



Středoškolská technika 2015

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Studentský minisatelit CanSat pro evropskou soutěž ESA 2015

**Vladimír Váňa, Viola Pětivoká, Anna Gasparijan, Marie Timurová, Ena Kos,
Tereza Dušková, Lenka Wendlová**

Střední průmyslová škola elektrotechnická
Ječná 30, Praha 2

1. Co je to CanSat ?

Před několika lety se objevila zajímavá technická novinka - stavba „minisatelitů“ soukromými osobami využívajícími k jejich konstrukci plechovku od limonády. Odtud pochází i jejich název - CanSat. Poprvé s myšlenkou CanSatu přišel profesor Robert Twiggs na konci 90. let. Tvůrci CanSatů do plechovky od limonády obvykle umísťují nějaká čidla jako např. čidlo tlaku a teploty, GPS moduly, kamery apod., jednočipové mikropočítače a vysílač pro VKV či UKV pásma ISP či pro některé z radioamatérských pásem 2m, 70cm, 23cm či 12cm. K vypuštění CanSatu vybaveného vlastním padáčkem obvykle slouží balon či signální raketa. Poté, co CanSat opustí raketu či balon, padá s pomocí padáčku k zemi a přitom vysílá naměřené údaje. Stavbou a provozem CanSatů se zabývají často zejména vysokoškolští studenti. Někdy je to i součást jejich studia. V roce 2010 začala Evropská vesmírná agentura (ESA) pořádat soutěž pro středoškoláky zvanou CanSat competition. Evropská soutěž CanSat je součástí iniciativy ESA inspirovat mladé lidi ke studiu v oblasti vědy a inženýrství, s cílem zajistit dostupnost vysoce kvalifikovaných pracovních sil v kosmickém průmyslu budoucnosti.[1]

1.2. Podmínky soutěže

Úkolem je navrhnout a realizovat minisatelit, který bude vypuštěn raketou do výše cca 1km a poté bude na padáčku klesat k Zemi, přitom bude plnit dvě mise. První z nich je pro každý tým povinná. Jde o měření atmosférického tlaku a teploty. Druhá mise již závisí na volbě soutěžního týmu.

Při sestupu minisatelitu k Zemi jsou hodnoty naměřených údajů vysílány pomocí transceiveru pro pásmo 70cm, jsou zachyceny pozemní stanicí soutěžního týmu, dále pak zpracovány a v reálném čase zobrazeny na PC. Data jsou ještě zálohována na SD kartu umístěnou na palubě Cansatu.

Všechny komponenty minisatelitu, s výjimkou padáku, se musí vejít do standardní plechovky od nápoje (výška 115mm a průměr 66mm). Výjimkou mohou být radiové a GPS antény, které lze umístit po stranách nebo v horní či dolní části plechovky. Hmotnost CanSatu musí být v rozmezí 300g až 350g. Minisatelit musí být schopen odolat zrychlení až 20g. Cena CanSatu by neměla přesahovat € 500.



Obr. 1: CanSat Launcher V7 render pro odpálení CanSatu



Obr. 2: CanSat přistávající k Zemi

1. 3. Výběr druhé mise

Jako druhou misi si náš tým GirlsSAT 2015 zvolil 3D měření zrychlení a 3D měření magnetického pole Země.

Při výběru druhé mise, měření zemského magnetického pole, jsme se inspirovali tradicí měření zemského magnetického pole pomocí řady satelitů Magion.

MAGION je název řady malých MAGnetosférických a IONosférických družic, vyrobených v České republice v Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR (pod vedením P. Trásky a J. Vojty) a vypouštěných jako subdružice ruských vědeckých družic. Družice byly určeny k měření parametrů kosmického plazmatu způsobem družice/subdružice současně ve dvou nepříliš vzdálených bodech. [2]

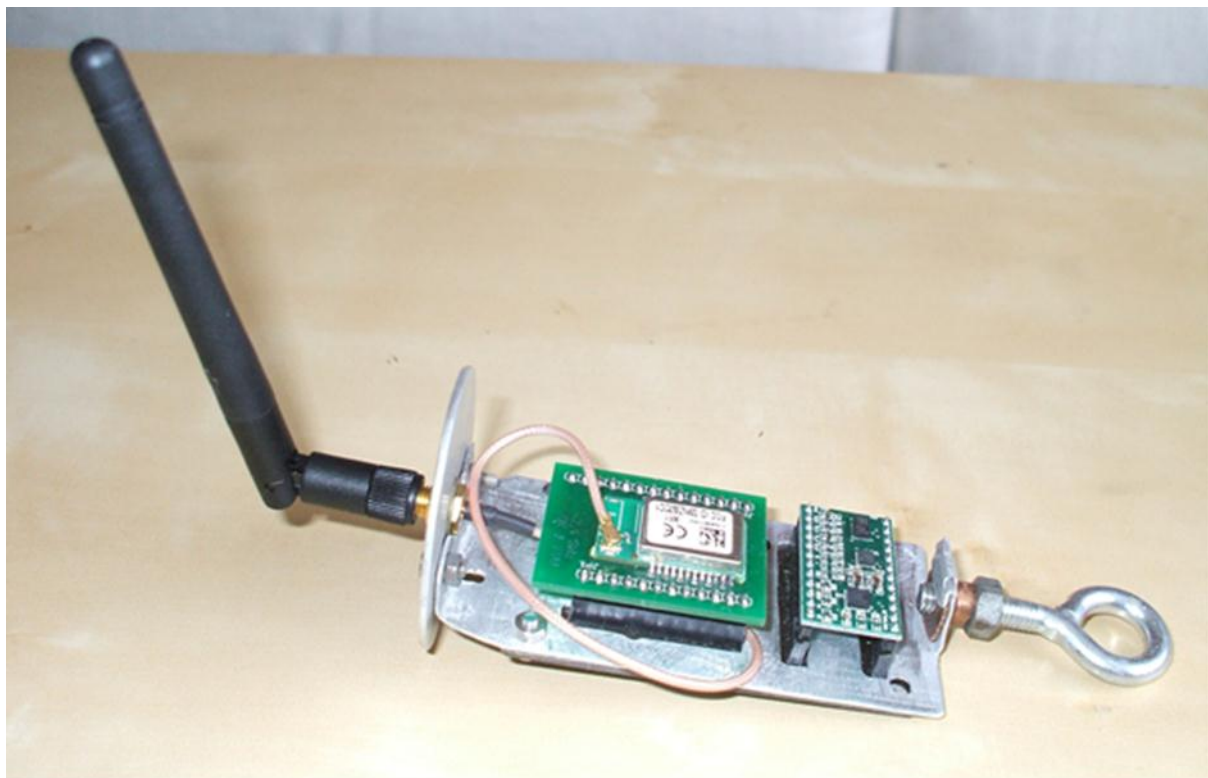
Družice	Start	Hmotnost	Perigeum	Apogeum	Stabilizace
Magion 1	24.10.1978	15 kg	406 km	768 km	magnetické pole
Magion 2	28.09.1989	50 kg	500 km	2500 km	magnetické pole
Magion 3	18.12.1991	52 kg	438 km	3070 km	magnetické pole
Magion 4	03.08.1995	59 kg	1 000 km *	198 000 km *	rotace
Magion 5	29.08.1996	62 kg	1 000 km *	20 000 km *	rotace

2. Hardware

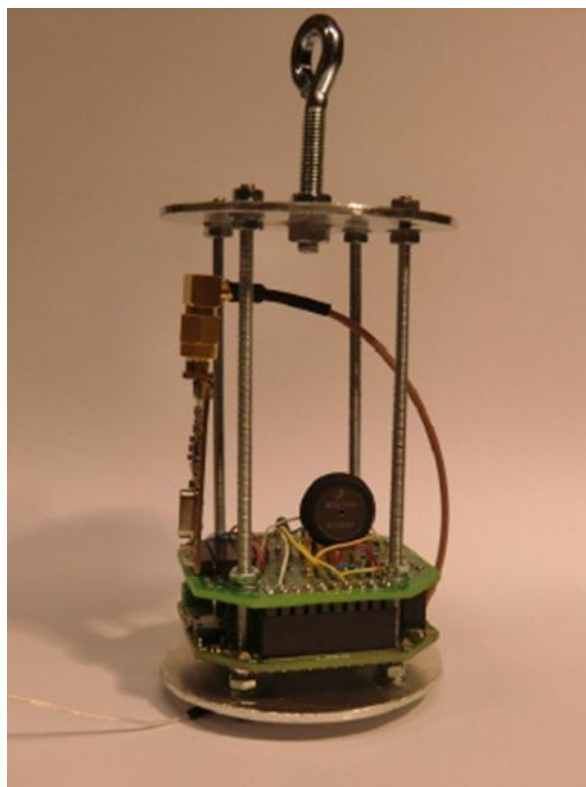
Mise CanSatu přímo určují, jaké elektronické vybavení budeme potřebovat. Skládá se z bloku čidel teploty, atmosférického tlaku, 3D akcelerometru, 3D gyroskopu a 3D magnetometru. Bude také obsahovat palubní počítač pro komunikaci s čidly (nastavení jejich vlastností, přečtení dat) a komunikaci s vysílačem. Dalším blokem tedy bude ještě vysílač. Protože nemůžeme zaručit nerušený příjem naměřených dat, rozhodli jsme se doplnit elektroniku o SD kartu a naměřená data na ní zaznamenávat. Jako napájecí zdroj pro elektroniku bude sloužit 9V baterie. Vzhledem k tomu, že musí být komponenty CanSatu umístěny do plechovky, musíme dbát nejen na jejich funkčnost, ale také ohlídat, abychom nepřekročili povolené limity.

2.1 Konstrukční provedení Cansatu

V praxi se ustálily dvě konstrukční provedení Cansatů. Ukazují je dva obrázky: 3. a 4.



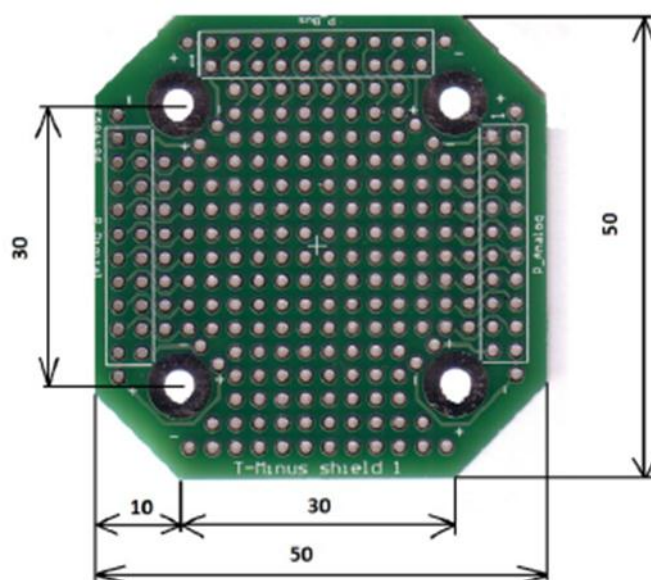
Obr. 3: První provedení CanSatu



Obr. 4: Druhé provedení Cansatu

Zvolili jsme druhou variantu, protože nám přišlo druhé provedení praktičtější díky pevnější konstrukci.

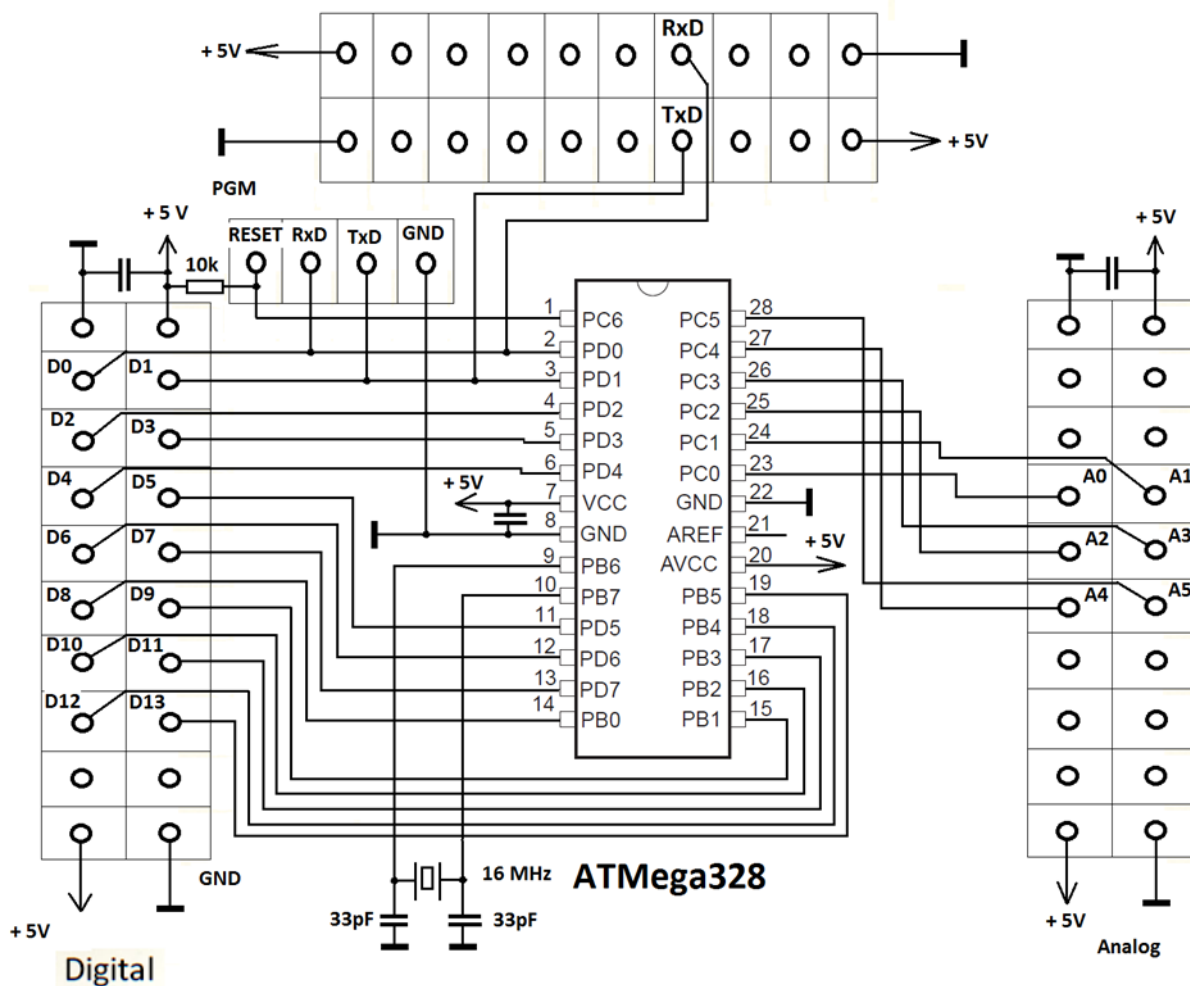
Na následujícím obrázku (obr. 5) můžeme vidět příklad provedení desky plošného spoje pro druhou verzi provedení CanSatu. Tato deska má čtyři otvory o $\varnothing 3,2$ mm, které slouží k navlečení desek na čtveřici svorníků se závitem M3 viz obrázek 4.



Obr. 5: Deska plošného spoje s otvory pro svorníky

2.2 Palubní počítač

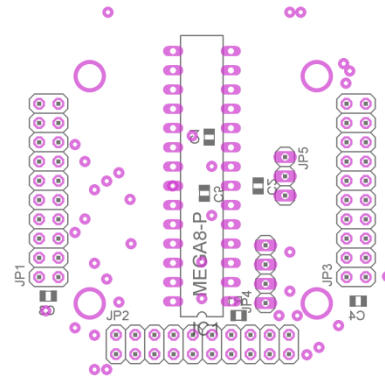
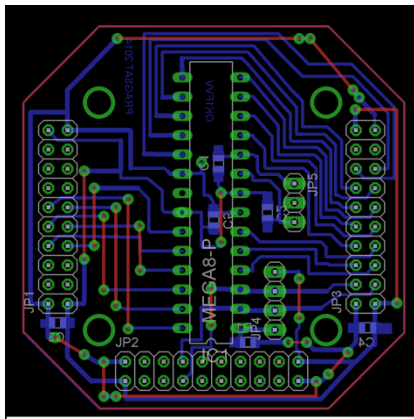
Zapojení počítače je velice jednoduché – obsahuje krystal 16MHz stejně jako ARDUINO UNO a dále obsahuje již jen propojení svých pinů s odpovídajícími dutinkami konektoru tak, aby tato deska byla v rozsahu D0 –D13 a A0 až A5 kompatibilní s počítačem od T-minus. Potom obsahuje již jen 4 pinový konektor pro připojení programátoru Arduino, např. s FT232RL.



Palubní počítač compatib. s ARDUINO UNO

OK1FVV

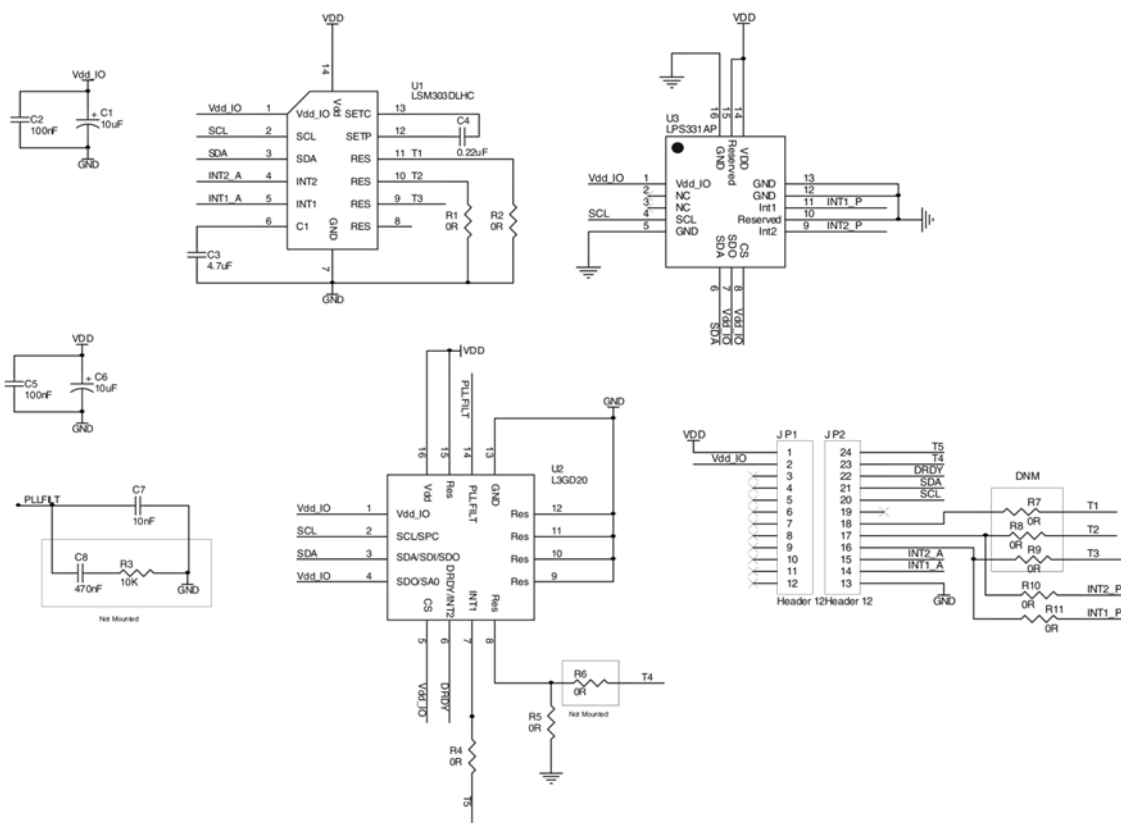
Obr. 6: schéma palubního počítače



Obr. 7: PCB palubního počítače

2.3 Blok čidel

Předpokládáme použití čidel tlaku, teploty, 3D akcelerometru, 3D magnetometru a 3D gyroskopu od firmy STMicroelectronics. Při vývoji této desky jsme vycházeli z článku [1]. Využili jsme přitom modul STEVAL MKI124V1 module (Obrázek 8.), který obsahuje LPS331AP (čidlo tlaku), LSM303DLHC (3D akcelerometr, 3D magnetometr) a L3GD20 (3D gyroskop).

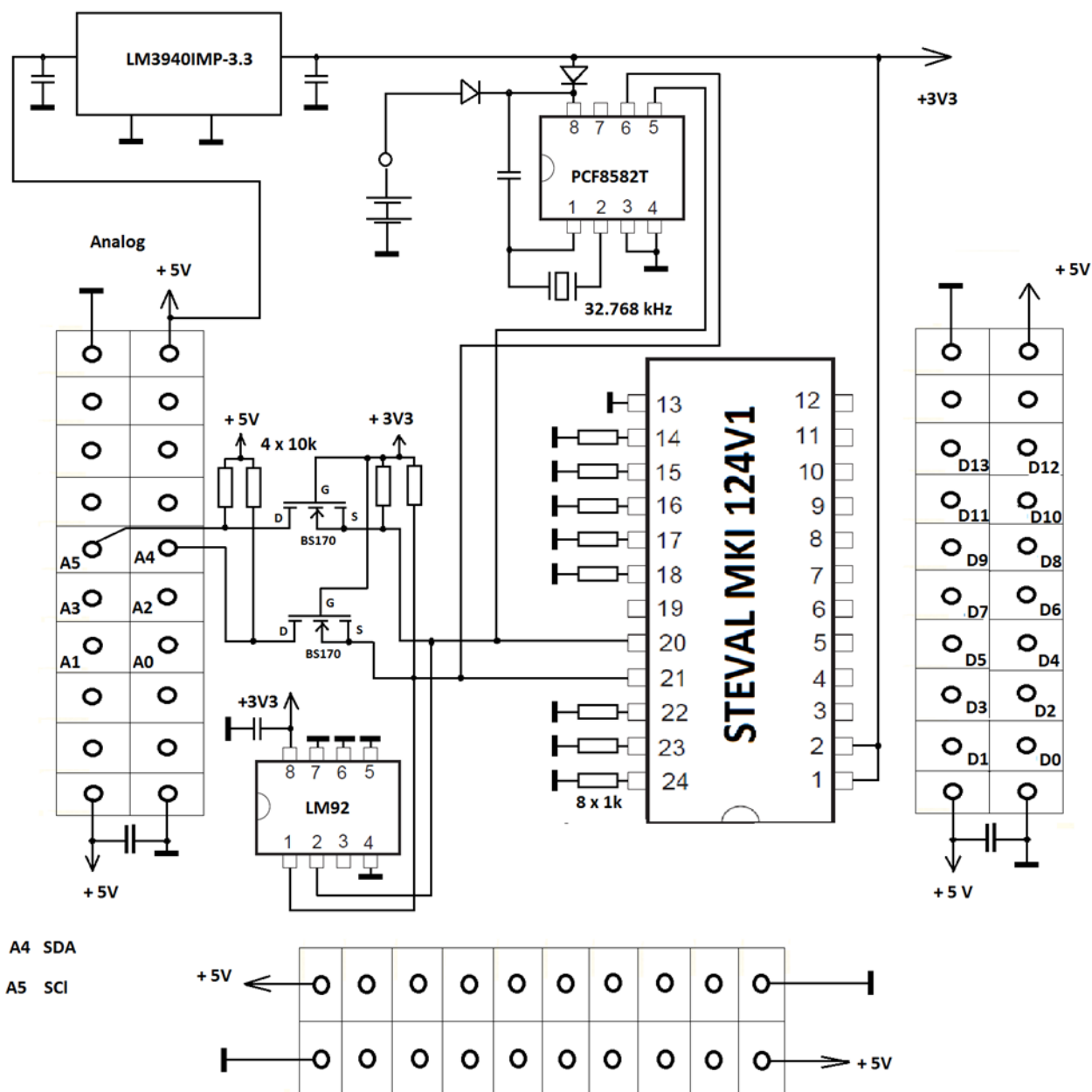


Obr. 8: Zapojení adaptérové destičky STEVAL-MKI124V1

S modulem STEVAL MKI124V1 se komunikuje prostřednictvím I2C. Dále se podíváme na základní parametry MKI124V1 týkající se napájení: Napájení 2,4 až 3,6 V. I/O napětové úrovně max. 3,6V takže se nesmí připojit na TTL přímo, tj ani k Arduino , které je napájeno

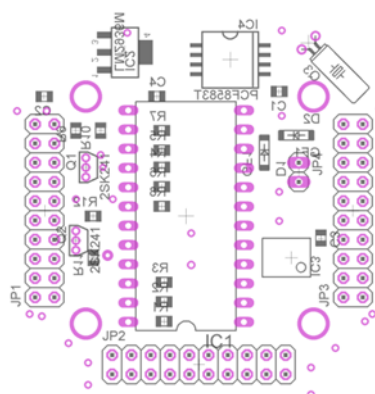
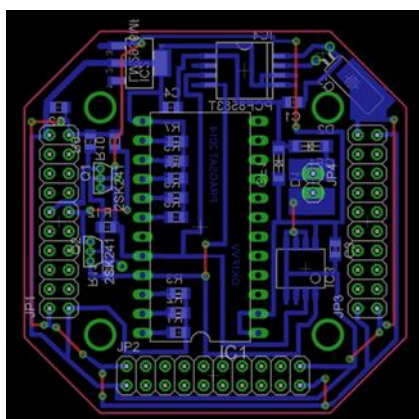
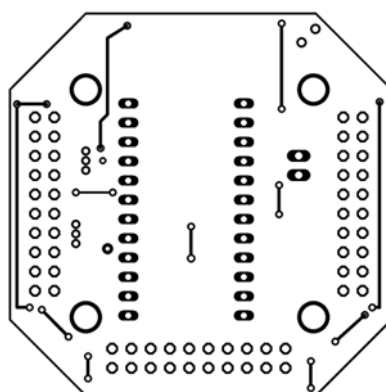
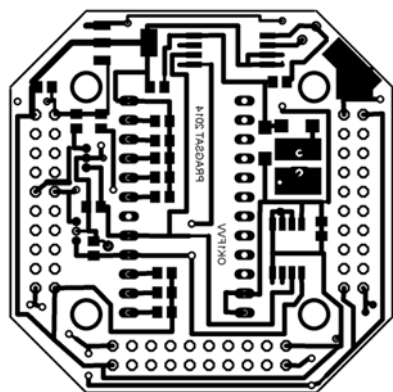
5V! Protože i2c signály SDA a SCL jsou obousměrné, musí být převodník mezi 3V3 a 5V také obousměrný. Ten jsme vytvořili s tranzistorem BSS138.

Destičku čidel MKI124V1 nakonec umístíme na destičku s trojicí konektorů 2 x 10 pinů, zapojených stejně, jako na desce palubního počítače a trancieveru. Deska bude ještě obsahovat zdroj 3.3V pro čidla, dvojici tranzistorů řízených polem pro oboustranný převod úrovní signálů SDA a SCL (I2C) 3.3V a 5V. Dále ke sběrnici I2C máme na této desce připojeno čidlo teploty a obvod hodin. Současně se záznamem či vysíláním naměřených dat potřebujeme totiž vědět i čas, kdy byla data pořízena.



OK1PJV

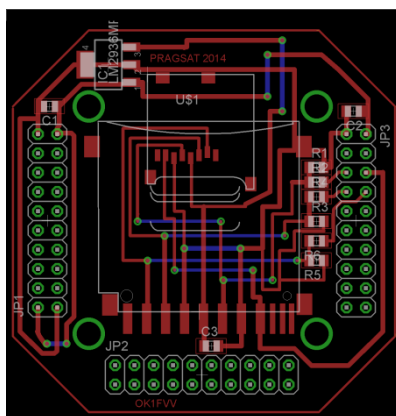
Obr. 9: Schéma zapojení modulu čidel



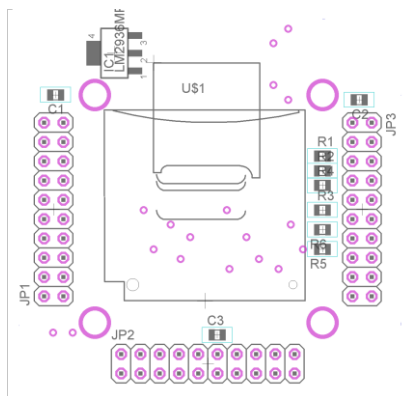
Obr. 10: PCB modulu čidel

2.5 SD karta

Z obavy z výpadku přenosu dat z mikrosatelitu do pozemní stanice jsme se rozhodli naměřená data nahrát na SD kartu. Pro komunikaci s ní využíváme SPI čtveřici signálů MOSI, MISO, SCL a CS. Schéma modulu SD karty je zobrazeno na obr. 11



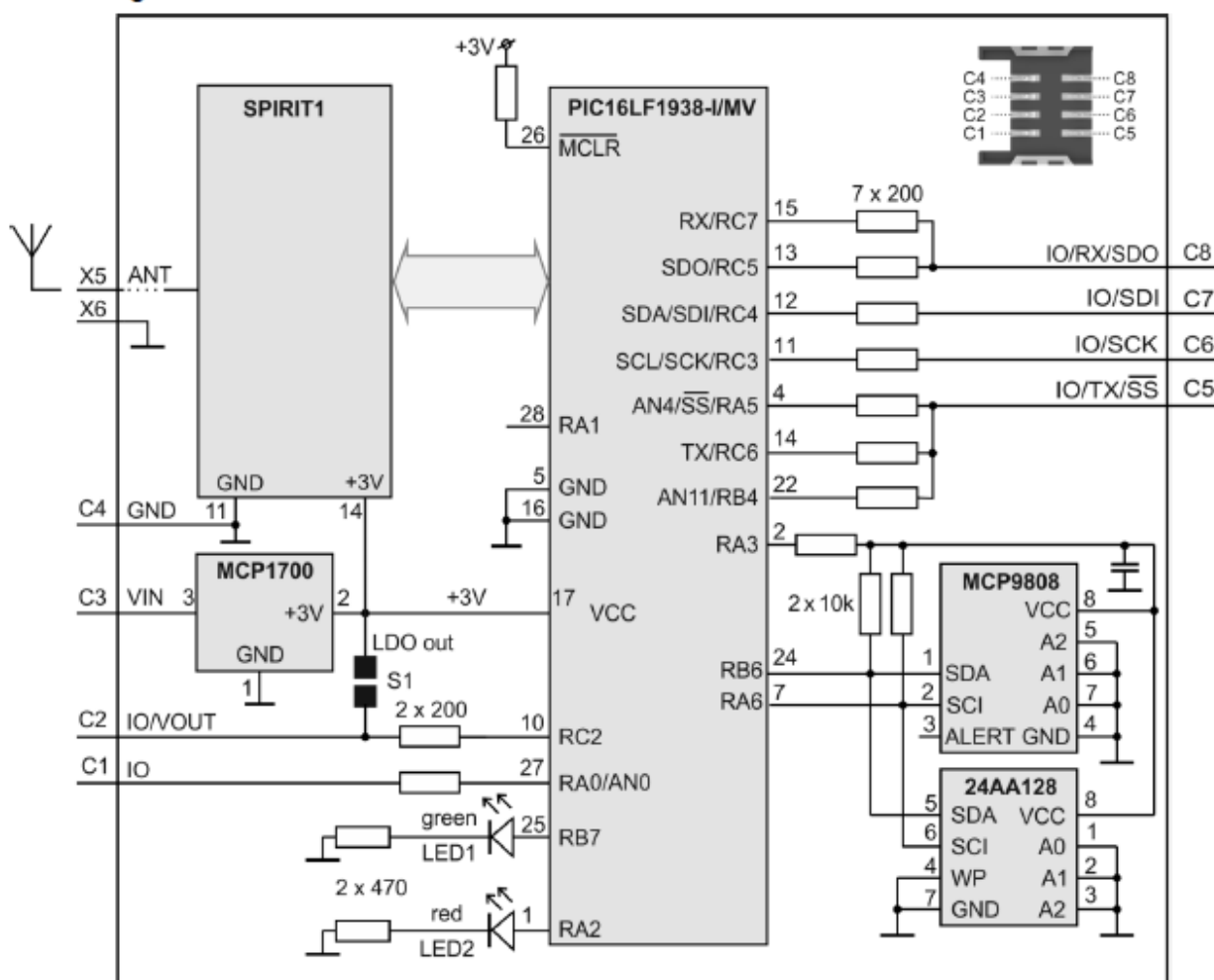
Obr. 12: PCB bloku SD karty



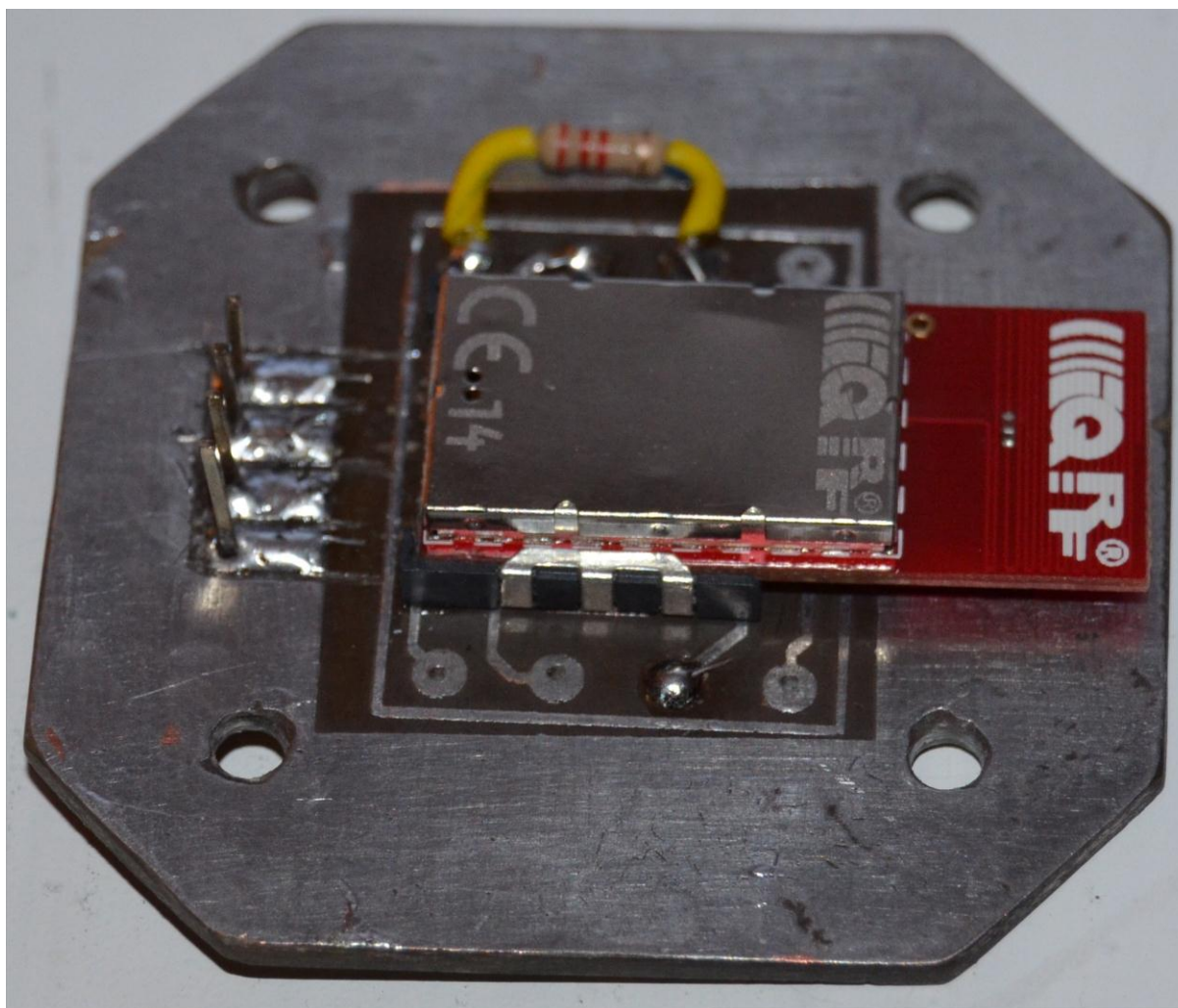
2.6 Vysílač a přijímač

Použili jsme TR52D-433 (a variantně TR72D pro 868MHz ISM pásmo) české firmy Microrisc [11] a [12]. Velikost těchto modulů je 25 x 14,9 mm. Do systému se připojují pomocí SIM konektoru. Principiální zapojení TR72D ukazuje následující obrázek 13.

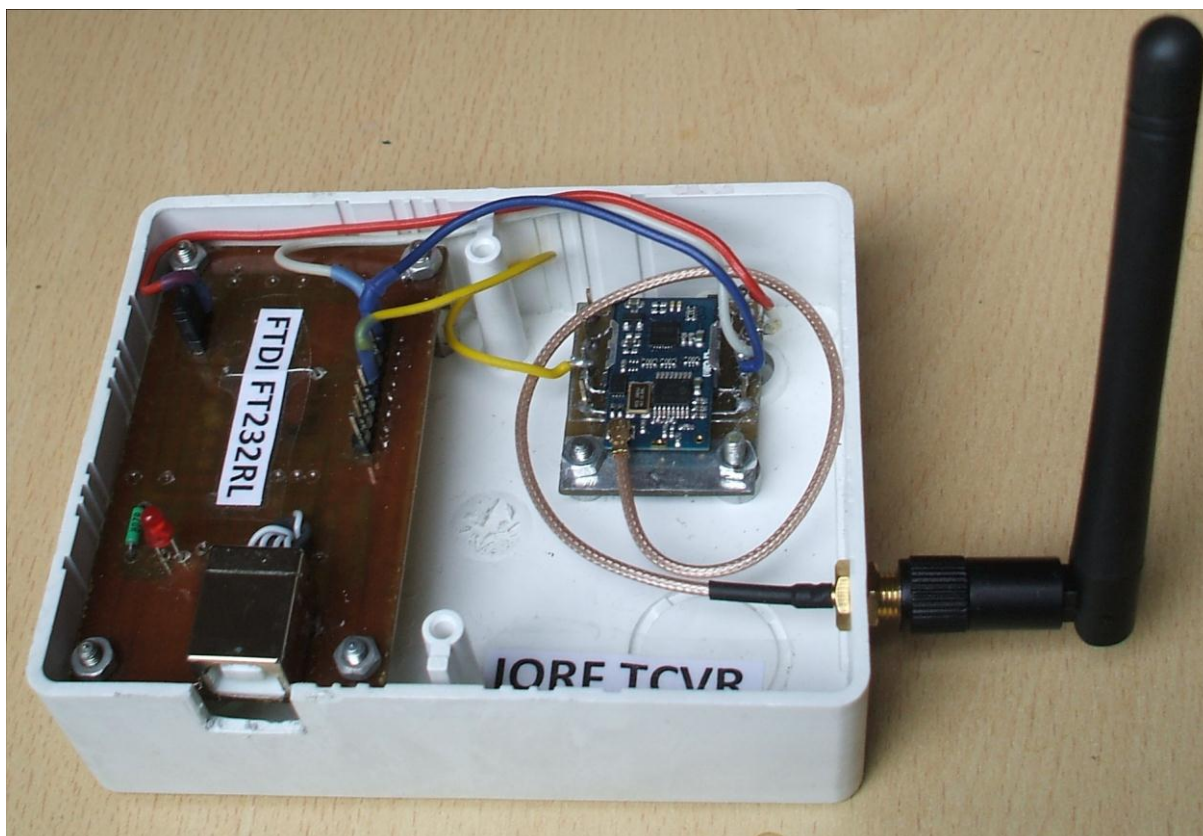
Block diagram



Obr. 13: principiální zapojení TCVR systému IQRF Microrisc [12]



Obr. 14: palubní počítač s IQRF TCVR



Obr. 15: pozemní stanice s IQRF TCVR

3. Software

Tvorba software (firmware) je poměrně jednoduchá vzhledem k použití vývojového prostředí i jazyka Arduina a knihoven systému Arduino pro sériovou komunikaci UART (s vysílačem), I2C (s čidly) a SPI (s mikro SD kartou).

3.1 Programová obsluha čidel

Programovou obsluhu čidel si ukážeme na příkladě čidla atmosférického tlaku. Na začátku sketche uvedeme použité knihovny a vytvoříme instanci **ps** třídy LP331.

```
#include <Wire.h>
#include <LPS331.h>
```

```
LPS331 ps;
```

Poté, jak je v Arduino sketchi běžné, uvedeme definice metod **setup()** a **loop()**. To je podstatný rozdíl od jazyka C++. Jsou použity místo metody **main()** v C++. V metodě **setup** nejprve nastavíme parametry sériové komunikace.

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();

  if (!ps.init())
```

```
{  
  Serial.println("Failed to autodetect pressure sensor!");  
  while (1);  
}  
  
ps.enableDefault();  
}
```

Následně se zavolá metoda **init** instance **ps** **ps.init()** a provede se kontrola její úspěšnosti. Pokud se inicializace nepodaří, vypíše se chybová hláška. V případě úspěchu se zavolá metoda **enableDefault()**, čímž se zapne čidlo a nastaví se jeho nepřetržitá funkce.

Dále již probíhá veškerá činnost ve smyčce **loop()**

```
void loop()
{
  float pressure = ps.readPressureMillibars();
  float altitude = ps.pressureToAltitudeMeters(pressure);
  float temperature = ps.readTemperatureC();

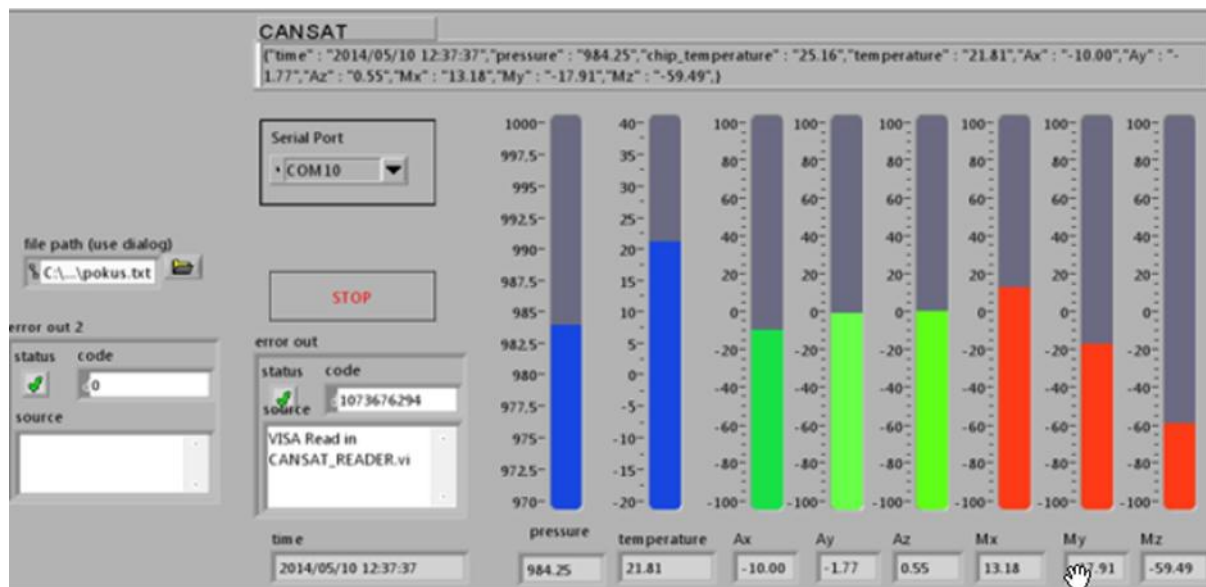
  Serial.print("p: ");
  Serial.print(pressure);
  Serial.print(" mbar\ta: ");
  Serial.print(altitude);
  Serial.print(" m\tt: ");
  Serial.print(temperature);
  Serial.println(" deg C");

  delay(1000);
}
```

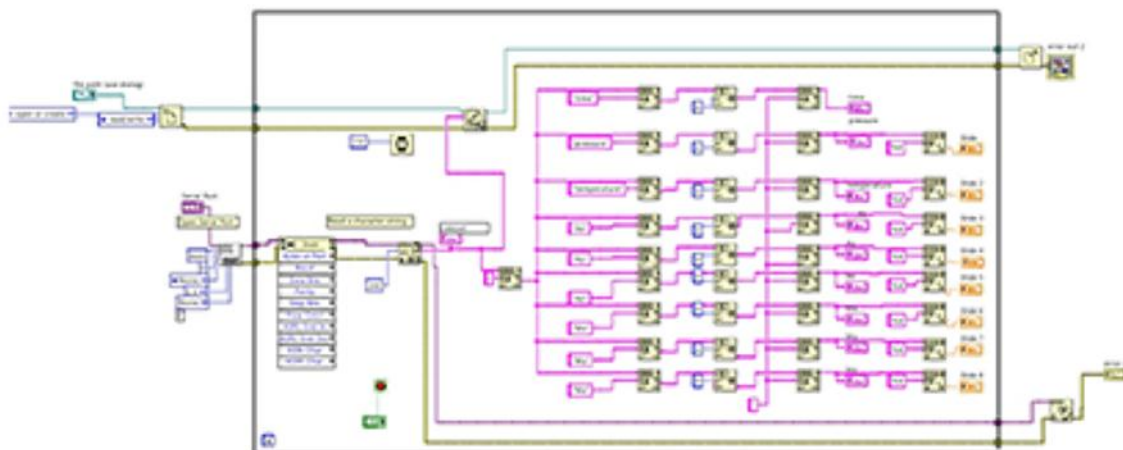
Nejprve se v ní zavolá metoda **readPressureMillibars**, která do proměnné **pressure** načte hodnotu změřeného atmosférického tlaku v milibarech. Poté se zavolá metoda pro přepočítání tohoto tlaku na nadmořskou výšku a dále metoda pro přečtení teploty. Následujících sedm řádků kódu slouží k odeslání právě naměřených hodnot sériovou linkou a nakonec je volána metoda **delay**, která pozdrží průběh smyčky, neboť se měření má provádět 1 x za sekundu.

3.2 Zpracování dat v LabView

Grafický programovací jazyk od společnosti National Instruments jsme použili v programu zpracovávající data v PC, který je připojen k přijímači a zpracovává data z Cansatu. Jak program vypadá je k vidění na obrázku 16. Náhled "zdrojového kódu" tedy, grafického zpracování našeho programu v LabView je k vidění na obrázku 17.



Obr. 16: Program na zpracování dat v LabView



Obr. 17: Náhled na grafické programování v LabView

4. Návrh a realizace přistávacího padáčku

Při řešení velikosti padáku jsme využili vzorec

$$mg = \frac{1}{2} \rho v^2 c_d S$$

kde

- m je celková hmotnost našeho systému [kg]
- g je gravitační zrychlení $9,80665 \text{ m/s}^2$ [m/s^2]
- ρ je hustota vzduchu 1.225 kg/m^3 [kg/m^3]
- v je rychlost letu padáku [m/s]
- c_d je součinitel odporu vzduchu 0,5 [-]
- S je plocha povrchu padáku [m^2] [3]



Obr. 18: Hotový padák

5. Závěr

Naším úkolem bylo navrhnout a zrealizovat zařízení Cansat, které by náš tým použil ve finále evropské soutěže ESA v červnu 2015 v Portugalsku. Naši první verzi se nám podařilo splnit požadavky zadání, nicméně je zde stále možnost dalšího vylepšování systému na základě jeho testování, kalibrace čidel a zejména vlastního zpracování dat a jejich interpretace.

Citovaná literatura

- [1] V. Váňa, „Co je to Cansat,“ Časopis praktická elektronika, p. 25, 11 2013.
- [2] „MEK - Magion,“ [Online]. Available: <http://mek.kosmo.cz/cz/magion/index.htm>.
- [3] V. Váňa, „Čidla pro CanSat a Raspberry PI,“ Časopis praktická elektronika, pp. 20 - 22, 11 2014.
- [4] W. Torstein, „<http://www.rocketrange.no>,“ [Online].
- [5] „Arduino,“ [Online]. Available: <http://arduino.cc/>.
- [6] „STMicroelectronics,“ [Online]. Available: <http://www.st.com>.
- [7] „CanSat Ječné,“ [Online]. Available: <http://www.spsejecna.net/cansat/>.
- [8] „CadSoft,“ [Online]. Available: <http://www.cadsoftusa.com/>.
- [9] „ESA,“ [Online]. Available: <http://www.esa.int/ESA>.
- [10] „CanSat Kit User Manual,“ CanSat Kit User, 2014.
- [11] <http://www.microrisc.com/webcz/index.php>
- [12] <http://www.iqrf.org/weben/>