

Комитет за развој свемирског програма
Република Србија
21000 Нови Сад
МБ: 28104294
2comnet.info/komsat/sr/



Committee for Space Programme Development
Republic of Serbia
21000 Novi Sad
IDN: 28104294
2comnet.info/komsat/en/

Dušan Radosavljević

CanSat Program

2019/20

Novi Sad
Oktobar, 2019

Napomena:

U ovom priručniku se namerno koriste termini iz engleskog jezika. S obzirom da je razvoj obrazovanja i ljudskih resursa u ovoj oblasti direktno povezan sa komunikacijom i saradnjom među ljudima na globalnom nivou, usvajanje stručne terminologije na engleskom jeziku već u osnovnoškolskom i srednjoškolskom uzrastu predstavlja višestruku korist. Priručnik je urađen na osnovu priručnika "CanSat Program 1" izdatog jula 2013. godine.

Predgovor

Novembra 1998. godine na simpozijumu **University Space Systems** (USSS) održanog na Havajima, Profesor Robert Twiggs sa Stanford Univerziteta (eng. *Stanford University Space Development Laboratory*) predložio je takozvani "CanSat" (eng. *Can Satellite*) koncept, kojim kompletan satelit ima veličinu limenke od 350 ml. Ovaj izazov lansirao je niz međunarodnih radionica i takmičenja. Kroz radionice i takmičenja tokom cele prošle dekade, đaci i studenti su dizajnirali i izrađivali **Can** satelite; lansirali ih putem raketa, balona i/ili aviona na daljinsko upravljanje; prikupljali podatke tokom spuštanja CanSat-a padobranom, simuliranjem sprovođenja i razvoja eksperimenata u svemiru. Tokom ovih praktičnih aktivnosti, đaci i studenti su radili na različitim projektima razvoja **low-cost** đачkih i studentskih satelita.

CanSat je mali analogni satelit. Sve komponente su smeštene u unutrašnjost limenke od 350 ml. CanSat omogućava priuštiv način sticanja osnovnih znanja iz svemirskog inženjeringa za predavače, đake i studente kao i doživljavanja inženjerskih izazova pri izradi satelita. Đaci i studenti su u mogućnosti da dizajniraju i naprave mali elektronski tovar koji može da stane u limenku od 350 ml. CanSat se lansirava raketom ili balonom i isporučuje u apogeju. Pomoću padobrana CanSat se polako spušta na zemlju i tokom spuštanja sprovodi svoju misiju (npr. *meri vazdušni pritisak i temperaturu i šalje telemetriju*). Analizom podataka koje je prikupio CanSat, korisnici će istražiti razloge uspeha ili neuspeha njegove misije.

Učenje svemirskog inženjeringa baziranog na CanSat konceptu omogućava inovativnim đacima i studentima da kroz konkretan projekat steknu praktična iskustva za period manji od godinu dana. S obzirom da je u pitanju projekat iz svemirskog inženjeringa đaci i studenti će steći iskustva počev od idejnog rešenja, preko integrisanja i testiranja, pa sve do stvarne operativnosti sistema, tj. iskustva iz celog projektnog ciklusa za manje od godinu dana. Jedna od glavnih prednosti CanSat koncepta jeste veoma mala cena kompletnog projekta što omogućava školama i univerzitetima uključivanje većeg broja đaka i studenata. CanSat predstavlja simulaciju pravog, velikog satelita i sadrži sve komponente kao i pravi satelit, ali sa limitiranom složnošću. Svake godine organizuju se CanSat takmičenja širom Sveta, nacionalna i međunarodna na kojima se takmiče đaci i studenti u dizajnu, izradi i misijama koje definišu organizacioni komiteti.

Prednosti obrazovanja baziranog na CanSat konceptu

CanSat je efektivni alat za obrazovanje u pogledu sledećeg:

- ^ Uključivanje đaka i studenata u tehnologiju i inženjering kao praktični dodatak ostalim predmetima koje izučavaju kao što su matematika i fizika;
- ^ Relativno niska cena;
- ^ Đaci i studenti stiču iskustvo kompletnog procesa: dizajn, izrada, testiranje, lansiranje i analiza;
- ^ Jednostavno i jeftino sprovođenje eksperimenata sa balonom/raketom;
- ^ Metode učenja mogu biti prilagođene uzrasnom nivou đaka i studentima, odnosno njihovim potrebama i sposobnostima (Potrebe i sposobnosti đaka u osnovnoj školi, srednjoj školi i na fakultetu se razlikuju);
- ^ Đaci i studenti su u mogućnosti da analiziraju razloge uspeha ili neuspeha nakon spuštanja CanSat-a na zemlju.

I Poglavlje

1. Uvod u CanSat

- **CanSat predstavlja simulaciju pravog satelita.**
 - On izvršava misiju i prikuplja podatke;
 - Tipične misije su: atmosferska merenja, beleženje video zapisa, beleženje foto zapisa, komunikacije, navigacija;
 - Misije mogu biti jednostavne ili složene;
 - Jedini uslov jeste da misija bude kompatibilna sa limenkom od 350 ml, tj. da sve komponente koje su neophodne za izvršenje misije stanu u nju.



- Slika 1, **Primer CanSat-a** (preuzeto: *Bolyai CanSat Team*) -

- Ovaj program će prikazati na koji način se izrađuje CanSat.
 - CanSat sadrži većinu podsistema koji se nalaze u pravim satelitima.

1.1. Misija CanSat-a

- **Šta je misija?**

- Lansiranje CanSat-a na najmanju visinu od 50 m i isporučivanje;
- Spuštanje CanSat-a na zemlju padobranom određenom brzinom;
- Merenje vazdušnog pritiska senzorom pritiska u CanSat-u tokom spuštanja;
- Merenje temperature senzorom temperature u CanSat-u tokom spuštanja;
- Slanje podataka putem predajnika u CanSat-u zemaljskoj stanici najmanje jednom svake tri sekunde;
- Analiziranje podataka.

1.2. KONOPS

- **KONOPS = Konceptija operacija** (eng. *CONOPS = Concept of Operations*)

- **Šta je Konops?**

- **Opis operacija misije od početka do kraja.**
- **Pokriva sve operacije:**
 - Pripremanje rakete/balona/drona;
 - Pripremanje CanSat-a;
 - Pripremanje zemaljske stanice;
 - Integracija CanSat-a u raketu/balon/dron;
 - Lansiranje rakete/puštanje balona/puštanje drona;
 - Isporučivanje CanSat-a iz rakete/balona/drona;
 - Prikupljanje podataka koje je poslao CanSat;
 - Vraćanje u prvobitno stanje CanSat-a i rakete nakon povratka na zemlju;
 - Zadatak svake osobe uključene u misiju;
 - Šema nepredviđenih slučajeva (Upravljanje rizicima).

1.3. Šta sve treba da bude ispunjeno u misiji

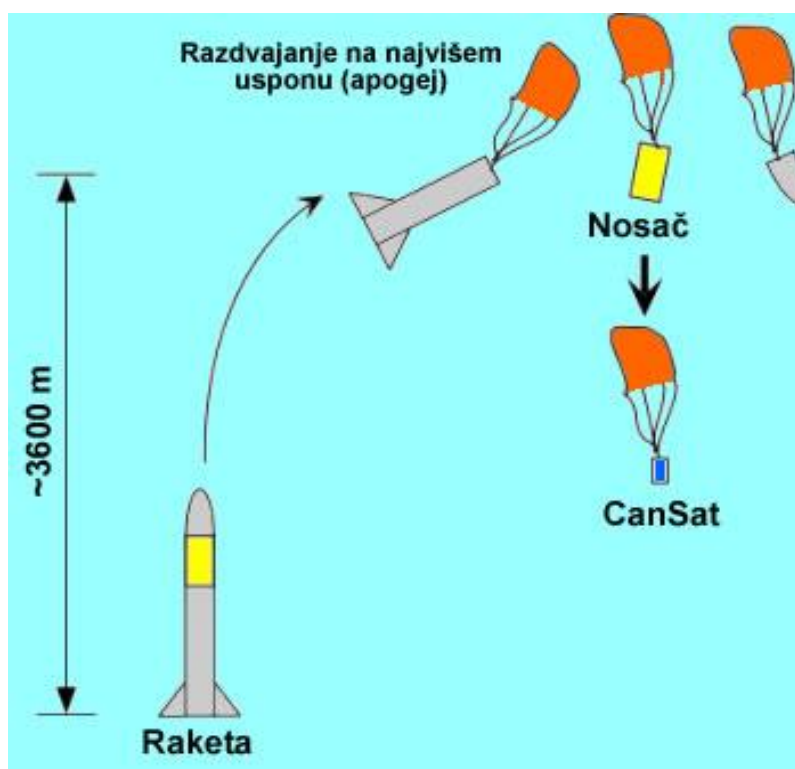
- **CanSat**

- CanSat treba da meri vazdušni pritisak i temperaturu najmanje jednom svake 3 sekunde
- CanSat treba da salje podatke zemaljskoj stanici
- CanSat treba da bude napravljen tako da stane u standardnu limenku/pikslu/konzervu od 350ml (npr. *Coca-Cola* ili *Pepsi*)
- Ni jedan deo CanSat-a ne sme da bude van limenke pre izbacivanja
- Težina CanSat-a treba da bude manja od težine limenke pune soka (350 grama)
- CanSat treba da radi pomoću struje dobijene iz baterije ili solarnih ćelija
- Antene treba da budu elastične
- Padobran treba da bude pažljivo pričvršćen i smešten na jednom od krajeva CanSat-a

- **Zemaljska stanica**
 - Zemaljska stanica treba da ima prijemnik (eng. *Receiver*) kompatibilan CanSat predajniku/odašiljaču (eng. *Transmitter*)
 - Zemaljska stanica treba da ima antenu koja može da prati CanSat tokom leta
 - Zemaljska stanica treba da prikuplja sve podatke tokom leta CanSat-a i skladišti ih za kasniju analizu
- **Raketa** (ako se ne koristi balon ili dron)
 - Raketa treba da bude napravljena i podešena tako da može da ponese CanSat i da ga izbaci (isporučiti) na najvećem usponu - apogej (eng. *Apogee*)
 - Raketa treba da koristi raketni motor sa ugrađenim sklopom za izbacivanje (isporučivanje) CanSat-a i padobrana rakete na najvećem usponu – apogej

1.4. Kako se CanSat lansira?

- Za lansiranje CanSat-a se koristi model raketa velike snage.
 - Raketa je prečnika 7.62 cm i ukupne visine oko 91.5 cm;
 - Raketa je u stanju da dostigne najmanje 800 m u visinu;
 - CanSat je smešten u gornji ram rakete (nosač) ispod nosa konusa.
- Kada lansirana raketa dostigne apogej, ista se razdvaja i izbacuje glavni padobran.
 - Ovo omogućava da se gornji deo rakete usmeri ka dole.
- Iz nosača CanSat-a **ispada** CanSat sa padobranom.
- Padobran određenom brzinom spušta CanSat na zemlju.



- Slika 2, **Proces: lansiranje-razdvajanje-spuštanje** -

2. Podsistemi (komponente) satelita

- **Satelit je sastavljen od šest glavnih podсистema (komponenta):**

- Podsystem za napajanje električnom energijom;
- Podsystem za upravljanje satelitom i podacima (mozak satelita);
- Podsystem za komunikaciju;
- Koristan teret/tovar (eng. *Payload*) – senzori itd.;
- Konstrukcija;
- Podsystem za kontrolu položaja (ponašanja) satelita.

2.1. Podsystem za napajanje električnom energijom

Podsystem za napajanje obezbeđuje električnu energiju satelitu, tj. svim delovima satelita kojima je ona potrebna za funkcionisanje.

Električna energija može biti obezbeđena iz solarnih panela, baterija ili neke vrste goriva. **Solarni paneli** su sastavljeni od solarnih ćelija (eng. *Photovoltaic*) koje konvertuju sunčevu energiju direktno u električnu energiju. Postoje različiti tipovi solarnih ćelija (npr. *Silikonske* (Si), Gallium Arsenide (GaAs), Gallium Arsenide/Germanium (GaAs/Ge) i Amorfne Si ćelije) i svaki tip ima drugačiji nivo efikasnosti i cenu izrade.

- Amorfne Si ćelije su najmanje efikasne i najjeftinije i u stanju su da konvertuju do 9% sunčeve energije u električnu energiju
- Si ćelije su bolje i konvertuju do 14% sunčeve energije u električnu energiju. Zbog veće efikasnosti cena im je veća od Amorfni Si ćelija
- GaAs ćelije su još efikasnije i konvertuju do 20% sunčeve energije u električnu energiju. Zbog toga su i skuplje od Si ćelija.
- Najnovije ćelije su GaAs/Ge ćelije koje konvertuju do 27% sunčeve energije u električnu energiju. Njihova cena je samim tim i najveća.

Prilikom izrade satelita biraju se tipovi solarnih ćelija koji zadovoljavaju potrebe satelite tj. njegovih sistema i podсистema, veličine i mase, a sve skladu sa raspoloživim budžetom. **Baterije** su, kao što je već pomenuto, takođe jedan od načina da se obezbedi električna energija svim sistemima i podsystemima satelita. Postoji svega nekoliko vrsta baterija koje se koriste u ove svrhe i to su:

- Nickel Cadmium (NiCd) baterije. Ova vrsta se najčešće koristi i veoma je slična klasičnoj punjivoj bateriji koja se koristi svakodnevno. NiCd baterije pune solarni paneli i služe za smeštanje energije kada je satelit izložen sunčevoj svetlosti, dok prilikom ulaska satelita u zemljinu senku (eng. *Eclipse*) služi kao snabdevač satelita prikupljenom energijom. Na taj način omogućeno je neprekidno napajanje satelita električnom energijom.

- Nickel Hydrogen (NiH₂) baterije predstavljaju relativno novu vrstu baterija koje se upotrebljavaju za ove svrhe.

- Lithium Ion (Li-Ion) baterije spadaju u najnoviju vrstu baterija koje tek počinju da se koriste za potrebe pojedinih satelita. Ove baterije obezbeđuju **najgušći** nivo energije. Potrebna im je određena zaštita i ukoliko su previše napunjene ili previše ispražnjene mogu da explodiraju.

2.2. Podsistem za upravljanje satelitom i podacima (mozak satelita)

Sistem za upravljanje satelitom i podacima je kompjuter koji kontroliše protok podataka i instrukcija (eng. *Data Handling Unit – DHU*). DHU kontroliše tovar (eng. *Payload*) i prikuplja podatke, na primer, od senzora ukoliko oni predstavljaju tovar. DHU prihvata komande primljene preko sistema za komunikaciju i šalje podatke sistemu za komunikaciju za slanje zemaljskoj stanici. Kao što je već pomenuto DHU predstavlja mozak satelita.

2.3. Podsistem za komunikaciju

Satelit ima radio prijemnik (eng. *Radio receiver*) za prihvatanje komandi sa zemaljske stanice (eng. *Ground station*). Zemaljska stanica je mesto opremljeno za kontrolu satelita preko radio komandi (up-link). Komande su generalno kratke i brzine prenosa podataka su najčešće spore. Manja brzina prenosa takođe omogućava redukovanje složenosti prijemnika satelita i smanjenju šansu za pojavu grešaka prilikom primanja komandi. Satelit takođe ima i predajnik/odašiljač (eng. *Transmitter*) koji se koristi za telemetriju (down-link). Predajnik najčešće radi na većoj brzini prenosa podataka nego prijemnik. S obzirom da postoji mnogo više podataka za slanje, a vreme je limitirano brzinom preleta satelita, tj. periodom kojim je satelit u **vidokrugu** zemaljske stanice, brzo slanje podataka je izuzetno važno – što je slanje podataka brže više podataka će biti primljeno. Veća brzina prenosa podataka znači potrebu za složenijim formatima i protokolima za rad sa podacima, za detekciju grešaka i brzu ispravku istih. Ovo je dobro jer je jednostavnije imati komplikovaniji prijemnik na zemaljskoj stanici nego na satelitu.

2.4. Konstrukcija satelita (šasija)

Konstrukcija satelita (šasija) je najčešće napravljena od aluminijuma. Ramovi satelita su od ekstrudiranih aluminijumskih šipki. Paneli su najčešće tipa saća kako bi se smanjila težina satelita, ali sačuvala čvrstina konstrukcije. Pojavom 3D štampe, veoma brzo će aluminijum biti zamenjen specijalnim materijalima za svemirske aplikacije.

2.5. Podsistem za kontrolu položaja (ponašanja) satelita

Sistem za kontrolu položaja (eng. *Attitude control*) satelita omogućava kontrolu orijentacije satelita. Ovo je izuzetno važno jer često senzori i druge vrste tovara (eng. *Payload*) moraju biti usmereni u određenom smeru. Isto tako ovaj sistem omogućava i da željeni smer bude neprestano održavan do trenutka dok se ne uputi nova komanda. Uređaj koji se koristi u ove svrhe zove se reakcioni točak (eng. *Reaction wheel*) koji je najčešće implementiran kao specijalni elektro motor. Da bi satelit rotirao u određenom smeru, brzina i smer obrtanja reakcionog točka su promenljivi i kontrolišu se elektronski. Za održavanje orijentacije satelita koristi se senzor koji se zove Žiroskop. Često se za kontrolu položaja manjih satelita koristi neodimijumski magnet.

2.6. Bus satelita

Bus satelita sadrži sve komponente sistema koje su prezentovane. **Bus** satelita možemo porediti sa Taxi vozilom (Slika 3).

- DHU je vozač
- Komunikacioni sistem predstavlja sirena taxija i CB radio
- Baterija i alternator su napajanje
- Motor taxija i pogonski mehanizam su pogon (eng. *Propulsion*)
- Volan bi bio isto što i reakcioni točak
- Konstrukciju predstavlja samo Taxi vozilo

Bus se sastoji od konstrukcije i svih podsistema potrebnih za podršku tovaru (eng. *Payload*) koji nosi i koji će biti opisani u nastavku.



- Slika 3, Taxi vozilo -

2.7. Senzori

Tovar (eng. *Payload*) na satelitu generalno predstavlja neki tip senzora. To mogu biti:

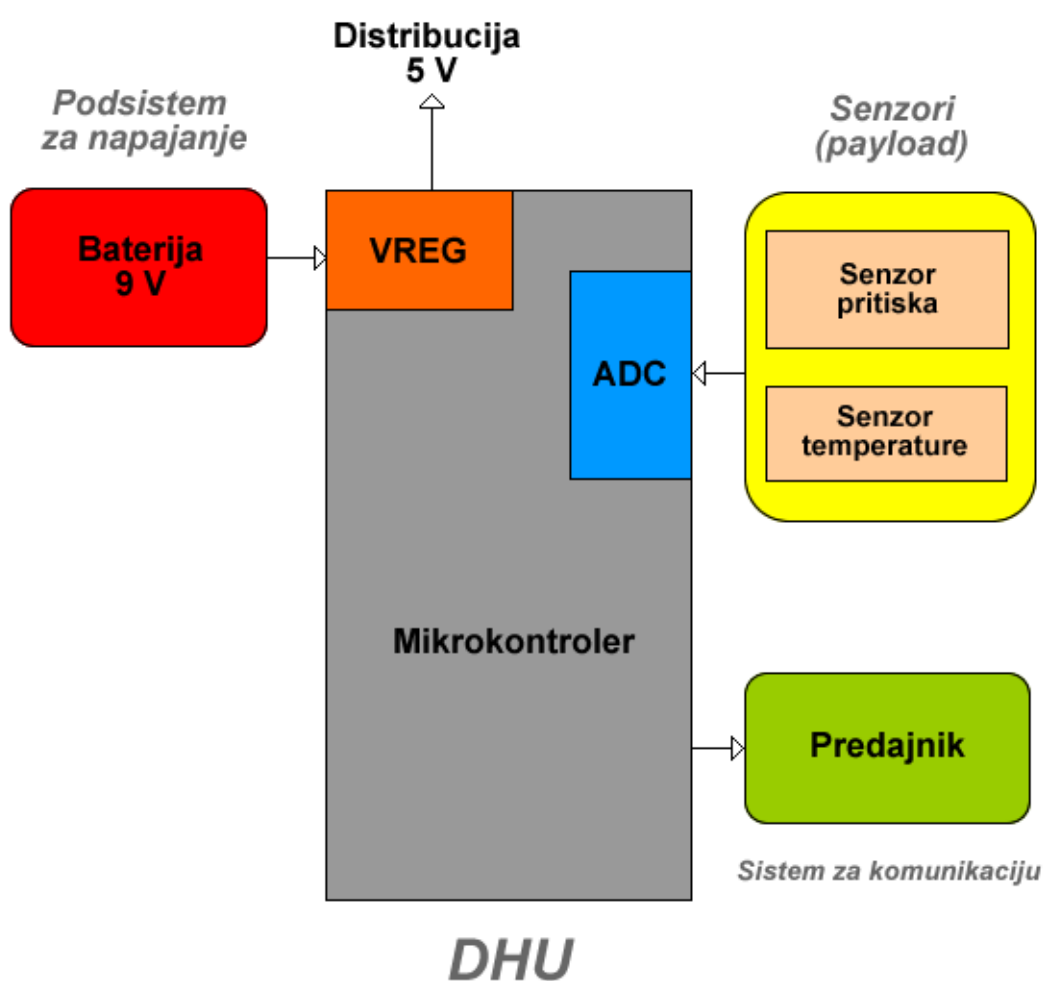
- radio prijemnik posebno dizajniran za detekciju određenih tipova signala,
- kamera za slikanje Zemlje u različitim svetlosnim spektrima,
- detektor radijacije ili bilo koji tip senzora koji je napravljen da detektuje nešto.

SVE PREZENTOVANO PREDSTAVLJA UOPŠTEN PRIKAZ PODSISTEMA SVAKOG SATELITA, TJ. OSNOVU SVAKOG SATELITA. RAZLIČITE MISIJE/NAMENE SATELITA DEFINIŠU KOJE KOMPONENTE ĆE SATELITU JOŠ BITI DODATE. SADA ĆE SVE PRIKAZANO BITI PRIMENJENO NA CANSAT.

3. Komponente CanSat-a

3.1. Bus CanSat-a

- Da bi ispunio zahteve misije CanSat mora da ima nekoliko podsistema. **Bus** CanSat-a sadrži iste podsisteme kao i svaki drugi satelit, tj. sve što je u ranijim tekstovima prezentovano može se primeniti i na CanSat.
 - Napajanje CanSat-a je obezbeđeno baterijom od 9 V
 - DHU predstavlja modul procesora (mikrokontroler, VREG, ADC...)
 - Podsystem za komunikaciju je predajnik koji šalje podatke zemaljskoj stanici
- Sledeći blok dijagram prikazuje na koji način su podsistemi povezani (Slika 4):

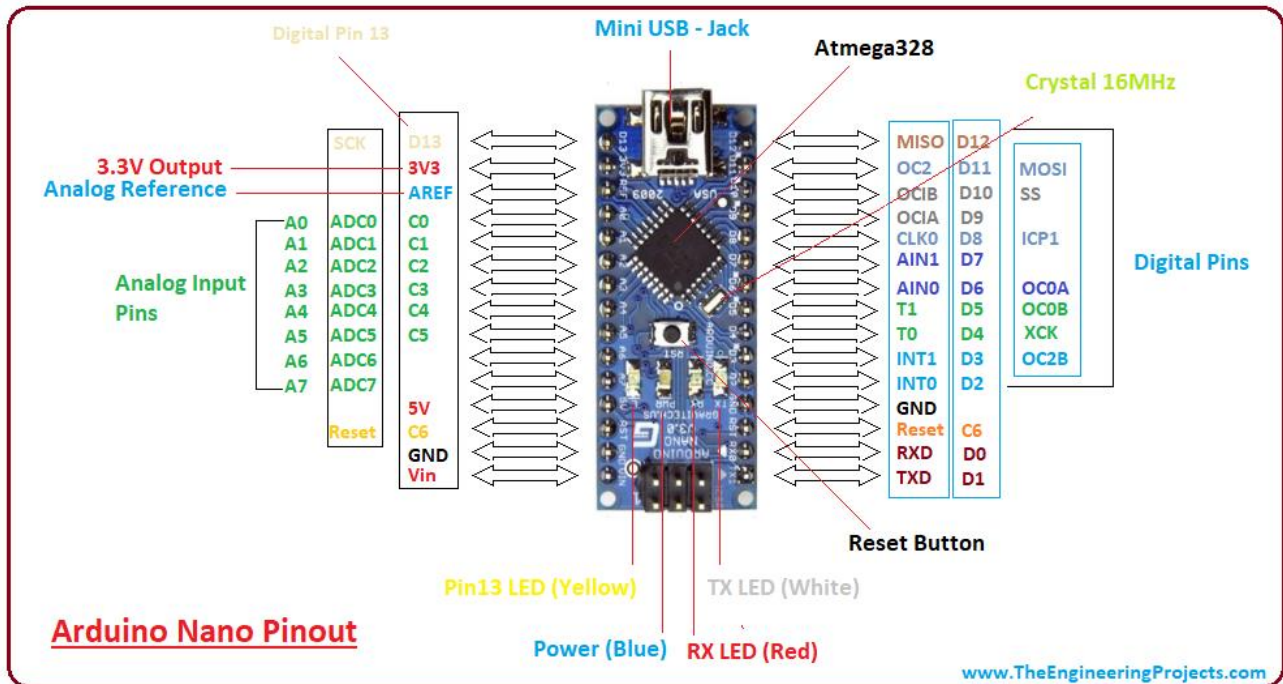


- Slika 4, Način povezivanja podsistema CanSat-a -

3.2. DHU CanSat-a

Na donjoj slici detaljno je prikazan Arduino Nano modul (DHU CanSat-a) koji koristi Atmel Atmega328 mikrokontroler.

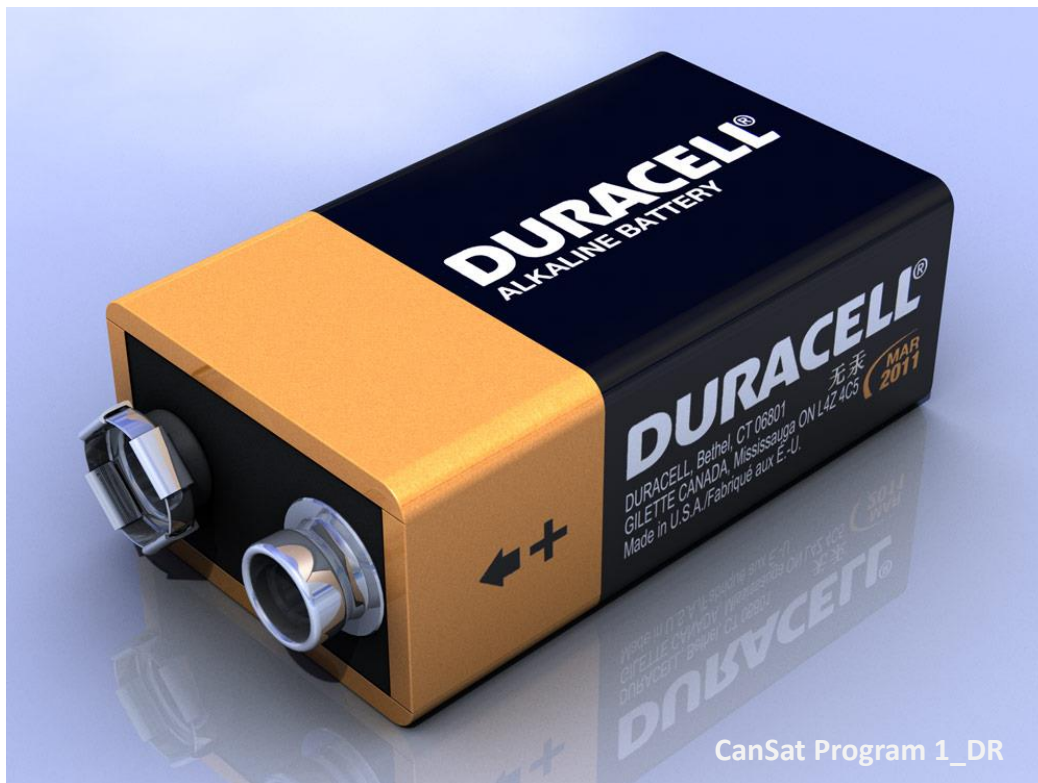
Napomena: Mi ćemo za izradu našeg CanSat-a koristiti Clone verziju Arduino Nano-a.



- Slika 5, Prikaz DHU-a (Portova i Pinova) CanSat-a -

3.3. Napajanje CanSat-a

CanSat za napajanje koristi bateriju od 9 V. Alkalna baterija ima kapacitet od najmanje 0.5 Ah što znači da baterija teoretski obezbeđuje 1/2 Ampera za 1 sat. U uobičajenoj primeni ova baterija može da obezbedi samo 1/10 Ampera u kontinuitetu, tako da je njeno trajanje 5 sati. Kao primer možemo navesti korišćenje ove baterije za napajanje MP3 plejera pri čemu ona traje oko 17 sati. Elektronika CanSat-a zahteva 5 V direktne struje (Vdc). 5 Vdc je standardna voltaža koja se koristi u elektronici, naročito kod kompjutera. U modulu procesora ugrađen je regulator voltaže (VREG) koji obezbeđuje specifičnu voltažu nezavisnu od ulaznog snabdevanja. Izlazna voltaža alkalne baterije je 9 Vdc pa regulator konvertuje 9 Vdc u 5 Vdc. Kako se baterija prazni i izlazna voltaža opada, regulator održava 5 Vdc sve dok baterija ne padne ispod 5 Vdc.



- Slika 6, Baterija (9 V) za napajanje CanSat-a -

3.4. Podsistem za komunikaciju

Podsistem za komunikaciju je radio predajnik (433Mhz) koji šalje podatke iz CanSat-a (telemetrija). Pojam telemetrija je nastao od dve grčke reči *tele* = daleko, udaljen i *metron* = meriti i odnosi sa na visoko automatizovani komunikacioni proces merenja, prenosa podataka i instrukcija na daljinu kako bežičnim tehnologijama (radio veza, wireless, IC ...) tako i putem različitih medija kao što su: telefonska ili računarska mreža, optički kabel, koaksijalni kabel i druge vrste mreža. Predajnik ima svoj procesor koji prihvata podatke sa CanSat-ovog kompjutera i formatira ih u određeni protokol (npr. AX.25). Protokol je metod slanja informacija. Protokol formatira podatke i dodaje informacije kao pomoć za detektovanje grešaka pri telemetriji.



- Slika 7, Modul za komunikaciju (predajnik) -

3.5. Komunikacioni protokol

Protokol je u osnovi metod formatiranja informacija, kao i komunikacioni metod. Struktura podataka koja se koristi sadrži informacije koje su namenjene određivanju prijemnika, identifikaciji predajnika, identifikaciji vrsta podataka i nalaženju eventualnih grešaka i njihovoj korekciji. Protokol takođe može da sadrži sekvence operacija kao što su protokol za dozvolu konektovanja, zahteva za reemitovanje itd.. Protokol može biti jednostavan kao opis formata emitovanja. Na primer:

Zaglavlje	Podaci	Zbirna kontrola
8 bitova = 1 bajt	32 bajta	16 bitova = 2 bajta

- Prvih 8 bitova predstavljaju 'zaglavlje' (eng. *Header*) koje će koristiti prijemnik za detekciju početka poruke;
- Sledećih 32 bajta su 'podaci' (eng. *Data*);
- Poslednjih 16 bitova su za 'zbirnu kontrolu' (eng. *Checksum*) koju koristi prijemnik za određivanje da li su svi podaci primljeni bez greške.

3.6. Podsistem za kontrolu položaja (ponašanja) CanSat-a

CanSat ima jednostavan sistem kontrole položaja (ponašanja) u vidu padobrana (Slika 8). Padobran služi za održavanje položaja CanSat-a, tj. njegovo usmeravanje i održavanje u tom položaju tokom spuštanja na zemlju. On omogućava da antena predajnika bude neprestano

usmerena prema zemlji. CanSat se obrće, ali samo oko jedne ose. Padobran sprečava da se CanSat rotira oko horizontalne ose. Padobran funkcioniše slično ranije objašnjenom reakcionom točku, održava orijentaciju tokom spuštanja.

Detaljno uputstvo za izradu padobrana nalazi se na sledećem linku:

<https://youtu.be/FrIeT8I-ZXI>

Primeri testiranja padobrana sa ili bez CanSat-a nalaze se na sledećem linku:

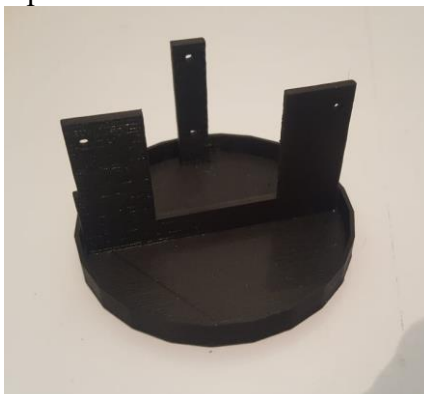
<https://www.youtube.com/watch?v=Ah1CcalbV60>



- Slika 8, Padobran CanSat-a -

3.7. Konstrukcija CanSat-a (šasijsa)

Konstrukcija CanSat-a je osmišljena da bude jednostavna, laka, a u isto vreme i dovoljno čvrsta da može da izdrži kompletnu misiju. Za razliku od originalnog CanSat koncepta koji koristi konzervu kao šasijsu, mi ćemo tokom ove školske godine (2019/20) koristiti šasijsu od plastike (Slika 9). Spoljni prečnik šasijsa je 6,6 cm, a visina 3,7 cm. Težina šasijsa bez elektronike, protoboard-a, žica i baterije ne sme da pređe 20 grama. Na šasijsu se stavlja savijen padobran (NE ubacuje se u šasijsu) pa ukupna visina ne sme da pređe 6 cm.



- Slika 9 -

Detaljno uputstvo za izradu konstrukcije CanSat-a nalazi se na sledećem linku:

<https://youtu.be/Gz66RM5wwA8>

3.8. Korisni teret/tovar (eng. *Payload*) – Senzori

U primeru CanSat-a koji obrađujemo u ovoj školskoj godini (2019/20) nećemo koristiti korisni teret/tovar (eng. *Payload*)

3.9. Operacije zemaljske stanice

Operacije zemaljske stanice su sledeće:

- Dekodiranje podataka iz radio prijemnika,
- Prikazivanje podataka na ekranu.

3.10. Konceptija operacija

• Opisi svih aktivnosti

<p>Operacije na terenu</p> <ul style="list-style-type: none">– Postavljanje zemaljske stanice<ul style="list-style-type: none">– Postavljanje nadkrivenog prostora za rad (otvoren šator ili nadstrešnica)– Postavljanje stola i stolice za opremu zemaljske stanice i operatora– Postavljanje laptop-a, baterije, invertera napajanja– Povezivanje svih kablova– Pripremanje CanSat-a<ul style="list-style-type: none">– Potvrđivanje da je CanSat namešten po standardima– Priključivanje baterije od 9 V– Proveravanje da li CanSat-ov predajnik emituje signal do zemaljske stanice, tj. da li zemaljska stanica prima signal	<ul style="list-style-type: none">– Pripremanje rakete/balona/drona<ul style="list-style-type: none">– Instalacija– Posatavljanje CanSat-a u raketu/balon/dron– Sprovođenje operacija lansiranja<ul style="list-style-type: none">– Provera rakete/balona/drona od strane stručnog lica– Lansiranje rakete/puštanje balona/puštanje drona– Operacije tokom leta<ul style="list-style-type: none">– Praćenje CanSat-a usmeravanjem antene ka njemu– Vraćanje u prvobitno stanje CanSat-a i rakete/balona/drona nakon povratka na zemlju
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

• Analiza podataka

- Prikupljanje podataka i obrada
- Posmatranje profila leta
- Izračunavanje najveće visine

3.11. Rezime

- U ovom delu opisani su podsistemi pravih satelita i CanSat-a.
- Trebalo bi da ste razumeli način funkcionisanja svakog podsistema i kako se podsistemi CanSat-a dovode u vezu sa podsistemima pravih satelita.
- Trebalo bi da ste razumeli značenje i značaj KONOPS-a.

II Poglavlje

4. Razvoj programa

4.1. Razvoj CanSat programa (eng. *Software*)

- Da bi CanSat funkcionisao treba napisati program za DHU. Program treba da prikuplja podatke senzora (ako ih ima), obrađuje podatke i šalje ih zemaljskoj stanici.

4.2. Alat za razvoj programa

- DHU će biti programiran u C jeziku.
 - Program koji ćemo koristiti za pisanje Cansat programa zove se Arduino IDE (<https://www.arduino.cc/en/Main/OldSoftwareReleases>). Preko ovog programa napisaćemo odgovarajući kod, učitati ga u DHU i testirati.
- Detaljno uputstvo za programiranje CanSat-a nalazi se na sledećem linku:
<https://youtu.be/Gz66RM5wwA8>

Važna napomena:

Pre nego što počnete sa programiranjem mikrokontrolera instalirajte drajver mikrokontrolera:

- sa sledećeg linka skinite drajver (CH341SER driver.zip) na Vaš računar:

<http://2comnet.info/komsat/programs/>

- otpakujte ga (un-zip),
- duplim klikom na SETUP.EXE instalirajte drajver
- resetujte Vaš računar

4.3. Bitovi (eng. *Bits*)

- Da bi razumeli promenljive koje ćemo uskoro obrađivati, prvo se moraju razumeti bitovi. Kompjuteri koriste bitove na mnogo načina.
 - Bit je merna jedinica za količinu informacije. 1 bit odgovara jednoj cifri binarnog brojnog sistema – logički nivo 1 i logički nivo 0. To znači da bit može da bude samo 0 ili 1.
 - Sa jednim bitom se ne može mnogo toga uraditi, pa kompjuteri grupišu bitove radi predstavljanja brojeva ili informacija. Standardna grupisanja bitova su:
 - Nibl (eng. *Nibble*) predstavlja 4 bita zajedno,
 - Bajt (eng. *Byte*) predstavlja 8 bitova zajedno,
 - Vord (eng. *Word*) predstavlja 16 bitova zajedno,
 - Long (eng. *Long*) predstavlja 32 bita zajedno.
- Postoji jasno definisan red kod bitova i njihovih eksponenata kako bi brojevi mogli da se izraze,

primer:

Bajt (eng. <i>Byte</i>)							
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

- Kao što je prikazano, poslednji bit ima eksponent 0 i samim tim njegova vrednost je 1.
- Sledeći bit ima eksponent 1 pa je njegova vrednost 2.
- Sledeći bit ima eksponent 2 pa je njegova vrednost 4 i tako redom do bita sa eksponentom 7 čija je vrednost 128.
- Na kraju, da bismo shvatili vrednost bajta **10111001** označićemo sve bitove koji su jednaki jedinici kao što je prikazano u donjoj tabeli:

Bajt (eng. <i>Byte</i>)							
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
1	0	1	1	1	0	0	1
128	64	32	16	8	4	2	1

$$128+32+16+8+1=185$$

4.4. Promenljive (eng. *Variables*)

- Sada je vreme da shvatimo promenljive.
 - Promenljive se koriste za skladištenje privremenih informacija u memoriju tokom rada programa.
 - Postoji 5 različitih tipova promenljivih. Svaki tip sadrži određeni broj vrednosti:
 - 'char' definiše 8-bitnu promenljivu koja može imati raspon od -127 do 127;
 - 'int' definiše 16-bitnu promenljivu koja može imati raspon od -32767 do 32767;
 - 'long' definiše 32-bitnu promenljivu koja može imati raspon od -2147483647 do 2147483647.
- Promenljive su određene prvim slovnim karakterima:

char dog; // ovo određuje promenljivu dog da bude Bajt

int t34; // ovo određuje promenljivu t34 da bude Vord

4.4.1. Kako prikazati (eng. *Print*) promenljive

- Postoje dve funkcije za prikazivanje (eng. *Print*) informacija.
- Prvo će program pokazati na koji način se prikazuje (eng. *Print*) tekst.
- Za prikazivanje (eng. *Print*) promenljivih upišite sleće:

```
void setup()
{
  Serial.begin(38400);
}
void loop()
{
  int a;
  a = 78;
  Serial.print(a);
}
```

- Gornje prikazuje (eng. *Print*) vrednost promenljive 'a' kao decimalni broj.

4.4.2. Prikazivanje više promenljivih

- Za prikazivanje više promenljivih potrebno je koristiti više komandi.
 - Postoje dve različite komande:
 - **Serial.print()** će prikazati (print) promenljive u istoj liniji.
 - **Serial.println()** će prikazati (print) promenljive jednu ispod druge.

```
void loop()
{
  char a,b;
  a = 5;
  b = 8;
  Serial.print(a);
  Serial.println(b);
}
```

4.5. Rad sa matematičkim funkcijama

- Rad sa matematičkim funkcijama je veoma jednostavan, kao pisanje jednačina.
 - Probajte sledeće u novom programu u **loop()** funkciji:

```
int a;  
int b;  
int c;  
a = 5;  
b = 6;  
c = a + b;  
Serial.print("The answer is: ");  
Serial.println(c);
```

- Do sada su svi brojevi i matematika bili bazirani na cele brojeve (eng. *Integer*), međutim to nije dovoljno za omogućavanje CanSat-a da funkcioniše.
 - **Floating Point** brojevi omogućavaju procesoru da radi sa razlomcima.
- **Floating Point** format koristi 32-bitne promenljive.
 - Da bi upotrebili **Floating Point**, upišite promenljive zajedno sa **float** kao što je prikazano u sledećem primeru:

```
void loop()  
{  
  float Temp;  
  Temp = 1.543;  
  Serial.println(Temp,3);  
}
```

- Broj posle promenljive određuje sa koliko decimala će broj biti prikazan.

• Pisanje matematičkih operacija:

- za sabiranje koristi se '+'
- za oduzimanje koristi se '-'
- za množenje koristi se '*'
- za deljenje koristi se '/'

- U nastavku su prikazani primeri korišćenja matematičkih funkcija. Otvorite novu stranicu i upišite navedeni primer:

```
float Temp1;
```

```
float Temp2;
```

```
Temp1 = 3.4156;
```

```
Temp2 = temp1 * 2.345; // množenje temp1 sa 2.345
```

```
Temp2 = temp1 + 3.234; // sabiranje temp1 sa 3.234
```

```
Temp2 = temp1 / 5.0; // deljenje temp1 sa 5.0
```

```
Temp2 = temp1 - 34.0; // oduzimanje 34.0 od temp1
```

4.6. Rezime

- U ovom delu bi trebalo da ste savladali pisanje jednostavnih programa kao i razumeli sledeće:
 - kako da odredite i koristite promenljive,
 - kako da primenite matematičke operacije na promenljive,
 - kako da primenite **Floating Point** operacije na promenljive.

5. Radio komunikacije

5.1. Povezivanje mikrokontrolera CanSat-a sa predajnikom

Detaljno uputstvo za povezivanje mikrokontrolera CanSat-a sa predajnikom nalazi se na sledećem linku:

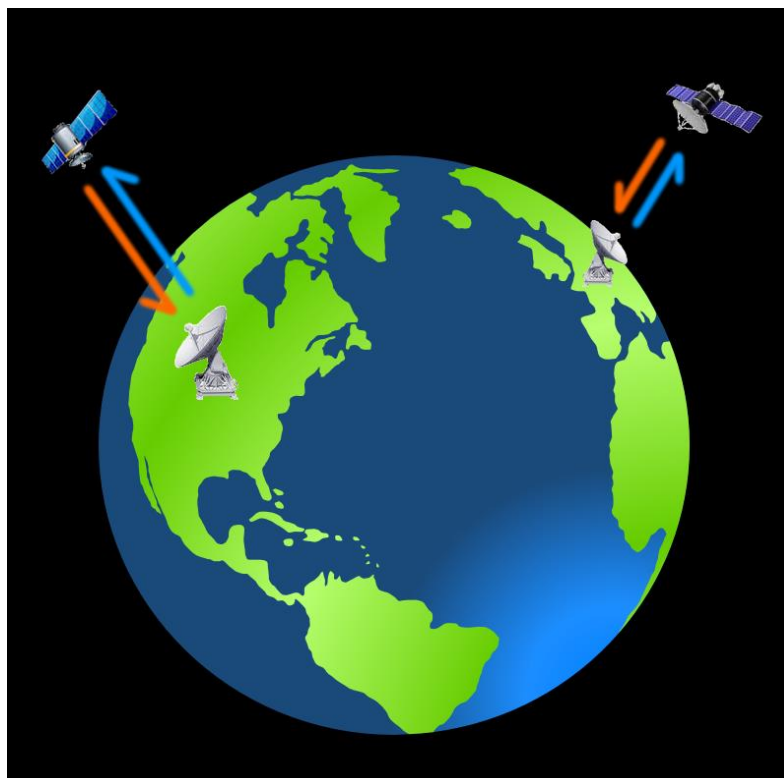
<https://youtu.be/Gz66RM5wwA8>

5.2. Povezivanje mikrokontrolera zemaljske stanice (eng. *Ground Station*) sa prijemnikom

- Zemaljska stanica je mesto gde se sakupljaju podaci iz CanSat-a.

Detaljno uputstvo za povezivanje mikrokontrolera zemaljske stanice sa prijemnikom nalazi se na sledećem linku:

<https://youtu.be/Gz66RM5wwA8>



- Komunikacija između zemaljske stanice i satelita -

5.3. Rezime

- Na kraju ovog dela, trebalo bi da ste uspešno povezali sve komponente vezane za radio komunikaciju, proverili njihovu funkcionalnost i razumeli način korišćenja zemaljske stanice (antene) na terenu.

6. Program

6.1. Program CanSat-a

```
// ask_transmitter.pde

#include <RH_ASK.h>
#include <SPI.h> // Not actually used but needed to compile

RH_ASK driver(2000, 5, 2, 5); // ESP8266 or ESP32: do not use pin 11 or 2

void setup()
{
#ifdef RH_HAVE_SERIAL
    Serial.begin(9600);           // Debugging only
#endif
    if (!driver.init())
#ifdef RH_HAVE_SERIAL
        Serial.println("init failed");
#else
        ;
#endif
}

void loop()
{
    const char * msg = "hello hey";

    driver.send((uint8_t *)msg, strlen(msg));
    driver.waitPacketSent();
    delay(100);
}
```

6.2. Program zemaljske stanice

```
// ask_receiver.pde

#include <RH_ASK.h>
#include <SPI.h> // Not actually used but needed to compile

RH_ASK driver(2000, 2, 4, 5); // ESP8266 or ESP32: do not use pin 11 or 2

void setup()
{
#ifdef RH_HAVE_SERIAL
    Serial.begin(9600);           // Debugging only
#endif
    if (!driver.init())
#ifdef RH_HAVE_SERIAL
        Serial.println("init failed");
#else
        ;
#endif
}

void loop()
{
    uint8_t buf[RH_ASK_MAX_MESSAGE_LEN];
    uint8_t buflen = sizeof(buf);

    if (driver.recv(buf, &buflen) // Non-blocking
        {
        //int i;

        // Message with a good checksum received, dump it.
        driver.printBuffer("Got:", buf, buflen);

        String rcv;

        for (int i = 0; i < buflen; i++) {
            rcv += (char)buf[i];
        }

        Serial.println(rcv);
        }
}
```

7. Reference

1. <http://www.esa.int/Education/CanSat> (04.07.2013.)
2. <http://www.cansat.eu/> (04.07.2013.)

Sadržaj

Predgovor	2
I Poglavlje	4
1. Uvod u CanSat	5
1.1. Misija CanSat-a	6
1.2. KONOPS	6
1.3. Šta sve treba da bude ispunjeno u misiji	6
1.4. Kako se CanSat lansira?	7
2. Podsystemi (komponente) satelita	8
2.1. Podsystem za napajanje električnom energijom	8
2.2. Podsystem za upravljanje satelitom i podacima (mozak satelita)	9
2.3. Podsystem za komunikaciju	9
2.4. Konstrukcija satelita	9
2.5. Podsystem za kontrolu položaja (ponašanja) satelita	10
2.6. Bus satelita	10
2.7. Senzori	10
3. Komponente CanSat-a	12
3.1. Bus CanSat-a	13
3.2. DHU CanSat-a	14
3.3. Napajanje CanSat-a	15
3.4. Podsystem za komunikaciju	15
3.5. Komunikacioni protokol	16
3.6. Podsystem za kontrolu položaja (ponašanja) CanSat-a	16
3.7. Konstrukcija CanSat-a	17
3.8. Korisni teret/tovar – Senzori	18
3.9. Operacije zemaljske stanice	18
3.10. Konceptija operacija	18
3.11. Rezime	19
II Poglavlje	19
4. Razvoj programa	20
4.1. Razvoj CanSat programa	21
4.2. Alat za razvoj programa	21
4.3. Bitovi	21
4.4. Promenljive	22
4.4.1. Kako prikazati promenljive	23
4.4.2. Prikazivanje više promenljivih	23
4.5. Rad sa matematičkim funkcijama	24
4.6. Rezime	25
5. Radio komunikacije	26
5.1. Povezivanje mikrokontrolera CanSat-a sa predajnikom	27
5.2. Povezivanje mikrokontrolera zemaljske stanice sa prijemnikom	27

5.3. Rezime	28
6. Program	29
6.1. Program CanSat-a	30
6.2. Program zemaljske stanice	31
7. Reference	32