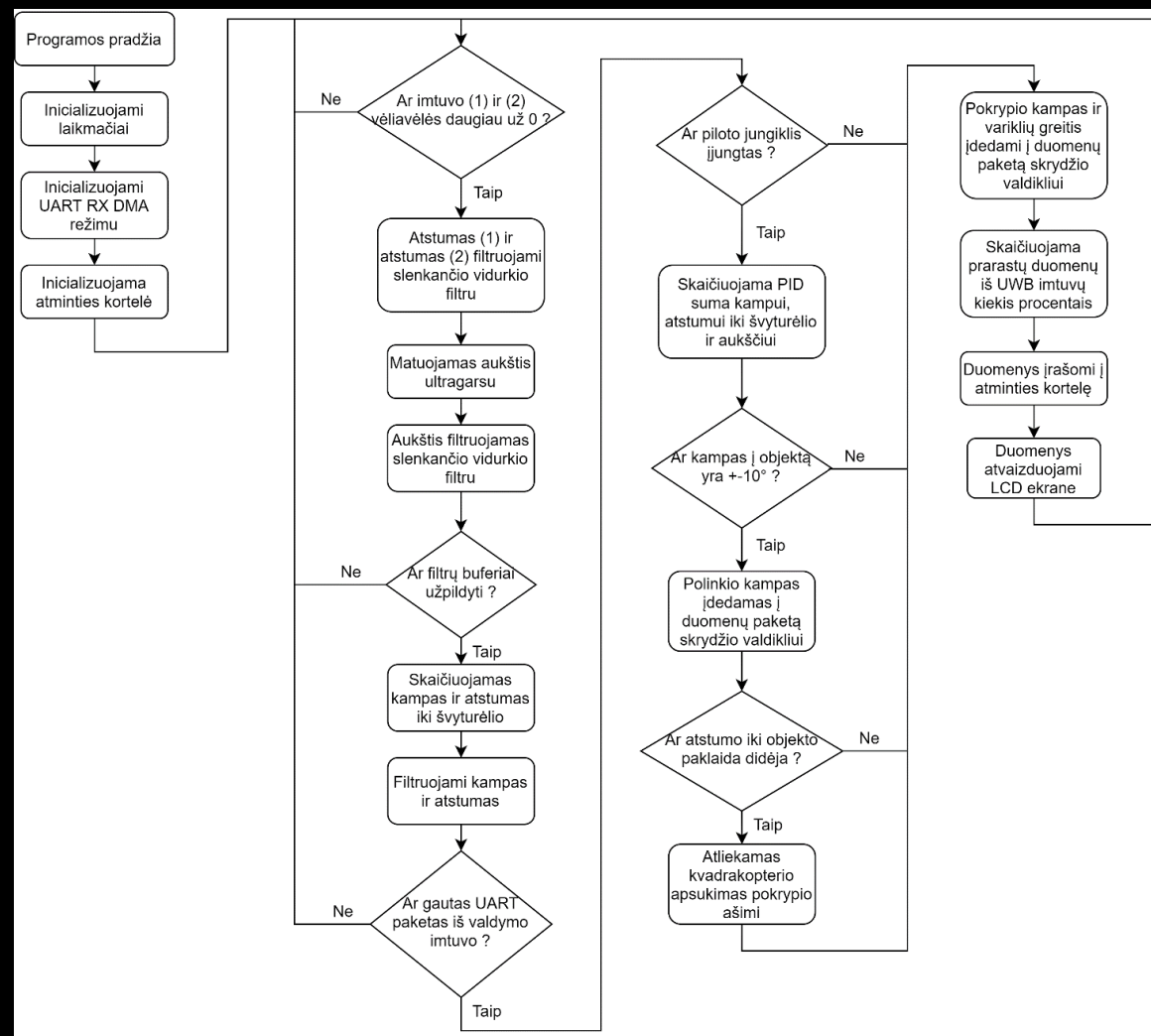
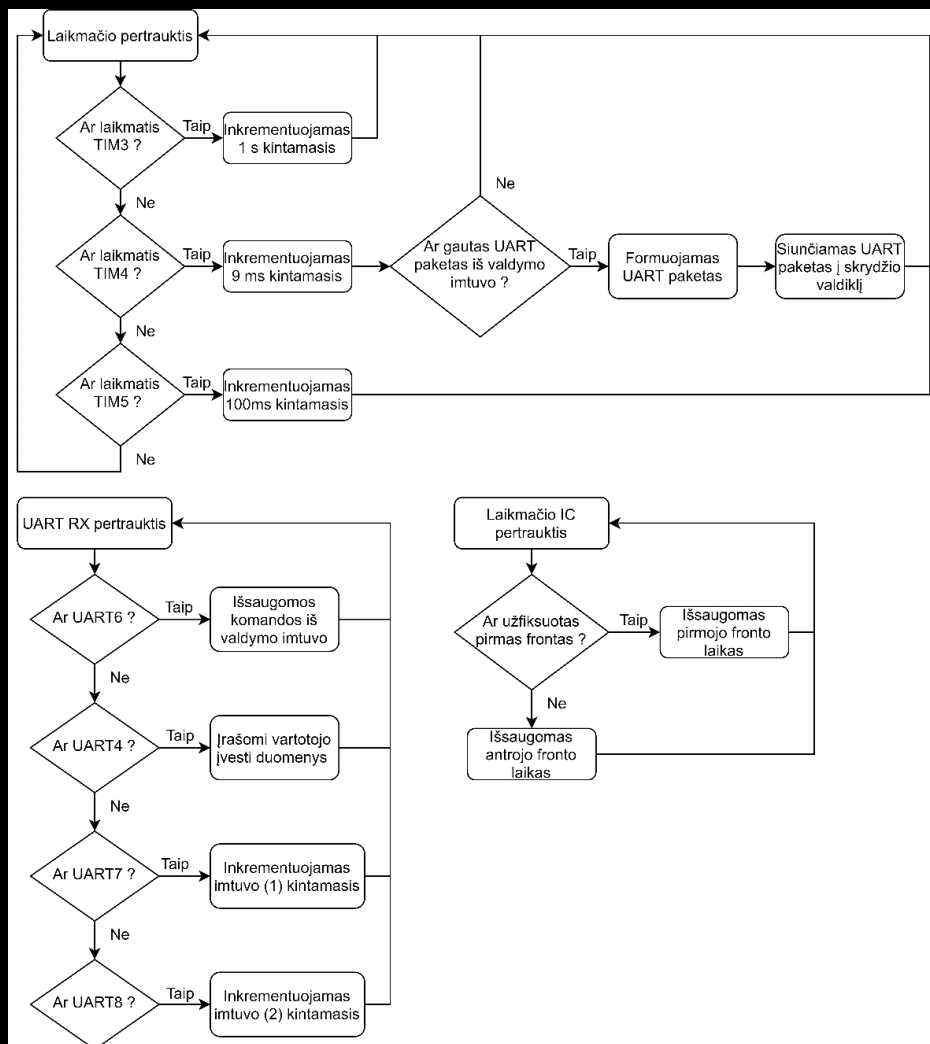
ktu

Reikalavimai:

1. Dydis 30x30 mm
2. Maitinimas iš 5V
3. Standartinės 2.54 mm jungtys

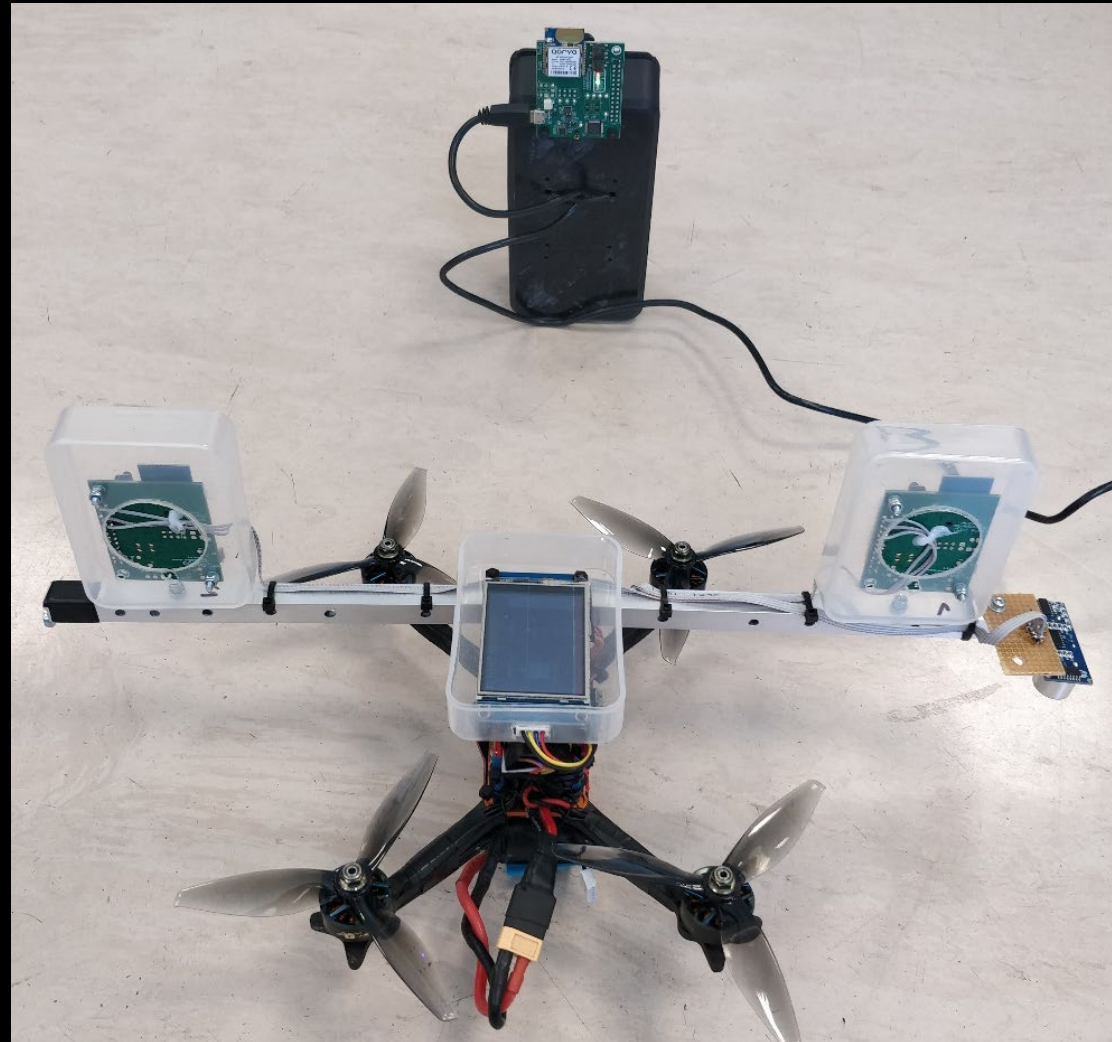
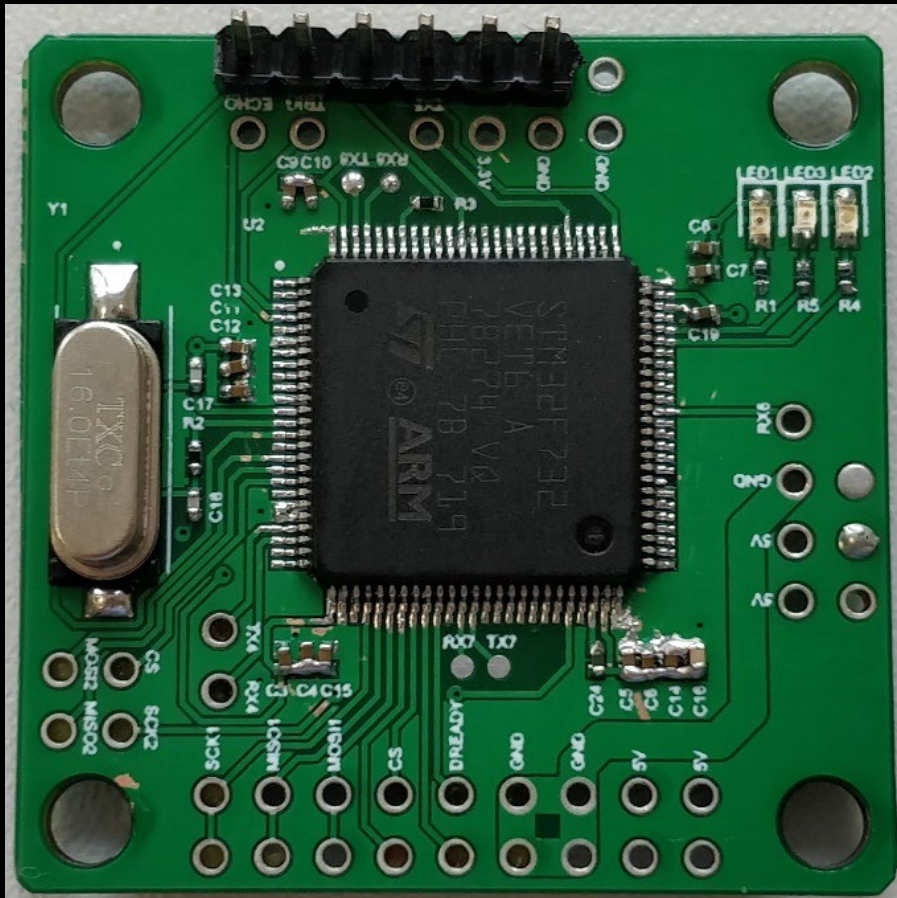


Programinis algoritmas



Rezultatai (1)

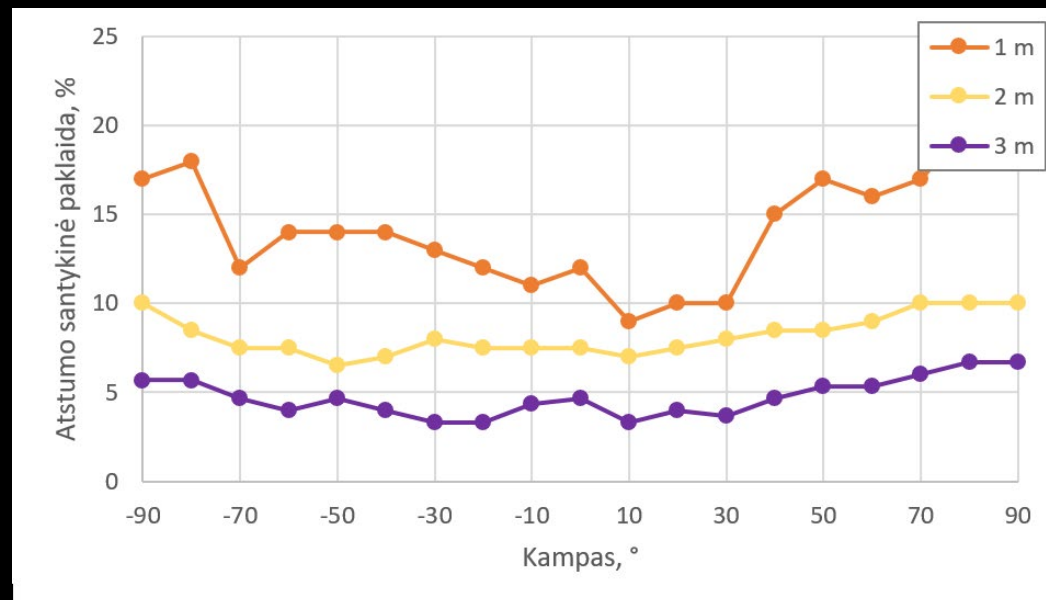
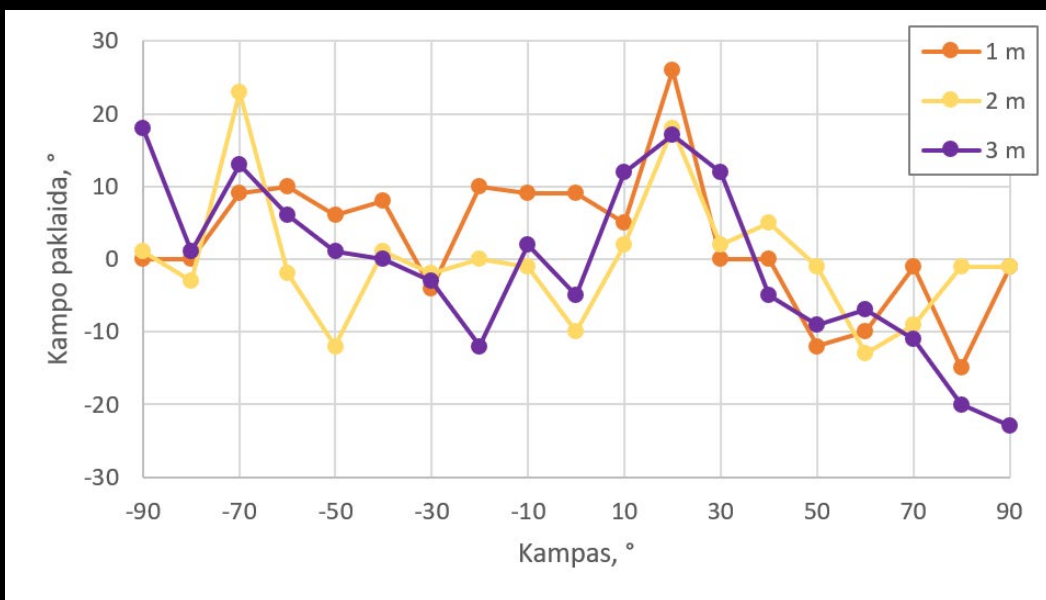
ktu



UŽ KIEKVIENOS TECHNOLOGIJOS - ŽMOGUS

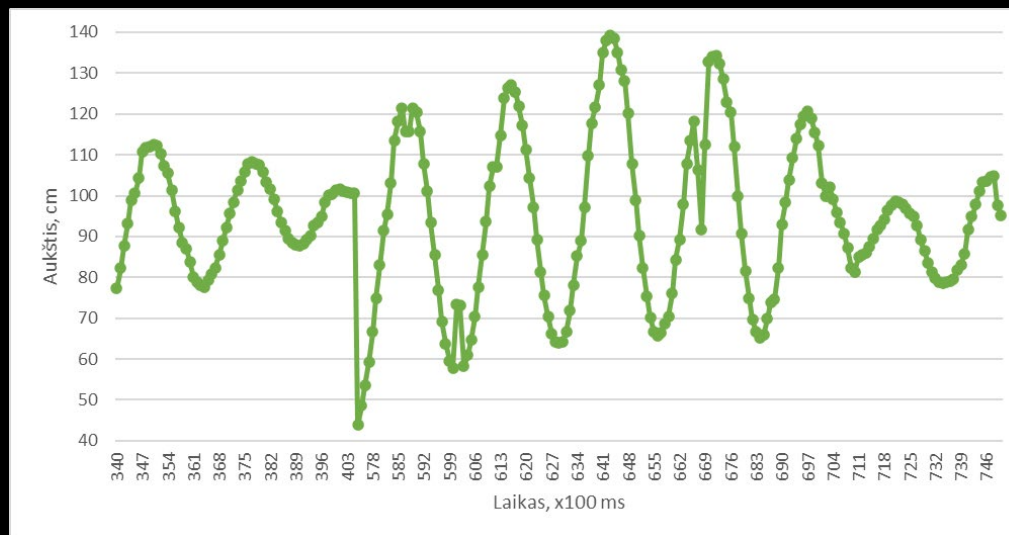
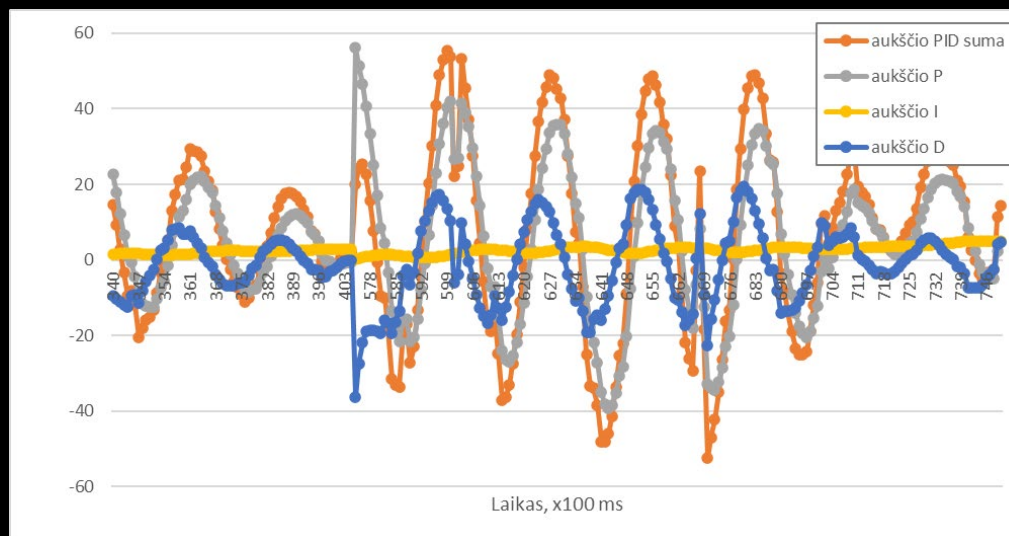
Rezultatai (2). Praktinės paklaidos

Paklaidos skaičiuotos, kai atstumas iki švyturėlio 1, 2, 3 m.



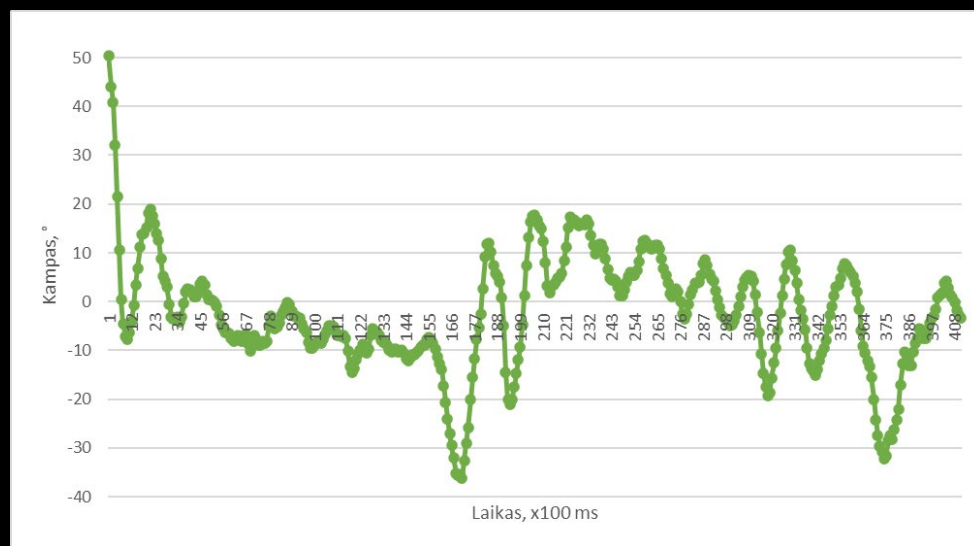
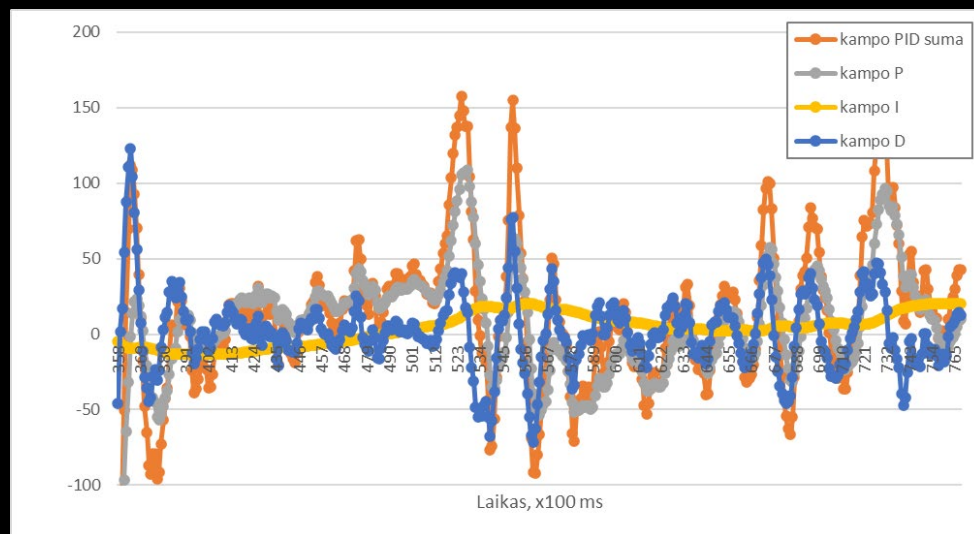
Rezultatai (2). Aukščio palaikymas

ktu



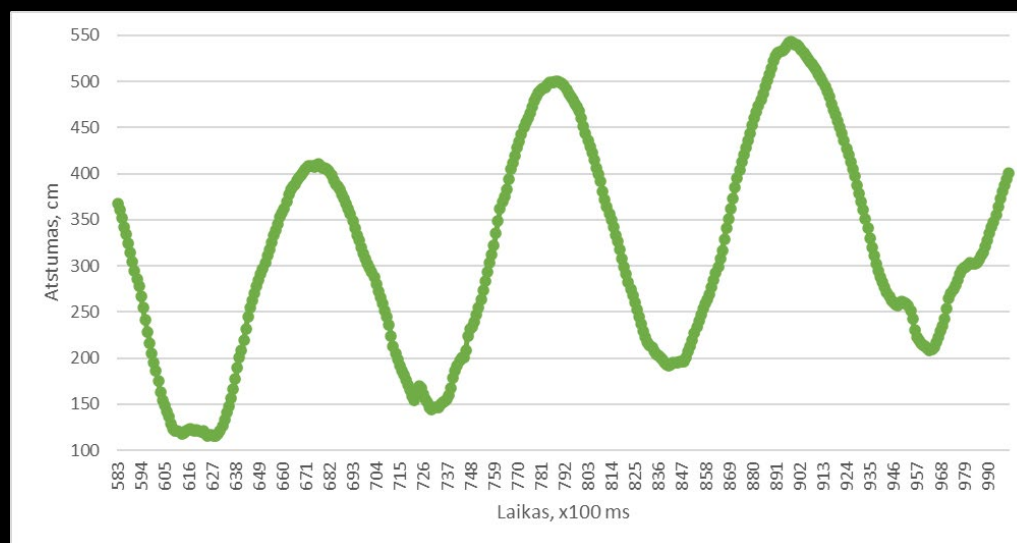
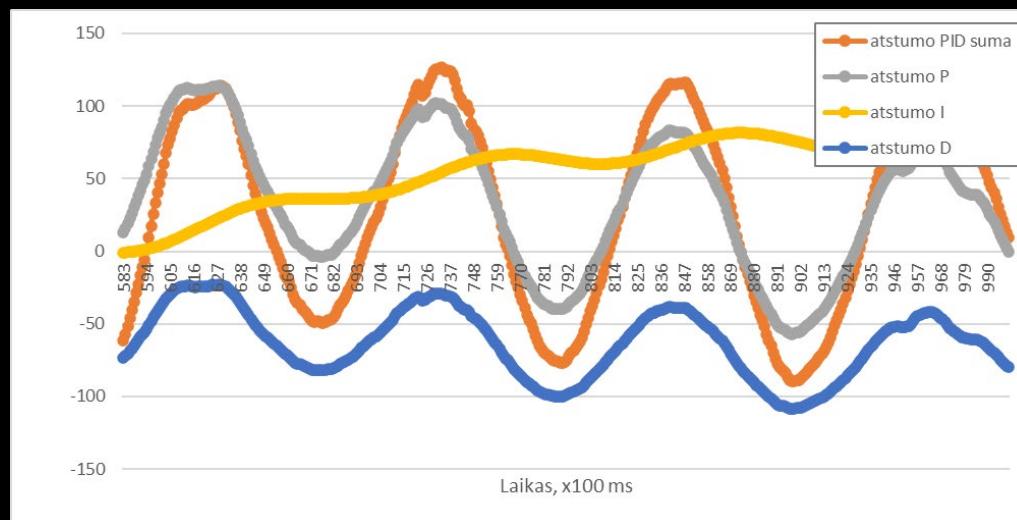
Rezultatai (3). Kampo į švyturėlį palaikymas

ktu



Rezultatai (4). Atstumo iki švyturėlio palaikymas

ktu



1. Kampo nustatymo paklaida siekia 20° , o atstumo nustatymo santykinė paklaida siekia 10%. Tačiau esant 0° kampui į švyturėlį, kampo nustatymo paklaida 10° , o atstumo nustatymo paklaida 7.5%. Kvadrokopteris seka švyturėlį palaikydamas užduotą atstumą ± 150 cm paklaidos ribose, kampą $\pm 15^\circ$ paklaidos ribose.
2. Kvadrokopteris palaiko užduotą aukštį ± 40 cm paklaidos ribose.
3. Reikalingi tolimesni eksperimentai, siekiant suderinti PID koeficientus ir sumažinti aukščio ir atstumo palaikymo perkompensavimą.