

[PROJEKT CZCUBE]



Český amatérský CubeSat

Obsah

Obsah.....	1
Úvod	1
Vize	2
Mise.....	2
Ověřované prvky	2
Technické a vědecké cíle družice czCube	3
Plánovaný průběh mise	3
Historie projektu	4
Blokové schéma družice czCube.....	5
Technické řešení czCube	5
Nosná konstrukce	5
Napájecí zdroj.....	6
Radio 1 (435-438 MHz):.....	7
Radio 2 (2,4 GHz)	8
Kamera	9
ADCS (Attitude Determination and Control System)	9
Sluneční plachta	10
Elektrodynamický tether	11
Pozemní stanice.....	11
Plán testování.....	11
Harmonogram (předběžný).....	11
Složení týmu	12
Výhled.....	12
Financování	12
Kontakt	13
Závěr.....	13

Úvod

czCube je projekt vývoje a stavby technologické nanodružice typu CubeSat, který v ČR realizujeme jako nezávislá skupina nadšenců z řad amatérů i příslušníků komerční a akademické sféry. Spolupracujeme také s řadou studentů a odborníků z českých univerzit a kosmických a vzdělávacích institucí (ZČU, UJEP, MFF, Techmania, ČVUT, VUT Brno, ČKK, ...). Stavbu družice financujeme z vlastních soukromých zdrojů členů týmu a z příspěvků sponzorů. Projekt czCube má za sebou 4 roky vývoje a je ve fázi stavby testovacího prototypu družice..

Vize

Smyslem projektu czCube je získat dovednosti, zkušenosti a ověřené technologie pro budoucí nízkorozpočtové mise do kosmu. Chceme se prostě naučit stavět malé družice a výsledky předat všem potenciálním zájemcům.

Základní otázka při vzniku našeho projektu v roce 2004 byla, zda už běžně dostupné technologie pokročily tak daleko, aby i neprofesionální tým v podmínkách České republiky mohl postavit a provozovat fungující družici. Odpověď hledáme v rámci projektu czCube. Snažíme se najít takové řešení všech dílů družice, které by bylo spolehlivé a funkční, ale přitom relativně dostupné a zvládnutelné.

Pokud se nám podaří projekt czCube úspěšně dokončit, měli bychom mít k dispozici vše potřebné pro "stavebnici" cenově a technologicky dostupných družic a sond, použitelných pro nízkorozpočtové mise do kosmu.

Kromě tohoto cíle je zásadním přínosem sebevzdělání a rozšíření dovedností všech zúčastněných osob a organizací.

Kompletní dokumentaci czCube včetně všech získaných zkušeností a poznatků z projektu dáme volně k dispozici k prostudování na internetu. Projekt tak bude mít široké možnosti využití a pokračování i v budoucnosti.

Mise

Cílem projektu czCube je vyvinout, postavit, vypustit a provozovat co nejmenší družici, obsahující všechny podstatné systémy pro vědecké mise v blízkém i vzdálenějším kosmu (včetně bezpečného fyzikálního pohonu na bázi sluneční plachetnice nebo elektrodynamického tetheru). To vše pokud možno bez potřeby veřejného financování (ve snaze dosáhnout minimální ceny).

Ověřované prvky

- lehká nosná konstrukce, která vydrží start a provoz v kosmu
- spolehlivý napájecí zdroj s fotovoltaickými články
- radiová komunikace pro obousměrný přenos dat
- digitální kamera pro pořizování snímků [experiment]
- systém orientace a aktivní stabilizace ve všech osách (s elmg. cívkami) [experiment]
- alternativní pohon, použitelný ke změnám dráhy a manévrování (sluneční plachta, tether) [experiment].

Z ověřených dílů pak lze stavět další družice a sondy.

Družice czCube je tedy odrazovým můstkem pro další projekty.

Technické a vědecké cíle družice czCube

- technologická zkouška všech dílů družice (ověření funkčnosti v kosmu)
- příjem CW a datové telemetrie z radiomajáku (hodnocení kvality signálu)
- přenos povelů ze Země na družici (hodnocení spolehlivosti přenosu)
- dlouhodobější záznam průběhu teplot, napětí a proudů na družici (alespoň týden)
- hodnocení účinnosti solárních článků a dostupné energie na družici
- dlouhodobější měření změn mg. pole na dráze kolem Země (alespoň týden)
- porovnání přesnosti orientace podle mg. pole a podle Slunce
- hodnocení účinnosti stabilizace elmg. cívkami
- přenos digitálních snímků z družice na Zemi
- dynamické chování sluneční plachty po rozvinutí
- sledování vlivu sluneční plachty na změny oběžné dráhy družice
- optické sledování družice (záblesky vysoce svítivých LED, zrcadlení sluneční plachty)
- hodnocení životnosti jednotlivých komponent družice

Plánovaný průběh mise

- oddělení od nosné rakety (vytlačení z PPODu)
- aktivace systémů družice (rozložení antén, odklopení horní stěny)
- automatické první pokusné snímky kamerou (a jejich uložení do paměti)
- automatické zahájení vysílání základní telemetrie radiomajákem
- automatické zjištění aktuální orientace v prostoru a vysílání těchto dat radiomajákem
- automatické zahájení vysílání náhledů pořízených fotografií radiomajákem
- automatické spuštění aktivní stabilizace s cílem zastavení rotace
- vyhodnocení telemetrie na Zemi
- vyslání povelu pro zahájení vysílání vybraných dat rychlejším rádiem
- vysílání historie měřených veličin a snímků v plném rozlišení rychlým rádiem
- zastavení rotace aktivní stabilizací
- zkoušky řízeného nastavování polohy v prostoru povely ze Země
- zkoušky různých módů radiových přenosů dat oběma rádii
- povelem spuštěné vysunutí tetheru a nasnímání této události kamerou
- vysílání snímků tetheru na Zemi
- aktivace tetheru a zkoušky jeho funkce a ovládní
- změny dráhy czCube pomocí tetheru
- povelom spuštěné rozložení sluneční plachty a nasnímání této události kamerou
- vysílání snímků plachty na Zemi
- aktivace plachty a zkoušky jejího ovládní
- změny dráhy czCube pomocí sluneční plachty
- sledování změn dráhy a příjem snímků a telemetrie až do skončení životnosti družice

Historie projektu

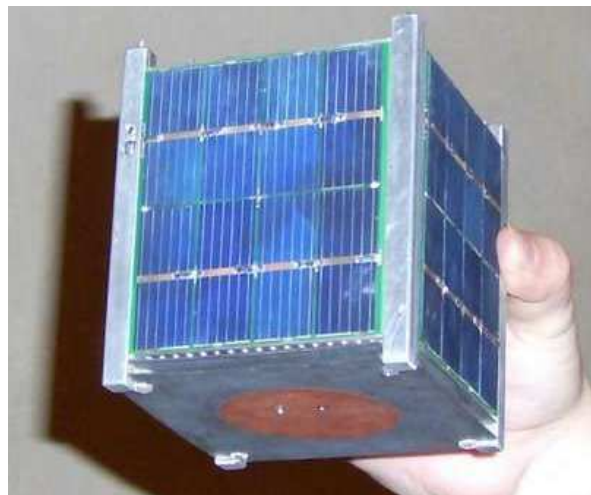
Projekt czCube vznikl v roce 2004, má za sebou 4 roky vývoje a je ve fázi stavby testovacího prototypu celé družice.

Na začátku projektu jsme se pokusili najít celé komerčně dostupné výrobky, které by byly po úpravě použitelné pro náš projekt. Takovéto výrobky se nám tehdy bohužel najít nepodařilo, ale v rámci hledání se dala dohromady skupina nadšených zájemců, kteří se byli ochotni projektu účastnit i tehdy, když jsme se rozhodli provést na základě výsledků obdobných zahraničních projektů klasický vývoj všech systémů od základu.

Po počátečních diskuzích jsme se rozhodli využít co nejvíce dostupných standardů a přitom k řešení přistoupit co nejvolněji a nejotevřeněji. Nakonec jsme tedy zvolili koncepci samostatných inteligentních modulů, propojených sériovou komunikační sběrnicí. Jako standard jsme vybrali konstrukční specifikaci CubeSat z CalPoly a pro komunikaci využít radioamatérskou družicovou službu s jejími standardy.

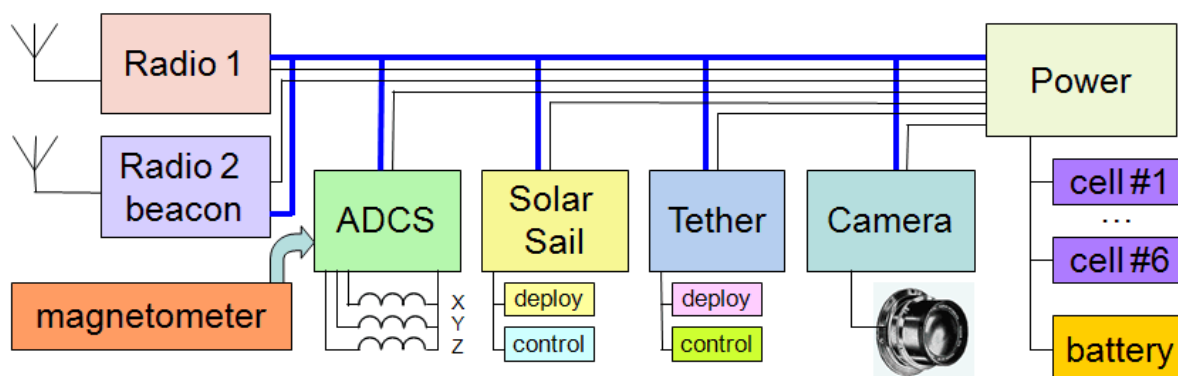
Základem projektu czCube je tedy družice ve tvaru krychle o hraně 10 cm a hmotností do 1 kg (odpovídající standardům CubeSat), obsahující všechny ověřované moduly. Jako experimentální pohonný systém bychom chtěli vyzkoušet elektrodynamický tether a (nebo) sluneční plachtu.

V minulých letech jsme se zabývali vlastním vývojem jednotlivých modulů. Nyní už víme, jak moduly zkonstruovat, máme pohromadě všechny potřebné součástky a dokončujeme stavbu testovacích prototypů.



Prototyp czCube vedle makety družice Magion 1 (první československé družice z roku 1978) na setkání k 50. výročí startu Sputniku 1 (Praha, 27.11.2007)

Blokové schéma družice czCube



Technické řešení czCube

Zvolili jsme koncepci nezávislých inteligentních modulů, komunikujících mezi sebou spolu po sériové sběrnici. Tato koncepce nám umožňuje pracovat v několika relativně samostatných vývojových týmech.

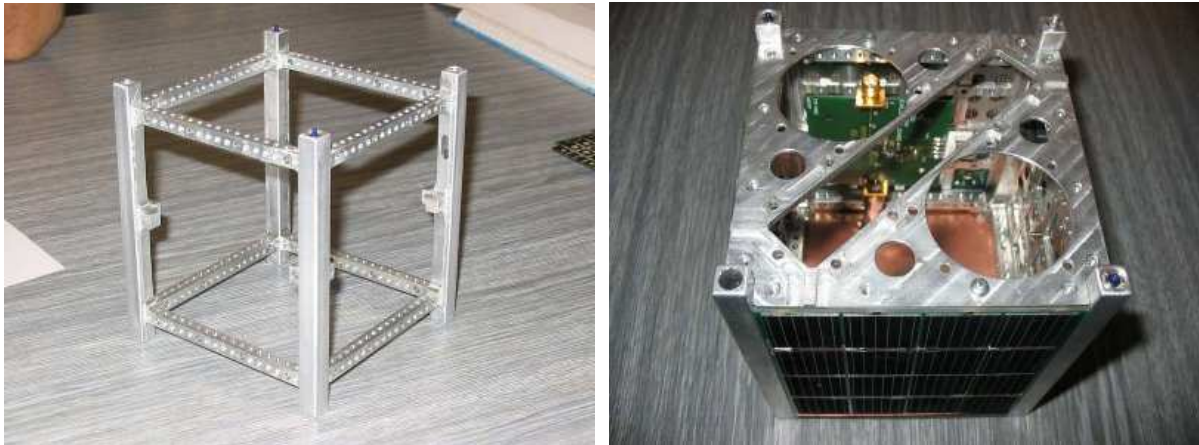
Moduly

- nosná konstrukce (podle specifikace CubeSat)
- napájecí zdroj (s fotovoltaickými články, výkon cca 1W)
- radio 1 (radiomaják s telemetrií a povelový přijímač v pásmu 435-438 MHz)
- radio 2 (rychlejší telemetrie a povelový přijímač v pásmu 2,4 GHz)
- kamera (pro snímkování Země i vlastní družice [plachty a tetheru])
- ADCS (s magnetometrem, aktivní stabilizace ve všech osách pomocí elmg. cívek)
- sluneční plachta (alternativní fyzikální druh pohonu)
- elektrodynamický tether (alternativní fyzikální druh pohonu).

Nosná konstrukce

Základní konstrukce czCube plně odpovídá standardu nanodružic typu CubeSat (1kg, 10x10x10cm). Konstrukce je z hliníkové slitiny s anodizovaným povrchem.

Prototyp nosné konstrukce už máme hotov a počítáme s ním jako základem pro testovací verzi družice.



Hotový prototyp nosné konstrukce czCube.

Napájecí zdroj

Zdroj považujeme za nejkritičtější díl družice a věnujeme mu velkou pozornost. Konceptně jde o dvoustupňový vícenásobný spínaný zdroj, řízený mikroprocesorem. Zapojení je navrženo tak, aby bylo odolné proti selhání (při výpadku řídicího MCU stále dodává napětí a proud k výstupům v základním režimu). Zdroj je schopen ovládat 5 nezávislých napájecích výstupů (k různým modulům) a je odolný proti zkratu na výstupech. Na kterýkoliv výstup je schopen dodat krátkodobě proud až 1 A.

Počítáme se solárními články s účinností minimálně 15% (dostupný příkon cca 1500 mW na každé stěně družice, účinnost napěťových měničů lepší než 80 procent, dodaný výkon zdrojem v nejhorsím případě 1200mW). Základní výstupní napětí je 3,3 V (doplňkové 5 V). Li-Pol akumulátor 3,6 V má kapacitu 1000 mAh, a je dimenzován tak, aby pokryl spotřebu systému po min. dvojnásobek nejdelšího možného pobytu satelitu ve stínu Země.

Řídící procesor zdroje samostatně nastavuje optimální napájení modulů podle dostupné energie. Podle dostupné energie vyhledává pro ostatní moduly družice pomocí komunikačních zpráv energetické režimy a v případě nedostatku energie (nebo na komunikační žádost z pozemní stanice přes palubní sběrnici) vypíná a zapíná jednotlivé moduly.

Software procesoru zdroje měří napětí a proudy jednotlivých segmentů solárních článků a přepočítává tyto údaje na vektor polohy Slunce vzhledem ke družici. Výslednou informaci v pravidelných intervalech odesílá na palubní sběrnici, k využití pro modul ADCS. Měří také napětí a výstupní proudy napájecích větví jednotlivých modulů. Změřená data a interní údaje zdroj archivuje a zpřístupňuje pomocí komunikační sběrnice pro stažení.

Radio 1 (435-438 MHz):

Hlavním cílem radiomajáku, je zajistit základní telemetrickou informaci o stavu systémů družice. Návrhem a konstrukcí se tedy snažíme zajistit maximální pravděpodobnost příjmu signálu libovolnou pozemní stanicí.

Z tohoto důvodu jsme pro přenos zvolili radioamatérskou družicovou službu v pásmu 70cm, tj. pásmo 435-438 MHz. Jako přenosový protokol používáme AFSK modulaci, protokol 1k2 AX.25 (standard packet radio). Kromě toho chceme část dat vysílat i Morseovkou (CW) o rychlosti přibližně 40 wpm.

Počítáme s využitím prutových antén z kovových pásků, jejichž rozvinutí zajistí řídicí procesor radiomajáku samočinně po určeném intervalu po vypuštění z nosiče.

Maják vysílá stále a pravidelně, v intervalu 4 sekund, malým výkonem (maximálně 50 mW), krátký AX.25 rámeček se základní stavovou informací, průřezovou ze všech palubních modulů.

Po osmi 50 mW relacích je odvysíláno několik základních informací Morseovkou (zvýšený výkon cca 100 mW) a pak několik AFSK datových paketů s podrobnější telemetrií (maximální výkon cca 300 mW). Následuje 10 sekund bez vysílání.

Tímto způsobem budou vysílání družice czCube moci sledovat radioamatéři po celém světě, lepší vybavení pozemní stanice umožní zachytit veškeré vysílání, průměrné vybavení telemetrii v intervalu 30 sekund a základní vybavení alespoň sledování signálu a CW telemetrii.

Tento vysílací režim majáku je základní a výchozí po zapnutí modulu. Pomocí povelů ze Země je možné parametry vysílání (časové odstupy a výkony) nastavit, přičemž toto nastavení má vždy časově omezenou platnost, po jejímž vypršení, není-li znovu povel obnoven, se vrací do základního stavu.

Radiomaják plní zároveň i funkci i přijímače pro zprostředkování základních řídicích povelů ze Země, který bude aktivní vždy v časových mezerách mezi jednotlivými vysíláními na stejné frekvenci. Pomocí přijímače je možné z pozemní stanice odesílat zprávu na palubní sběrnici, a tím povelovat všechny palubní systémy. Přenosový protokol je neveřejný, formát dat je kryptovaný.

Radio 2 (2,4 GHz)

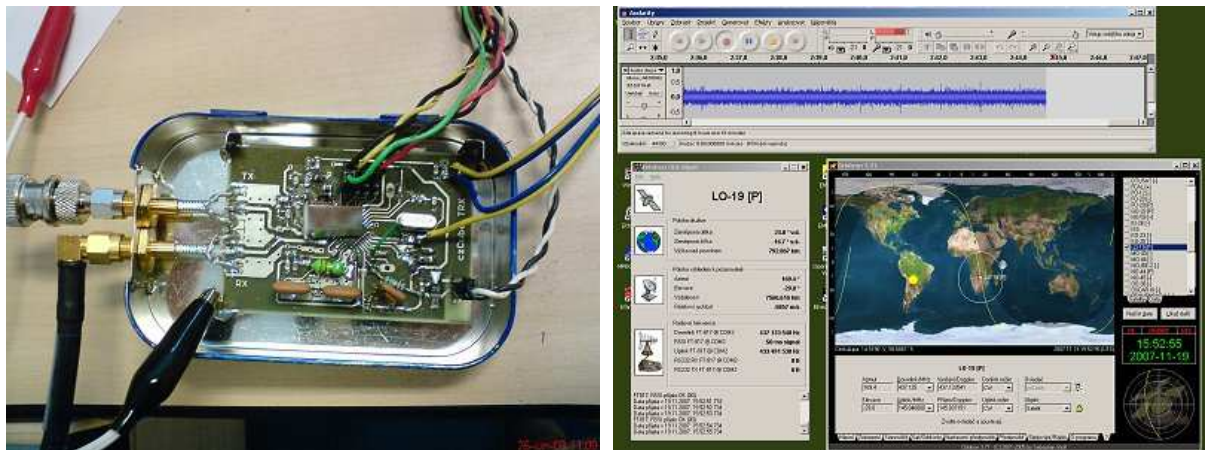
Rádío v pásmu 2,4 GHz rovněž využívá radioamatérskou družicovou službu, v S-pásmu 2400-2450 MHz, a je určeno pro rychlý přenos větších objemů dat, to znamená například fotografií z palubní kamery, nebo archivních datových řad a diagnostických záznamů, v objemu minimálně několik set kB denně.

Přenosovou rychlost předpokládáme 9600 a 38400 bps. Dosah rádiového spojení je kalkulován na nejméně 2000 km s nadprůměrným vybavením. Méně kvalitní vybavení sníží pravděpodobnost příjmu, nebo umožní jen sledovat signál. Komunikační protokol je AX.25 ve formátu 9k6 G3RUH nebo 38k4 G3RUH.

Datovou část protokolu AX.25 zabezpečíme kódováním Reed-Solomon s volitelným formátem RS(15,9), RS(15,11) nebo RS(15,13) pro zvýšení pravděpodobnosti příjmu a větší jistoty integrity přijatých dat.

Na družici je pro pásmo S použita pevná plošná (patch) anténa integrovaná v jedné stěně družice. Po oddělení od nosiče je tak anténa rovnou připravena k vysílání. Od tohoto řešení si slibujeme vyšší spolehlivost systému než od rozložitelných antén i za cenu, že anténa blokuje celou jednu stěnu družice.

Toto rádio nevysílá stále, ale jen po výzvě ze Země nebo v naprogramovaných časech, z důvodu úspory napájení. Vysílací výkon do antény bude maximálně 200 mW. V čase, kdy neprobíhá vysílání, bude zařízení v režimu příjmu, takže czCube má dvě nezávislé možnosti povelování i přenosu dat.



Prototyp rádia 1 (vlevo) a testování software pozemní stanice (vpravo)

Kamera

Konstrukčně jde o standardní CMOS snímací čip 2 Mpx ovládaný programovatelným mikroprocesorem. Zvažujeme možnost umístit na družici dva snímače s různou optikou.

Palubní modul pořizuje přímo barevné snímky a ukládá je ve své (proti výpadku napájení odolné) paměti. Má možnost řízení expozice a snímání podle předem zadaného časového programu. Poskytuje komunikační rozhraní a přenosový protokol, který pomocí zpráv palubní sběrnice umožní příjem příkazů ze Země, a na žádost postupné řízené odesílání fotografií a dalších dat ve formě sekvence paketů přes rádiový kanál směrem k Zemi.

Kamera je navržena tak, aby mohla být využita jak pro snímkování Země, tak i pro sledování rozvíjení tetheru a sluneční plachty (a jejich dynamiky při manévrování).

ADCS (Attitude Determination and Control System)

Úkolem systému určení a řízení polohy (ADCS) družice czCube je:

1. zastavit počáteční rotaci (danou mechanismem vypuštění z pouzdra P-POD)
2. nastavovat a udržovat požadovanou orientaci v prostoru

Jako senzory pro orientaci jsou použity solární panely (měření proudů z panelů na různých stěnách družice) a tříosý magnetometr. Data ze senzorů jsou řídicím procesorem průběžně vyhodnocována, filtrována a je z nich odvozena informace o poloze družice na dráze a o natočení tělesa družice vzhledem ke hvězdám a k zemskému povrchu.

Implicitním režimem stabilizace je snaha o vázanou rotaci družice, tj. aktivní regulace natočení v prostoru tak, aby v každém bodě byly směrem k povrchu Země natočeny antény. Akčními prvky jsou tři navzájem kolmé cívkové aktivní řízení a interakcí generovaného magnetického pole se dosahuje potřebného silového účinku.

Vyvinuli jsme vlastní SW modifikaci B-dot regulátoru pro brzdění rotace a také Enhanced Kepler orbit estimator pro zjištění polohy na dráze (využívající FFT analýzu průběhu magnitudy mg. pole při oběhu kolem Země).

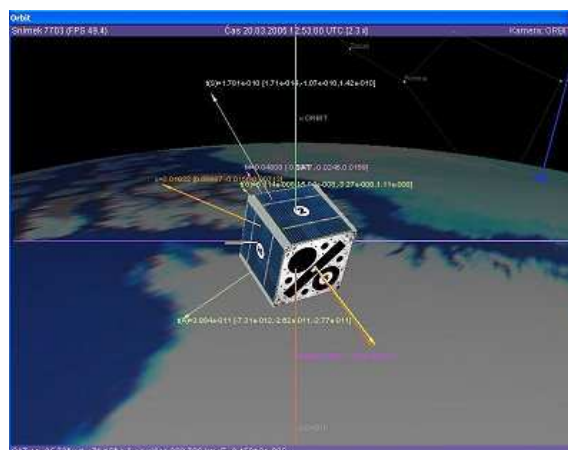
Stavíme a vyvíjíme také speciální softwarový a hardwarový simulátor pro ověření teorie a funkčnosti implementovaných algoritmů.

Sluneční plachta

Princip sluneční plachetnice je znám už velmi dlouho, ale v kosmu reálně ještě nebyla použita. Protože jde o levný, bezpečný a relativně jednoduchý pohon, který přitom může dosahovat zajímavých výkonů, chceme jej vyzkoušet pro možné využití u malých a lehkých kosmických těles.

Konstrukčně jde o tenkou pokovenou fólii z Mylaru, nesenou pevnými, ale pružnými nosíky z kompozitních materiálů. Při startu je plachta i s nosíky složena v těle družice. S experimentálním rozložením plachty na oběžné dráze počítáme až na konci mise po prověření všech ostatních modulů družice. Pro první pokus na czCube stavíme pevnou čtvercovou plachtu o ploše cca 4 m² vysunutou z těla družice na nosíku dlouhém cca 30 cm. V úhlopříčkách jsou 4 kompozitní nosíky o průměru 0,7 mm. K řízení plachty pomocí změny těžiště chceme využít dvou malých servomotorů (nebo jiných vhodných aktuátorů) na úchyty centrálního nosíku mezi družicí a plachtou.

Pokud bude družice vynesena na dráhu ve výšce nad cca 700 km, může silové působení plachty převýšit aerodynamický odpor atmosféry a czCube by mohla aktivně měnit svou dráhu. V nižších výškách působení slunečního záření bude překryto odporem atmosféry, ale stále lze sledovat dynamiku plachty a případně ji využít pro rychlejší deorbitaci družice.



Model možné konfigurace czCube s rozloženou sluneční plachtou a snímek obrazovky z našeho softwarového simulátoru družice

Elektrodynamický tether

Elektrodynamický tether je vlastně dlouhý vodič protékaný elektrickým proudem, přičemž část obvodu tvoří okolní kosmická plazma. Průtok proudu generuje vlastní magnetické pole, které v interakci z magnetickým polem Země může silově působit na tether, tím zprostředkovaně na mateřskou družici a tak měnit její dráhu nebo orientaci v prostoru. Domníváme se, že elmg. tether je perspektivním principem pro pohon malých družic a chtěli bychom jeho vlastnosti a výkony experimentálně ověřit přímo v kosmu na družici czCube.

Konstrukčně tether navrhujeme jako dva tenké kovové pásky dlouhé několik metrů, napájené ze zdrojů družice. Pásky budou uchyceny na centrální desce vysunutě z těla družice na nosníku dlouhém cca 30 cm (společném i pro sluneční plachtu).

Smyslem experimentu je ověřit, zda tether dokáže měřitelně měnit dráhu družice a jaký příkon energie k tomu je potřeba. Proud tetheru bude ovládán povely ze Země.

Pozemní stanice

Pro pásmo 435 MHz máme k dispozici vyhovující radiové vybavení. Stavíme antény pro vysílání a příjem v pásmech 435 MHz i 2,4 GHz. Pro počáteční, nejkritičtější část mise máme přislíbenou pomoc z observatoře v Panské Vsi (Ústav fyziky atmosféry Akademie věd) a na Katedře experimentálních družic při VUT Brno. Pro zachycení telemetrie počítáme s pomocí radioamatérů po celém světě.

Plán testování

Nejprve chceme všechny díly družice samostatně funkčně otestovat v pozemských podmínkách. Po dokončení testovacího kusu družice pak chceme celou sestavu podrobit standardizovaným akceptačním testům (vibrace, tepelně-vakuové testy). Při testování využijeme možnosti a vybavení spolupracujících univerzit (pro elektroniku ZČU, pro mechaniku UJEP).

Harmonogram (předběžný)

- Q1 2009 – dokončení vývoje všech dílů družice
- Q2 2009 – dokončení stavby testovacího kusu družice (prototypu)
- Q3 2009 – dokončení letového kusu družice
- Q4 2009 – dokončení akceptačních testů letového kusu czCube

Složení týmu

Jsme nezávislá skupina nadšenců z řad amatérů i komerční a akademické sféry. Jádrem skupiny tvoří cca 10 osob, převážně absolventů českých vysokých škol a univerzit. Někteří členové týmu mají vlastní firmy, podnikající v oborech speciální elektroniky, výpočetní techniky a satelitní techniky. Dalších cca 10 osob se vývoje účastní nepravidelně, podle potřeby. Zhruba třetinu týmu tvoří studenti nebo zaměstnanci českých univerzit.

Výhled

Našimi hlavními problémy dosud nebyly peníze nebo technologie, ale především nedostatek času a nedostatek zkušeností (všichni na projektu pracujeme ve svém volném čase, a nejsme kosmonautickými profesionály). Proto vývoj a stavba družice probíhala tak dlouho. Přesto nyní doufáme, že letový kus družice budeme mít hotov v roce 2009.

Náš amatérský projekt zřejmě bude mít pokračování na akademické půdě (na ZČU a na UJEP) ve formě souvisejících semestrálních a diplomových prací.

Financování

Projekt czCube zatím plně financujeme jen z prostředků jednotlivých členů týmu a je fakt, že přitom využíváme značného odborného a finančního zázemí našich členů, partnerů a sponzorů (EMP Centauri, TEX cz, e.s.c). Na vývoj a stavbu prototypu družice jsme už vydali řádově desetitisíce EUR. Projekt ale vnímáme jako amatérský a otevřený všem (jako Open Source u softwarových projektů).

Spolupracujeme také s řadou studentů a odborníků z českých univerzit a kosmických a vzdělávacích institucí (ZČU, UJEP, MFF, Techmania, ČVUT, VUT Brno [prof. Kasal], ČKK, Panská Ves, ÚFA, konstruktéři družic Magion a MIMOSA).

Univerzitní vybavení a pomoc chceme využít i při testování družice. V případě potřeby testů v certifikovaných zkušebnách počítáme při financování s pomocí soukromých sponzorů.

Komerční zajištění startu by si vyžádalo nejméně cca 40000 USD což je cena, za kterou organizace CubeSat zprostředkovává vypuštění družic podle svého standardu. Na tuto etapu bychom potřebovali externí finanční zdroje a využili bychom opět hlavně sponzoring.

Případná možnost bezplatného startu czCube na raketě Vega by nám velmi pomohla a urychlila by celou realizaci projektu (nemuseli bychom hledat dodatečné finanční zdroje na zajištění startu).

Kontakt

Technický a vývojový kontakt:

Sdružení czCube o.s. (Husova 86, 565 01 Choceň)

- předseda, koordinátor: Ing. Aleš HOLUB, aholub@centrum.cz
- technický koordinátor: Ing. David HOLAS, holasd@procon.clnet.cz
- vědecký koordinátor: Mgr. Jaroslav KOUSAL, Ph.D., jarda@kmf.troja.mff.cuni.cz
- tajemník: Ing. Jan DOLEŽAL, jd@czpm.eu

Akademické a vzdělávací kontakty:

Fakulta elektrotechnická Západočeské univerzity v Plzni (FEL ZČU)

- doc. Ing. Jiří Masopust, CSc., masopust@kae.zcu.cz

Fakulta výrobních technologií a managementu Univerzity J. E. Purkyně v Ústí/L. (FVTM UJEP)

- PhDr. Jan Novotný, Ph.D., novotny@fvtm.ujep.cz

Závěr

Náš projekt není konkurencí profesionálním misím, ale věříme, že může být jejich vhodným a užitečným doplňkem. Volně dostupné výsledky našeho snažení jistě pomohou případným zájemcům při realizaci budoucích nízkorozpočtových misí do kosmu.

Možná, že časem se podaří dosáhnout tak přijatelných podmínek, aby mise do kosmu byly nejen vědecké nebo komerční, ale také nezávislé a zájmové. Kosmonautika se tak snad bude moci rozvíjet rychleji a svobodněji. Doufáme, že náš projekt družice czCube k tomuto vývoji přispěje alespoň malým dílem a přiblíží kosmonautiku blíže "obyčejným" lidem.

Další informace o projektu lze nalézt na www.czcube.org .

Listopad 2008