

Základní parametry dílů družice (zadání a koncepce řešení)

[návrh revidovaný po připomínkách, březen 2006, A.H.+D.H.]

Proč (smysl projektu):

- ověření běžně dostupných technologií pro budoucí kosmonautické aktivity
- vyzkoušení možností neformální spolupráce v týmu
- vývoj a ověření dílů pro stavbu (stavebnici) dostupných družic a sond

Co (cíle projektu):

- vývoj, stavba, vypuštění a provoz vlastní nanodružice stavebnicové koncepce
- ověřované prvky:
 - nosná konstrukce která vydrží start (vibrace)
 - napájení se solárními články
 - obousměrná radiokomunikace (vysílač/přijímač)
 - plná orientace a aktivní stabilizace [experiment]
 - snímání a přenos digitálních fotografií (palubní kamera) [experiment]
 - alternativní pohony (elektrodynamický tether, sluneční plachta) [experiment]
 - vědecké měření [experiment]

Jak (rámeček projektu):

- vlastními silami (ověření dostupnosti)
- z vlastních prostředků (ověření dostupnosti)
- podle požadavků organizace CubeSat (kvůli zajištění startu)
- neformální spolupráci (ověření dostupnosti)

Konkrétně (hrubé zadání):

- díly pro stavebnici:
 - Konstrukce (nosná)
 - Zdroj (napájení se solárními články)
 - Radiomaják/přijímač_A (základní komunikace pro radioamatéry)
 - Vysílač/přijímač_B (rozšířená komunikace se zabezpečením přenosu)
 - Orientace a Stabilizace (aktivní, s magnetometrem a silovými mg. cívkami)
 - Kamera (palubní fotoaparát)
 - Tether (elektrodynamický, alternativní pohon) [experiment]
 - Sluneční plachta (alternativní pohon) [experiment]
 - Vědecké měření [demo experiment]
- rozměry 10 x 10 x 10 cm
- hmotnost max. 1 kg
- funkční teplotní rozsah -10 až +30°C (p přežití teplot -30 až +50°C)
- (další obecné specifikace podle požadavků organizace CubeSat)
- plná funkčnost ve vakuu (ověřeno a dokumentováno vakuovým testem)
- přežití požadovaných vibračních zkoušek (ověřeno a dokumentováno)
- ověřená a dokumentovaná věčná funkčnost dílů i sestavy

Návrh řešení (koncepce):

- samostatné inteligentní moduly (každý se svým MCU) vzájemně komunikující po interní sběrnici
- jádro (služební část): Konstrukce, Zdroj, Radiomaják/přijímač A
- experimenty (náklad): Vysílač/přijímač B, Orientace a Stabilizace, Kamera, Tether, Sluneční plachta, Věda
- maximální příkon modulů 1000 mW (plocha solárních článků 80 cm², účinnost 15% => cca 1500 mW)
- celkový průměrný příkon všech modulů max. 500 mW (včetně času ve stínu Země)
- komunikace mezi moduly po sběrnici pomocí asynchronních zpráv (viz. dokument Komunikace)
- každý modul pravidelně posílá na sběrnici svůj stav (stavová zpráva, jednou za sekundu)
- modul s RTC (Zdroj, nebo Radiomaják) pravidelně posílá na sběrnici i reálný čas včetně data
- každý modul je schopen pracovat samostatně i bez funkční komunikace se zbytkem družice

Rozhraní modulů (společné všem):

- základní napájecí napětí 3,3 V (doplňkové napětí 5 V)

- jednobitová sériová asynchronní komunikační sběrnice
- (její popis včetně formátu zpráv je v dokumentu Komunikace)
- společný hodinový kmitočet rozvedený ke všem modulům (z modulu Zdroj)

Parametry modulů (požadované, detailní zadání):

Konstrukce:

- splňuje požadavky organizace CubeSat
- hmotnost max. 150 g (bez solárních článků)
- vlastní objem max. 100 cm³ (bez solárních článků)
- nese solární články, antény i všechny moduly
- je elektricky a tepelně vodivá (tlumí kmitů a rotaci v mg. poli Země, vyrovnává teplotu)

Zdroj:

- (konstrukčně jde o [spínaný] zdroj ovládaný programovatelným MCU)
- solární články s účinností min. 15% (výkon cca 1500 mW na každou plochu při kolmém osvětlení [80 cm²])
- základní výstupní napětí 3,3 V (doplňkové 5 V)
- akumulátor min. 1000 mAh
- hmotnost max. 150 g (včetně solárních článků)
- objem max. 100 cm³ (včetně solárních článků)
- odolný proti zkratu na výstupu
- musí ovládat alespoň 4 nezávislé napájecí výstupy (k různým modulům)
- musí být schopen dodat na kterýkoliv výstup krátkodobě proud až 1 A
- odolný proti selhání (při výpadku řídicího MCU stále dodává napětí a proud k výstupům)
- samostatně nastavuje optimální napájení modulů podle dostupné energie
- podle zpráv ze sběrnice vypíná a zapíná jednotlivé moduly (nebo odpovídá na sběrnici)
- měří napětí a proudy jednotlivých segmentů solárních článků (pro orientaci v prostoru) a výstupní proudy
- pravidelně posílá na sběrnici svůj stav (včetně naměřených proudů)
- plus pól zapojen na kostru družice ?

Radiomaják/přijímač A:

- (konstrukčně jde o vysílač/přijímač ovládaný programovatelným MCU)
- přenosová rychlost min. 300 bps
- vysílá nepřetržitě s krátkou periodou (do 1 min) základní stav družice
- (to co si sám zjišťuje, plus posbírané stavy modulů ze sběrnice)
- frekvence a formát vysílání musí být dostupný radioamatérům po celém světě
- přijímá zprávy ze Země (a předává je na interní sběrnici)
- podle zpráv ze sběrnice vysílá i data z jiných modulů (přenáší průchozí zprávy ze sběrnice)
- pravidelně posílá na sběrnici svůj stav
- dosah rádia minimálně 1000 km (pro dobře vybavené radioamatérské stanice na Zemi)
- hmotnost elektroniky max. 50 g
- objem elektroniky max. 50 cm³
- hmotnost antén max. 50 g
- objem antén max. 50 cm³
- špičkový příkon max. 1000 mW (aby modul plně fungoval i bez funkčních akumulátorů Zdroje)
- průměrný příkon max. 250 mW (aby zbyl příkon i pro základní funkčnost ostatních modulů)
- navržené technické řešení a detaily:
- vysílání radiomajáku v pásmu 2 m (145,8 MHz)
- příjem na frekvenci 435 MHz
- půlvlnné antény (prutové, rozvinovací, samostatné pro vysílač i přijímač)
- přijímač má vyzařovací špičku na frekvenci 21,25 MHz
- na družici nesmí být frekvence 450 kHz (+-25 kHz) [rušila by přijímač]
- frekvence na družici budou pevné (laditelné musí být zařízení na Zemi)
- při rádiovém přenosu je počítáno s využitím samoopravného kódu (CRC nestačí)
- data budou přenášena v blocích po 128 B ?
- možnost režimu vysílání v CW (Morseovka) ?

Vysílač/přijímač B:

- (konstrukčně jde o vysílač/přijímač ovládaný programovatelným MCU)
- má vyšší přenosovou rychlost než Radiomaják (min. 9600 bps)

- vysílá jen po výzvě ze Země nebo v naprogramovaných časech
- frekvence a formát vysílání je libovolný, žádoucí je nesnadná dekodovatelnost třetí stranou
- přijímá zprávy ze Země (a předává je na interní sběrnici)
- podle zpráv ze sběrnice vysílá i data z jiných modulů (přenáší průchozí zprávy ze sběrnice)
- pravidelně posílá na sběrnici svůj stav
- dosah rádia minimálně 1000 km (pro dobře vybavené radioamatérské stanice na Zemi)
- hmotnost elektroniky max. 50 g
- objem elektroniky max. 50 cm³
- špičkový příkon max. 1000 mW (aby modul fungoval i bez akumulátorů)
- průměrný příkon max. 50 mW
- hmotnost antény max. 50 g
- objem antény max. 50 cm³
- navržené technické řešení a detaily:
 - vysílání i příjem v pásmu 2,4 GHz
 - pevná plošná anténa integrovaná v „dolní“ stěně družice (není třeba nic rozvíňovat)
 - frekvence na družici budou pevné (laditelné musí být zařízení na Zemi)
 - při rádiovém přenosu je počítáno s využitím zabezpečeného kódování (Solomon-Reed)

Kamera (palubní fotoaparát):

- (konstrukčně jde o digitální fotoaparát ovládaný programovatelným MCU)
- rozlišení lepší než VGA (640 x 480 px)
- pořizuje přímo barevné fotografie a ukládá je ve své paměti
- má možnost řízení expozice
- fotí podle programu
- pravidelně posílá svůj stav a vybrané náhledy na sběrnici
- podle zpráv ze sběrnice fotí a posílá uložená data na sběrnici
- průměrný příkon max. 50 mW (špičky max. 500 mW)
- hmotnost max. 50 g
- objem max. 50 cm³
- základní směr snímání by měl být "nahoru", tj. směrem od Země (pro sledování rozvíjení Tetheru)
- bylo by možné a vhodné použít osvětlovací zdroj (LED)?

Orientace a Stabilizace (včetně Magnetometru):

- samostatně zastaví rotaci družice a řídí orientaci satelitu
 - minimální požadavek je minimalizace rychlosti rotace vůči mg. poli Země (do týdne)
 - maximální požadavek je řízená a aktivně udržovaná orientace satelitu vůči povrchu Země
- pravidelně posílá na sběrnici svůj stav (okamžitou polohu, orientaci, a pod.)
- podle zpráv ze sběrnice nastavuje polohu a režim stabilizace (mg., Země, Slunce)
- průměrný příkon max. 50 mW (špičky max. 500 mW)
- hmotnost max. 100 g
- objem max. 100 cm³
- magnetometr je součástí modulu
 - přesnost měření pole lepší než 8 bitů / 20000 nT, frekvence měření alespoň 1 x za sekundu
- navržené technické řešení a detaily:
 - orientace bude zjišťována třiosým magnetometrem
 - aktivní stabilizace bude využívat tři navzájem kolmé cívký
 - budou vyvinuty algoritmy pro stabilizaci na mg. siločáru, na Slunce nebo i k Zemi
 - algoritmy budou testovány a simulovány s odpovídajícími výstupy a závěry

Tether:

- po příkazu ze Země nebo po timeoutu se vysune a jede podle programu
- mění dráhu družice (měřitelně)
- pravidelně posílá na sběrnici svůj stav
- podle zpráv ze sběrnice nastavuje svůj režim (proudy, změny dráhy?)
- průměrný příkon max. 50 mW (měl by mít svůj vlastní napájecí zdroj)
- hmotnost max. 200 g
- objem max. 200 cm³

Sluneční plachta (ověření alespoň rozvíňování, ovládání a řízení):

- po příkazu ze Země nebo po timeoutu se rozvíne a jede podle programu

- mění dráhu nebo orientaci družice (měřitelně)
- umí fungovat jako výkonný prvek systému orientace a stabilizace
- pravidelně posílá na sběrnici svůj stav
- podle zpráv ze sběrnice nastavuje polohu plachty a svůj režim (využití jako prvek stabilizace)
- průměrný příkon max. 30 mW (špičky max. 500 mW)
- hmotnost max. 100 g
- objem max. 150 cm³

Věda (speciální měření, demo vědeckého experimentu):

- po příkazu ze Země nebo po timeoutu jede podle programu
- pravidelně posílá na sběrnici svůj stav
- podle zpráv ze sběrnice měří, nastavuje svůj režim a posílá naměřená data na sběrnici
- průměrný příkon max. 50 mW (špičky max. 300 mW)
- hmotnost max. 50 g
- objem max. 50 cm³

Poznámky:

- je třeba maximálně držet magnetickou čistotu materiálů (připomíná to Robert P.)
- lze využít speciální (Richardův) interface a vytvořit PC SW pro testování komunikace modulů přes sběrnici
- David H. vyvine SW simulátor pohybu a chování družice na dráze
- (včetně rotace vlastního tělesa, komunikace, přísunu energie, teplotního režimu)
- dolní stěna družice bude tvořena anténou pro pásmo 2,4 GHz a bude bez solárních článků
- horní stěna může být oboustranně pokryta články a odklopitelná (tak nahradí i spodní stěnu)
- (odklopit se může současně s tetherem a plachtou)
- může být i ze dvou polovin