

e-Škole

RAZVOJ SUSTAVA
DIGITALNO ZRELIH ŠKOLA

(II FAZA)

SCENARIJ UČENJA

PAZI, DRON

Ovaj je dokument izrađen u sklopu projekta
“**e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)**”,
koji sufinancira Europska unija iz
europskih strukturnih i investicijskih fondova.

*Nositelj projekta je Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET.
Josipa Marohnića 5, 10000 Zagreb
Telefon: + 385 1 6661 555
www.carnet.hr*

Više informacija o EU fondovima možete pronaći na web stranicama Ministarstva regionalnog razvoja i fondova Europske unije:

www.strukturnifondovi.hr

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Hrvatske akademske i istraživačke mreže – CARNET.



Europska unija
Zajedno do fondova EU



EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI

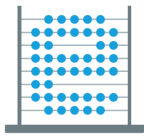


Operativni program
KONKURENTNOST
I KOHEZIJA



UČINKOVITI
LJUDSKI
POTENCIJALI

CARNET



Izvor: ORQA d.o.o.

SCENARIJ UČENJA

PAZI, DRON

Predmet

Informatika

ODGOJNO-OBRAZOVNI ISHODI

B.1.1 analizira problem, definira ulazne i izlazne vrijednosti te uočava korake za rješavanje problema

C.1.1 pronalazi podatke i informacije, odabire prikladne izvore informacija te uređuje, stvara i objavljuje/dijeli svoje digitalne sadržaje

C.2.3 uspoređuje strategije prikupljanja podataka prema relevantnosti i pouzdanosti izvora podataka, odabranim programom učinkovito analizira i prikazuje podatke i rezultate.

D.2.2 analizira i procjenjuje utjecaj informacijske i komunikacijske tehnologije na učinkovitost i produktivnost u raznim područjima i poslovima.

Razred

1., 2. razred srednje škole

Upoznavanje s dronom

KLJUČNI POJMOVI

Pogonski sustav, sustav za upravljanje, FPV video sustav

INFORMACIJE O AKTIVNOSTI

[Razina složenosti primjene IKT](#)

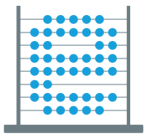
B1 - Eksperimentator

Učenici se dijele u tri grupe. Svakoj grupi je dodijeljen jedan Micro dron AcroBee65 BNF Ghost (dalje u tekstu "dron") i IRC Ghost UberLite - radio modul (dalje u tekstu "radio modul"). Svaka grupa učenika spaja radio modul sa dronom. Umetanjem radio modula u kontroler ostvaruje se veza između drona i kontrolera. U ovoj fazi učenici se upoznaju s osnovnim dijelovima drona i principima upravljanja dronom.

Učenici analiziraju dron i pokušavaju identificirati osnovne dijelove arhitekture drona.

Nastavnik usmjerava raspravu kako bi se identificirala arhitektura FPV drona. FPV sustav drona se može podijeliti u 3 osnovne grupe (kategorije) tehnoloških blokova:

1. Sustav za upravljanje
2. Pogonski sustav
3. FPV video sustav



Najznačajnija karakteristika FPV tehnologija je u tome da piloti mogu sami sastaviti vlastiti FPV sustav korištenjem različitih komponenata. Prilikom sastavljanja vlastite letjelice potrebno je voditi računa o kompatibilnosti pojedinih komponenata i komunikacijskih protokola.

Sustav za upravljanje

Prva grupa učenika analizira sustav za upravljanje i pretraživanjem interneta utvrđuje koje su komponente sustava za upravljanje dronom. Rezultate svojih pretraživanja zapišu u dokumentu koji će kreirati u Word Office 365 alatu.

Nastavnik usmjerava istraživanja tako da se dobiju rezultati slični ovima:

Komponente sustava za upravljanje koriste se za slanje naredbi pogonskom sklopu na dronu. Pilot zadaje naredbe pomakom upravljačkih palica na radio kontroleru, koji te naredbe konvertira u radio signale i šalje ih prema radio prijemniku na dronu koji ih predaje uređaju koji se naziva kontrolor leta (Eng. FC - Flight Controller) koji izvršava sve ostale naredbe i komunicira sa ostalim sustavima na dronu.

Radio kontroler (TX) je uređaj koji naredbe pilota putem upravljačkih palica predaje radio prijemniku na dronu (RX). Svaki TX dolazi sa određenim Firmware-om koji omogućava njegove osnovne funkcionalnosti poput povezivanja sa drugom radio prijemnicima, kalibraciju, postavke prekidača i funkcijskih tipki. Firmware može biti otvorenog tipa (Eng. open-source) ili može biti predinstalirana na uređaju od strane proizvođača.

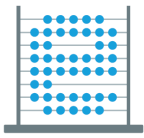
Jezik kojim TX komunicira sa radio prijemnikom naziva se TX protokol koji se razlikuje od proizvođača do proizvođača. Generalno, da bi se radio kontroler povezo sa nekim radio prijemnikom, ta dva uređaja moraju biti kompatibilna. Primjerice, ORQA FPV.Ctrl radio kontroler se povezuje sa RX-om putem Ghost protokola. Za povezivanje kontrolera koristi se IRC UberLite TX modul koji je kompatibilan sa RX-om na dronu.

Radio prijemnik (RX) je komponenta koja preuzima naredbe od TX-a a i putem unaprijed definiranog protokola šalje te naredbe kontroloru leta (FC). RX pretvara radio signal koji je poslan sa TX-a u univerzalni jezik koji je "razumljiv" FC-u, odnosno u jezik za koji je FC programiran.

Radio signali sa TX-a se šalju zasebno putem minimalno 4 međusobno neovisna radio kanala. Svaki RX mora biti sposoban istovremeno primiti signale minimalno putem četiri kanala za naredbe pitch, roll, yaw i throttle. Dodatni kanali su potrebni za funkcije ostalih prekidača i tipki na radio kontroleru (aktivacija, deaktivacija, zvučni signal i sl.). Većina RX-ova može istovremeno primiti osam kanala informacija, pri čemu je potrebno voditi računa da FC zna koji kanal odgovara kojoj informaciji. Dodjeljivanjem kanala se upravlja putem zasebnog firmware-a FC-a.

Važan pojam u radio komunikaciji između TX-a i RX-a je telemetrija. Telemetrija je skup podataka koji se sa RX-a šalju nazad prema TX-u, a najvažniji podatak se odnosi na indikator snage radio signala (Eng. RSSI - Radio Signal Strength Indicator), koji nam govori koliko je pouzdana radio veza. Razlog gubitka radio signala može biti više, a najčešći razlozi su prevelika udaljenost letjelice, prepreke između pilota i letjelice, oštećenja RX ili TX antena i sl.

Kontrolor leta (Eng. FC - Flight Controller), najkompleksnija je komponenta sustava za upravljanje i ima jednaku ulogu kao i matična ploča kod osobnih računala. Zadužen je za očitavanje podataka sa senzora, kontrolu drona i komunikaciju sa ostalim sustavima na dronu. Najvažniji zadatak FC-a je upravljanje brzinom vrtnje svakog motora.



Svaki FC je opremljen mikročipovima i sensorima koji omogućavaju programiranje različitih konfiguracija, parametara i razina upravljanja dronom. FC je opremljen i sa žiroskopom koji prikuplja informacije o nagibu drona i brzinu vrtnje drona, te akcelerometrom koji daje podatke o položaju i orijentaciji drona prilikom leta. Obradom svih podataka u kombinaciji sa naredbama sa RX-a (signali koji su poslani od strane pilota putem TX-a), FC daje informacije sustavu za elektroničko upravljanje brzine motora (Eng. ESC - electronic Speed Controller) koji te podatke pretvara u električne veličine za upravljanje brzinom vrtnje drona kako bi se izvršila zadana naredba kretanje drona.

Sve navedene kalkulacije FC obavlja velikom brzinom (oko 8000 kalkulacija u sekundi) i obavlja ih specijalan software na FC-u koji se naziva PID (Eng. PID - Proportional, Integral, Derivative), a svaki ciklus kalkulacije se naziva PID petlja (Eng. PID loop). U ovom nastavnom programu nećemo obrađivati teoriju PID regulacije.

U kontekstu FPV dronova dovoljno je objasniti da uz pomoć PID kontrola FC izvršava zadane naredbe uzimajući u obzir sve ulazne parametre, na način da čita podatke sa senzora (npr. žiroskopa) i kalkuliра potrebnu brzinu vrtnje motora kako bi se zadržala željena kretanja drona. Cilj PID je detektiranje i uklanjanje Svih devijacija (“grešaka”) između naredbi koje su zadane putem upravljačkih palica radio kontrolera u odnosu na poziciju drona, odnosno da predmetna korekcija rezultira ispravnom pozicijom drona u odnosu na zadane naredbe. Te “greške” se mogu minimizirati podešavajući ulazne parametre u svakoj PID petlji. U praksi to znači da FC kontinuirano uspoređuje zadane naredbe sa upravljačkih palica u odnosu na orijentaciju i položaj drona.

Podešavanjem PID-ova se zapravo podešavaju dva parametra: 1.) osjetljivost PID petlje i 2.) razmjernost korekcije koju je potrebno primijeniti. Zbog kompleksnosti ove teme, za FPV pilote-početnike, preporuča se ne mijenjati PID postavke.

Većina FC-ova dolazi sa predinstaliranim firmware-om, ali ga je moguće mijenjati i prilagođavati prema potrebi spajanjem drona na računalu putem micro-USB kabela. Najrašireniji FC software je Betaflight, open-source tip software-a kakav se koristi i na dronu koji je dio ovog edukacijskog kompleta. U Betaflight-u je moguće mijenjati razne postavke drona poput kanala, PID-ova, profila stopa brzine, postavki prikaza menija drona na ekranu FPV naočala i mnoge druge.

Pogonski sustav

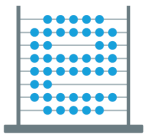
Druga grupa učenika analizira pogonski sustav i pretraživanjem interneta utvrđuje koje su komponente pogonskog sustava drona. Rezultate svojih pretraživanja zapišu u dokumentu koji će kreirati u Word Office 365 alatu.

Nastavnik usmjerava istraživanja tako da se dobiju rezultati slični ovima:

Pogonski sustav je zadužen za izvršavanje zadanih naredbi. Dron se napaja iz LiPo baterija, na način da elektronički regulator brzine (Eng. ESC - Electronic Speed Controller) upravlja brzinom vrtnje svakog od motora odgovarajućom promjenom struje i napona. Upravljanje radom ESC-a izvršava FC.

Elektronički regulator brzine (ESC)

Postoji više izvedbi ESC-ova o kojima ovisi način na koji se oni smještaju na okvir drona. ESC-ovi se spajaju na elektroničku pločicu za distribuciju napajanja (Eng. PBD - Power Distribution Board). Izvedbe mogu biti kao zasebni elektronički sklopovi ili kao sastavni dio elektroničkih pločica sa više različitih sklopova u



jednom. Takva rješenja su kompaktnija i jednostavnija za montažu, sa manje točaka za lemljenje i manje spojeva. Nedostatak ovakvih rješenja je u tome što se u slučaju kvara jedne komponente mora zamijeniti cijela elektronička pločica, odnosno cijeli elektronički sklop.

ESC-ovi su kategorizirani prema jakosti struje za koju su deklarirani (20A, 30A, 40A, itd.). Struja koju ESC povlači je uvjetovana sa kombinacijom motora i propelera koje treba napajati. Za većinu kombinacija mogu se koristiti ESC-ovi od 25-30 A, a za neke zahtjevnije kombinacije potrebno je upotrijebiti snažnije ESC-ove od 45A ili više.

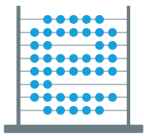
Kao i kod FC-ova, na ESC-ovima se nalazi mikroprocesorski čip koji dolazi sa predinstaliranim firmware-om. Jednako tako postoje open-source software ali i zatvorene vrste software-a. Predmetnim software služi za podešavanje određenih postavki motora, npr. smjera vrtnje motora i sl.

Motori. Kod dronova se najčešće koriste istosmjerni elektromotori bez četkica (Eng. – BLDC - Brushless Direct Current Motors). Glavna odlika ove vrste motora je da ima što manju masu uz što veću izlaznu snagu, veću trajnost jer praktički nemaju potrošne dijelove ili se ti dijelovi izrazito sporo troše, veći broj okretaja, pouzdanost, kompaktnost, učinkovitost i sl. Ova vrsta motora ima i određene nedostatke koji se prvenstveno odnose na njihovu cijenu koja je nešto veća u odnosu na motore sa četkicama.

Princip rada BLDC elektromotora se zasniva na sili koja djeluje na električni vodič kada njime u magnetskom polju protječe električna struja. Glavni dijelovi elektromotora su rotor i stator, a ovisno o izvedbi motora, zavojnica kojom protječe struja može biti namotana oko statora ili rotora. Kod tipa motora koji se najčešće koriste kod dronova, namotaji električnih vodova su smješteni na statoru sa unutarnje strane motora, a rotirajući dio je permanentni magnetski materijal smješten sa vanjske strane. Na rotor djeluju sile uzrokovane magnetskim poljem koje se stvara prilikom protoka struje kroz bakrene vodiče namotane oko armature smještene sa unutarnje strane elektromotora. Takva vrsta elektromotora se naziva „outrunner“, odnosno motor sa vanjskim rotorom jer se rotirajući dio nalazi sa vanjske strane motora i ujedno služi i kao pokrov i mehanička zaštita vodljivih dijelova elektromotora.

Dvije osnovne specifikacije elektromotora su veličina i KV, koje su najčešće napisane o ovom formatu: “2306-2550 KV”, “2208-1700 KV”, “0802-19000 KV”, itd. Prvi broj je uvijek 4-znamenkasti označava veličinu motora, točnije rečeno, označava dimenzije statora. Prve dvije znamenke označavaju promjer statora u milimetrima, a druge dvije znamenke označavaju visinu statora. Primjerice, elektromotori kakvi se nalaze na micro dronu koji je dio ORQA FPV.Ace edukacijskog kompleta ima oznaku “0802”, što znači da je promjer statora 8 mm, a visina 2 mm. Naravno, motori koji se koristi u kategoriji dronova race i freestyle su većeg promjera i visine, odnosno najčešće oznake takvih motora su 2206, 2306, 2207 i 2208. Budući da je odnosi promjera i visine statora različit, najlakše ih je usporediti prema volumenu statora (V = osnovica x visina).

Generalno pravilo je da će motor kreirati veći okretni moment što je veći njegov stator. Okretni moment je sila koja uzrokuje rotaciju rotora motora. Okretni moment kod BLDC motora označava koliko brzo se može povećati broj okretaja motora na zadanu veću vrijednost, što je zapravo indikator brzine njegovog odziva na zadane naredbe, odnosno dronovi sa motorima koji imaju veći moment bit će responzivniji i agilniji u letu. Naravno, veći motori imaju i veću masu koja također utječe na dinamiku drona, “vuku” jaču struju i generiraju veću protusilu inercije, što automatski znači da moraju više “raditi” kako bi dron pravilno “reagirao” na zadanu naredbu.



Druga oznaka na motoru odnosi se na konstantu KV (Eng. “velocity constant”) koja označava broj okretaja u minuti pri naponu od 1 V. Ova oznaka se često pogrešno interpretira kao “kilovolt”, što je netočno unatoč tome što je izravno povezano sa električnim naponom. KV nam govori koliko brzo će se motor okretati kada je spojen na određenu vrijednost napona. Primjerice, ako motor od 2550 KV spojimo na potpuno napunjenu 4S bateriju i narinemo maksimalni napon od 16,8 V, motor će se vrtjeti brzinom od 42.840 RPM (Eng. RPM - Revolutions per Minute):

motor KV x napon = RPM (broj okretaja u minuti)

2550 KV x 16,8V = 42.840 RPM

Navedena vrijednost broja okretaja motora podrazumijeva da motor nije opterećen (nije spojen propeler) i predstavlja teoretski maksimalnu vrijednost broja okretaja. Propeleri dodaju težinu i otpor zraka što dodatno smanjuje maksimalni broj okretaja i učinkovitost motora.

Propeleri

Treća grupa učenika analizira propeler i pretraživanjem interneta utvrđuje koje su važne karakteristike propelera. Rezultate svojih pretraživanja zapišu u dokumentu koji će kreirati u Word Office 365 alatu. Nastavnik usmjerava istraživanja tako da se dobiju rezultati slični ovima:

Specifikacije propelera su iskazane u sljedećem formatu: “AA x BB x C”. Primjeri oznake različitih propelera su “50 x 45 x 3”, “4,8 x 4,0 x 3”. AA označava veličinu propelera, BB označava napadni kut elise, a C označava broj elisa.

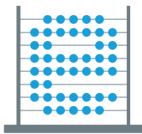
Propeleri se obično prodaju u pakiranjima po 4 komada, od čega je jedan par za rotaciju u smjeru kazaljke na satu (Eng. CW - clockwise), a drugi par za rotaciju u smjeru suprotnom od kazaljke na satu (Eng. CCW - counterclockwise).

Veličina propelera označava promjer kruga koji zatvaraju vrhovi elisa propelera pri rotaciji i mjeri se najčešće u inčima. Povećanje veličine propelera utječe na sljedeće parametre:

- Težinu - potrebna je veća količina energije za rotaciju, odnosno motor povlači više struje od ESC-a
- Responzivnost - smanjuje se responzivnost jer se povećanjem veličine propelera smanjuje ubrzanje
- “Prijanjanje” - kod većih propelera manja je vjerojatnost da će dron “proklizati”, odnosno zanijeti se u zavoju. Prilikom leta sa većim propelerima, dron se ponaša kao da se kreće po tračnicama, odnosno povećava se upravljivost drona.
- Potisak - stvara se veći potisak, odnosno veći volumen zraka prolazi kroz površinu kruga propelera prilikom jednog okretaja.

Povećanjem propelera mora se povećati snaga i težina motora, snaga baterija te veličina okvira drona. Iako se povećanjem propelera generira veći potisak, povećava se i opterećenje drona zbog njegove veće težine i većeg otpora koji stvara. Veličina propelera se mora odabrati sukladno ostalim dijelovima pogonskog sustava kako bi se zadovoljile specifične potrebe ovisno o namjeni drona, odnosno potrebno je pronaći odgovarajući omjer brzine, akceleracije, upravljivosti i učinkovitosti.

Napadni kut elisa propelera označava koliki put prema naprijed će prijeći propeler svakim punim okretajem. Primjerice, propeleri sa napadnim kutem označenim 4,5” će pomaknuti dron prema naprijed za 4,5 inča svakim punim okretajem. Iako je u realnim uvjetima teško ostvariti točno te vrijednosti, bitno je shvatiti da se snaga potiska povećava sa povećanjem vrijednosti napadnog kuta elise, što rezultira



povećanjem maksimalne brzine. Svaka elisa je aeroprofil koji generira uzgon (potisak) svakim svojim zaokretom, a količina uzgona (potiska) se povećava proporcionalno sa veličinom napadnog kuta elise.

Treba imati na umu da se pri korištenju propelera sa velikim napadnim kutem u kombinaciji sa motorima sa većim brojem okretaja (veća vrijednost KV konstante) znatno više opterećuje pogonski sustav drona. Takva konfiguracija zahtijeva snažnije baterije i ESC-ove koji mogu izdržati veće struje. Takve konfiguracije se mogu koristiti u svrhe utrka dronova koje zahtijevaju visoke performanse letjelice u kratkom vremenu. Propeleri sa manjom vrijednosti napadnog kuta elisa pružaju znatno manji otpor i preporučuju se za uporabu u freestyle načinu letenja i letenju na veće udaljenosti koje je specifično za cinematic kategoriju dronova.

Broj elisa propelera povećava upravljivost drona i razinu potiska, ali povećava i njegovu težinu i otpor. Na dronovima koji se koriste za snimanje koriste se propeleri sa dvije elise zbog veće učinkovitosti, dok se kod manjih dronova gotovo uvijek koriste propeleri sa tri elise. Treća elisa dodaje snagu i omogućava dronu da ječe "zagriže" zrak, čime se postižu dinamičnije performanse pogodne za izvođenje akrobatskih trikova.

Nakon što su grupe završile istraživanja, predstavljaju svoje rezultate drugim učenicima. Učenici koji slušaju predavljanje se ohrabruju na postavljanje pitanja a učenici koji predstavljaju trude se na razumljiv način odgovoriti na pitanja.

Postupci potpore

Pri podjeli učenika u grupe vodite brigu o ograničenjima učenika i prema potrebi im osigurajte rad u paru i jasno dogovorite njihove zadatke (npr. istraživanje poveznica, zapisivanje podataka). Ostalim učenicima kojima je potrebna prilagodba ili individualizirani pristup osigurati nesmetano sudjelovanje u izradi zadataka.

Za učenike koji žele znati više

Učenici koji žele znati više, neka istraže koje parametre treba uzeti u obzir kod biranja okvira drona ako se odluče sastaviti vlastiti dron.

Baterije

KLJUČNI POJMOVI

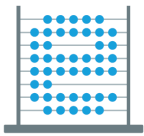
Kapacitet baterije, sigurnost, napon, skladištenje baterija

INFORMACIJE O AKTIVNOSTI

[Razina složenosti primjene IKT](#)

B1 - Eksperimentator

Učenicima su podijeljene različite vrste baterija. Učenici trebaju uočiti razlike između različitih vrsta baterija kao što su kapacitet, napon, oblik, težina, opasnosti kod korištenja. Učenici raspravljaju o vrstama baterija.



Učenici u parovima istražuju putem interneta koja vrsta baterija je najbolja za bespilotne letjelice. Nakon istraživanja učenici međusobno raspravljaju i dogovorom odlučuju koju vrstu baterija bi oni izabrali za bespilotnu letjelicu.

Jedan od mogućih odgovora je:

Litij-polimerske (LiPo) i litij-ionske (Li-Ion) baterije su preferirano napajanje za bespilotne letjelice zbog njihove visoke energetske gustoće i prilagodljivih oblika, odnosno za relativno malu težinu mogu pohraniti veliku količinu energije. To je idealno za modele koji zahtijevaju snažan i dugotrajan rad. S druge strane, velika snaga i njihove unutarnje kemijske karakteristike čine ih osjetljivima za korištenje. Kada se naponi ćelija kreću izvan prihvatljivog raspona, ove baterije mogu pretrpjeti trajnu štetu ili čak izbiti u plamen. Iz tog razloga izuzetno je važno baterije koristiti sa puno pažnje i opreza.

Učenici u parovima istražuju putem interneta koje su opasnosti i mjere sigurnosti LiPo baterija. Nakon istraživanja učenici međusobno raspravljaju i zajednički određuju popis opasnosti i mjera sigurnosti za korištenje LiPo baterija te ih zapišu u dokumentu koji će kreirati u Word Office 365 alatu.

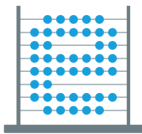
Jedan od mogućih odgovora je:

U FPV hobiju, LiPo baterije predstavljaju jedan od „najpodmuklijih“ tereta, u kontekstu potrošnje vremena i novca. LiPo baterije idealno su napajanje jer u malom paketu pružaju ogromnu snagu. LiPo baterije kakve koristimo u FPV-u su osnova svakog FPV sustava, lagane su i imaju odlične performanse, ali s druge strane, vrlo su nepraktične za korištenje iz nekoliko razloga. Budući da se od jedne potpuno napunjene LiPo baterije dobiva oko tri minute leta, potrebno je imati puno baterija kojima moramo manipulirati kako bi si osigurali dovoljno vremena u zraku. Iako su LiPo baterije općenito sigurne za upotrebu, nisu potpuno bezopasne, i nepravilno rukovanje baterijama može donijeti teške posljedice:

Opasnost od požara - bez ulaska u područje kemije, dovoljno je naglasiti da unutrašnjost LiPo baterijske ćelije može biti vrlo nestabilna. LiPo baterija postaje nestabilna kada se naponi njenih ćelija podignu previše visoko ili padnu previše nisko. U najgorem slučaju, plinovi unutar stanica počinju se nakupljati i širiti. Tlak raste dok se ćelije ne rasprsnu, izlažući svoje visoko-reaktivne unutarnje dijelove zraku i vlazi, što dovodi do oslobađanja ogromne topline, a ponekad i potpunog izgaranja.

Smanjene performanse - nepravilna uporaba baterija također će negativno utjecati na performanse vašeg drona. LiPo baterija je neopravdano zanemarena junakinja vašeg sustava. Motori, propeleri i ESC-ovi dobivaju svu slavu, ali performanse dronova počinju i završavaju s baterijom koja ga napaja. Pretjerano punjenje/praznjenje LiPo baterije pokreće kemijsku reakciju unutar njenih ćelija koja trajno povećava njihov unutarnji otpor. Porastom unutarnjeg otpora, manje energije se isporučuje motorima, a više energije se gubi kao toplina. To smanjuje kapacitet baterije i njen potencijal pražnjenja rezultirajući kraćim vremenom trajanja leta uslijed gubitka napona.

U idealnim uvjetima LiPo baterije mogu imati dug životni vijek, a sposobne su za stotine ciklusa punjenja i pražnjenja u idealnim uvjetima. Priroda FPV hobija i okolnosti u kojima se LiPo baterije koriste, predodređuju njihov dosta kraći životni vijek. U prosjeku, LiPo baterija koja se koristi na 5-inčnim FPV dronovima može izdržati oko 50-ak ciklusa prije nego što nabubri ili pretrpi mehaničko oštećenje uslijed pada drona. Zbog relativno visoke cijene u odnosu na način uporabe koji određuje trajnost, nepravilnim rukovanjem baterijama generiraju se nepotrebni troškovi u kratkom vremenu. Zbog navedenih karakteristika, pravilnim rukovanjem može se utjecati na smanjenje troška. Imajući to u vidu, baterije u FPV hobiju je potrebno ukalkulirati kao neminovni trošak koji spada u kategoriju potrošne robe, jednako kao i propeleri.



Učenci se dijele u tri grupe. Prva grupa istražuje Tehničke karakteristike LiPo baterija, druga grupa istražuje Punjenje i paralelno punjenje a treća grupa istražuje Pražnjenje i skladištenje baterija.

Ovim zadacima navodi se učenike da istraže i razumiju tri glavne radnje o kojima moramo voditi računa prilikom upravljanja radom LiPo baterija a odnose se na punjenje, pražnjenje i skladištenje, odnosno pohranu baterije kada će biti neaktivna više od 48 sati.

Nastavnik usmjerava istraživanja tako da se dobiju rezultati slični ovima:

Tehničke karakteristike LiPo baterija

Potrebno je znati značenje tehničkih specifikacija LiPo baterija: broj ćelija, kapacitet i C-oznaka. Te vrijednosti uvijek su ispisane na vanjskoj ovojnici baterije.

Broj ćelija i nazivni napon

Svaka LiPo baterija sastoji se od ćelija. Sve ćelije su identične i povezane su u seriju. Primjerice, baterija s oznakom "4S" ima četiri ćelije u seriji. Broj ćelija prati nazivni (nominalni) napon baterije, koji je za sve 4S LiPo baterije 14,8 V. Nominalno znači "imenovano" i to je industrijski standard koji se koristi za usporedbu prosječnog radnog napona baterija. Nazivni napon pojedine LiPo ćelije je 3,7 V. Kada spojimo seriju ćelija, množimo taj broj kako bismo dobili ukupni nazivni napon baterije, npr. 3,7 V pomnoženo s četiri ćelije daje našoj 4S LiPo bateriji nazivni napon od 14,8 V. Ovaj broj nije posebno značajan za FPV pilote, ali uvijek ćete ga vidjeti ispisano na ovojnici LiPo baterije, odmah pokraj broja ćelija.

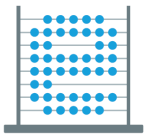
Postoje četiri razine napona koje je potrebno zapamtiti:

3,0 V / ćeliji (točka bez povratka) – Ovo je najniža razina napona na koju ćelije LiPo baterije mogu pasti prije nego što pretrpe nepopravljivu štetu. Unutarnji otpor baterije će narasti na nesigurne razine, a daljnje korištenje baterije s oštećenim ćelijama uzrokuje povećanje temperature dok je pod opterećenjem, što može rezultirati neželjenim posljedicama. Osim što predstavlja realnu opasnost od požara, baterija može jednostavno prestati funkcionirati dok ste u zraku. LiPo baterije koje padnu ispod ove razine trebaju biti povučene iz upotrebe i propisno zbrinute.

3,5 V / ćeliji (vrijeme za slijetanje) – za vrijeme leta potrebno je pratiti napon LiPo baterije na OSD meniju i biti spremni slijetati prije nego što dosegne napon od 3.5V po ćeliji. Potrošnja baterije nije linearna, i napon baterije strmoglavo pada nakon tog nivoa. U slučaju zakašnjele reakcije i nastavka leta nakon te točke, doživjet ćete neugodne padove napona, a vaš dron će postati trom i nepouzdan.

3,8 V / ćeliji (dugotrajno skladištenje) – LiPo baterije iz tvornice izlaze na ovoj razini napona, što predstavlja najstabilniji napon ćelije. Ovaj napon odgovara punjenju na otprilike 40-50% maksimalnog kapaciteta baterije. LiPo baterije je potrebno dovesti na ovu razinu kada će biti pohranjena duže od 48 sati kako bi se spriječio gubitak kapaciteta i performansi baterija.

4,2 V / ćeliji (potpuna napunjenost) – Ovo je maksimalna razina napunjenosti baterije koju (standardna) LiPo ćelija može držati. Punjenje na višu razinu napona može dovesti do zapaljenja. Ovo je najviša razina napona za koji su ćelije dizajnirane da drže kratko vrijeme. Iz tog razloga baterije je potrebno puniti istog dana kada planirate letjeti vašim dronom.



Kapacitet

Kapacitet LiPo baterije mjeri se u miliamper-satima (mAh), gdje je 1.000 miliamper-sati jednako 1 amperu (A). Kapacitet nam govori o količini akumulirane energije u bateriji. Tehnički, ovaj broj označava koliko ampera struje baterija može kontinuirano isporučivati tijekom jednog sata. Na primjer, potpuno napunjena LiPo baterija kapaciteta 1500 mAh može davati struju jakosti 1,5 A tijekom jednog sata prije nego se isprazni. Kapacitet baterije koristan je iz dva razloga:

- 1) Primarni indikator potencijalnog trajanja leta - baterija s većim kapacitetom omogućava dulje vrijeme trajanja. Paradoks je da se fizička veličina i težina baterije povećavaju s njenim kapacitetom, što izravno utječe na vrijeme trajanja leta. Kod odabira odgovarajućeg kapaciteta baterije ključ je u postizanju optimalnog odnosa između vremena trajanja leta i težine. Piloti trkačić dronova često koriste baterije kapaciteta od 900 mAh ili manje ako znaju da im je za uspješno savladavanje zadane staze potrebno samo 60 sekundi pod punim opterećenjem. Piloti koji se bave slobodnim stilom letenja koriste baterije kapaciteta između 1100-1550 mAh, dok se za dronove duljeg doseg koriste baterije kapaciteta 1800-2200 mAh.
- 2) Koristi se za izračunavanje C-oznake – Primjerice, oznaka "1C" odgovara kapacitetu baterije u amper-satima. Prvo trebamo pretvoriti miliamper-sate u amper-sate dijeljenjem s 1.000, odnosno 1500 mAh = 1,5 Ah. U ovom slučaju, struja jakosti 1,5 A struje smatra se kao 1C za ovu bateriju. Koristimo višekratnike ove brojke (1C, 2C... 100C, itd.) da bismo opisali koliko ampera struje ulazi u bateriju tijekom punjenja ili izlazi iz baterije tijekom pražnjenja.

C-oznaka

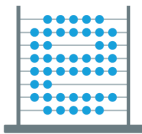
U primjeru za bateriju kapaciteta od 1.500 mAh, oznaka „1C“ nam govori da je ta baterija sposobna neprekidno isporučivati struju jakosti 1,5 A tijekom jednog sata (60 minuta). Međutim, struja jakosti 1,5 A je tek „kap u moru“, imajući u vidu da dron pri punom potisku i opterećenju može povući struju jakosti preko 150 A. C-oznaka baterije dakle predstavlja njenu sposobnost da osigura potrebnu jakost struje pogonskom sustavu drona. Na slici XX vidljivo je da predmetna LiPo baterija ima dvije C-oznake, jednu za "kontinuirano pražnjenje" (50C) i jednu za kratkotrajno maksimalno opterećenje, „burst“ (100C). Važno je napomenuti da je deklarirane vrijednosti C-oznaka teško provjeriti, odnosno potrebno ih je promatrati kao sugestivne vrijednosti očekivanih performansi baterije. U praksi, LiPo baterije s većom C-oznakom su skuplje.

Visoki potencijal pražnjenja LiPo baterije jedan je od glavnih razloga zbog kojeg se ova vrsta baterija koristi kod dronova. Sposobnost baterije da u kratkom vremenu ESC-u preda struju velike jakosti omogućava motorima na dronu da postignu vrlo visok broj okretaja. Kada bi našli način da LiPo baterije punimo jednakom brzinom kao što ih praznimo, riješili bi veliki dio problema svakog FPV pilota, ali nažalost jedini način sigurnog punjenja LiPo baterija lagano i postepeno.

Punjenje i paralelno punjenje

Iako se LiPo baterije mogu prazniti na razini od 100C ili više, trebale bi se puniti samo strujama do razine 3C, a idealno samo strujom razine 1C. Kod punjača za LiPo baterije, prije pokretanja postupka punjenja, potrebno je potvrditi broj ćelija baterije koju puniti. Pomoću balansnog vodiča punjač može utvrditi koliko baterija ima ćelija, ali nema informaciju o njenom kapacitetu, zbog čega vas traži da ručno postavite struju punjenja u amperima.

Generalno, punjenje strujom većom od razine 2C nije preporučljivo, ali unatoč tome što punjenje na višim razinama uistinu utječe na životni vijek baterije, LiPo baterije kod većine freestyle dronova u velikoj su mjeri konstantno preopterećene. Drugim riječima, veća je vjerojatnost da će se baterija oštetiti uslijed pada drona, prije nego što punjenje strujom na razini 2C uzrokuje osštećenje.



Rizik od prekomjernog punjenja uglavnom ne postoji jer punjač nikada neće napuniti bateriju na napon veći od 4,2 V po ćeliji. Jedini scenarij u kojem će doći do prekomjernog punjenja je kada koristite standardnu LiPo bateriju na postavkama za Litij-polimer visokonaponsko punjenje (LiHV). LiHV baterije su dizajnirane da zadrže maksimalno punjenje od 4,35 V po ćeliji, a ako punjač nije u mogućnosti utvrditi je li baterija LiPo ili LiHV, nemojte puniti LiPo baterije na LiHV postavkama za punjenje.

U ORQA FPV.Ace edukacijskom kompletu koriste se LiHV baterije sa jednom ćelijom (1S). Punjač za navedene baterije je jednostavnog tipa sa prekidačem koji omogućava visokonaponsko punjenje do 4,35 V. Na ovom tipu punjača nije potrebno podešavati struju punjenja. Dok su baterije u fazi punjenja, LED indikator će svijetliti crvenom bojom, a nakon završetka punjenja, indikator će svijetliti zelenom bojom.

Metode punjenja

Tijekom punjenja baterije ne bi trebalo ostaviti u potpunosti bez nadzora. Punjenje LiPo baterija je dugotrajan proces, a najveći problem je u punjačima trenutno dostupnim na tržištu, budući da dolaze samo s jednim, dva ili najviše 4 priključka. Postoje dvije metode koje možete koristiti za brzo punjenje više LiPo baterija:

1. Najsigurnija, najjednostavnija i najpouzdanija metoda je kupiti punjač s četiri neovisna priključka i puniti baterije brzinom od 2C. Možete priključiti četiri baterije istovremeno i svaku pokrenuti na vlastitom ciklusu punjenja. Brzinom od 2C, dvanaest LiPo baterija može se napuniti za otprilike 90 minuta (s tri ciklusa od po 30 minuta).
2. Druga metoda je paralelno punjenje. Ova metoda je mnogo složenija i predstavlja opasnost koja može imati prilično negativne posljedice koje mogu rezultirati uništavanjem baterija i izazivanjem požara. Ukoliko se ne osjećate dovoljno kompetentnim i sigurnim u postupak, radije ne pokušavajte baterije puniti na ovaj način.

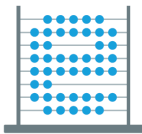
Paralelno punjenje

Paralelno punjenje zahtijeva dodatnu opremu poput pločica za paralelno punjenje i indikatore napona. Priključkom više LiPo baterija na paralelnu ploču, praktički se stvara jedna velika baterija s kombiniranim kapacitetom.

Pražnjenje i skladištenje baterija

Baterije su najranjivije kada su u zraku, ne samo zato što su pričvršćene na dron koji se može u svakom trenutku srušiti, nego i zbog toga što ih je moguće prekomjerno isprazniti ukoliko ne sletite na vrijeme. Baterije FPV drona nemaju sigurnosne značajke kao baterije komercijalnih dronova. Vaša baterija će davati energiju dokle god je priključena na potrošača. Apsolutno ništa vas neće spriječiti da ju ispraznite do kraja i nanese nepopravljivu štetu ukoliko tako odlučite. Postoje tri mjere koje možemo koristiti kako bismo odredili kada je vrijeme za slijetanje:

- 1) NAPON – osnovni podatak koji je potrebno pratiti na OSD meniju drona. U FPV svijetu postoji određena polemika oko razine napona na koju se baterije smiju isprazniti da im ne nanese nepopravljivu štetu, ali se ne preporuča razina ispod 3,5V po ćeliji. Kada dosegnete napon od 3,6V po ćeliji, trebali biste usmjeriti dron natrag prema slijetanju. Međutim, očitavanje napona često dramatično varira ovisno načinu i režimu letenja. Na velikim snagama potiska motora, očitavanje napona naglo pada, a nedugo zatim ponovno raste nakon što smanjite potisak. Nije rijetko da relativno rano tijekom leta očitavanje napona pokaže vrijednost od 3,6 V. Dakle, iako je očitavanje



napona najbolji pokazatelj preostale napunjenosti baterije i preostalog vremena leta, ne smijemo se samo na njega osloniti.

- 2) **POTROŠNJA STRUJE (mAh)** – očitavanje potrošnje struje nam govori koliko energije su ESC-ovi/motori povukli iz baterije. Elektronika na dronu može točno pratiti koliko struje je potrošeno tijekom perioda od aktivacije do deaktivacije drona. Nepisano pravilo je da se ne treba potrošiti više od 80% ukupnog kapaciteta LiPo baterije. U slučaju baterije od 1500 mAh, kada očitavanje potrošnje struje pokaže potrošnju od 1200 mAh, trebali bismo usmjeriti dron natrag prema lijetanju. Treba imati na umu da je očitavanje potrošnje struje korisno samo kada su ispunjena ova dva uvjeta: LiPo baterija bila je potpuno napunjena kada ste je priključili na dron. Ako tijekom leta nije došlo do „reseta“ očitavanja, što se može dogoditi u slučaju pada ili grubljeg slijetanja nakon čega je dron potrebno deaktivirati i ponovno aktivirati. U tom slučaju može doći do reseta očitavanja potrošnje struje na nulu, čime se efektivno narušava prethodni uvjet.

- 3) **MJERAČ VREMENA LETA** – Ovo je najsubjektivnija mjera i treba ju koristiti samo zajedno s naponom i potrošnjom struje. Vrijeme leta u velikoj mjeri ovisi o režimu leta. Treba imati na umu da se očitavanje vremena leta također može resetirati uslijed aktivacije i deaktivacije drona.

Nema točno definirano pravila kada je potrebno završiti sa letom. Piloti moraju voditi računa o svakoj od gore opisanih mjera kako bi se donijela pravovremena odluka o trenutku slijetanja.

Dugotrajno skladištenje baterija

Dugotrajnim skladištenjem LiPo baterija smatra nekorištenje baterija na period dulji od 48 sati.

Dugotrajnim nekorištenjem napunjenih baterija unutarnji otpor baterije počinje rasti. Što dulje baterija drži puni kapacitet, unutarnji otpor baterije raste, što potiče degradaciju ćelija i gubitak performansi.

Također, u slučaju zapaljenja pune baterije, znatno veća energija se ispušta i posljedica požara može biti opasnija. Ako baterije ne možete isprazniti baterije na zabavan način, odnosno da ih potrošite u letu tako da ih letite, Potrebno ih je staviti na punjač i spustiti na razinu skladištenja prije nego ih odložite.

Većina punjača imaju ciklus "Skladištenje" koji automatski podiže ili spušta napon ćelija na 3,8V po ćeliji. Za produljenja životnog vijeka baterije, najbolje je vratiti napon na razinu od 3,8 V. Kod punjača koji nemaju opciju spuštanja napona ćelija na 3,8 V može se primijeniti zabavnija metoda, odnosno može se spustiti razina napona baterije do potrebne razine tijekom leta na razinu od 3,8 V (očitanje, na OSD meniju).

Nakon što su grupe završile istraživanja, predstavljaju svoje rezultate drugim učenicima. Učenici koji slušaju predavljanje se ohrabruju na postavljanje pitanja a učenici koji predstavljaju trude se na razumljiv način odgovoriti na pitanja.

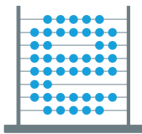
Postupci potpore

Pri podjeli učenika u grupe vodite brigu o ograničenjima učenika i prema potrebi im osigurajte rad u paru i jasno dogovorite njihove zadatke (npr. istraživanje poveznica, zapisivanje podataka).

Ostalim učenicima kojima je potrebna prilagodba ili individualizirani pristup osigurati nesmetano sudjelovanje u izradi zadataka.

Za učenike koji žele znati više

Učenici koji žele znati više, neka istraže na koji način se može ugasiti požar LiPo baterije.



Osnove Letenja dronom

KLJUČNI POJMOVI

Letenje dronom, potisak, zakretanje, nagib, FPV letenje

INFORMACIJE O AKTIVNOSTI

[Razina složenosti primjene IKT](#)

B1 - Eksperimentator

Učenici se dijele u pet grupa. Svakoj grupi je dodijeljen jedan Micro dron AcroBee65 BNF Ghost (dalje u tekstu "dron") i IRC Ghost UberLite - radio modul (dalje u tekstu "radio modul"). Učenici se upoznaju s dronom i radio modulom pri čemu koriste video materijal dostupan na ORQA YouTube kanalu i Tehnički priručnik.

Prvi letovi stvarnim dronom se provode unutar vizualnog dometa (Eng. LOS - Line of Sight), pri čemu pilot provodi osnovne operacije dronom kroz niz praktičnih vježbi.

Aktiviranje i deaktiviranje

Prije polijetanja, dron je prvo potrebno aktivirati. Također, kad je dron prizemljen, zbog sigurnosti i sprečavanja nezgoda, dron treba biti deaktiviran, odnosno motori drona ne smiju biti pokrenuti.

Prije aktivacije drona, upravljačku palicu potiska potrebno je postaviti na nulu. Tek nakon toga dron je moguće aktivirati pritiskom gumba za aktiviranje koji je postavljen tijekom kalibracije. Na kontroleru je lijeva potisna tipka tvornički predefinirana za aktivaciju i deaktivaciju.

Svaki učenik u svakoj grupi izvodi vježbu aktiviranja i deaktiviranja drona.

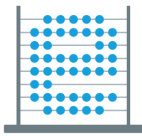
Svaki učenik u svakoj grupi izvodi slijedeće vježbe:

- Upoznavanje s funkcijama upravljačkih palica
- Potisak (Eng. Throttle)
- Zakretanje (Eng. Yaw)
- Kombinirano korištenje naredbi lijeve upravljačke palice (Eng. Accessory stick)

- Nagib naprijed/natrag (Eng. Pitch)
- Nagib lijevo/desno (Eng. Roll)
- Kombinirano korištenje naredbi desne upravljačke palice (Eng. Cyclic stick)
- Kombinirano korištenje upravljačkih palica

U zrakoplovstvu postoji termin koji se naziva neutralni položaj letjelice. To je položaj u kojem su sve sile koje djeluju na letjelicu u ravnoteži, odnosno kada se letjelica kreće prvocrtno, konstantnom brzinom i na jednakoj visini.

Kod dronova je taj naziv potrebno modificirati zbog specifičnosti letnih karakteristika drona i nazvat ćemo ga osnovni položaj.



Dron se nalazi u osnovnom položaju kada se kreće pravocrtno, pri konstantnoj brzini i na jednakoj visini, pod nagibom koji je jednak kutu nagiba njegove FPV kamere. Pri tome je važno napomenuti da kut nagiba kamere nije unaprijed definiran (ako dron leti u osnovnom položaju pod nagibom naprijed od X° , kamera mora biti podignuta pod jednakim kutem od X°).

ŠKOLA LETENJA

Nakon inicijalnog podešavanja i spajanja kontrolera učenici pristupaju vježbama s dronom Micro dron AcroBee65 BNF Ghost.

Svaki učenik će individualno izvoditi slijedeće vježbe dronom:

1. Kontrola potiska
 - a. Pojačanje potiska (statično povećanje visine)
 - b. Pojačanje potiska i nagib prema naprijed (Sprint)
 - c. Nagib naprijed (statično smanjenje visine)
 - d. Nagib prema natrag (statično povećanje visine)
 - e. Nagib prema natrag i smanjenje potiska (Coast)
 - f. Smanjenje potiska (statično smanjenje visine)
2. Povećanje visine
 - a. Statično povećanje visine
 - b. Dinamično povećanje visine
 - c. Konveksno povećanje visine
3. Smanjenje visine
 - a. Statično smanjenje visine:
 - i. smanjenjem snage potiska uz zadržavanje kuta nagiba
 - ii. povećanjem kuta nagiba uz zadržavanje snage potiska motora
 - b. Dinamično smanjenje visine
 - c. Silazna spirala
4. 2D skretanje
5. S-skretanje
6. Zaokret oko prepreka
 - a. Geometrijski prilaz
 - b. Kasni prilaz
 - c. Rani prilaz
7. Rook-N-Roll
8. Vrata i prolazi

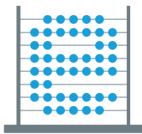
Postupci potpore

Pri podjeli učenika u grupe vodite brigu o ograničenjima učenika i prema potrebi im osigurajte rad u paru i jasno dogovorite njihove zadatke.

Ostalim učenicima kojima je potrebna prilagodba ili individualizirani pristup osigurati nesmetano sudjelovanje.

Za učenike koji žele znati više

Učenici koji žele znati više, mogu se upoznati sa Acro načinom letenja FPV drona, kao standardnim FPV načinom letenja, koji pilotu omogućava potpunu kontrolu drona tijekom leta.



e-Škole
RAZVOJ SUSTAVA
DIGITALNO ZRELIH ŠKOLA
(II FAZA)



Dodatna literatura, sadržaji i poveznice

Mollica C.M. 2020. *FPV Flight Dynamics: Mastering Acro Mode on High-Performance Drones*.
Vespula Ventures

Impresum

Autori: mr.sc. Robert Kelemen, Dragan Kovačević, Robert Ljubek

Godina izrade: 2023.

Ovo djelo je dano na korištenje pod licencom:

[Creative Commons Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna.](#)