UNIVERZITA OBRANY

Integrovaný záznamník letu

Stručný popis

Petr Františ

25.3.2014

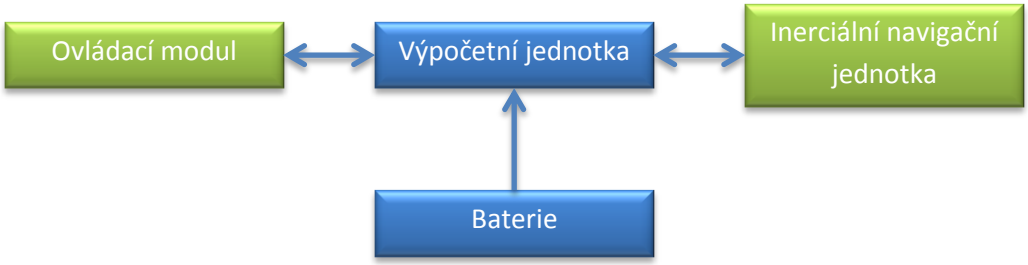
Příloha průběžné zprávy projektu rozvoje organizace K-209

Úvod

Integrovaný záznamník letu je zařízení určené pro záznam trasy letu a letových veličin. Tyto údaje jsou ukládány do datového souboru pro každý let zvlášť. Tento datový soubor lze číst, přehrát a analyzovat pomocí externího programu. Záznamník letu spolupracuje s inerciálními navigačními jednotkami s využitím knihovny *InsDevice*. Pro ovládání slouží ovládací modul ve formě malého zařízení, které je souží k indikaci vnitřních stavů a zapnutí nebo vypnutí záznamu.

Integrovaný záznamník letů se skládá z těchto částí:

- výpočetní jednotka,
- Inerciální navigační jednotka,
- ovládací modul,
- řídící software.



Obrázek 1 - Schéma propojení

Výpočetní jednotka

Jako výpočetní jednotka může sloužit jakýkoliv embedded počítač. Pro účely testování byla jako výpočetní jednotka byl zvolen specializovaný počítač Fit PC2i Ultra. Tento počítač je kompaktní konstrukce s pasivním způsobem chlazení. V pořízené konfiguraci obsahuje:

CPU	Intel Atom Z530 1.6GHz / Z510 1.1GHz
Chipset	Intel US15W SCH
Pamět	2GB DDR2-533
Disk	250 GB SSD Disk miniSD socket
Displej & Grafika	Intel GMA500 graphics acceleration Full hardware video acceleration of H.264, MPEG2, VC1, and WMV9 DVI Digital output up to 1920 x 1200, HDMI připojení
Audio	Line-out, line-in, mic 5.1 Channels S/PDIF (based on Realtek ALC662)
Síť	2x 1000 BaseT Ethernet (based on Realtek RTL8111) 802.11n WLAN (based on RaLink RT3070, single antenna)

USB	4 USB 2.0 High Speed ports
Porty	RS232 full UART

rozměry a hmotnosti

Šasi	100% aluminum odlitek
Rozměry	101 x 115 x 27 mm 4” x 4.5” x 1.05”
Váha	370 gramů – včetně harddisku
Operační teplota	0 – 70 deg C
Napájení	12V jeden zdroj 8-15V rozsah
Spotřeba	6W při nízké zátěži CPU 8W při vysoké zátěži CPU 1W při standby

Tato výpočetní jednotka je vybavena operačním systémem Windows 7 s podporou grafického rozhraní DirectX. Grafické rozhraní není pro účely záznamníku využíváno a tím se podstatně snižuje již tak nízký spotřeba energie. To umožňuje dlouhou dobu práce při napájení z baterií.

Napájecí jednotka

Pro napájení celého integrovaného systému byl použit produkt MyPowerAll firmy Tekkeon. Jedná se o kompaktní Li-Ion baterii s volitelným výstupním napětím a integrovanou nabíječkou. Tato baterie při váze 450 gramů dokáže napájet použitý výpočetní systém až 10 hodin. Pro zvýšení výdrže ji lze doplnit o další sadu Li-Ion baterií. Výhodou tohoto řešení je integrace nabíječky s inteligentní elektronikou, která umožňuje kontrolované nabíjení a zároveň i jednoduchou optickou kontrolu stavu nabytí baterie.

Inerciální navigační jednotka

Software letový záznamník ke spolupráci s inerciálními navigačními jednotkami využívá knihovnu InsDevice. Tato knihovna ve své verzi 2013 podporuje čtyři typy inerciálních navigačních jednotek.

Jsou to:

- CrossBow NAV 440CA
- XSense Mti-G
- PCFlight systems eGyro-GC-Plus
- Microstrain 3DM-GX3 + GPS receiver

Pro využití těchto jednotek stačí nastavit konfigurační soubor software Letový záznamník, kde se specifikuje typ připojené jednotky a komunikační port, ke kterému je daná jednotka připojena. Software již vnitřně překládá formáty a data použité jednotky a produkuje standardní výstupní soubor.

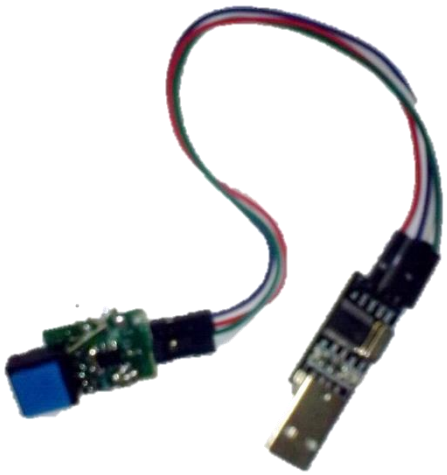
Ovládací modul

Protože Integrovaný záznamník letu k sobě nemá připojené žádné zobrazovací zařízení ani klávesnici, nemůže uživateli signalizovat vnitřní stavy ani nemůže být uživatelem ovládáno. K vyřešení tohoto problému byl zkonstruován ovládací modul. Tento modul poskytuje jednoduché rozhraní pro signalizaci vnitřních stavů a pro uživatelský vstup. V testovací verzi obsahuje dvě LED diody pro signalizaci vnitřních stavů a jedno tlačítko pro ovládání záznamu. LED diody signalizují vnitřní stavy dle následující tabulky

Stav	Kombinace LED diod
Vypnuto	LED1 – nesvítí LED2 – nesvítí
Záznam probíhá bez chyb	LED1 – svítí LED2 – svítí
Záznamník spuštěn, konfigurační soubor načten	LED1 – svítí LED2 – nesvítí
Záznamník spuštěn, chyba při čtení konfiguračního souboru.	LED1 - bliká
Komunikace s inerciální jednotkou je v pořádku – data jsou platná	LED2 - svítí
Komunikace s inerciální jednotkou je v pořádku – data jsou neplatná (například není platný signál GPS)	LED2 – bliká
Komunikace s inerciální jednotkou není v pořádku (nepodařilo se s ní spojit).	LED2 - nesvítí

Ovládací modul obsahuje jedno tlačítko, které slouží po vypnutí integrovaného záznamníku letu a vypnutí výpočetní jednotky.

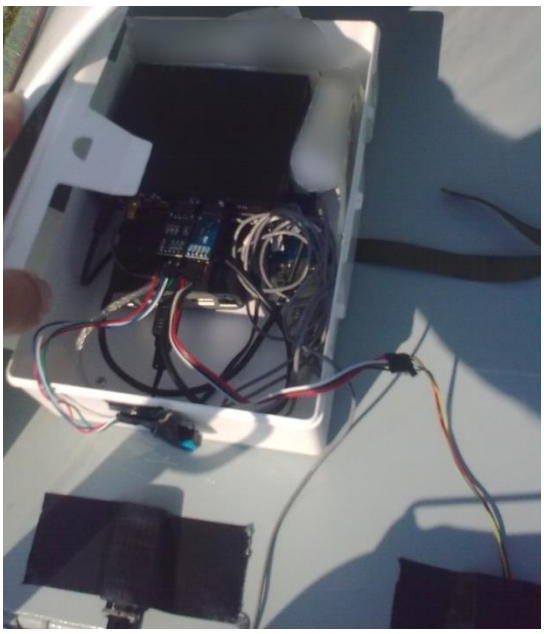
Ovládací modul je s výpočetní jednotkou propojen promocí rozhraní USB a obsahuje miniaturní microprocesor, který se stará o komunikaci se software Integrovaný letový záznamník. Toto řešení umožňuje pozdější rozšiřování o nové funkce, signalizační diody a tlačítka.



Obrázek 2 - Testovací ovládací modul

Celkové řešení

Integrovaný záznamník letů ve své testovací variantě slouží primárně pro sběr a zpracování dat z inerciální navigačních jednotek během testovacích letů. Tato data jsou následně analyzována v dalším specializovaném software. Integrovaný záznamník letů byl úspěšně zkoušen během testovacích letů v reálných podmínkách při přetíženích +6 a -4 G a při prudkých změnách atmosférického tlaku odpovídajících střemhlavému letu s rychlostí do 300 km/h. Rovněž byl testován při autorotačních prvcích při kterých dochází k současným změnám zrychlení okolo všech tří os.



Obrázek 3 - Ukázka testovacího zapojení Integrovaného záznamníku letů

Popis software

Software pro Integrovaný záznamník letu je napsané v programovacím jazyku C++ s využitím Microsoft Visual Studia 2008. Ke své činnosti využívá knihovnu InsDevice. Tato knihovna je využívána pro přístup k použitým inerciálním navigačním jednotkám.

Software po spuštění očekává přítomnost konfiguračního souboru *logger.cfg* v adresáře odkud byla aplikace spuštěna. Konfigurační soubor má následující formát:

```
{
        signal_com = 2
        port = 7
        port2 = 6
        ins_unit = 2
}
```

Jednotlivé položky mají následující význam:

signal_com – Označuje číslo sériového portu, na kterém komunikuje ovládací modul.

port – Označuje číslo sériového portu, který je využíván pro komunikaci s inerciální navigační jednotkou.

port2 – Označuje druhý port, který je používán obvykle pro komunikaci s GPS jednotkou u některých inerciálních jednotek s rozděleným zpracováním polohové a poziční informace.

ins_unit - Označuje typ připojené inerciální navigační jednotky. Podporované typy jsou:

Název	Typové číslo
XSense Mti-G	0
CrossBow NAV 440CA	1
Microstrain 3DM-GX3 + GPS receiver	2

Výstupem software je datový záznam daného letu. Tento záznam je ukládán v binárním formátu do souboru nazvaném podle typu použité inerciální jednotky a aktuálního data a času spuštění záznamu do aktuálního adresáře, odkud byla aplikace spuštěna.

Tedy například: MSTRAIN27-8-2013—16-23.dat

Vnitřní struktura uloženého souboru je tvořena sekvencí binárních dat struktury *TInsData*.

```
struct TInsData {
	float rollAngle,pitchAngle,yawAngleTrue; //*** angles and true heading
	float yawAngleMagnetic; //*** magnetic heading
	float xAngRate,yAngRate,zAngRate; //*** angular rate
	float xAccel,yAccel,zAccel; //*** accelerometr
	float nVel,eVel,dVel; //*** north, east, down velocity
	float longGPS,latGPS; //*** position GPS
	float altGPS; //*** altitude GPS
	float speedGPS; //*** GPS ground speed
	float temperature;
	float airspeed; //*** indicated airspeed from pittot sensor
	UINT32 timelTOW; //*** time sync to GPS in ms
	WORD BITstatus; //*** status of the INS in full
	BOOL hwFail; //*** hw serious fail
	BOOL hwStatus; //*** gps or sensor out of sync

	DWORD synctime; //*** time of the actual measurment in processor's
ticks. Used for log file playback
};
```

Jednotlivé úhly jsou vyjádřeny v radiánech, zeměpisná poloha je ve stupních. Rychlosti jsou udávány v metrech za sekundu, teplota ve stupních celsia. Položka *synctime* udává čas aktuálního vzorku měření od počátku měření v milisekundách.

Jednotlivé záznamy jsou uloženy za sebou, soubor neobsahuje žádnou hlavičku ani doplňkové údaje.

Závěr

Software Záznamník letů umožňuje automatizovaně pořizovat a ukládat záznam letu, pracuje bez interakce s uživatelem a stavové informace zobrazuje pomocí přídavného ovládacího modulu připojeného pomocí rozhraní USB. Software může být dále rozšiřován a upravován pro potřeby konkrétního využití ať již v letounech nebo v bezpilotních prostředcích.