

»MLADI ZA NAPREDEK MARIBORA 2015«

32. SREČANJE

QuadCopter

Raziskovalno področje: elektrotehnika,elektronika
Raziskovalna naloga



Avtor: LUKA KOBAL, JANI KAUKLER, ŽIGA PODHOSTNIK
Mentor: MILAN IVIČ
Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR

LETO 2015

Kazalo vsebine

POVZETEK	4
VSEBINSKI DEL	5
Oquadcopter	5
Krmiljenje quadcopterja	7
Postopek razvijanja raziskovalne naloge	9
Tehniška in tehnološka dokumentacija.....	10
Arduino krmilnik.....	11
Ogrodje quadcopterja	12
Baterija	13
Motorji	14
Krmilniki motorjev (ESC - <i>Electronic Speed Controller</i>)	15
Propelerji	16
Girooskop.....	17
Ultra zvočni senzor	18
Bluetooth	19
GPS	20
Razvijanje programa.....	21
DRUŽBENA ODGOVORNOST	23
SKLEP	24
VIRI	25

Kazalo slik

Slika 1: Prvo vozilo na štiri propelerje[1] (vir: google.si/slike).....	5
Slika 2: Primer quadcopterja za meritve [2] (vir: google.si/slike).....	6
Slika 3: prikaz rotacije za lebdenje[3] (vir: google.si/slike)	7
Slika 4: prikaz napačnega krmiljenja [4] (vir: google.si/slike)	7
Slika 5: prikaz pravičnega krmiljenja [5] (vir: google.si/slike)	8
Slika 6: Krmilnik Arduino Uno [6] (vir: google.si/slike).....	11
Slika 7: Ogradje z lastnostmi [7] (vir: google.si/slike).....	12
Slika 8: Baterija z lastnostmi[8] (vir: google.si/slike)	13
Slika 9: Motor z specifikacijami[9] (vir: google.si/slike)	14
Slika 10: krmilnik motorjev in specifikacije[10] (vir: google.si/slike).....	15
Slika 11: Propelerj z specifikacijami[11] (vir: google.si/slike)	16
Slika 12: Girooskop[12] (vir: google.si/slike).....	17
Slika 13:Ultra zvočni senzor[13] (vir: google.si/slike).....	18
Slika 14:Bluetooth modul[14] (vir: google.si/slike)	19
Slika 15: GPS module [15] (vir: google.si/slike).....	20

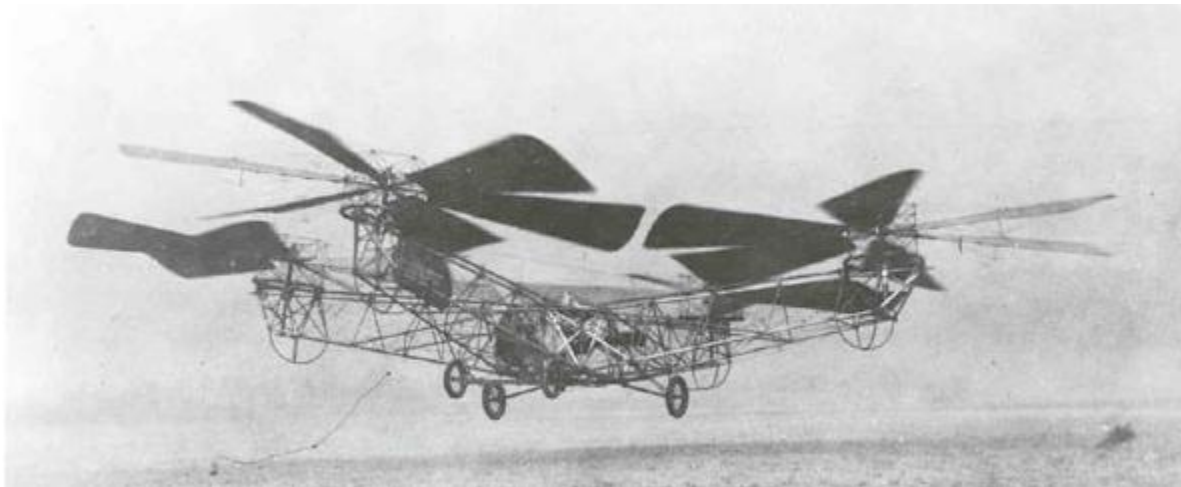
POVZETEK

V tej raziskovalni nalogi želimo izdelati in s pomočjo arduino krmilnika krmiliti t.i. quadcopter, kar je zračno plovilo, ki ima pogon na 4 propelerje. Naš cilj pa ni samo izdelati in krmiliti običajen quadcopter, temveč želimo na njega vključiti razne uporabne elemente, kot sta GPS, in ultrazvočni sensorji. Ti elementi bi nam pomagali s krmiljenjem tega quadcopterja in bi omogočali razne dodatne funkcije (orientacija v prostoru, postavitve raznih točk (checkpoint), za katere si zapolni lokacijo in se nato na to točko vrne, ko dobi ukaz. S pomočjo ultrazvočnih sensorjev pa bi želeli narediti, da bi quadcopter lahko ocenil razdaljo od stene v štirih smereh (torej spredaj, zadaj, levo in desno) in bi se glede na to oceno prilagodil tako, da se ne bi zaletel v steno in bi se je izogibal. En ultrazvočni senzor pa bo še spodaj zato, da bo quadcopter lahko lažje ohranjal stalno razdaljo od tal.

VSEBINSKI DEL

Quadcopter

Zgodovina quadcopterja sega v leto 1907, takrat je Louis Breguet izdelal tako imenovan Gyroplane, ki je bil krmiljen s štirimi propeleji in se je dvignil samo par decimetrov. Naslednji poizkus je bil leta 1920 in je bil sestavljen iz enega samega motorja in 8 propelerjev. Ta je postavil rekord za prvi helikopter, ki je letel 1 kilometer. Naslednji poizkus, ki je bil bolj podoben današnjemu quadcopterju je bil iz leta 1922 in je bil v obliki X s štirimi propelerji. Ta quadcopter je dosegel višino 5 m , ampak ga je bilo zelo težko obdržati v zraku za dolgo časa , saj so bile težave z energijo.



Slika 1: Prvo vozilo na štiri propelerje[1] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Takšne velike quadcopterje so razvijali večinoma samo za vojaške namene, dandanes pa so zelo popularni manjši modeli v premeru do 50 centimetrov, ki so namenjeni za snemanje in merjenje raznih naravnih pojavov, do katerih človek težje dostopa. Na primer do vulkanov, kjer so zelo primerne zračne slike in je quadcopter odličen pripomoček, saj še lahko na njega damo določene senzorje, ki merijo pline ki izstopajo.

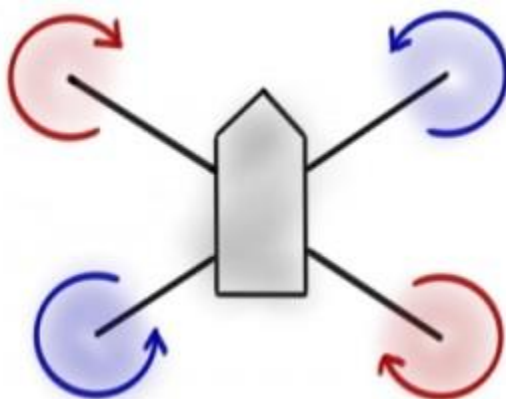


Slika 2: Primer quadcopterja za meritve [2] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Druge uporabe so tudi za razne raziskave na univerzah, kot za odkrivanja novih načinov krmiljenja letenja z uporabo navigacije in razne robotske dodatke. Glavna naloga raziskav pa je še vedno izboljševanje krmiljenja, da se ljudje ne rabijo podati v nevarnosti ampak lahko samo krmilijo quadcopter iz varne točke in dobijo od njega slike in rezultate senzorjev. Raziskovanja tudi pomagajo v boju proti drogam, saj z njimi lažje opazujejo ljudi, brez da se podajajo v nevarnost, in imajo zato tudi velik vojaški pomen.

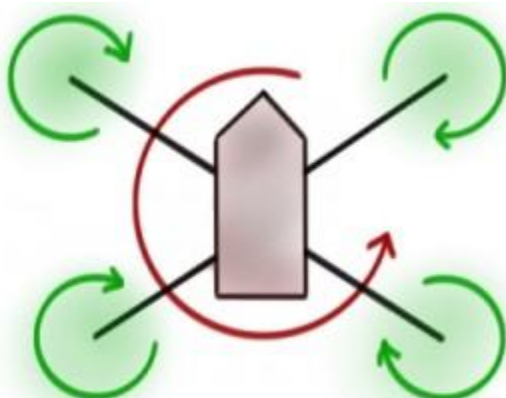
Krmiljenje quadcopterja

Vsak rotor proizvaja okoli sebe določeno silo navora in potisno silo. Če prej nastavimo, da se vsak rotor vrti z enako kotno hitrostjo in se rotor ena in tri vrtita v smeti urnega kazalca ter se rotor dva in štiri vrtita v obratni smeri, je vsota vseh sil na telo enaka nič. Če se quadcopter v takšnem trenutku že nahaja v zraku, bo ostal na mestu in to stanje imenujemo *hovering*.



Slika 3: prikaz rotacije za lebdenje [3] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

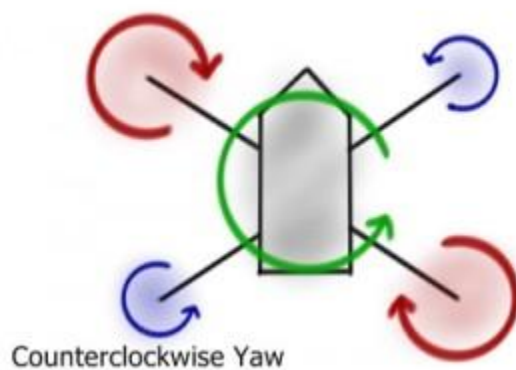
Nadaljnje krmiljenje pa sestoji samo iz spreminjanja kotnih hitrosti propelerjev in računanja rezultant sil, da ugotovimo smer letenja.



Slika 4: prikaz napačnega krmiljenja [4] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Praviloma quadcopter ne naredimo tako, da bi se vsi rotorji vrteli v enako smer, saj bi se v tem primeru začel vrteti in ga ne bi mogli kontrolirati, je pa slika za prikaz učinka na

quadcopter, če bi se vsi rotorji vrteli v isto smer; začel bi se vrteti v obratno smer vrtenja rotorja. Iz tega primera vidimo, da vsak rotor povzroča, da se quadcopter vrti v obratno smer vrtenja rotorja.



Slika 5: prikaz pravičnega krmiljenja [5] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Tukaj pa vidimo bistvo krmiljenja quadcopterja, s krmiljenjem hitrosti vrtenja po dva para rotorjev ga lahko nastavimo, da se zavrti v določeno smer.

Postopek razvijanja raziskovalne naloge

Preden smo začeli izbirati elemente, s katerimi bomo izdelali quadcopter smo morali veliko poizvedeti o delovanju samih quadcopterjev in o njihovi izdelavi, saj nismo imeli veliko znanja s tega področja. V veliko pomoč nam je bil internet, kjer smo si lahko ogledali več video posnetkov in prebrali razne članke. Šele ko smo se podrobno seznanili z delovanjem in izdelavo quadcopterjev, smo lahko pričeli z izbiranjem elementov, kjer smo morali biti posebej pozorni na težo, velikost in ostale tehnične specifikacije.

Najprej smo si naredili spisec elementov, ki jih nameravamo namestiti na quadcopter. Nato smo začeli s podrobnim iskanjem delov. Najprej smo izbrali motorje in propelerje, saj so najpomembnejši del quadcopterja. Pri tem smo si pomagali s spletnim računalom, ki računa težo, ki jo lahko quadcopter nosi, deluje pa na takšen način, da vpišemo podatke kot so višina, temperatura, zračni pritisk in lastnosti quadcopterja, izračuna nam pa dvižno silo ter približno hitrost.

Tehniška in tehnološka dokumentacija

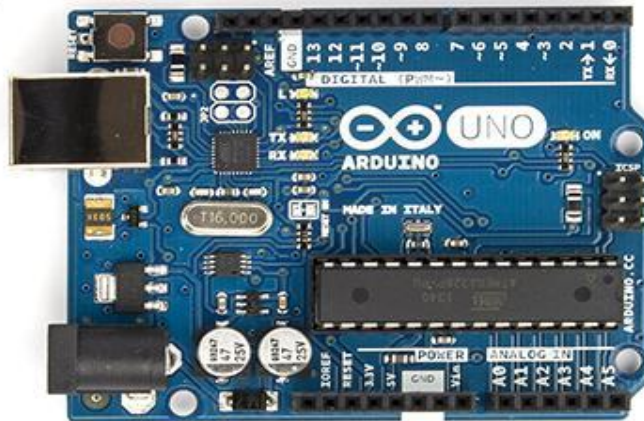
Za izdelavo raziskovalne naloge smo potrebovali razne elemente, katere smo morali pred naročilom podrobno preučiti. Ti elementi so:

- Motorji
- Krmilniki motorjev (ESC)
- Propelerji
- Ultrazvočni senzorji
- Arduino Uno kontroler
- Ogradje quadcopterja
- Gyroscope
- Baterija
- Bluetooth modul
- GPS modul

Arduino krmilnik

Arduino krmilnik je mikrokontroler, zasnovan po ATmega328. Ima 14 digitalnih vhodov/izhodov, 6 analognih vhodov, 16 MHz keramični oscilator, programski jezik je C++ v programskem okolju Arduino, Atmel 2560 procesor, USB priključek, napajalni priključek ter gumb za resetiranje krmilnika. Napetost na izhodih je 5 V, izhode pa lahko obremenimo s tokom do 40 mA.

Arduinov krmilnik smo izbrali, ker je bil ravno pravšnji za cilje, katere smo si postavili, prav tako pa smo že imeli veliko izkušenj z tem krmilnikom in programskim jezikom C++, zato smo lahko več časa namenili izdelavi quadcopterja.



Slika 6: Krmilnik Arduino Uno [6] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6

Ogrodje quadcopterja

Preden smo začeli izbirati električne elemente, smo morali izbrati ogrodje. Naš cilj je bil, da izberemo ogrodje, veliko približno 20 cm iz čim lažjega ampak hkrati trpežnega materiala. Po ogledu raznih ogrodij smo se odločili za ogrodje iz steklenih vlaken in ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene).

General	
Brand	HJ
Model	X-mode
Color	Black
Material	Glass fiber + ABS
Quantity	1Piece
Specification	
Compatible Model	Compatible
Dimensions & Weight	
Dimensions	15.75 in x 3.15 in x 1.57 in (40 cm x 8 cm x 4 cm)
Weight	12.13 oz (344 g)



Slika 7: Ogrodje z lastnostmi [7] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Motorji

Pri izbiri motorjev za naš izdelek smo najprej morali paziti na vhodne električne veličine (torej vhodna napetost, vhodni tok...), saj so morale biti v skladu z izbrano baterijo. Ko smo imeli v misli nekaj motorjev s temi značilnostmi, smo našo izbiro zožili tako, da smo si ogledali njihovo konstanto obratov (pri naši končni izbiri je to 800 KV, kar pomeni, da ima motor 800 RPM (*Rounds Per Minute* - obratov na sekundo). Vendar hitrost motorja ni vse, zato smo morali tudi paziti na njegovo moč in izkoristek (pri naši izbiri je to 90% izkoristek ter 278 W moči). Da smo dokončno izbrali naš izdelek, smo še pogledali na ceno.

Specifications:

KV.....800
 Configuration.....NP
 Stator Diameter.....22mm
 Stator Length.....17mm
 Shaft Diameter.....4.0mm
 Motor Dimensions(Dia.*Len).....Φ28×36mm
 Weight (g).....80g
 No.of Cells(Lipo).....3-4S
 Max Continuous current(A).....16.1A
 Max Continuous Power(W).....178W
 internal resistance.....0.131Ω

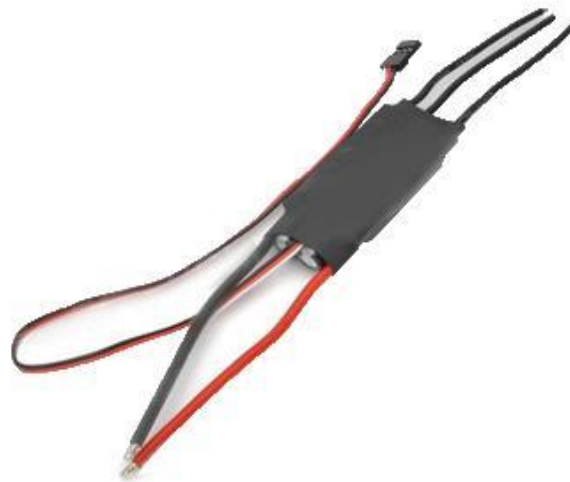


Item No.	NO LOAD				ON LOAD				LOAD TYPE
	weight	VOLTAGE V	CURRENT A	SPEED rpm	CURRENT A	SPEED rpm	Pull g	Power W	
BE2217-10 (800KV)	74g	11.1	0.8	8957	7.2	7731	360	79.9	LiPox3/7X5E
					8.2	7594	470	91.0	LiPox3/8X4E
					9.7	7183	640	107.7	LiPox3/9X6SF
					12.2	7071	850	135.4	LiPox3/10X4.7SF
					16.1	6617	1040	178.7	LiPox3/12X3.8SF

Slika 9: Motor z specifikacijami[9] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Krmilniki motorjev (ESC - Electronic Speed Controller)

Ko smo izbrali motorje, smo se morali še odločiti, katere krmilnike za motorje bomo uporabili. Te krmilnike potrebujemo, saj spreminjajo enosmerno napetost iz baterije v trifazno izmenično napetost, ki je potrebna za velike hitrosti motorjev. Pri izbiri teh krmilnikov smo morali paziti na maksimalno napetost (U_{max}) ter maksimalni tok (I_{max}), za katerega smo hoteli, da je enkrat večji maksimalnemu toku motorjev, zato da povečamo izkoristek. Tako lahko motor dela na 100% zmogljivosti in ima hkrati zelo visok izkoristek.



- Brand: Skywalker
- Color: Red + Black
- Material: Glass fiber
- Compatible device: Remote Control R/C airplane
- Functions: Driving motor
- Cable length: 25cm
- Continuous Current: 40A
- Burst Current (>10s): 55A
- Input: 2 or 3 x li-ion batteries, or 5~9 x NiMh / NiCd batteries
- BEC Mode: Linear
- BEC Output: 5V / 3A
- Max motor speed: 210,000 RPM / minute (2 poles); 70,000 RPM
- Weight: 136g
- Package includes:
 - 4 x Electronic motor speed controller
 - 1 x English user manual

Dimensions: 2.76 in x 1.02 in x 0.43 in (7.0 cm x 2.6 cm x 1.1 cm)
Weight: 5.36 oz (152 g)

Slika 10: krmilnik motorjev in specifikacije[10] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Propelerji

Pri izbiri propelerja smo gledali na to, da so iz čim lažjega materiala in ker smo že izbrali ogrodje iz carbon nano fiber, smo še tukaj poiskali propelerje iz takega materiala, saj vemo da je zelo lahek in trpežen. Druga lastnost, ki nam je bila pomembna je pa bila dolžina propelerjev. Vedeli smo že kakšna je lahko maksimalna dolžina, saj smo že izbrali ogrodje in smo zato bili že omejeni na maksimalno dolžino do 15 cm, zato smo izbrali dolžino 11 cm.

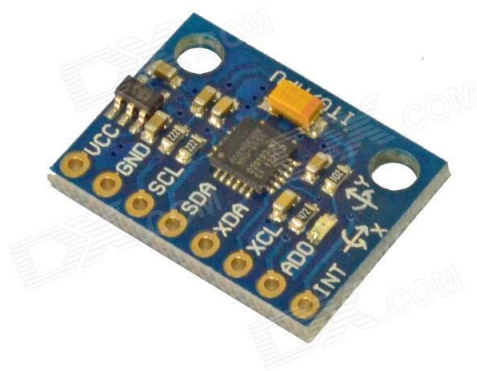


General	
Model	9443
Color	Black
Material	Carbon fibre
Quantity	1Set
Specification	
Compatible Model	Remote control aircraft
Dimensions & Weight	
Dimensions	4.33 in x 1.57 in x 0.79 in (11 cm x 4 cm x 2 cm)
Weight	1.06 oz (30 g)

Slika 11: Propelerj z specifikacijami[11] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Giroskop

Giroskop beleži pozicijo vseh treh koordinat s katerimi lahko nato krmilimo pozicijo quadcopter-ja. S pomočjo tega lahko pazimo na naklon, saj če je prevelik, se lahko pojavijo težave pri letenju (krmiljenju). Omogoča nam tudi razne dodatne funkcije kot "hovering" (lebdenje) mirovanje v zraku, pogoj za to pa je kalibriran senzor in enaka moč na vseh propelerjih. Izboljša pa nam tudi krmiljenje, saj se lahko doseže bolj natančni naklon za letenje. Brez njega bi pa letenje bilo možno samo ob objektivnih pogojih.



Slika 12: Giroskop[12] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

- Model: GY-521
- Color: Blue
- Material: PCB + Plastic + copper
- Chip: MPU-6050
- Power supply: 3~5V
- Communication mode: standard IIC communication protocol
- Chip built-in 16bit AD converter, 16bit data output
- Gyroscopes range: +/- 250 500 1000 2000 degree/sec
- Acceleration range: +/- 2g, +/- 4g, +/- 8g, +/- 16g
- Immersion Gold plating PCB, machine welding process to ensure quality
- Pin pitch: 2.54mm
- Great for DIY projects
- Packing list:
 - 1 x Module
 - 2 x Pins

Ultra zvočni senzor

Ultrazvočni senzor deluje kot oddajnik in sprejemnik. Pošilja v okolico ultrazvočne signale, ki se nato odbijejo od predmetov in jih senzor sprejme nazaj ter meri čas potovanja signala. S pomočjo te funkcije bi merili razdaljo quadcopterja od predmetov v prostoru, za dodatno zaščito proti napakam.



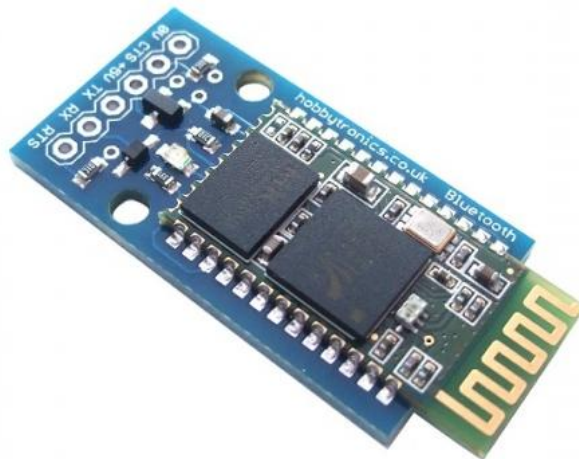
Slika 13: Ultra zvočni senzor[13] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

- Model: HC-SR04
- Color: Blue + Silver
- Working voltage : 5V(DC)
- Static current: Less than 2mA.
- Output signal: Electric frequency signal, high level 5V, low level 0V.
- Sensor angle: Not more than 15 degrees.
- Detection distance: 2cm~450cm.
- High precision: Up to 3mm
- Mode of connection: VCC / trig(T) / echo(R) / GND

Bluetooth

Bluetooth je brezžična tehnologija za povezavo naprav na manjše razdalje. Uporablja se v vsakdanu, predvsem na mobilnih napravah. Njegova uporaba je zelo enostavna in zanesljiva, saj ima arduino programsko okolje na voljo knjižnice za upravljanje tega modula.

Za bluetooth modul smo se odločili, ker je to nam eden najenostavnejših načinov, da povežemo mobilni telefon z krmilnikom. Za telefon smo že pripravili aplikacijo, s katero bi lahko krmilili quadcopter. S poskusi smo ugotovili, da ima bluetooth modul približno 30 m doseg, kar je dovolj za naše namene.



Slika 14:Bluetooth modul[14] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

GPS

GPS (Global Positioning System) je satelitski navigacijski sistem, ki se uporablja za določanje lege in časa kjerkoli na zemlji. Naprava, ki prejema GPS signale lahko iz njih natančno izračuna svojo geografsko lego.

Za GPS modul smo se odločili, ker je to najboljši način, da natančno in na zanesljiv način določimo lokacijo quadcopterja. Z pomočjo tega elementa želimo ustvariti sistem tako imenovanih checkpointov, kar bi nam omogočilo, da prednastavimo določena mesta, na katera se lahko quadcopter z enim pritiskom na gumb vrne. Da pa takšen "checkpoint" nastavimo, moramo le vpisati koordinate ali pa lahko nastavimo, da quadcopter shrani svoje trenutne koordinate kot ta checkpoint.



Slika 15: GPS module [15] (vir: [google.si/slike](https://www.google.si/slike))

Features:

- MediaTek MT3339 solution
- 5Hz output
- 57600bps TTL serial interface
- 3.3V @ 41mA
- 66 Channel GPS
- Fast TTFF at low signal level
- Up to 10Hz update rate
- Capable of SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS)

Razvijanje programa

Za razvijanje programa za krmiljenje smo se odločili za Esclips, saj naj bi bil najbolj poznan in smo že imeli nekaj izkušen z njim. Programira se v programskem jeziku Java, je kompatibilen z android telefoni, tako da smo lahko uporabljali naš telefon za aplikacijo.

Program je imel tri opravljalne zavitke poimenovane Home, Fly in Bluetooth. Na zavitku Home se nahajajo osnovna navodila za uporabo. Na zavitku Fly najdemo možnosti krmiljenja za letenje quadcopterja in na zadnjem zavitku so nastavitve za bluetooth.

```
private ViewPager viewPager;  
private TabsPagerAdapter mAdapter;  
private ActionBar actionBar;
```

Tako smo deklarirali zavitke in jim nato v nadaljnjem delu določili funkcije pa načrtu, katerega smo si zadali. Tukaj še je prvi izrez iz našega programa.

//Deklaracija naslovov strani v tem primeru:

// Home - Domača stran na kateri se program prične, in vsebuje kratka navodila za uporabo.

// Fly - Stran na kateri upravljamo z Quadcopterjem

// Bluetooth - Stran z nastavitvami za vmesnik Bluetooth

```
private String[] tabs = { "Home", "Fly", "Bluetooth" };
```

```
@Override
```

```
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
    super.onCreate(savedInstanceState);  
    setContentView(R.layout.activity_main);
```

//Inicjalizacija elementov eplikacije

```
viewPager = (ViewPager) findViewById(R.id.pager);  
actionBar = getSupportActionBar();  
mAdapter = new TabsPagerAdapter(getSupportFragmentManager());  
  
viewPager.setAdapter(mAdapter);
```

```
actionBar.setHomeButtonEnabled(false);  
actionBar.setNavigationMode(ActionBar.NAVIGATION_MODE_TABS);
```

//Dodajanje strani, ki smo jih prej poimenovali

```
for (String tab_name : tabs) {  
    actionBar.addTab(actionBar.newTab().setText(tab_name)  
        .setTabListener(this));  
}  
viewPager.setOnPageChangeListener(new ViewPager.OnPageChangeListener() {
```

```
@Override
```

DRUŽBENA ODGOVORNOST

Ko smo se odločili za to raziskovalno nalogo, smo že vedeli, da ne bo veliko prispevala k družbi. Zanj smo se odločili predvsem zato, ker nas to področje zanima, torej je naša edina gonilna sila naš interes v razvijanju in izgradnji quadcopterja. Seveda si želimo take naprave tudi upravljati in jih programirati. Tako naše delo ne bo zaman, saj so te naprave prav zares vsestranske. Uporabljamo jih lahko od profesionalnih do rekreacijskih namenov (npr: uporabljajo jih geodeti za letalske slike; geologi jih uporabljajo za merjenje temperature v vulkanih; uporabljajo pa se še celo v boju proti drogam). Eden od naših ciljev je tudi ta, da program naredimo čim bolj dostopen vsem ljudem, torej da ga lahko upravljajo brez bilo kakšnih izkušenj iz programiranja in elektrotehnike.

SKLEP

Največja napaka, ki smo jo naredili je ta, da nismo dovolj časa posvetili nabavi izdelkov oziroma sestavnih delov. Lahko bi našli cenejše izdelke, kar bi omogočilo, da dobimo financiranje od šole. Seveda pa smo osvojili tudi veliko dobrega. Vso znanje, ki je bilo pridobljeno, bomo v prihodnosti izkoristili. Izkušnje nam bodo prav tako pomagale. Z vsem delom, ki smo ga naredili smo zelo zadovoljni, seveda pa bi si želeli ta projekt nekega dne realizirati, saj smo za njega posvetili veliko dela. Da pa bomo to lahko naredili, bomo morali znižati cene za uporabljene komponente.

Posebej zadovoljni pa smo bili z izkušnjami iz programiranja za aplikacijo, saj je bila zelo zanimiva izkušnja. Videli smo tudi kako se lahko pojavijo rezne težave, ki so v resnici majne a na koncu povzročajo preglavice.

VIRI

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Quadcopter>(1.26.2015)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope>(1.5.2015)
- <http://sl.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>(1.10.2015)
- <http://www.arduino.cc/>(1.11.2015)
- <http://sl.wikipedia.org/wiki/Motor>(1.13.2015)
- <http://www.dx.com/p/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-measuring-module-133696#.VF0mGvmG98E>(1.11.2015)
- http://www.dx.com/p/gy-521-mpu6050-3-axis-acceleration-gyroscope-6dof-module-blue-154602#.VF0nX_mG98E(1.11.2015)
- http://www.dx.com/p/hj-mwc-x-mode-alien-multicopter-quadcopter-frame-kit-black-316214#.VF0pA_mG98E(1.11.2015)
- <http://www.dx.com/p/2-in-1-1-8s-lipo-battery-low-voltage-buzzer-alarm-for-rc-helicopter-white-black-180468#.VF0rYfmG98F>-(1.11.2015)
- http://www.dx.com/p/dys-be2217-800kv-brushless-motor-188746#.VF0-o_mG98F(1.11.2015)
- http://www.dx.com/p/11-1v-1200mah-lithium-polymer-lipo-battery-pack-for-6-ch-v3-v4-series-r-c-helicopters-33027#.VF02A_mG98F(1.11.2015)
- http://www.dx.com/p/dji-phantom-2-vision-9443-carbon-fiber-self-locking-2-blade-fold-up-propeller-set-black-346801#.VF02d_mG98F(1.11.2015)
- <https://www.sparkfun.com/products/8975>(1.11.2015)
- <http://www.dx.com/p/skywalker-40a-electronic-brushless-motor-speed-controller-red-black-4-pcs-170233#.VF06sfmG98F>(1.11.2015)