

VILNIAUS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS
MATEMATINĖS INFORMATIKOS KATEDRA

Nesudėtingų robotų konstravimas ir programavimas

Tiriamąojo seminaro darbas

Atliko:	3 kurso studentai	
	Anastasija Kiseliova	(parašas)
	Karolis Šimaitis	(parašas)
Darbo vadovas:	lekt. Irus Grinis	(parašas)

Vilnius – 2017

TURINYS

ĮVADAS	2
1. AERODINAMIKA	3
1.1. Ornitopterio plasnojimo dinamikos schema	3
1.2. Sparnų aerodinamikos skaičiavimai	3
1.3. Teoriniai ornitopterio aerodinaminiai duomenys	3
2. ORNITOPTERIO GRANDINĖS SCHEMA	6
3. DAR ŠIEK TIEK TEORIJS	7
3.1. Darbas su Bandomąja lenta	7
3.2. Komponentų fizinių duomenų matavimas naudojantis multimetru	8
4. NAUDOTOS DETALĖS	10
4.1. Mikrokontrolieris	10
4.2. Motoras	10
5. PROGRAMOS KODAS	11
REZULTATAI IR IŠVADOS	12

Įvadas

Žmonės visais laikais siekė peržengti savo fizinių galimybių ribas. Puikus to pavyzdys - legenda apie Ikarą bei Dedalą. Galbūt anuomet tokia idėja ir skambėjo kaip fikcija, tačiau šiais laikais esame pasiekę daugiau, nei bet kada anksčiau. Robotika - mokslas, apjungiantis savyje mechanikos inžineriją, elektros inžineriją, kompiuterių mokslą bei daug kitų disciplinų, leidžia kurti tai, apie ką mūsų protėviai galėjo tik pasvajoti. Tai, kas leidžia pasiekti padanges.

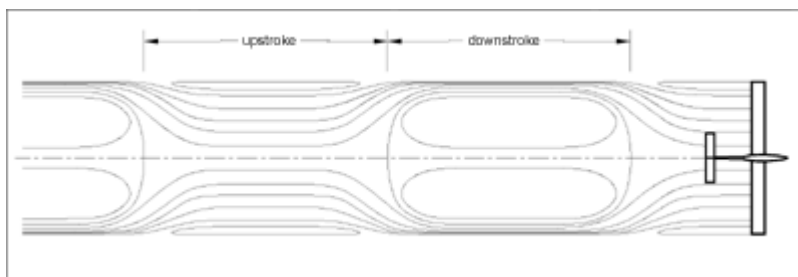
Ornitopteris - (ornito- + gr. pteron - sparnas) - aparatas, kuris skraidymui pasitelkia plasnojančius sparnus. Šio tipo prietaiso dizainų yra įvairių. Geriausiai žinomas, tikriausiai, yra Leonardo Da Vinčio paliktas modelis. Jo mašina turėjo būti sukurta skraidyti žmogui, ir, nors tokių įtaisų šiais laikais taip pat esama, pristatysime daug mažesnio dydžio analogą. MAV (Micro Aerial Vehicles) tyrinėjimas yra pakankamai nauja sritis. Elektronikos komponentų, pavyzdžiui, elektrinių motorų mažėjimas ir mikroelektronikos tobulėjimas lėmė per paskutinius keis metus išaugusį susidomėjimą ja. Dabar kiekvienas gali namie gana pigiai pasidaryti miniatiūrinį lėktuvą ar sraigtasparnį. Kam? Nedideli ornitopteriai gali būti panaudojami patalpų viduje, pavyzdžiui, daiktų paieškai, arba saugumui užtikrinti. Išorėje jie panaudojami ornitologų. Kadangi savo išvaizda ir dydžiu primena paukščius, įsilieję į pulką ornitopteriai geba stebėti jų elgesį, migraciją. Pagrindinė šių robotų savybė ir yra aplinkos stebėjimas iš paukščio skrydžio. Ornitopteriai taip pat kuriami siekiant ištirti plasnojančių sparnų aerodinamiką.

Taigi, tiriamojo seminaro darbo tikslas - susipažinti su robotų konstravimu bei programavimu; pagaminti roboto - ornitopterio, prototipą.

1. Aerodinamika

Kaip ornitopteris sukuria keliamąją ir varomąsias jėgas, nors jis plasnoja į abi puses? Šį klausimą aprašo ir bando pateikti atsakymą Horst Rübiger savo knygoje, kuria dalinai remsimės savo ornitopteriui tobulinti. Knygoje pateiktos išvados remiasi įvairiais žinomais tyrimais. Be plasnojimo aerodinamikos, taip pat turime įvertinti ir plasnojančio sparno dinamiką.

1.1. Ornitopterio plasnojimo dinamikos schema



1.2. Sparnų aerodinamikos skaičiavimai

Visų pirma, sparnas yra menamai padalinamas į labai siauras juosteles. Tada kiekvienai iš šių juostelių apskaičiuojamas aerodinaminės jėgos pastoviomis oro tekės sąlygomis. Jų suma yra viso sparno pločio integralas. Šitaip gauname kilimo ir varomąsias jėgas plasnojančiam sparnui kuriuo nors fiksuotu laiko momentu plasnojimo cikle. Šis procesas yra kartojamas lygiais laiko tarpais sparnų mosavimo judesiui, todėl tokie dalykai kaip cirkuliacijos pokyčiai ir ateinančio oro srauto pokyčiai tampa pagrindo dalimi. Tuo pat metu yra laikoma, kad oro tekė skaičiavimų metu nesikeičia. Viso mosto jėgą galime gauti integruodami jėgos progresiją laiko atžvilgiu. Todėl plasnojimas žemyn ir plasnojimas aukštyn apskaičiuojami atskirai ir tai sudaro viso plasnojimo ciklo sukuriamą jėgą.

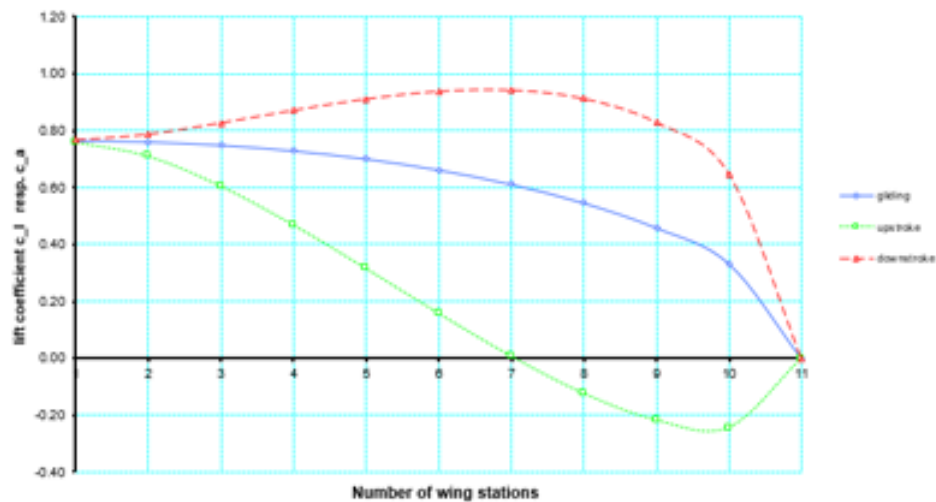
1.3. Teoriniai ornitopterio aerodinaminiai duomenys

Aerodinamikos duomenys gauti naudojantis ornitopterių aerodinamikai apskaičiuoti skirtu įrankiu Orni1

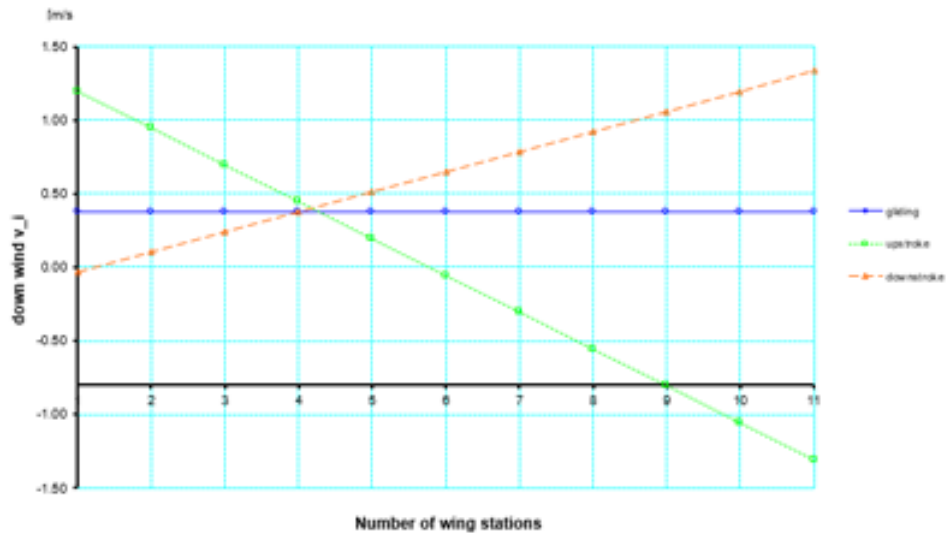
arithmetic	reduced frequency (must value < 0.2)	μ		Wing station values										
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	number of wing stations along halfspan	j		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	number of wing stations total	n		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	relative distance from wing root	y/s bzw. j/n		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
gliding	flight speed	v_G	m/s	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	Reynolds number (Re=v_G*x/70,000)	Re_G		41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000	41,000
general	average circulation	Γ_{mG}	m ² /s	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
	aerodyn. center distance to the wing root in rel. to circulation	y Γ_G		0.424	0.424	0.424	0.424	0.424	0.424	0.424	0.424	0.424	0.424	0.424
on stations	circulation	$\Gamma_G(y)$	m ² /s	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.16	0.13	0.10	0.00
	lift coefficient	c_aG(y)		0.76	0.76	0.75	0.73	0.70	0.66	0.61	0.55	0.46	0.33	0.00
	transverse force	F_QG(y)	N	3.4	3.4	3.4	3.3	3.2	3.0	2.8	2.5	2.1	1.5	0.0
	angle of incidence	$\alpha_G(y)$	deg	74.4	74.0	72.9	70.9	68.0	64.2	59.1	52.6	43.8	31.3	-2.0
	induced down wind	v_iG(y)	m/s	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
	induced down wind angle	$\alpha_iG(y)$	deg	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
	angle of incidence	$\alpha_{EG}(y)$	deg	74.1	73.7	72.5	70.6	67.7	63.9	58.8	52.3	43.5	31.0	-2.3

power flight	flight speed	v_K	m/s	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
general	maximum of angular velocity	ω_{max}	rad/s	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
upstroke	aerodyn. center distance to the wing root in rel. d	y_{f1}		0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
general	circulation factor	k_{f1}		0.386	0.386	0.386	0.386	0.386	0.386	0.386	0.386	0.386	0.386	0.386	0.386
	average circulation	Γ_{m1}	m ² /s	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
on stations	circulation	$\Gamma_1(y)$	m ² /s	0.22	0.21	0.18	0.14	0.10	0.06	0.01	-0.02	-0.05	-0.06	0.00	
	vertical speed	$v_{u1}(y)$	m/s	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	
	freestream velocity (effective velocity)	$v_{e1}(y)$	m/s	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	lift coefficient	$c_{a1}(y)$		0.73	0.69	0.59	0.47	0.33	0.19	0.05	-0.07	-0.16	-0.20	0.00	
	transverse force	$F_{Q1}(y)$	N	3.7	3.5	3.0	2.4	1.7	0.9	0.2	-0.4	-0.8	-1.0	0.0	
	angle of attack	$\alpha_1(y)$	deg	71.4	67.0	57.4	45.0	31.1	16.7	2.8	-9.4	-18.4	-21.6	-2.0	
	induced down wind	$v_{i1}(y)$	m/s	1.10	0.87	0.65	0.43	0.20	-0.02	-0.25	-0.47	-0.70	-0.92	-1.14	
	induced down wind angle	$\alpha_{i1}(y)$	deg	4.7	3.7	2.8	1.8	0.9	-0.1	-1.0	-2.0	-2.9	-3.9	-4.8	
	feathered angle	$\delta_1(y)$	deg	0.0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	
	angle of incidence	$\alpha_{E1}(y)$	deg	74.1	69.0	58.8	45.7	31.1	16.0	1.5	-11.4	-21.1	-24.9	-6.0	
	wing twisting characteristic	$V_{\Delta\alpha1}$	deg/m						-659.6						
dowstroke	aerodyn. center distance to the wing root in rel. d	y_{f2}		0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451
general	circulation factor	k_{f2}		1.217	1.217	1.217	1.217	1.217	1.217	1.217	1.217	1.217	1.217	1.217	1.217
	average circulation	Γ_{m2}	m ² /s	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
on stations	circulation	$\Gamma_2(y)$	m ² /s	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.21	0.19	0.14	0.00	
	vertical speed	$v_{u2}(y)$	m/s	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	
	freestream velocity (effective velocity)	$v_{e2}(y)$	m/s	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	lift coefficient	$c_{a2}(y)$		0.77	0.78	0.79	0.79	0.79	0.78	0.75	0.70	0.61	0.45	0.00	
	transverse force	$F_{Q2}(y)$	N	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.5	3.1	2.3	0.0	
	angle of attack	$\alpha_2(y)$	deg	75.1	75.7	76.6	77.1	76.6	75.6	72.7	67.5	58.9	44.1	-2.0	
	induced down wind	$v_{i2}(y)$	m/s	0.23	0.29	0.34	0.39	0.45	0.50	0.56	0.61	0.67	0.72	0.77	
	induced down wind angle	$\alpha_{i2}(y)$	deg	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.1	3.3	
	feathered angle	$\delta_2(y)$	deg	0.0	-0.3	-0.6	-0.9	-1.2	-1.4	-1.7	-2.0	-2.3	-2.6	-2.9	
	angle of incidence	$\alpha_{E2}(y)$	deg	74.1	74.6	75.4	75.9	75.7	74.3	71.4	66.1	57.4	42.5	-3.6	
	wing twisting characteristic	$V_{\Delta\alpha2}$	deg/m						144.4						
total	wing twisting characteristic total	$V_{\Delta\alpha K}$	deg/m						-834.0						

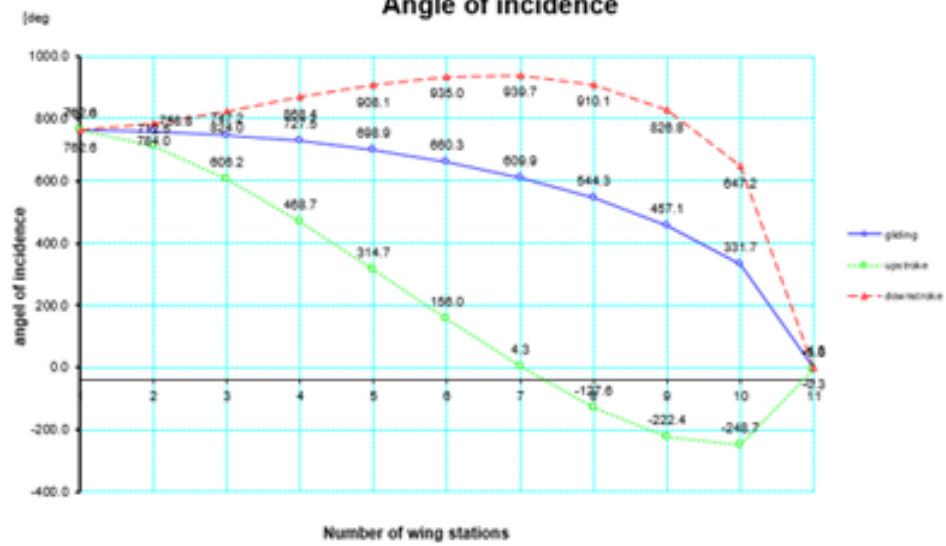
Lift coefficient



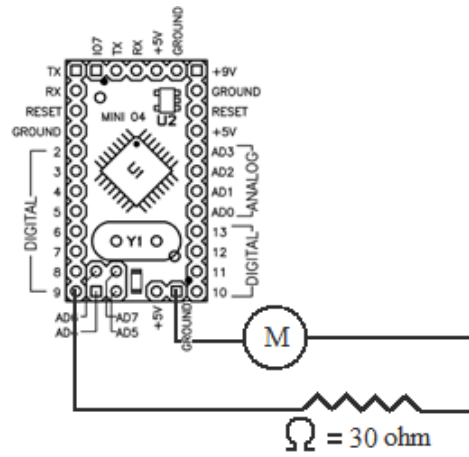
Down wind on the wing



Angle of incidence



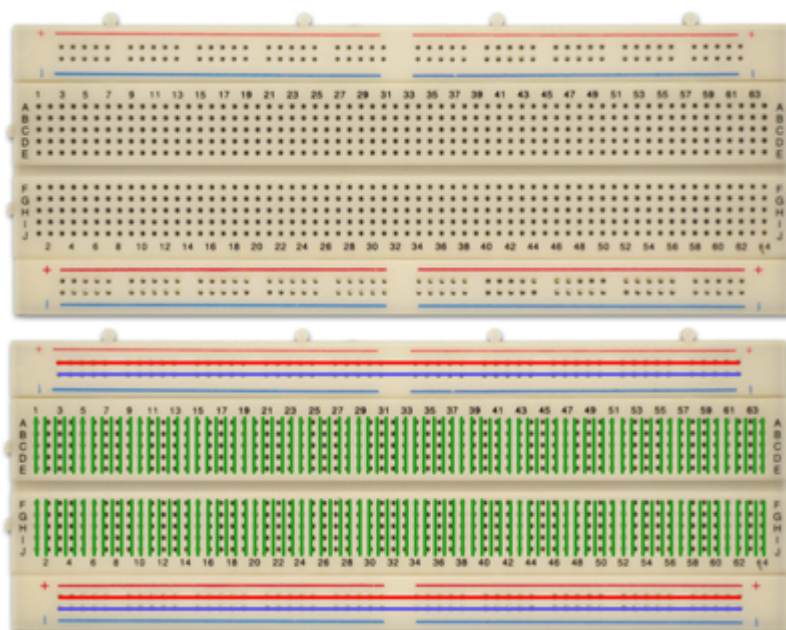
2. Ornitopterio grandinès schema



3. Dar šiek tiek teorijos

3.1. Darbas su Bandomąja lenta

Testuojant grandinę ir į ją ieinančius elementus, labai praverčia bandomoji lenta: prietaisas, leidžiantis sujungti komponentes į grandinę be papildomo litavimo. Breadbord'as yra stačiakampė plastikinė plokštė, kurioje lygiais intervalais išsidėsčiusios skylutės. Šią plokšę dažnai skiria trys grioveliai: du viršuje ir apačioje, ir vienas per vidurį. Išorinės eilės jungiasi viena su kita horizontaliai. Viena eilutė skirta teigiamai, kita neigiamai išeičiai/įeičiai. Per vidurį esančios eilės skyliųčiu yra skirtos komponentėms jungti. Visos skylutės, esančios viename stulpelyje, yra sujungtos. Per vidurį einantis griovelis atskiria šias dvi eiles skyliųčių. Naudodami bandomąją lentą galime labai paprastai viską sujungti tiek nuosekliai, tiek lygiagrečiai.



Elementų sujungimą tarpusavy palengvina laidai su antgaliais, vadinamais „jump’eriais“. Jie būna trijų jungimo tipų: vyras/vyras, vyras/moteris, moteris/moteris. Antgalis-vyras turi metalinį strypelį, kuris įkišamas į bandomosios lentos skylutes arba antgalius-moteris. Antgalis-moteris yra naudojamas kaip ir jungtis ant bandomosios lentos. Su šiuo antgaliu galime prijungti kitas elektronines detales tiesiogiai.



3.2. Komponentų fizinių duomenų matavimas naudojantis multimetru



Multimetras - įrankis, skirtas įvairiems dydžiams matuoti. Elektronikoje naudojamas multimetras dažniausiai turi šiuos matavimo režimus: Amperų matavimas, Voltų matavimas, Omų (varžos) matavimas ir grandinės uždaro matavimas. Šiuolaikiniai multimetrai turi ir kitokių matavimo režimų, tačiau pagrindiniai išlieka paminėtieji. Matavimai atliekami taip: pirma, nustatoma multimetrom padėtis į vieną iš režimų. Kiekvienas režimas skirstomas į reikšmes, iki kurių multimetras gali matuoti. Jeigu norimo matuoti dydžio reikšmė visiškai nežinoma, pradedama nuo didžiausios reikšmės ir mažinama tol, kol skaičiai priartėja prie vienos iš reikšmių arčiausiai. Antra, matavimo laidai yra pridedami prie testuojamo prietaiso/komponento galų taip, kad susidarytu grandinė. Trečia, priklausomai nuo testavimo režimo, galimai reikia prijungti viską prie elektros šaltinio. Jeigu multimetrom ekrane rodomas klaidos pranešimas arba "1" (skirtingi gamintojai skirtingai žymi), reiškia, kad matuojama reikšmė yra didesnė, negu pasirinkta reikšmė ant multimetrom. Jeigu reikšmė - nulis arba labai maža, grįžtame į pirmą žingsnį ir sumažime režimo reikšmę. Taip darome tol, kol pasiekiamo mažiausią reikšmę, arba kai pirmą kartą pasiekiamo klaidą. Pirmuoju atveju tiksliau pamatuoti su šiuo multimetru neišeis, o kitu atveju grįžtame į aukštesnį multimetrom matavimo

rėžimo tikslumą ir pamatuojame reikšmę. Tada mes esame užtikrinti, kad multimetras rodys tiksliausius rodmenis. Grandinės uždaro rėžimas nereikalauja elektros šaltinio. Šio rėžimo metu yra siunčiama srovė iš multimetrom ir laukiama jos grįžtant atgal į multimetrom. Jeigu srovė grįžta, multimetras skleidžia cypimo garsą, o jeigu ne, tai jokio garso nėra. Šio rėžimo pagalba taip pat galime nustatyti komponentų ypatingas savybes (pvz.: ar tranzistorius yra PNP, ar NPN tipo). Šių savybių nustatymo metu garsas nėra skleidžiamas, ir rodomi skaičiai ekrane. Šių skaičių reikšmė kiekvienam elementui yra skirtinga.

4. Naudotos detalės

Roboto karkasui panaudota detalė iš „Nine Eagles“ motoro rinkinio sudaro pagrindinę ašį. Kitos karkaso detalės daugiausia pasirinktos tik dėl nedideli svorio tam, kad ornitopterio sparnai nebūtų per daug apkrauti (šiaudeliai, pagaliukai). Taip pat, užtikrinti saugumui, naudojamas 30Ω rezistorius. Pilnas ornitopterio ilgis - 14cm, plotis su sparnais - 29cm. Roboto valdymui naudojamas Arduino mikrokontroleris.

4.1. Mikrokontroleris

Arduino Pro Mini yra „ATmega328“ (vieno lusto mikrokontroleris) besinaudojanti mikrokontrolerio plokštė. Ji turi 14 skaitmeninių įvesties / išvesties kaiščių (iš kurių 6 gali būti naudojami kaip PWM išėjimai), 6 analoginius įėjimus, joje įrengtą rezonatorių, perkrovimo mygtuką ir angas tvirtinimui prie kaiščių. Šeši kaiščiai gali būti prijungiami prie FTDI kabelio arba USB adapterio teikti maitinimą plokštei.[**ArduinoDok**]

4.2. Motoras

„Nine Eagles“ 10g sveriantis mini motoras, priimantis 3,7V ir 110mAh. „Nine Eagles“ specializuojasi dronų kūrime ir gamina itin lengvus ir sąlyginai galingus motorus.

5. Programos kodas

Programavimo dalis prototipe įgyvendinama minimaliai. Norint kontroliuoti motoro galią bei greitį, reikėtų prie bendros schemos pridėti tokias komponentes, kaip potenciometras. Žinoma, pilname ornitopterio modelyje turėtų būti pasiekama absoliuti kontrolė, tai yra, skrydžio režimai įgyvendinami ne keičiant laiką tarp impulsų.

```
void loop()
```

```
    ascend(3000);
```

```
    floating(1000);
```

```
    glide(500);
```

```
    descend(1500);
```

```
void ascend(int time)
```

```
digitalWrite(motorPin, HIGH);
```

```
delay(time);
```

```
void floating(int time)
```

```
for(int i = 0; i < 100; i++)
```

```
digitalWrite(motorPin, HIGH);
```

```
delay(time*0.9/100);
```

```
digitalWrite(motorPin, LOW);
```

```
delay(time/1000);
```

```
void glide(int time)
```

```
delay(time);
```

```
//Make wings parallel with the ground
```

```
//Motor is completely off
```

```
void descend(int time)
```

```
for(int i = 0; i < 100; i++)
```

```
digitalWrite(motorPin, HIGH);
```

```
delay(time*0.7/100);
```

```
digitalWrite(motorPin, LOW);
```

```
delay(time*0.3/100);
```

Rezultatai ir išvados

Atliekant darbą, sunkiausia dalis buvo optimaliai pasirinkti detales kuriant kūno mechaninį judėjimą. Kadangi ornitopterių konstravimas nėra plačiai paplitęs, parduotuvėje jau pagamintos dalys nėra parduodamos. Teko pasitelkti vaizduotę.

Prototipas buvo sukurtas po daugelio bandymų. Dizainas, prie kurio buvo pasilikta, yra optimalus turimoms priemonėms. Tęsiant projektą, reikėtų naudoti galingesnę motora, tvirtesnę karkasą bei sparnus, prijungti uodegą skridimo krypties reguliavimui, atitinkamai pakeisti kodą.



1 pav. Prototipas

<https://www.youtube.com/watch?v=qNnkbspvHCc>

Šaltiniai

- [1] John Nussey. *Arduino For Dummies*. 1993.
- [2] Horst Rübiger. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. (German) [*On the electrodynamics of moving bodies*]. Annalen der Physik, 322(10):891–921, 1905.
- [3] „RF Spectrum Analyzer - Made in Germany“, vartotojo vadovas.
<https://www.manualslib.com/manual/1009966/Pro-Skit-Mt-1232.html?page=3>
- [4] Arduino dokumentacija.
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>