

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra technologií a měření**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Elektronické monitorování včelstva**



## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá popisem chování včel během roku a systémy monitorování včelstva dostupných na trhu. Hlavní částí práce je pak návrh vlastního systému pro monitorování včelstva umožňujícího měřit hmotnost včelích úlů několikrát během dne. S měřením hmotnosti se také ukládá teplota a vlhkost okolního prostředí. V práci jsou popsána zvolená čidla a jejich implementace do celkového systému a dále je řešena komunikace s uživatelem, která je realizována pomocí SMS zpráv nebo připojením systému pro monitorování včelstva k počítači.

## **Klíčová slova**

Úlová váha, ATmega32; měření hmotnosti, teploty a vlhkosti; archivace dat na paměťovou kartu

**Abstract**

The master theses describes a behaviour of bees during a year and bee colony monitoring systems available on the market. The main part of the thesis is a suggestion of own system for bee colony monitoring which allows to measure the weight of beehives several times during a day. The temperature and humidity of ambient is also saved together with measuring of weight. The thesis describes selected sensors and their implementation into the overall system. Further it deals with communication between a user and the bee colony monitoring system which is realized by using SMS or connection to the computer.

**Key words**

Hive weighting machine, ATmega32; measuring of weight, temperature and humidity; archiving of data to the memory card

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 8.5.2013

Bc. Radovan Hadač

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Václavu Kouckému, CSc. za cenné profesionální rady, vstřícný přístup, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Milanu Kozákovi za námět na diplomovou práci a za spolupráci při jejím řešení.

## Obsah

Obsah .....	7
Seznam symbolů a zkratk.....	9
Úvod.....	10
1 Včelí chov.....	11
1.1 Chov včel v jednotlivých měsících .....	11
1.2 Měřitelné parametry včelího chovu .....	13
1.2.1 Hmotnost úlu .....	13
1.2.2 Povětrnostní podmínky.....	13
2 Systémy pro monitorování včelstva na trhu .....	14
2.1 Registrační úlová váha EMMA.....	14
2.2 Multifunkční měřící zařízení VILKO – 01 .....	15
2.3 Úlová váha BeeWise .....	15
3 Návrh systému pro monitorování včelstva .....	16
3.1 Řídící jednotka .....	18
3.1.1 Software pro mikrokontrolér ATmega32 .....	18
3.2 Vedlejší jednotka.....	23
3.2.1 Schéma zapojení.....	23
3.2.2 Popis zapojení.....	23
3.2.3 Komunikace.....	24
3.2.4 Popis programu vedlejší jednotky .....	24
3.3 Použité sběrnice .....	26
3.3.1 SPI .....	26
3.3.2 I <sup>2</sup> C.....	26
3.3.3 RS232 .....	28
3.3.4 RS485 .....	29
3.4 Tenzometrický snímač .....	29
3.4.1 Schéma zapojení při využití ditheringu.....	31
3.4.2 Popis zapojení při využití ditheringu.....	31
3.4.3 Zpracování dat při využití ditheringu.....	31
3.4.4 Naměřená data při využití ditheringu.....	32

---

3.4.5	Schéma Zapojení při využití 22bit převodníku .....	34
3.4.6	Popis zapojení při využití 22bit převodníku.....	34
3.4.7	Naměřená data při využití 22bit převodníku.....	34
3.5	Paměťové médium .....	36
3.5.1	Popis SD katry.....	36
3.5.2	Schéma zapojení.....	37
3.5.3	Popis zapojení.....	37
3.5.4	Komunikace s SD kartou.....	37
3.5.5	Struktura souborů .....	38
3.6	Přijímač signálu DCF77 .....	40
3.6.1	Popis signálu.....	40
3.6.2	Popis přijímače .....	41
3.6.3	Schéma zapojení.....	42
3.6.4	Zpracování signálu .....	42
3.7	Vnitřní hodiny .....	43
3.7.1	Schéma napájení.....	44
3.7.2	Popis zapojení.....	44
3.7.3	Princip komunikace s PCF8583 .....	44
3.7.4	Nastavení alarmu.....	45
3.8	Senzor teploty a vlhkosti.....	46
3.8.1	Komunikace.....	46
3.9	Senzor větru .....	47
3.10	Přenos přes GSM.....	48
3.10.1	Popis .....	48
3.11	Komunikace s PC .....	50
3.11.1	Schéma zapojení.....	50
3.11.2	Program pro PC.....	50
3.12	Napájení systému.....	56
3.12.1	Využití obnovitelného zdroje energie .....	56
Závěr .....		57
Seznam literatury .....		58



## Seznam symbolů a zkratek

ACK .....	Potvrzení přijetí
AD .....	Analogový na digitální
CRC.....	Cyklický redundantní součet
DCF77 .....	Dlouhovlnný časový signál
$f_{osc}$ .....	Frekvence oscilátoru [Hz]
GSM.....	Globální systém pro mobilní komunikaci
Hmot.....	Hmotnost
INT .....	Přerušeni
Kor .....	Korekce
LCD.....	Displej z tekutých krystalů
Log .....	Logická
LSB .....	Nejméně významný bit
MISO.....	Master in slave out
MOSI.....	Master out slave in
Obr .....	Obrázek
PC.....	Osobní počítač
RAM.....	Paměť s libovolným přístupem
RI.....	Indikace vyzvánění
RXD .....	Příjem dat
SCL, SCK,SCLK .....	Hodinový signal
SD.....	Secure digital
SDA.....	Sériová data
SIM.....	Účastnická identifikační karta
SMS.....	Služba krátkých textových zpráv
SPI.....	Sériové periferní rozhraní
SS, CS .....	Výběr obvodu
$t_c$ .....	Čas přetečení čítače
TXD .....	Vyslání dat
USB.....	Universální sériová sběrnice
Zab .....	Zabezpečeni

## **Úvod**

Diplomová práce se zabývá návrhem systému pro monitorování včelstva. Výsledkem je systém měřící hmotnost včelích úlů, vlhkost a teplotu okolního prostředí několikrát během dne. Výsledky těchto měření se archivují.

Práce je rozdělena do několika částí. Úvodní část se věnuje popisu chování včel během roku. Druhá část popisuje systémy pro monitorování včelstva dostupné na trhu. Závěrečná část textu se věnuje samotnému návrhu systému.

# 1 Včelí chov

Tato kapitola se věnuje popisu chování včel během jednotlivých měsíců. Jedná se pouze o stručný přehled, více v [1]. Chování včel se projevuje například na hmotnosti včelího úlu. V případě, že má včelař možnost hmotnost úlu monitorovat, může z ní vyvodit nestandardní chování včelstva a včas zasáhnout.

## 1.1 Chov včel v jednotlivých měsících

- **Leden**

Včelstvo je shromážděno v zimním hroznu. Teplota uvnitř hroznu dosahuje 25°C a na okraji je teplota okolo 9°C. V případě, že je včelstvo zazimováno jako bezmatečné, je neklidné a více spotřebovává své zásoby.

- **Únor**

Teplota uvnitř hroznu je okolo 20°C. Po několika teplejších únorových dnech se hrozen rozroste, teplota v jeho centru stoupne na 35°C a včelstvo začíná plodovat. Proto začne spotřebovávat více zásob. V tomto období je důležité sledovat dění na česně. V případě, že včely nelétají, je možný jejich úhyn. V případě že včely pobíhají kolem česna, je možné, že je včelstvo bez matky.

- **Březen**

Včelstvo zvětšuje místo pro plod a zimní včely hynou následkem upracování. Prohlídka včelstva se na začátku měsíce omezuje na sledování dění na česně, ke konci měsíce se provede jarní prohlídka.

- **Duben**

Včelstvo intenzivně vytváří plod. Na místo zimních včel nastupují nově se líhnoucí včely. Toto období je kritické. Příchod nektarové snůšky probouzí stavební pud a včelstvo začíná s chovem trubců.

- **Květen**

V květnu včelstvo směřuje k vrcholu svého rozvoje. Matka za ideálních podmínek naklade až 2000 vajíček denně a ten samý počet včel se líhne. V tomto období může u včelstva dojít k rojící náladě díky omezenému prostoru nebo malému počtu buněk.

- **Červen**

Včelstvo je během června a července v maximální síle a na vrcholu rozvoje. V úlu zraje med. Již začátkem června je možné vytočit první květnový med.

- **Červenec**

Včelstvo se po slunovratu pomalu začne připravovat na přicházející zimu. Začínají se líhnout první dlouhověké zimní včely a plocha pro plod se zmenšuje. Červenec je hlavní měsíc pro vytáčení medu.

- **Srpen**

V srpnu se už nelíhnou letní včely, ale převážně zimní. Toto plodování je důležité pro zimování včelstva. Zimní včely si vytvářejí zásoby bílkovin a tuků ve svém těle, které jsou pak na jaře využity k výživě plodu. Proto je důležité, aby včelstva měla v srpnu dostatek pylu.

- **Září**

V září se líhnou zimní včely a do volných buněk po vylíhnutých včelách si začnou ukládat zásoby na zimu. V tomto období jsou je nutné dokrmování. Je dobré čas od času převažovat úl, neboť mezi včelami dochází ke krádežím zásob a mohly by vyhladovět.

- **Říjen**

Včelstvo za hezkých dní nosí poslední pyl a je plně připraveno na zazimování. Začíná se vytvářet zimní hrozen, zatím ještě nesevřený.

- **Listopad a prosinec**

V těchto měsících je v úlu klid. Včely jsou natěsnány v zimním hroznu a přečkávají zimu.

## **1.2 Měřitelné parametry včelího chovu**

### **1.2.1 Hmotnost úlu**

Jedná se o nejdůležitější parametr, který je možno měřit. V jarních a letních měsících lze podle váhy úlu zjistit množství medu, v zimních měsících je pak pro přežití včelstva důležité množství zásob. Pomocí změny hmotnosti lze pozorovat jejich úbytek. Rychlý úbytek hmotnosti na podzim může znamenat vykradení úlu jinými včelami.

### **1.2.2 Povětrnostní podmínky**

Dalším důležitým parametrem jsou povětrnostní podmínky. Lze měřit rychlost větru, indikovat déšť, měřit venkovní teplotu a vlhkost. Za špatných podmínek (např. za deště či při silném větru) včely neopouští úl, což se promítne na množství medu – tzn. na hmotnosti úlu. Znalost povětrnostních podmínek je pro včelaře důležitá, aby mohl snadněji vyhodnotit dění v úlu.

## 2 Systémy pro monitorování včelstva na trhu

### 2.1 Registrační úlová váha EMMA

Jedná se o modulovou stavebnici od českého výrobce, která je tvořena: Elektronickou vahou, ovladačem se záznamníkem, záznamníkem, adaptérem rozhraní USB, komunikátorem se záznamníkem, GSM modemem a akumulátorem. Elektronická váha je umístěna pod úlem a snímá jeho hmotnost a teplotu okolí. Připojuje se k záznamníku, ke kterému může být připojeno až 31 vah a který je využíván pro automatický záznam dat. Ovladač se záznamníkem disponuje LCD displejem a ovládacími tlačítky na rozdíl od samotného záznamníku, díky čemuž je možné si ručně prohlížet naměřená data. Adaptér rozhraní USB slouží k připojení vážicího systému k PC. Komunikátor se záznamníkem využívá síť GSM a používá se k připojení ke vzdálenému PC nebo mobilnímu telefonu. Dále sleduje alarmová čidla, jsou-li připojena, a v případě narušení odesílá SMS. Na straně uživatele je GSM modem připojený k PC, který komunikuje s komunikátorem se záznamníkem přes GSM síť. Cena základní sestavy obsahující elektronickou úlovou váhu a ovladač se záznamníkem je 7980,- Kč, cena sestavy s přenosem na dálku obsahující komunikátor se záznamníkem, elektronickou úlovou váhu, GSM modem, akumulátorovou baterii a nabíječku stojí 13980,-Kč. Cena samotné váhy je 4990,-Kč. Více informací o této úlové váze je možné získat na internetových stránkách výrobce [2].



Obrázek 2.1 Registrační úlová váha EMMA převzato z [2]

## 2.2 Multifunkční měřicí zařízení VILKO – 01

Jedná se o zařízení slovenské firmy Alya, které bude uvedeno na trh v roce 2013. Zařízení komunikuje pomocí přenosů přes GSM. Naměřená data jsou dostupná pomocí SMS zpráv, e-mailu a v internetovém prohlížeči. Mimo klasických údajů jako je čas, váha, teplota a vlhkost poskytuje i údaj o pohybu zařízení díky akcelerometru. Je možné nastavit alarmové zprávy, které jsou odesílány při zaznamenání pohybu úlu. Zařízení má dále jeden vstup, ke kterému jde připojit vlastní čidlo a jeden volný výstup, ke kterému lze připojit například sirénu. Zařízení může být napájeno z baterie, nebo z elektrické sítě. Baterii je možno dobíjet pomocí solární nabíječky. Maximální zatížitelnost této váhy je 200 kg a přesnost váhy je 0,1 kg. Více informací o úlové váze Vilko-01 lze najít na stránkách výrobce [3].

## 2.3 Úlová váha BeeWise

Jde o váhu francouzského výrobce, jejíž hlavní určení je pro odloučené úly, které nelze denně sledovat. Pomocí hlavní jednotky lze zvážit jeden úl, v případě potřeby vážit více úlů je možné k hlavní jednotce připojit až 3 vedlejší jednotky. Zařízení ukládá naměřené hmotnosti do paměti, monitoruje okolní teplotu a zasílá naměřená data přes GSM síť. V paměti je schopné držet posledních 64 měření. Zařízení je napájeno interní baterií a je možno dokoupit solární panel. Měřicí rozsah tohoto zařízení je od 10 do 140 kg, rozlišení je 100 g a přesnost je od 100 do 500 g.



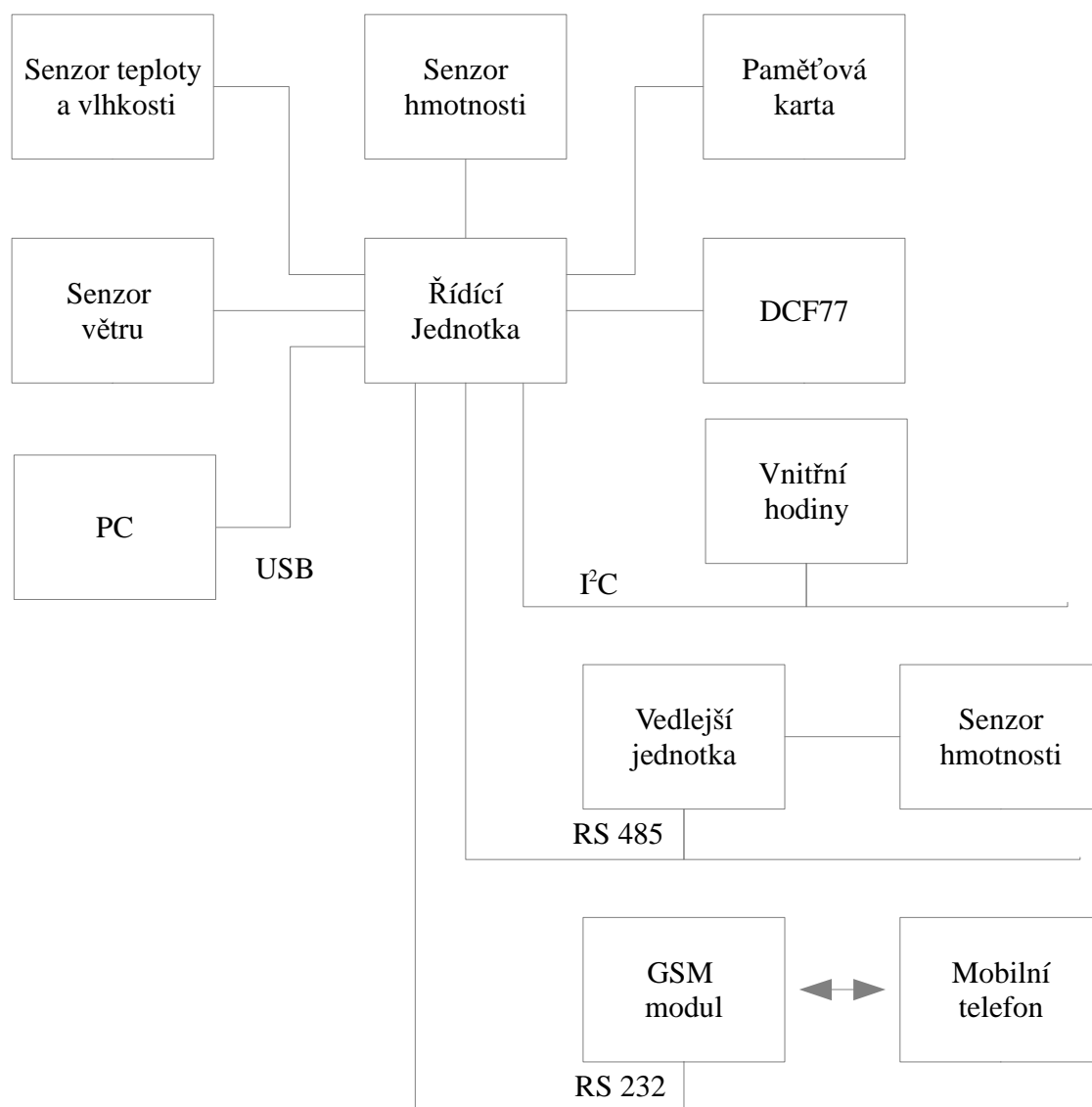
Obrázek 2.2 Úlová váha BeeWise

### 3 Návrh systému pro monitorování včelstva

Cílem této diplomové práce je navrhnout a zrealizovat systém pro monitorování včelstva, který bude mít následující vlastnosti:

- Schopnost vážit od 0 do 250 kg s rozlišením 10g
- Ukládat data z úlové váhy minimálně 3x denně
- Možnost nastavení nuly váhy
- Možnost získávat data a nastavovat váhu lokálně pomocí PC
- Posílání dat přes GSM do mobilního telefonu
- Ukládat data na flash disk nebo na paměťovou kartu

Na základě těchto požadavků bylo vytvořeno blokové schéma, které je vidět na obrázku 3.1.



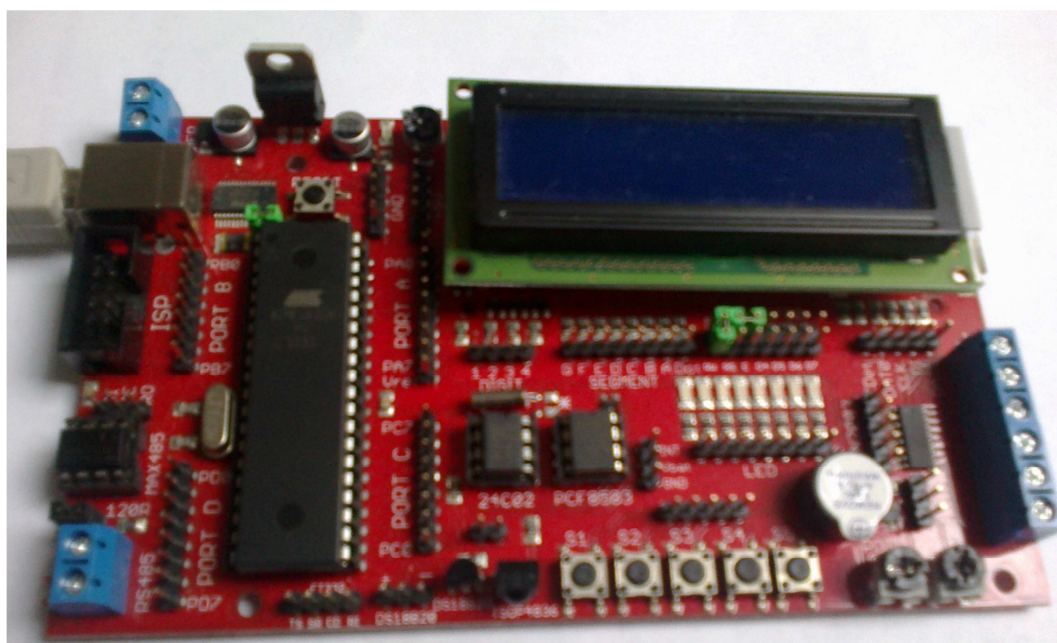
Obrázek 3.1 Blokové schéma systému pro monitorování včelstva



Srdcem systému je řídicí jednotka. Jejím úkolem je sbírat data z jednotlivých senzorů, zpracovat je a archivovat na paměťové kartě. Systém pro monitorování včelstva dokáže díky senzoru teploty a vlhkosti měřit venkovní teplotu a relativní vlhkost a pomocí senzoru větru měřit jeho rychlost. Vnitřní hodiny slouží k udržení času a ke spuštění měření systému v daný čas. Čas vnitřních hodin je synchronizován s časem získaným z hodinového signálu. Hodinový signál je přijímán přijímačem DCF77 a dekodován v řídicí jednotce. K řídicí jednotce je přímo připojen jeden senzor hmotnosti. Další senzory hmotnosti jsou připojeny k vedlejší jednotkám. Vedlejší jednotky jsou připojeny k řídicí pomocí sběrnice RS 485.

Komunikace s uživatelem je možná dvěma způsoby. První způsob využívá síť GSM. Informace o stavu úlu jsou odeslány formou SMS zprávy na mobilní telefon. Druhý způsob je realizován pomocí rozhraní USB. V PC je nainstalován program pro komunikaci s monitorovacím systémem a k přenosu dat se využívá toto rozhraní. Popis jednotlivých bloků je uveden v následujících podkapitolách.

Pro realizaci systému pro monitorování včelstva jsem zvolil jako základ vývojový kit EvB 4.3 od firmy AND-TECH. Jedná se o desku s mikrokontrolérem ATmega32 osazenou mnoha periferními obvody, které jsou vhodné pro tuto aplikaci. Výhodou tohoto vývojového kitu je velká variabilita, díky které se snadno přizpůsobí jakékoliv aplikaci a lze k němu snadno přidávat další periferní obvody. Vývojový kit je na obr. 3.2.



Obrázek3.2 Vývojová deska EvB 4.3

Obvody osazené na desce EvB 4.3: mikrokontrolér AVR ATmega32, obvod reálného času PCF8583, paměť EEPROM AT24C02, infračervený přijímač TSOP4836, teplotní čidlo DS18B20, převodník sběrnic RS485, patice pro karty MMC\SD, 5 tlačítek, 8 LED diod, 3 tranzistorové výstupy 500 mA, 2 tranzistorové výstupy 1 A, 2 analogové potenciometry, bzučák, 4x sedmissegmentový LED display, USB port, konektor ISP, 5 napájecích pinů +5 V, 5 zemnicích pinů, LCD display 2x16 znaků.

### 3.1 Řídící jednotka

Jako řídicí jednotka slouží mikrokontrolér AVR ATmega32. Jedná se o 8bitový mikrokontrolér typu RISC s harvardskou architekturou. Hlavní vlastnosti mikrokontroléru jsou: 32kB programové flash paměti, 2kB SRAM, 1kB EEPROM, 2x 8bitový čítač\časovač, 1x 16bitový čítač\časovač, 4 PWM kanály, 8x10bit AD převodník, I2C, USART, SPI, interní RC oscilátor, napájecí módy šetřící energii.



Obrázek 3.3 ATmega32

#### 3.1.1 Software pro mikrokontrolér ATmega32

Vývojový diagram programu pro řídicí jednotku je zobrazen na obrázcích 3.4 až 3.6. Obrázky 3.4 a 3.5 popisují inicializaci systému pro monitorování včelstva, obrázek 3.6 pak zobrazuje hlavní smyčku programu. Po připojení napájecího napětí k systému dojde nejprve k inicializaci SD karty. Na SD kartě je uložen soubor init.txt obsahující data potřebná ke správnému chodu systému. Jde o telefonní číslo, na které budou odesílány SMS zprávy, počet a časy měření, čas odeslání SMS zprávy, konstanta hlavní váhy, počet vedlejších vah, jejich adresy, konstanty a názvy. Je-li inicializace karty bezchybná, program pokračuje otevřením souboru init.txt. Pokud i to proběhne v pořádku, jsou ze souboru vyčtena data do proměnných. V případě, že při inicializaci SD karty dojde k chybě, je tato chyba zaznamenána a blok programu načítající soubor init.txt je přeskočen. Dojde-li k chybě při otevírání souboru, je tato chyba opět zaznamenána. V případě chyby SD karty, či otevření souboru jsou proměnné nastaveny defaultně. Defaultní nastavení je: čtyři měření v časech 8:00, 12:00, 16:00 a 20:00, čas SMS je 20:00, vedlejší jednotky nejsou. Telefonní číslo a konstanta váhy zatím nejsou nastaveny.

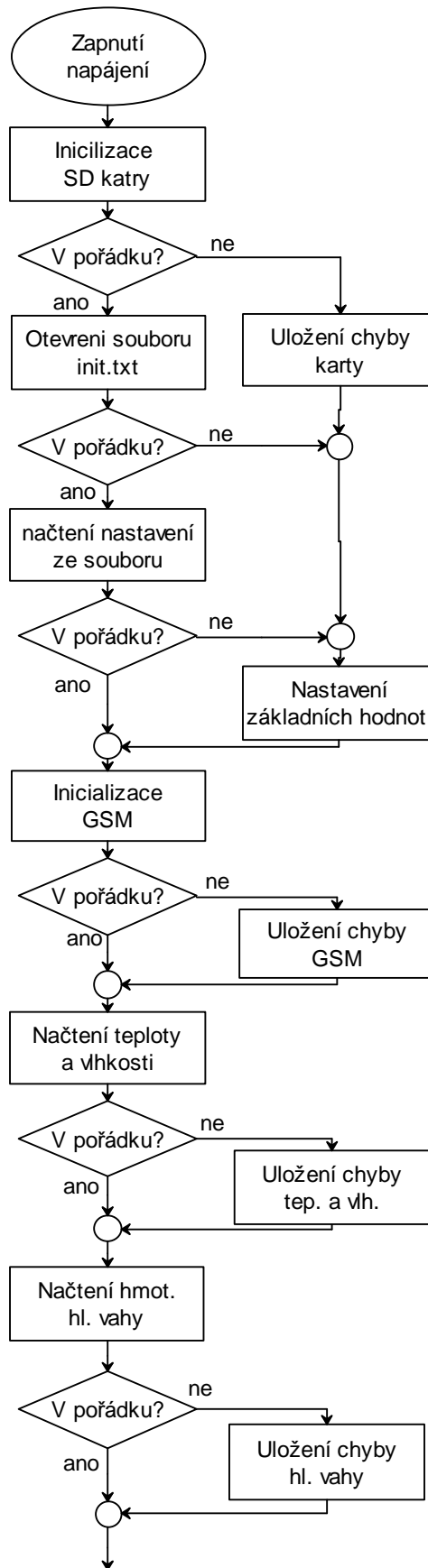
Dalším krokem je inicializace GSM modemu. Pokud vše proběhne v pořádku, program přechází na test senzoru teploty a vlhkosti. Vyskytne-li se při inicializaci GSM modemu či testu senzoru chyba, je zaznamenána. Po testu senzoru teploty a vlhkosti následuje zkušební vyčtení dat z hlavní váhy systému. V případě výskytu chyby je tato chyba zaznamenána. Dále následuje zkušební vyčtení dat z ostatních vah připojených k řídicí jednotce po sběrnici. Při výskytu chyby se tato chyba opět zaznamená.

Následuje blok programu věnující se času systému. Jde o inicializace vnitřních hodin, které jsou tvořeny obvodem reálného času komunikujícího s mikrokontrolérem po sběrnici I<sup>2</sup>C. Je-li inicializace úspěšná, spustí se přijímač signálu DCF77 a začne dekódovat hodinový signál. V případě úspěšného dekódování synchronizuje čas vnitřních hodin. Pokud se vyskytne chyba na SD kartě nebo chyba načtení inicializačního souboru, dojde k vyčtení konstanty váhy a telefonního čísla z paměti RAM, která je k dispozici v obvodu reálného času. Případná chyba inicializace vnitřních hodin je zaznamenána a ke spuštění přijímače signálu DCF77 nedochází. Po inicializaci a testu všech obvodů dojde k vytvoření zprávy o chybách, která je uložena na SD kartu a odeslána pomocí SMS, je-li to možné. Posledním krokem před vstupem programu do hlavní smyčky je nastavení prvního alarmu.

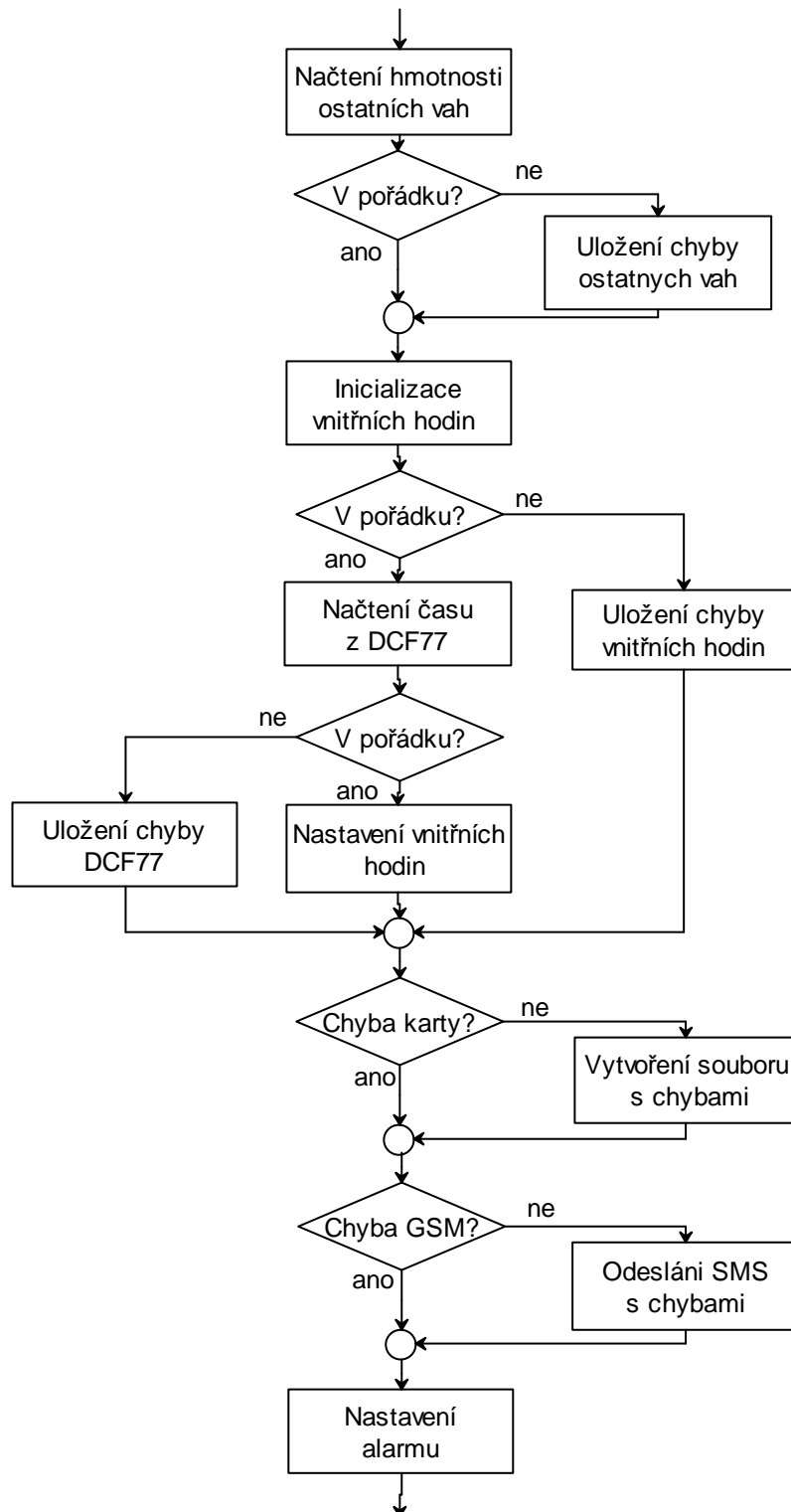
Hlavní smyčka programu je zobrazena na obrázku 3.6. Je možno ji rozdělit na tři hlavní části. První část čeká na příchod alarmu od vnitřních hodin. Po spuštění alarmu program načte aktuální datum a čas. Poté změří teplotu, vlhkost a hmotnost jednotlivých úlů. Je-li dostupná SD karta, tyto hodnoty se na ni uloží. Pokud je čas aktuálního alarmu časem poslán SMS, je odeslána textová zpráva s naměřenými hodnotami. Dále je kontrolováno, zda nepřišla SMS zpráva. Jestliže ano, je načtena a pokud jsou data v SMS platná, jsou nastaveny nové časy měření a je vytvořen nový soubor init.txt. Po načtení dat ze SMS je tato zpráva smazána. Dále se zjišťuje, zda jde o poslední alarm dne. Jestliže ano, je synchronizován čas. Poslední krok této části smyčky je nastavení nového alarmu.

Druhá část slouží pro komunikaci s PC. Jako první se zkontroluje, zda je přijat nějaký požadavek od PC. V případě že ano, zjistí se jaký. Jedná se o tři druhy požadavků: na změření a poslání dat, na načtení souboru a na vytvoření nového init.txt souboru. Po zjištění o jaký požadavek jde, dojde k jeho vykonání.

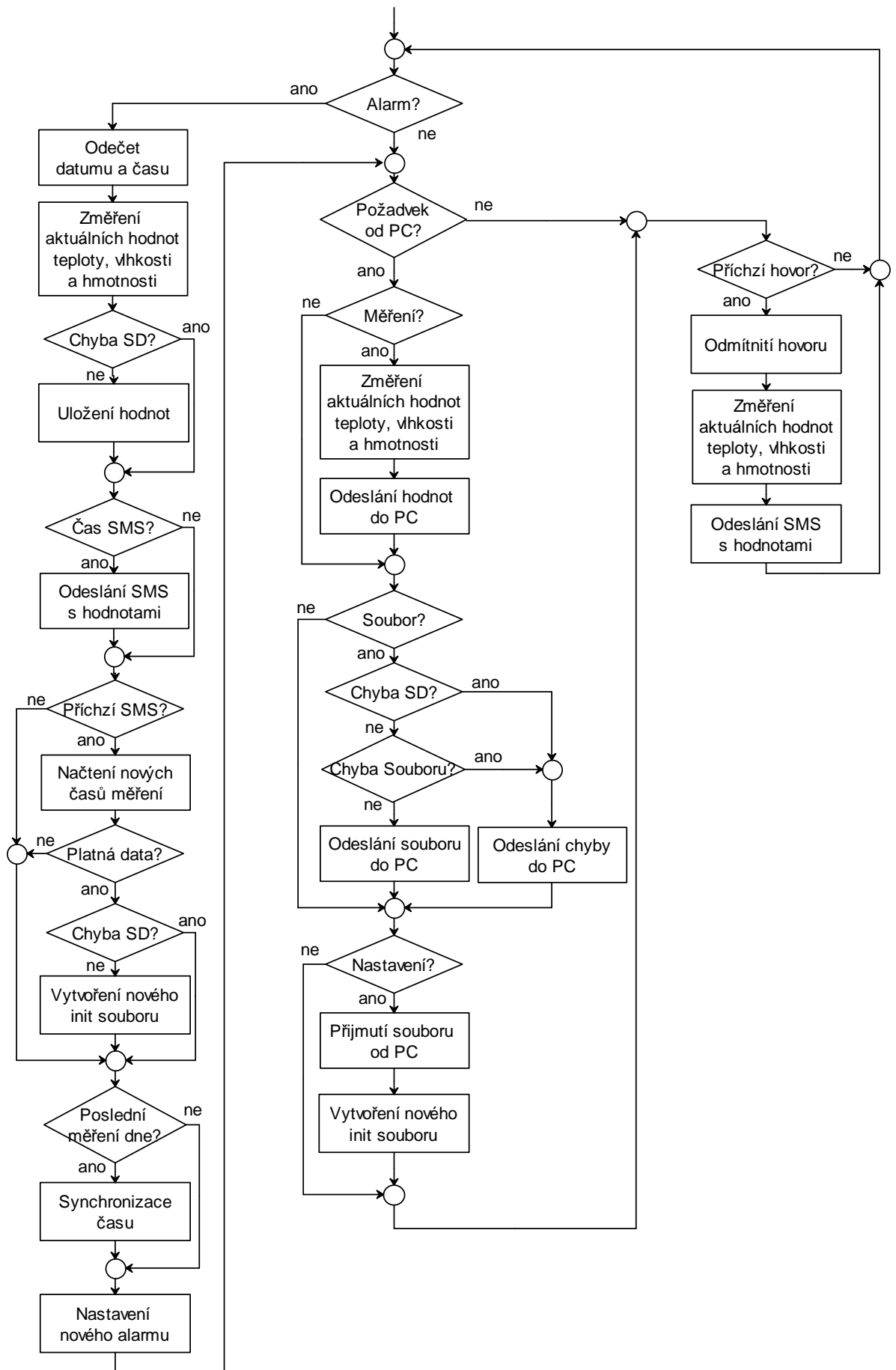
Třetí část hlídá příchozí hovor na GSM modem. V případě že GSM modem signalizuje příchozí hovor, je tento hovor odmítnut a odešle se SMS zpráva s aktuálně naměřenými daty.



Obrázek 3.4 Vývojový diagram programu



Obrázek 3.5 Vývojový diagram programu

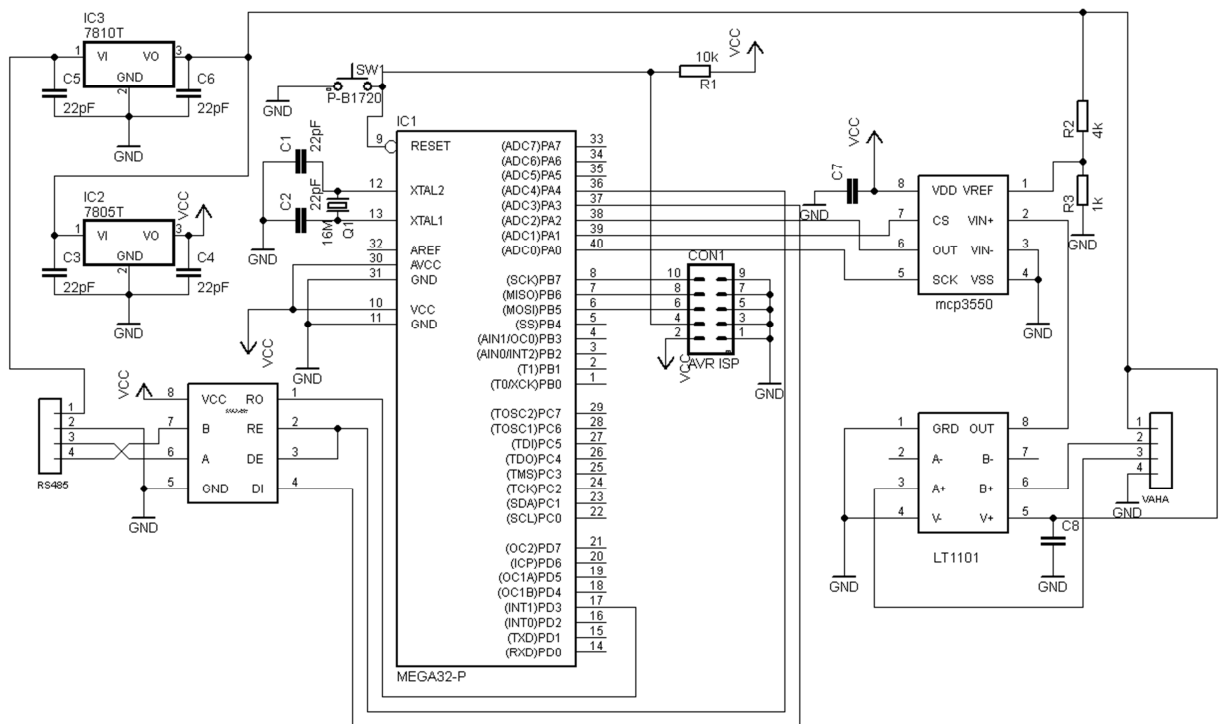


Obrázek 3.6 Hlavní smyčka programu

### 3.2 Vedlejší jednotka

Vedlejší jednotka slouží k připojení další váhy k systému pro monitorování včelstva. S řídicí jednotkou komunikuje po sběrnici RS485. Každá vedlejší jednotka má svoji 5 bitovou adresu a maximální počet připojitelných k řídicí jednotce je 32.

#### 3.2.1 Schéma zapojení



Obrázek 3.7 Schéma zapojení vedlejší jednotky

#### 3.2.2 Popis zapojení

Mikrokontrolér ATmega32 je připojen na sběrnici RS485 pomocí obvodu MAX485. Tento obvod zprostředkovává převod z klasických napěťových úrovní logického signálu na signály A a B vstupující na sběrnici. Více o MAX RS485 v [7]. Svorkovnice RS485 slouží pro připojení napájecího napětí o velikosti nejméně 12 V a pro vodiče A a B sběrnice RS485. Napětí ze vstupní svorky RS485 je přivedeno na stabilizátor napětí 7810, který stabilizuje vstupní napětí na 10 V. Tímto napětím je napájen zesilovač LT1101 na jehož vstupy je přiveden signál z tenzometrického snímače připojeného na svorkovnici VAHA. Tenzometrický snímač je také napájen napětím 10 V. Odporový dělič připojený také na toto napětí zajišťuje referenční napětí pro 22bitový převodník MCP3550. Na vstup převodníku je připojen zesílený signál z tenzometrického snímače. Převodník je řízen z portu A piny 0 až 2.

Je napájen 5 V, které zajišťuje stabilizátor napětí 7805. Tímto napětím je také napájen mikrokontrolér.

### 3.2.3 Komunikace

Pro komunikaci mezi řídicí jednotkou systému byl vytvořen vlastní protokol. Pro zahájení komunikace s vedlejší vahou se vyšle byte obsahující příkaz a adresu. Za tímto bytem následují 2 byty zabezpečující kontrolu dat. Zařízení porovná přijatou adresu se svojí a v případě, že se shoduje, pošle odpověď a vykoná příkaz. Popis příkazů a odpovědí je v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1 Seznam příkazů

Příkaz	Význam	Odpověď	Popis příkazu
001	Test	Adresa	Příkaz slouží pro ověření přítomnosti zařízení na sběrnici
010	Převod	01010101	Příkaz spouští převod A/D převodníku
011	Vydej data	Data (4 byty)	Vedlejší jednotka pošle naměřená data do řídicí jednotky

Kontrolní byty obsahují dvojkový doplněk k součtu všech vyslaných bytů v jednom rámci. Obrázek 3.8 uvádí příklad komunikace.

Příkaz	Adresa	Zab. 1. byte	Zab. 2. byte	Odpověď	Zab. 1. byte	Zab. 2. byte
010	01101	11111111	110110011	01010101	11111111	110110011

Příkaz	Adresa	Zab. 1. byte	Zab. 2. byte
011	01101	11111111	110010011

Odpověď 1.Byte	Odpověď 2.Byte	Odpověď 3.Byte	Odpověď 4.Byte	Zab. 1. byte	Zab. 2. byte
00000000	00000000	01100010	11101001	11111110	1101100101

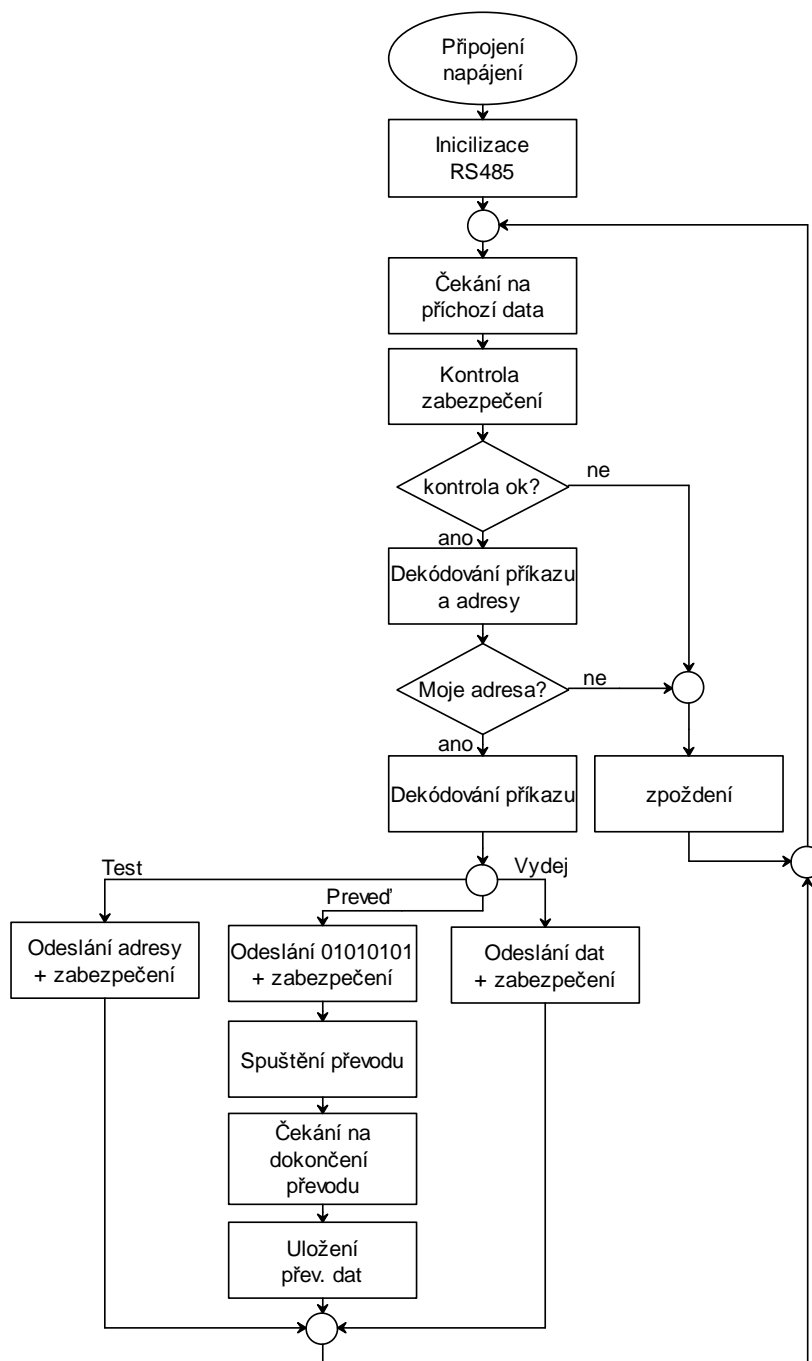
Obrázek 3.8 Příklad komunikace

### 3.2.4 Popis programu vedlejší jednotky

Program pro vedlejší jednotku je znázorněn na obrázku 3.9. Po připojení mikrokontroléru k napájecímu napětí dojde k inicializaci rozhraní RS485 a program přejde do hlavní smyčky. V té pak čeká na příchozí data. Po přijetí dat je ověřena jejich platnost a je dekódována adresa, která se porovná s adresou vedlejší jednotky. V případě, že se adresa neshoduje, nebo nesouhlasí zabezpečení dat, program přejde do čekací smyčky, kde čeká po



dobu nutnou na vykonání nejdelšího příkazu. Tím je zabráněno rušení jednotlivých zařízení na sběrnici. Při souhlasné adrese program dekóduje příkaz a na základě příkazu pošle odpověď. Jedná-li se o příkaz k převodu, spustí převod převodníku, počká na dokončení převodu a uloží data.



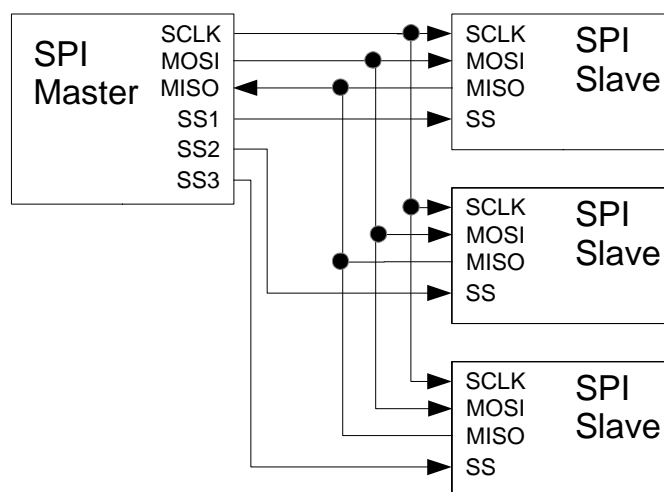
Obrázek 3.9 Vývojový diagram programu vedlejší jednotky

### 3.3 Použité sběrnice

V navrženém systému k monitorování včelstva je použito několik typů sběrnic. Tato podkapitola se zabývá přehledem použitých sběrnic.

#### 3.3.1 SPI

Sběrnice SPI (Serial Peripheral Interface) slouží ke komunikaci řídicího systému (mikrokontroléru), který je nazván master, s jeho periferními obvody (paměti, AD převodníky...), které jsou nazvány slave. Délka vedení, po kterém lze přenos provozovat, je v jednotkách metrů. Nejčastěji se SPI používá v rámci jedné desky plošného spoje. Princip sběrnice a komunikace na ní je na obrázku 3.10.



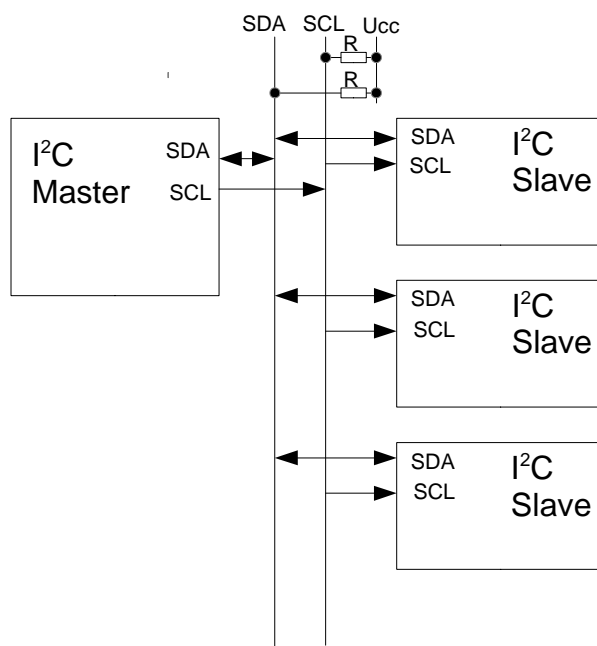
Obrázek 3.10 Princip SPI převzato z [10]

Adresování periferních obvodů probíhá pomocí pinu SS. Nastavením pinu SS na slave tento obvod aktivujeme. Na vstup SCLK periferního obvodu jsou dodávány hodinové impulzy od master zařízení. Signál MOSI znamená master out slave in a slouží k přenosu dat od řídicího systému do periferního zařízení. Signál MISO znamená master in slave out a přenos dat probíhá opačně, tedy od periferního obvodu k řídicímu.

#### 3.3.2 I<sup>2</sup>C

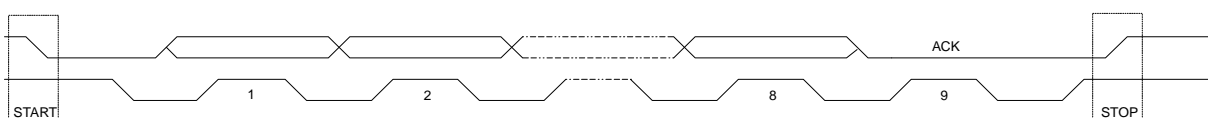
Sběrnice I<sup>2</sup>C slouží k propojení jednoho řídicího systému (master) s několika vedlejšími systémy (slave). Maximální počet jednotek slave je 128. Maximální délka sběrnice je omezena její kapacitou, která může dosáhnout maximálně 400 pF. Komunikace probíhá po dvou vodičích, datovém SDA a hodinovém SCL. Hodinové impulzy řídí master. Obvody pro

připojení na sběrnici jsou s otevřeným kolektorem a vodiče SDA a SCL jsou připojeny přes odpor R k napájecímu napětí. Klidový stav na vodičích je log.1.



Obrázek 3.11 Princip I2C

Komunikace na sběrnici začíná start podmínkou a končí stop podmínkou. Data na vodiči SDA mění svůj stav při logických nulách hodinových impulzů. Pouze při start podmínce dochází ke změně logické úrovně na SDA z log. jednotky na logickou nulu při log. jednotce na SCL. Při stop podmínce je také na SCL log. jednotka a na SDA dochází ke změně z logické nuly na log. jednotku. Obrázek 3.12 znázorňuje přenos jednoho bajtu.



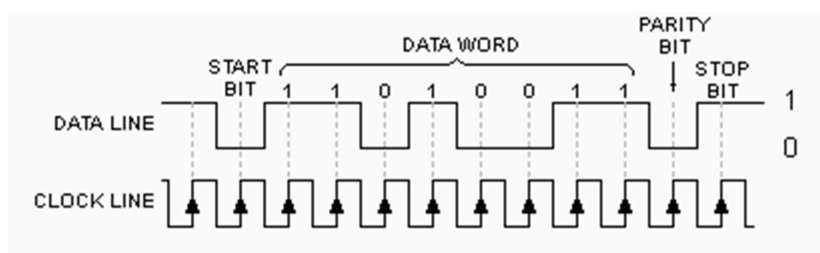
Obrázek 3.12 Přenos bajtu po I2C

Po odeslání start podmínky vyšle master adresu slave zařízení. Adresa může být 7 nebo 10 bitová. Po adrese je vyslán bit R\W, který určuje, zda půjde o zápis nebo o čtení ze slave zařízení. Po každých odeslaných 8 bitech následuje potvrzovací bit ACK. Tímto bitem potvrzuje zařízení, které přijímá data, jejich přijetí. Zařízení, které právě vysílá na sběrnici, se na jeden hodinový impulz vzdá řízení sběrnice a čte stav na ní. Zařízení, které data přijímá, v tento okamžik převezme řízení a nastaví na sběrnici log. 0. Poté řízení převezme opět vysílající zařízení. Přenos dat je ukončen stop podmínkou.

### 3.3.3 RS232

Jde o rozhraní, které slouží ke komunikaci mezi dvěma zařízeními. Při komunikaci se využívá asynchronní přenos dat. Vzdálenost zařízení může být okolo 20m. Maximální přenosová rychlost pro toto rozhraní je 115200bd. Logická jednotka je při přenosu reprezentována záporným napětím v rozsahu -3 až -15 V a je označována jako mark. Logická nula je při přenosu reprezentována napětím v rozsahu 3 až 15 V a je označována jako space. Vyšší napětí je zde použito z důvodu zvýšení odolnosti proti rušení.

Komunikace po sběrnici probíhá následovně: Jako první se vysílá start bit, který má opačnou hodnotu než linka v klidovém stavu (log. 0). Na přijímací straně dojde k synchronizaci na sestupnou hranu tohoto bitu. Po start bitu se odešlou data, která mohou být následována paritním bitem. Komunikace se ukončuje jedním nebo více stop bity. Příklad komunikace je zobrazena na obrázku 3.13 .

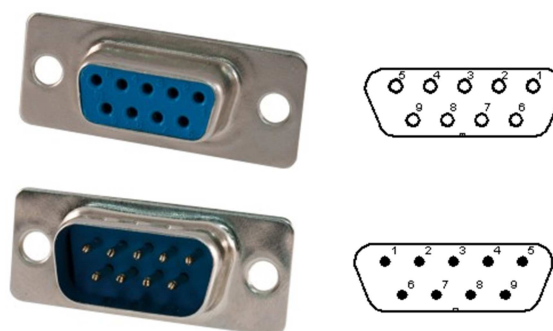


Obrázek 3.13 Přenos bajtu po RS232 převzato z [11]

Nejběžnější konektor používaný pro RS232 je Canon 9 zobrazený na obrázku 3.14. Tabulka 3.2 popisuje zapojení jednotlivých pinů na konektoru.

Tabulka 3.2 Popis pinů převzato z[11]

Číslo pinu	Význam	
1	CD	Data carrier detect
2	RXD	Receive data
3	TXD	Transmit data
4	DTR	Data terminal ready
5	GND	Ground
6	DSR	Data set ready
7	RTS	Request to send
8	CTS	Clear to send
9	RI	Ring indicator



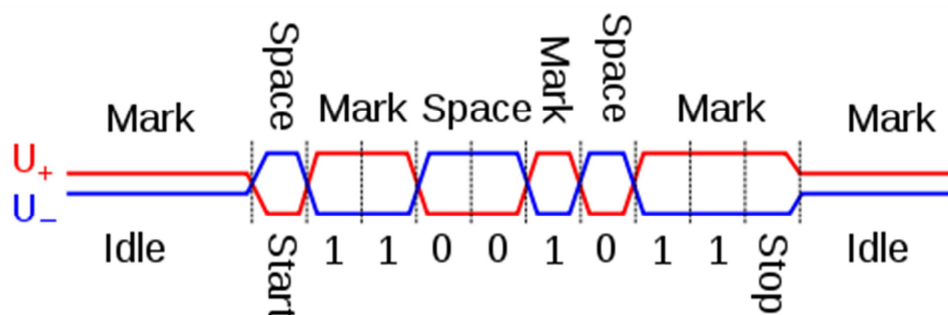
Obrázek 3.14 Konektory RS232

### 3.3.4 RS485

Jedná se o rozhraní, které je používáno převážně v průmyslovém prostředí. Maximální délka linky je 1200 m a maximální počet uzlů připojitelných na sběrnici je 32. V závislosti na topologii sítě je vhodné na koncích sběrnice použít zakončovací rezistory, aby nedocházelo k odrazům signálu na konci vedení.

Přenos dat probíhá po dvou vodičích zvaných A a B nebo U- a U+. Rozdíl napětí na těchto vodičích rozhoduje, zda se jedná o logickou jednotku nebo logickou nulu. Je-li rozdíl napětí  $A - B < -0,2 \text{ V}$ , jedná se o logickou jednotku, neboli mark. V případě, že je rozdíl napětí  $A - B > 0,2 \text{ V}$ , jedná se o logickou nulu, značenou space.

Asynchronní komunikace po sběrnici začíná start bitem, který je vždy log. 0. Poté následuje přenos dat, za kterým může být paritní bit. Komunikaci ukončuje jeden nebo více stop bitů, které mají klidovou úroveň linky, tedy log. jednotku.



Obrázek 3.15 Přenos bytu po RS485 převzato z [10]

## 3.4 Tenzometrický snímač

Jako snímač hmotnosti byl dodán tenzometrický snímač od firmy Keli a to UDB 300. Snímač je zobrazen na obrázku 3.16. Tento snímač je připojen jak přímo k řídicí jednotce systému, tak i k vedlejším jednotkám, které komunikují s řídicí jednotkou pomocí sběrnice RS485. Jedná se o single-point snímač s maximální zatížitelností 300kg. Technické parametry váhy jsou uvedeny v tabulce 3.3.

Pro požadovanou přesnost 10g a rozsah 300000g je potřeba nejméně 15-ti bitů. Řešení, jak zpracovat vstupní signál z tenzometrického snímače se nabízí dvě. První je využití 10-ti bitového AD převodníku mikrokontroléru a následného natáhnutí počtu bitů pomocí ditheringu. Výhodou tohoto řešení je úspora finančních prostředků, nevýhodou je

nutnost programového zpracování a čas nutný k ustálení hodnot. Druhé řešení spočívá v použití převodníku s vyšším počtem bitů. Pro toto řešení byl pořízen 22 bitový AD převodník MCP3550.

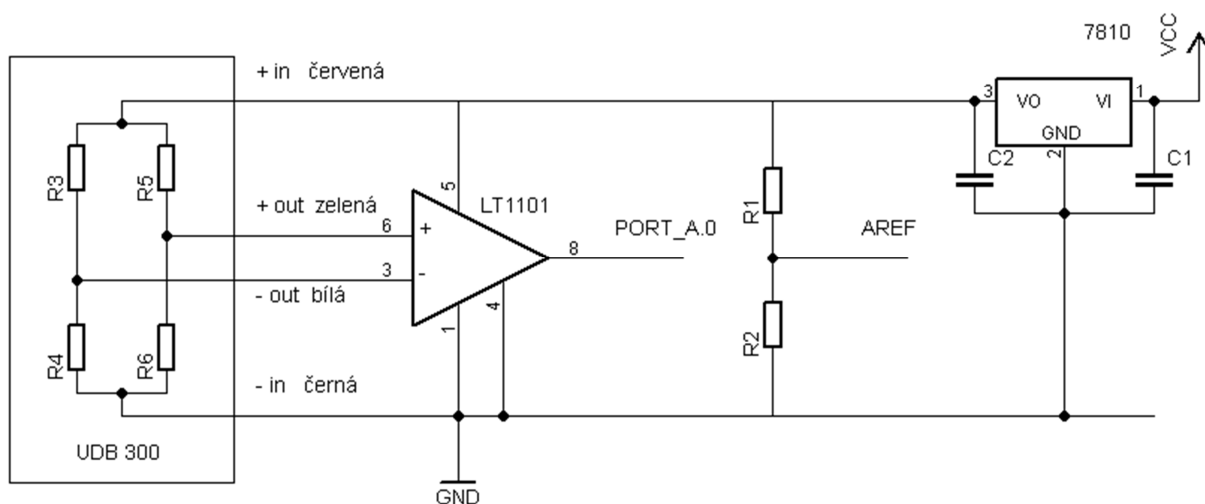


Obrázek 3.16 Tenzometrický snímač

Tabulka 3.3 Parametry tenzometrického senzoru převzato z [12]

Rozsah kapacit (E <sub>max</sub> .)	300kg	Rozsah kompenzovaných teplot	-10°C až +40°C
Výstupní napětí	2,0±0,2mV/V	Provozní rozsah teplot	-20°C až +50°C
Třída přesnosti	OIML C3	Maximální bezpečné přetížení	150%E <sub>max</sub>
Odchylka "tečení" (30min)	±166ppm	Mezní přetížení	300%E <sub>max</sub>
Vyrovnání Nuly	±3%E <sub>max</sub>	Doporučené napájení	10V DC
Vstupní odpor	404±15 Ω	Maximální napájení	15V DC
Výstupní odpor	350±3 Ω	Třída krytí	IP65
Izolační odpor	≥2000MΩ (50V DC)	Konstrukční materiály	Al
Max. rozměr plošiny	400x400	Kabel	1,8m

### 3.4.1 Schéma zapojení při využití ditheringu



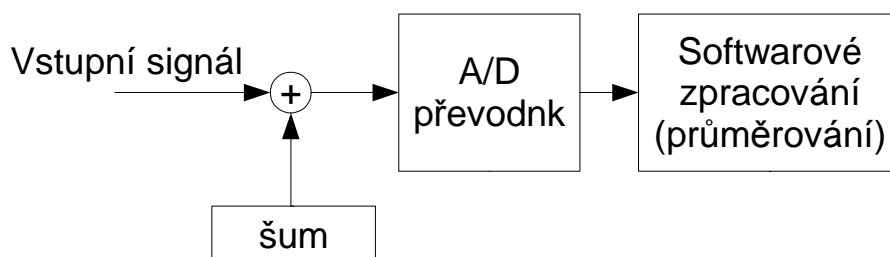
Obrázek 3.17 Schéma zapojení váhy při využití ditheringu

### 3.4.2 Popis zapojení při využití ditheringu

Na obrázku 3.17 je ukázáno schéma zapojení senzoru hmotnosti. Napájecí napětí je stabilizováno stabilizátorem 7810. Odporový dělič tvořený odpory R1 a R2 vytváří referenční napětí pro AD převodník integrovaný v mikrokontroléru ATmega32. Zesilovač LT1101 je zapojen dle datasheetu. Jedná se o zapojení pro měření rozdílového napětí z odporového můstku. Zesílení zesilovače je v tomto zapojení 100. Výstup zesilovače je přiveden na port A pin 0. Tento pin mikrokontroléru slouží jako nultý kanál vícekanálového AD převodníku mikrokontroléru.

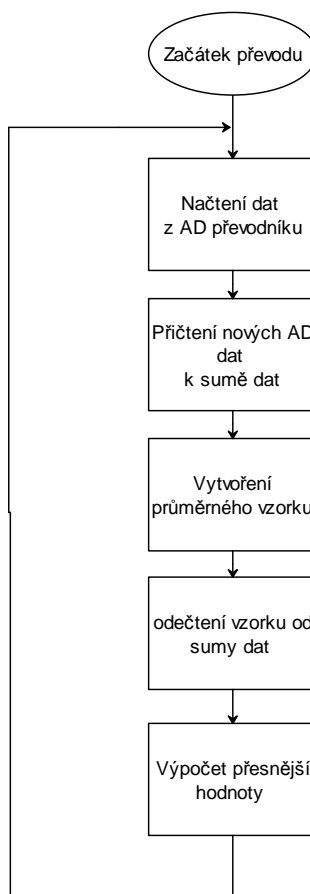
### 3.4.3 Zpracování dat při využití ditheringu

Princip ditheringu je znázorněn na obrázku 3.18. Ke vstupnímu signálu převodníku je přidán šum o minimální úrovni  $\pm 0,5$  LSB. Pro správnou funkci se doporučuje  $\pm 3$  LSB. Data z převodníku jsou průměrována. Počet navýšených bitů závisí na počtu průměrovaných vzorků.



Obrázek 3.18 Princip ditheringu převzato z [13]

Obrázek 3.19 znázorňuje vývojový diagram pro zpracování signálu z AD převodníku a pro rozšíření počtu bitů. Nejdříve jsou získána data z AD převodníku. Tato data jsou přičtena do proměnné suma. Následuje výpočet průměrného vzorku, který je vytvořen vydělením sumy číslem N. Číslo N určuje, z kolika vzorků se skládá celková suma. Průměrný vzorek je od sumy odečten. Z proměnné suma je vypočtena hodnota vstupního signálu o větším počtu bitů, než je převod AD převodníku. Tento cyklus se opakuje, dokud nedojde k ustálení výstupní hodnoty.

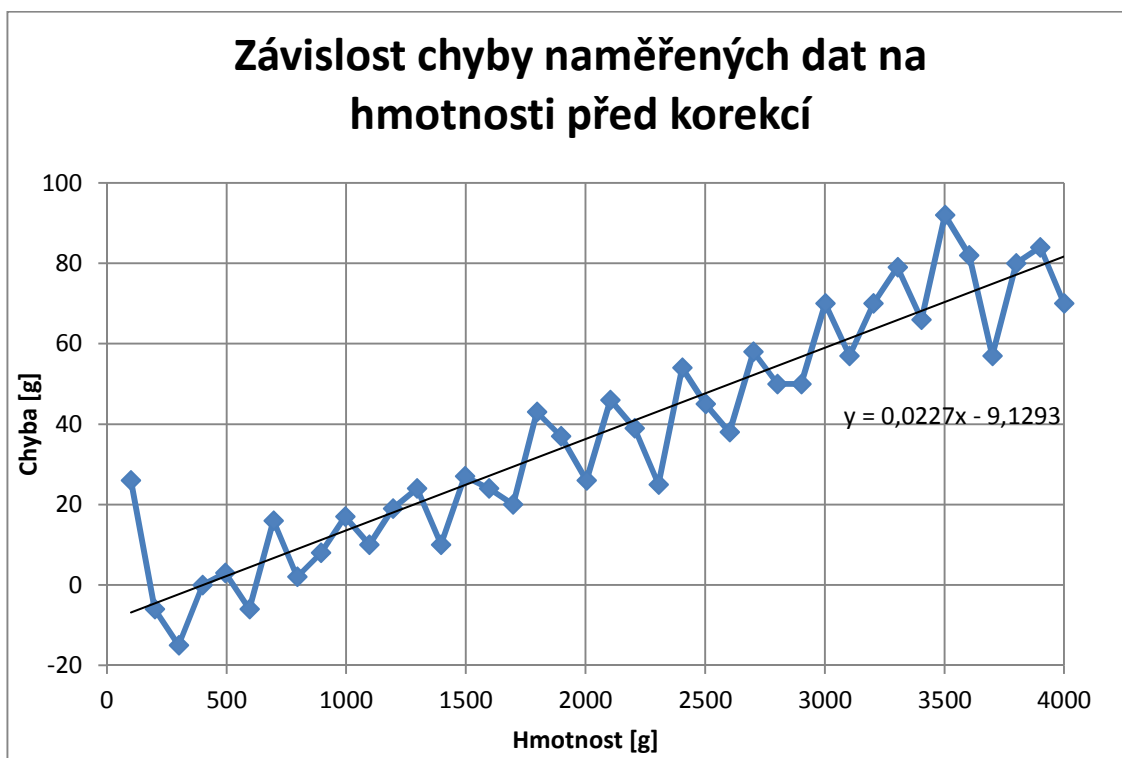


Obrázek 3.19 Princip rozšíření počtu bitů pomocí ditheringu

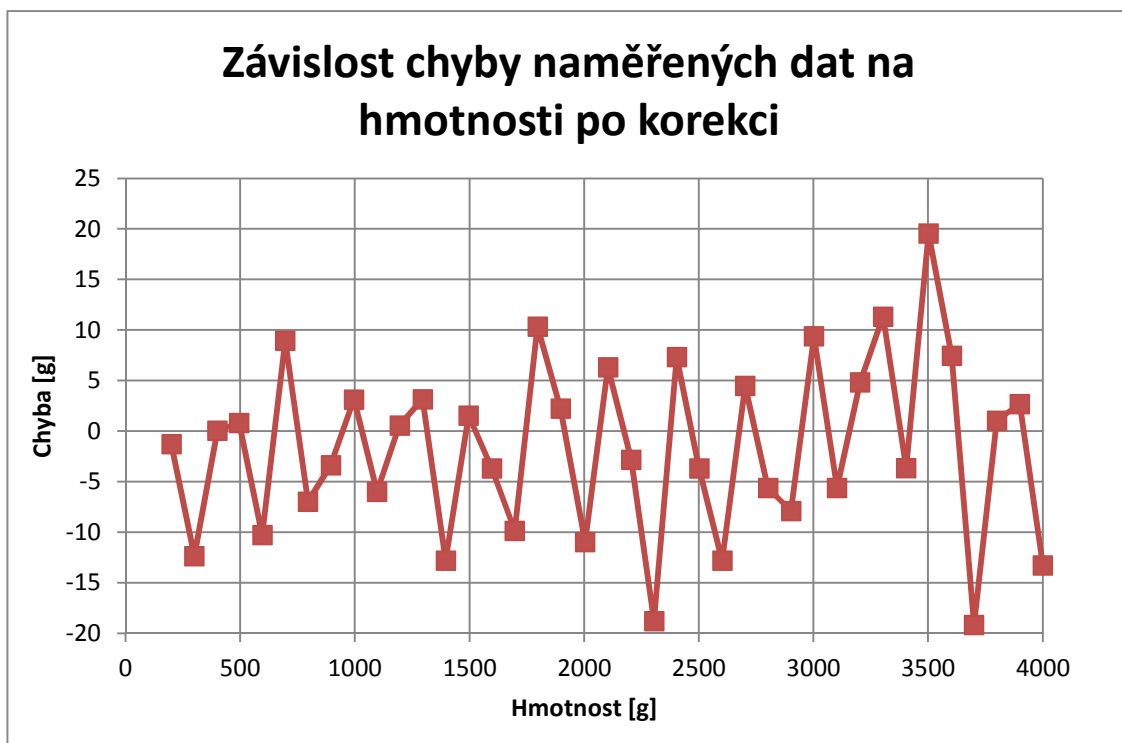
#### 3.4.4 Naměřená data při využití ditheringu

V této podkapitole jsou zobrazeny pouze grafy ukazující závislost chyby vzniklé při měření hmotnosti. Jako Referenční hodnota hmotnosti slouží závaží s relativně přesnou hodnotou. První graf (obr. 3.20) ukazuje závislost chyby před korekcí. Tento graf je proložen lineární křivkou. Rovnice této přímky pak slouží jako korekční křivka pro vykompenzování chyby. Hmotnost naměřená s korekcí dat je na obrázku (3.21). Tabulky pro tyto grafy jsou uvedeny v příloze A. Přesnost měření hmotnosti s využitím ditheringu je po korekci  $\pm 20$  g. To nevyhovuje zadané přesnosti.



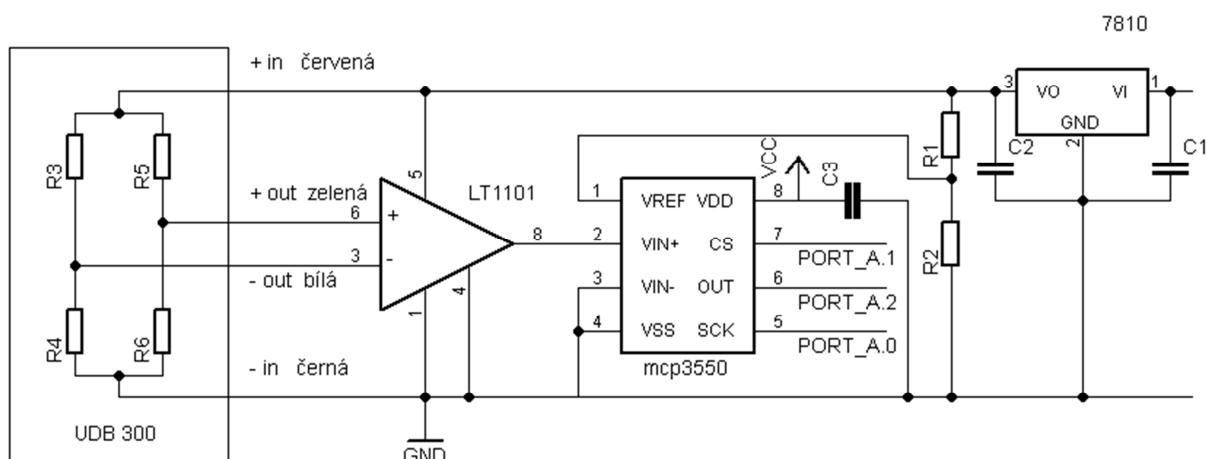


Obrázek 3.20 Graf závislosti chyby na hmotnosti před korekcí



Obrázek 3.21 Graf závislosti chyby na hmotnosti po korekci

### 3.4.5 Schéma Zapojení při využití 22bit převodníku



Obrázek 3.22 Schéma zapojení váhy při využití 22bit převodníku

### 3.4.6 Popis zapojení při využití 22bit převodníku

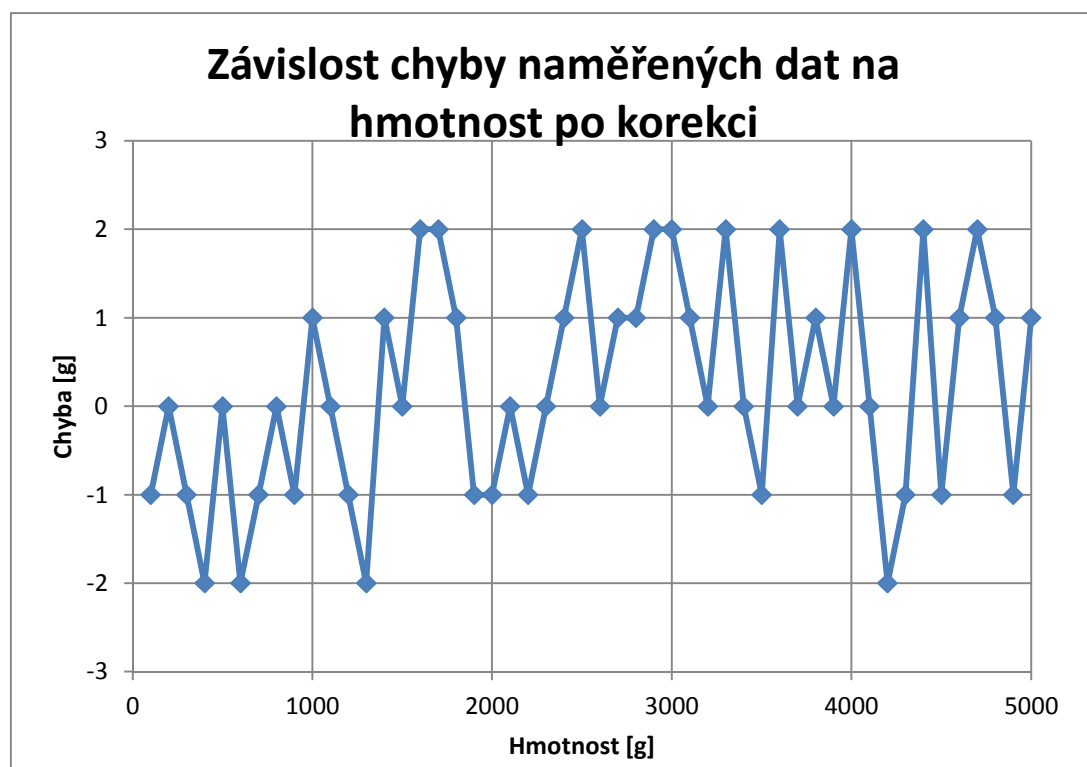
Schéma zapojení je obdobné jako u zapojení s využitím ditheringu. Výstup z tenzometrického senzoru je opět přiveden na zesilovač LT1101. Výstup zesilovače je ale tentokrát přiveden na vstup 22bitového sigma-delta AD převodníku MCP3550. Pro komunikaci s převodníkem se využívají 3 vodiče, hodinový signál SCK, datový signál SDO/RDY a signál CS. Převodník může pracovat ve dvou módech, v módu jednoho převodu a v módu kontinuálního převodu. Tento převodník je napájen 5 V. Reference pro AD převodník je opět tvořena rezistory R1 a R2.

### 3.4.7 Naměřená data při využití 22bit převodníku

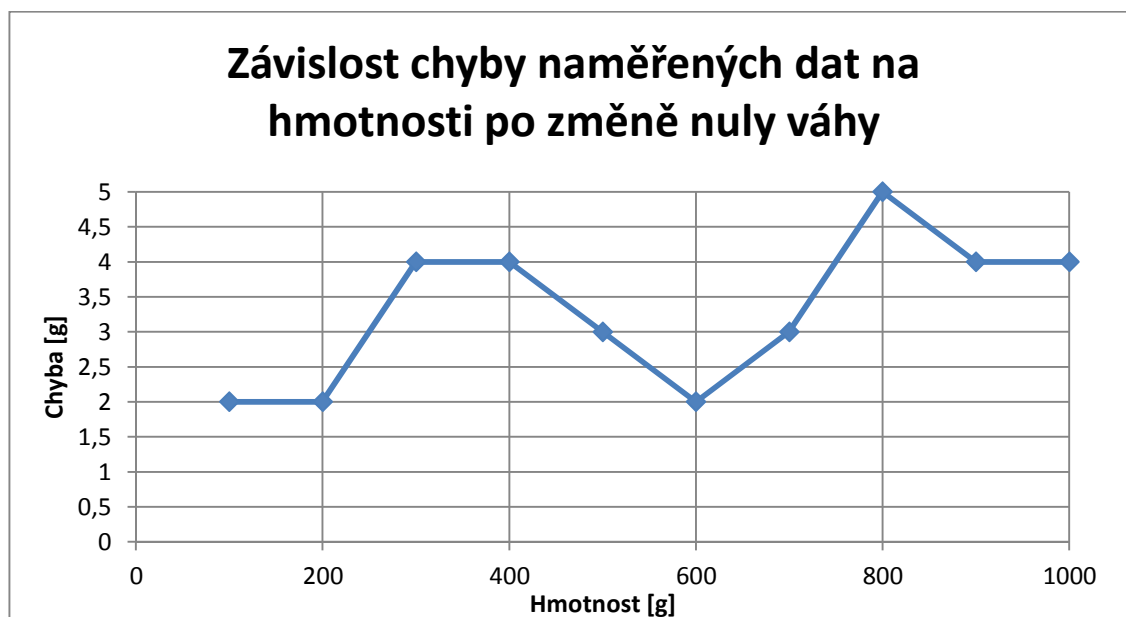
Následující grafy ukazují závislost chyby vzniklé při měření hmotnosti. Jako referenční hodnota hmotnosti slouží závaží s relativně přesnou hodnotou. Graf na obrázku 3.23 ukazuje chybu vypočtenou z přímo naměřených dat, která jsou proložena přímkou. Rovnice této přímky slouží jako rovnice korekční křivky. Po zavedení korekční křivky byla hmotnost opět přeměřena - výsledek je na obrázku 3.24. Poslední graf zobrazený na obrázku 3.25 ukazuje chybu, která byla změřena při posunutí nuly váhy o 15kg. Chyba po zavedení korekce je  $\pm 2\text{g}$ . Po přidání 15kg na váhu je chyba maximálně 5g, což je plně dostačující.



Obrázek 3.23 Graf závislosti chyby při použití 22bit převodníku před korekcí



Obrázek 3.24 Graf závislosti chyby při použití 22bit převodníku po korekcí



Obrázek 3.25 Graf závislosti chyby při použití 22bit převodníku po změně nuly váhy

### 3.5 Paměťové médium

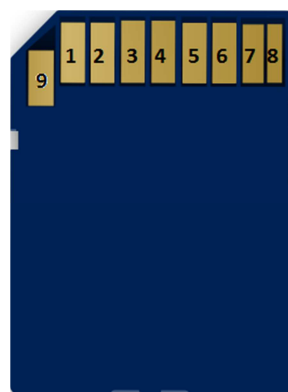
Pro uchovávání naměřených dat uvnitř systému byla vybrána paměťová karta. Jedná se o SD kartu. Na kartě jsou jednak vytvářeny soubory s naměřenými daty a navíc obsahuje inicializační soubor nutný pro správnou funkci systému a soubor s chybami vzniklými při nabíhání systému.

#### 3.5.1 Popis SD karty

Obrázek 3.26 ukazuje SD kartu a číslování jednotlivých pinů na ní. V tabulce 3.4 je pak uveden popis jednotlivých pinů jak v SD zapojení paměťové karty, tak v zapojení SPI.

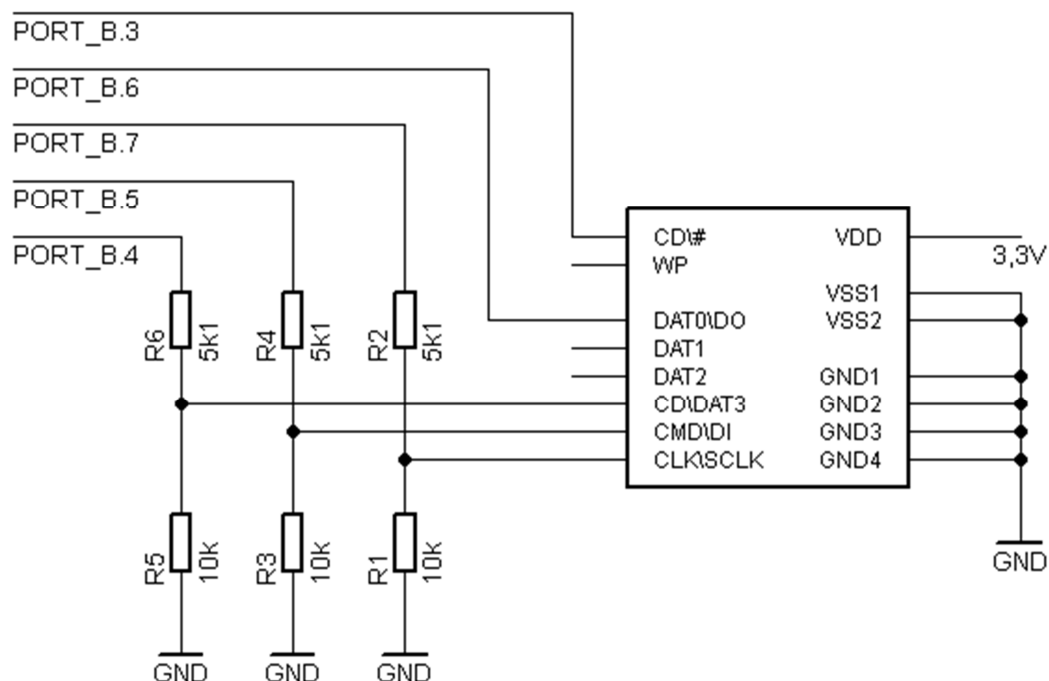
Tabulka 3.4 Popis pinů SD karty

PIN	SD	SPI
1	DAT2	x
2	CD\DAT3	CS
3	CMD	DI (MOSI)
4	VDD	VDD
5	CLK	SCLK
6	VSS	VSS
7	DAT0	DO (MISO)
8	DAT1	x
9	DAT2\NC	x



Obrázek 3.26 SD karta

### 3.5.2 Schéma zapojení



Obrázek 3.27 Schéma zapojení SD karty

### 3.5.3 Popis zapojení

Napájecí napětí SD karty je 3,3 V, což je nižší než napájení rozvedené po desce plošného spoje, které je 5 V. SD karta je napájena ze stabilizátoru napětí 3,3 V, který je umístěn v obvodu FT232RL umístěném rovněž na desce plošného spoje. Hodinový signál, signál CMD\DI a CD\DAT3 jsou na kartu přivedeny přes odporové děliče, které zajišťují vhodnou napěťovou úroveň. Komunikace s SD kartou probíhá v SPI režimu, proto jsou vývody připojeny k SPI portům mikrokontroléru. Pin SD karty CLK\SCLK je připojen na port B, pin 7, který slouží k dodávání hodinového signálu. Pin CMD\DI je připojen na port B, pin 5, sloužící jako MOSI a pin DAT0\DO je připojen také na port B, pin 6, sloužící jako MISO.

### 3.5.4 Komunikace s SD kartou

SD karta umožňuje komunikaci ve třech módech. Jde o jednobitový SD mód, čtyřbitový SD mód a SPI mód. Z důvodu přenosu malého množství dat a jednoduchosti byl pro komunikaci vybrán SPI mód. Komunikace probíhá dle send-respond protokolu. Řízení komunikace je prováděno pomocí řídicích rámců, které jsou rozděleny na hlavní a aplikační. Po každém řídicím rámci následuje odezva. Více o komunikaci v [14]. Při realizaci systému

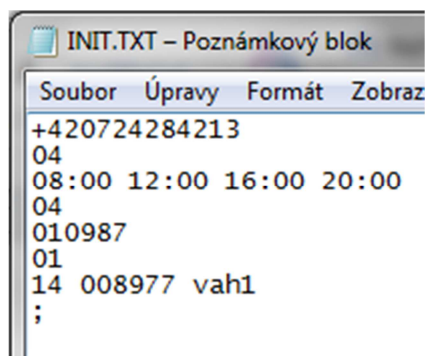
pro monitorování včelstva je použita již hotová knihovna pro komunikaci s SD kartou. Popis této knihovny je v [15].

Aby bylo možné data uložená na SD kartě číst pomocí PC, je paměťová karta naformátována na souborový systém FAT32. FAT (File Allocation Table) je tabulka obsahující informace o uspořádání souborů na disku. Pro zpracování dat pomocí mikrokontroléru je využita již hotová knihovna. Popis knihovny je dostupný v [15].

### 3.5.5 Struktura souborů

- **Inicializační soubor init.txt**

Inicializační soubor obsahuje informace nutné ke správné funkci vah, dále časy měření parametrů a čas odeslání SMS s naměřenými hodnotami.



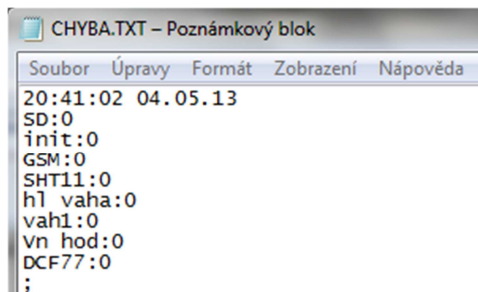
Obrázek 3.28 Obsah souboru init.txt

Tabulka 3.5 Popis souboru init.txt

Řádek	Obsah
1	Telefonní číslo příjemce SMS zpráv
2	Počet časů měření
3	Časy měření
4	Číslo času odeslání SMS
5	Konstanta hlavní váhy
6	Počet vedlejších jednotek
7	Adresa 1. vedlejší jednotky, konstanta váhy 1. vedlejší jednotky, název 1. vedlejší jednotky
:	Adresy dalších vedlejších jednotek, konstanty váhy dalších vedlejších jednotek, názvy dalších vedlejších jednotek
n	Ukončovací znak souboru

- **Chybový soubor - chyba.txt**

Obsahuje seznam chyb vzniklých při spuštění systému pro monitorování včelstva. V případě správného běhu periferie je chyba nulová, v případě chyby je zapsáno číslo chyby.



Obrázek 3.29 Obsah souboru chyba.txt

Tabulka 3.6 Popis chyb systému

Zdroj	Chyba	Popis
SD	0	Bez chyby
	1	SD karta nelze detekovat
	2	Selhání inicializace karty
	3	Chyba souborového systému
	4	SD karta není přítomna
init.xt	0	Bez chyby
	1	Soubor neexistuje
	2	Chyba SD karty, nelze k souboru přistoupit
	3	Chybná data v souboru
GSM	0	Bez chyby
	1	Chyba komunikace s GSM modem (vypršený timeout)
	2	Neplatná odpověď od modemu
	3	SIM karta vyžaduje PIN
	4	Signál operátora je nedostupný
Hlavní váha	0	Bez chyby
	1	Chyba komunikace s AD převodníkem
Vedlejší jednotka	0	Bez chyby
	1	Chyba komunikace s vedlejší jednotkou
SHT11	0	Bez chyby
	1	Chyba komunikace s čidlem SHT11
Vnitřní hodiny	0	Bez chyby
	1	Chyba komunikace s obvodem reálného času
DCF77	0	Bez chyby
	1	Přijímač signálu nekomunikuje
	2	Špatný příjem signálu
	3	Neuskutečněná synchronizace vnitřních hodin
	4	Chyba vnitřních hodin, příjem není potřeba

- **Soubor s naměřenými hodnotami ddmrr.txt**

Soubor je pojmenován jako datum dne měření ve formátu DDMMRR. Obsahuje datum a výsledky jednotlivých měření. Teplota je v °C, vlhkost v % a váha v gramech.



```
040513.TXT – Poznámkový blok
Soubor  Úpravy  Formát  Zobrazení
08:00:00 04.05.13
teplota:10.12
vlhkost:55.54
Hl_vaha:12353
vah1:5463

12:00:00 04.05.13
teplota:18.45
vlhkost:59.76
Hl_vaha:13567
vah1:5467

16:00:00 04.05.13
teplota:19.27
vlhkost:53.98
Hl_vaha:13582
vah1:5465

20:00:00 04.05.13
teplota:10.12
vlhkost:57.57
Hl_vaha:12689
vah1:5466
;
```

Obrázek 3.30 Obsah souboru s naměřenými daty

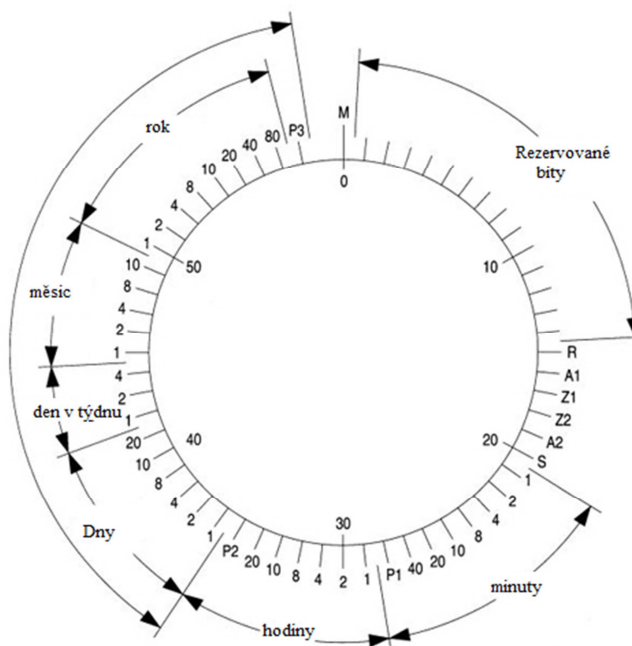
### 3.6 Přijímač signálu DCF77

Přijímač signálu DCF77 slouží k příjmu přesného času. Tímto časem je synchronizován obvod reálného času vždy po připojení systému k napájecímu napětí a také několikrát během dne.

#### 3.6.1 Popis signálu

Časový signál je vyslán na dlouhých vlnách o frekvenci 77,5 kHz. Průběh časového signálu je znázorněn na obrázku 3.31. Význam jednotlivých písmen je následující: M – minutová značka, R – anténa (0 = normální, 1 = rezervní), A1 – přechod z letního času na zimní a naopak (bit nastaven na log. 1 hodinu před změnou), Z1 a Z2 – časová zóna, S – startovací bit časové informace, P1 až P3 – kontrolní paritní bity (sudá parita).

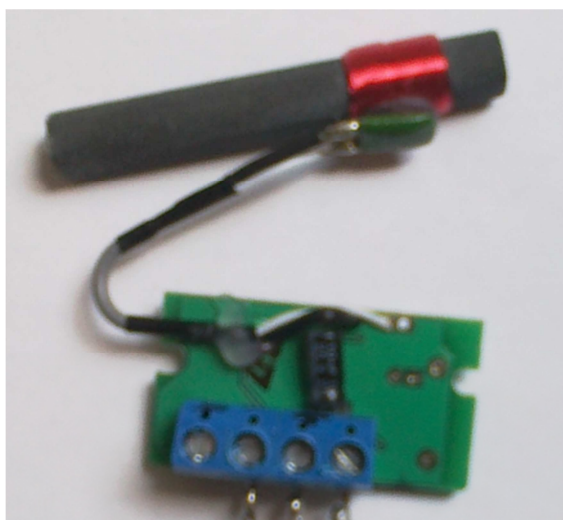




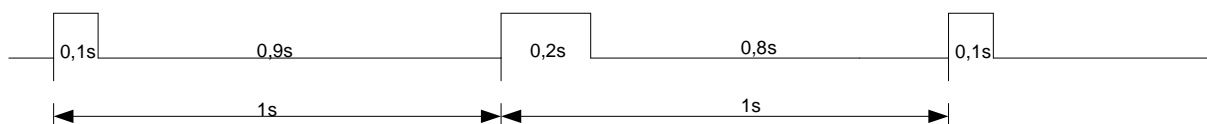
Obrázek 3.31 Průběh časového signálu převzato z [16]

### 3.6.2 Popis přijímače

Přijímač hodinového signálu byl koupen od společnosti Conrad. Jedná se o desku s feritovou anténou a o zapojení využívající integrovaný obvod T4224, který je přijímačem časového kódu. Výstupní signál je na obrázku 3.33. Každá vzestupná hrana značí začátek sekundy. Doba trvání impulsu rozhoduje o tom, zda se jedná o logickou 0 nebo logickou 1. Při logické 0 trvá impuls 100 milisekund, při logické 1 trvá impuls 200 milisekund.

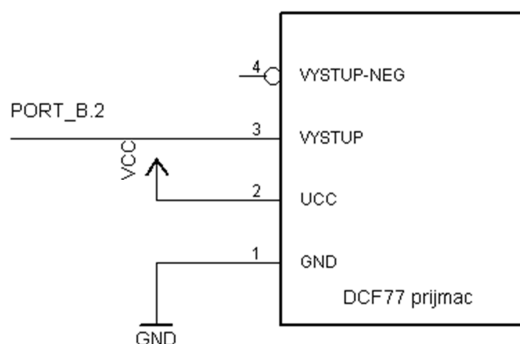


Obrázek 3.32 Přijímač signálu DCF77



Obrázek 3.33 Výstup z přijímače signálu DCF77

### 3.6.3 Schéma zapojení



Obrázek 3.34 Schéma zapojení přijímače DCF77

### 3.6.4 Zpracování signálu

Pro zahájení příjmu signálu je na mikrokontroléru povoleno vnější přerušení INT2. Pin 2 na bráně B je nastaven jako vstupní s log. úrovní 1 a připojeným pull-up rezistorem. Tento pin slouží pro vnější přerušení mikrokontroléru. Přerušení se spouští vzestupnou a sestupnou hranou vstupního signálu. Při vzestupné hraně je připočtena jednotka do proměnné sekunda a spustí se 16 bitový čítač. Při sestupné hraně vstupního signálu se odečte hodnota čítače a zhodnotí zda jde o log. nulu, log. jednotku nebo o rušivý signál. V případě správného vyhodnocení signálu je dekodovaný bit uložen do proměnné v závislosti na časové pozici bitu. V případě přetečení čítače je posuzováno, zda došlo k přetečení následkem chybějícího 59 impulzu sloužícího k synchronizaci, nebo zda došlo k přetečení následkem poruchy příjmu signálu. V případě přetečení čítače při 59 vteřině a správnosti paritních bitů obsažených v časovém signálu jsou přijatá data prohlášena za platná a dojde k nastavení vnitřních hodin na tento čas a datum.

Výpočet nastavení čítače:

16 bitový čítač nabývá  $2^{16} = 65\,536$  hodnot. Při frekvenci oscilátoru 16 MHz a nastavení předdělení hodinového signálu na 256 čítač přeteče za 1,048 s.

$$t_{\xi} = \frac{256 * 2^n}{f_{osc}} = \frac{256 * 2^{16}}{16 * 10^6} = 1,048576 \text{ s} \quad (3.1)$$

### 3.7 Vnitřní hodiny

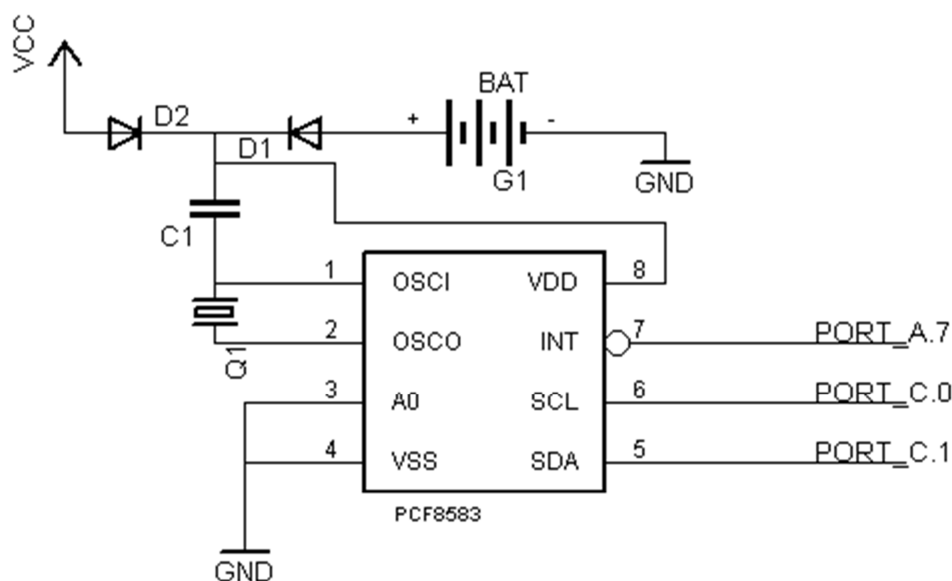
Hodinový signál DCF77 je sice přesný, ale z různých důvodů může docházet k rušení signálu nebo jeho výpadku. Také se může stát, že úl bude postaven na takovém místě, kde není signál dostupný. Pro tyto případy je systém vybaven obvodem reálného času PCF8583. Tento obvod je synchronizován s rádiovým hodinovým signálem, pokud je to možné.

Obvod reálného času PCF8583 je založen na statické CMOS RAM rozdělené na 256 bytů po 8 bitech. 8 bytů paměti slouží pro datum a čas a dalších 8 bitů slouží k nastavení alarmu, nebo jako volná paměť. Zbývajících 240 bytů je paměť pro volné použití. Obsah paměti RAM je v tabulce 3.7. Obvod je řízen oscilátorem o frekvenci 32,768 kHz a s mikrokontrolérem komunikuje přes I2C sběrnici. Rozsah napájecího napětí pro správnou činnost obvodu je 1 – 6 V a rozsah napájecího napětí pro komunikaci po I2C je 2,5 – 6 V.

Tabulka 3.7 Obsah paměti obvodu PCF8583 převzato z [17]

Adresa	Obsah registru
00h	řízení/stav
01h	setiny sekundy 1/10 s   1/100 s
02h	sekundy 10 s   1 s
03h	minuty 10 min   1 min
04h	hodiny 10 h   1 h
05h	rok/den 10 dnu   1 dnu
06h	den v týdnu/měsíc 10 měsíce   1 měsíce
07h	časovač 10 dnu   1 dnu
08h	řízení alarmu
09h	setiny sekundy alarmu 1/10 s   1/100 s
0Ah	sekundy alarmu 10 s   1 s
0Bh	minuty alarmu
0Ch	hodiny alarmu
0Dh	den alarmu
0Eh	měsíc alarmu
0Fh	alarm časovače
10h : FFh	volná paměť

### 3.7.1 Schéma napájení



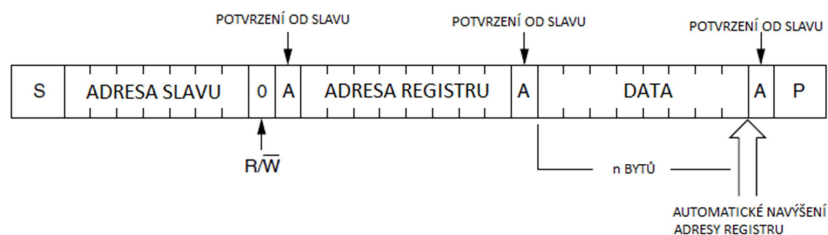
Obrázek 3.35 Schéma zapojení PCF8583

### 3.7.2 Popis zapojení

Obvod PCF8583 je napájen dvěma cestami. Za normálních okolností je odvod napájen 5 V. V případě výpadku napájecího napětí může být napájen z baterie a tím i udržet platný datum a čas. Piny obvodu SCL a SDA jsou spojeny s piny mikrokontroléru pro dvoudrátové rozhraní, tedy s piny SCL (pin 0 na portu C) a SDA (pin 1 na portu C). Výstup obvodu pro přerušení je spojen s pinem 7 na portu A.

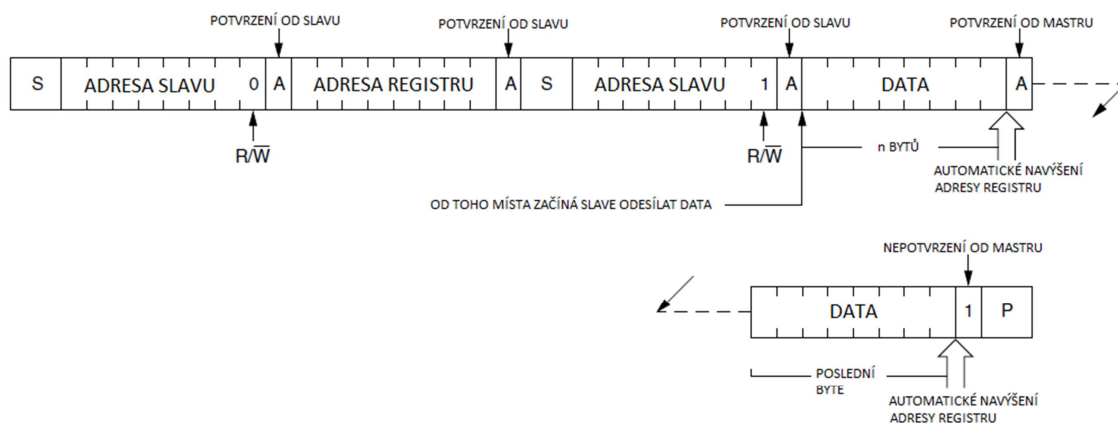
### 3.7.3 Princip komunikace s PCF8583

Na obr. 3.36 je znázorněn komunikační protokol pro zápis do obvodu PCF8583. Vysílání na sběrnici I2C začne start podmínkou S a po ní následuje vyslání adresy zařízení. Adresa má 7 bitů, poslední bit slouží k určení, zda půjde o zápis či o čtení ze zařízení. Nula na tomto místě znamená čtení. Po odeslání osmi bitů mikrokontrolér čeká na potvrzovací bit ACK od zařízení. Dále následuje odeslání adresy registru zařízení, do kterého se budou zapisovat nová data. Tato adresa je opět potvrzena bitem ACK a následuje odeslání nových dat pro registr. Příjem dat je opět potvrzen, adresa registru zařízení je automaticky navýšena a mikrokontrolér může odeslat data pro následující registr nebo ukončit komunikaci stop podmínkou P.



Obrázek 3.36 Zápis do PCF8583 převzato z [17]

Příjem dat ze zařízení je na obr. 3.37. Komunikace opět začíná start podmínkou, po níž následuje adresa zařízení, potvrzovací bit od zařízení a adresa registru zařízení, ze kterého budou čtena data. Poté následuje nová start podmínka a mikrokontrolér vyšle znovu adresu zařízení, tentokrát s posledním bitem nastaveným na log. jednotku. To značí, že bude následovat čtení dat ze zařízení. Zařízení potvrdí příjem adresy bitem ACK a začne vysílat na sběrnici data z nastaveného registru. Po odeslání dat je adresa registru navýšena, a když mikrokontrolér potvrdí přijetí dat bitem ACK jsou vyslána data z dalšího registru. Pro ukončení vysílání dat ze zařízení mikrokontrolér nepotvrdí přijetí dat a následuje stop podmínka.



Obrázek 3.37 Čtení z obvodu PCF8583 převzato z [17]

### 3.7.4 Nastavení alarmu

Povolení alarmu se provede v registru na 00h. Registr na adrese 08h slouží k nastavení alarmu. O typu alarmu rozhoduje 4. a 5. bit registru. Jde nastavit denní alarm, alarm na den v týdnu a alarm na datum. 7. bit tohoto registru rozhoduje o povolení přerušení v případě výskytu alarmu. Alarm se spustí v případě schody registrů na adresách 09h – 0Eh a registrů

na adresách 01-06h. Shoda registrů nemusí být úplná, záleží na nastavení typu alarmu. Některé bity v registrech mohou být maskovány. Více v [17].

### 3.8 Senzor teploty a vlhkosti

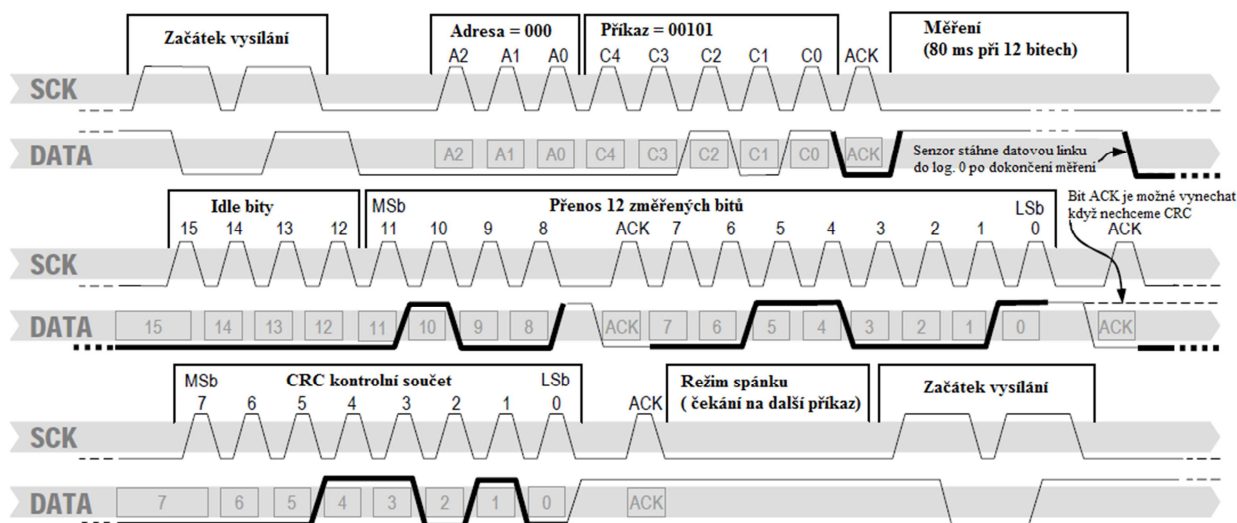
Při výběru senzoru pro měření vlhkosti byl jeden z hlavních parametrů cena zařízení. Jako dobré levnější řešení je použití čidla SHT11. Jedná se senzor s digitálním výstupem. Přesnost čidla je zobrazena v tabulce 3.8. Senzor se připojuje pouze pomocí 4 vývodů. Dva slouží pro napájení senzoru, jeden pro data a jeden pro hodinový signál.

Tabulka 3.8 SHT11 vlastnosti převzato z [18]

Měření relativní vlhkosti			Měření teploty		
Rozlišení	8 bit	12 bit	12 bit	14 bit	
	0,4 %RH	0,05 %RH	0,04 °C	0,01 °C	
Přesnost	±3,0 %RH		±0,5 °C		

#### 3.8.1 Komunikace

Princip komunikace s čidlem je podobný jako komunikace po sběrnici I2C (obr. 3.38).



Obrázek 3.38 Komunikace s SHT11 převzato z [18]

Tenkou čarou je znázorněno řízení datové linky mikrokontrolérem, tlustá čára pak označuje místa, kde řízení datové linky přebírá čidlo. Před posláním příkazu do čidla je nutné provést startovací sekvenci. V průběhu prvního hodinového impulzu je datová linka změněna ze stavu logické 1 do logické 0, v průběhu druhého hodinového impulzu pak naopak. Nejprve se pošlou 3 bity adresy, které jsou vždy 000. Poté následuje zaslání příkazu. Přehled příkazů je v tabulce 3.9. Přijetí příkazu je potvrzeno bitem ACK. Následuje měření, datová linka je

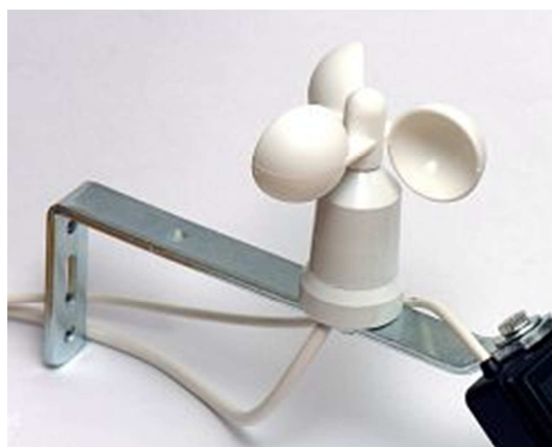
stavu logické 1. Po dokončení měření je datová linka stažena senzorem do logické 0 a senzor čeká na hodinové impulzy, aby mohl začít vysílat data. Po každých 8 odeslaných bitech je vyžadováno potvrzení přijetí dat mikrokontrolérem pomocí ACK. Odeslání CRC sekvence lze přeskočit tím, že se neprovede potvrzení po přijetí posledního bitu dat. Po skončení vysílání se čidlo převede do režimu spánku a čeká na další příkazy.

Tabulka 3.9 Seznam příkazů pro SHT11 převzato z [18]

Příkaz	Kód příkazu
Rezervováno	0000x
Měření teploty	00011
Měření relativní vlhkosti	00101
Čtení stavového registru	00111
Zápis do stavového registru	00110
Rezervováno	0101x-1110x
Reset	11110

### 3.9 Senzor větru

V současném stavu systému monitorování včelstva není senzor větru zakoupen. Na trhu jsou k dispozici mnohé anemometry s cenou začínající na cca. 1000,-Kč. Výstupy ze senzorů jsou převážně pulzní, ale lze najít také anemometry s digitálním výstupem. Prodejce [www.meteostanice.cz](http://www.meteostanice.cz) nabízí senzor větru s pulzním výstupem a cenou 1156,- Kč, který je pro tuto aplikaci dostatečný. Nevýhodou tohoto senzoru je nutná kalibrace, neboť výrobce neuvádí přepočítání frekvence výstupů na rychlost větru. Zpracování signálu a tohoto anemometru lze realizovat pomocí čítače v mikrokontroléru, kdy je počítán počet vstupních impulzů za čas, z čehož je vypočítána frekvence vstupních pulzů.



Obrázek 3.39 Anemometr převzato z [www.meteostanice.cz](http://www.meteostanice.cz)

### 3.10 Přenos přes GSM

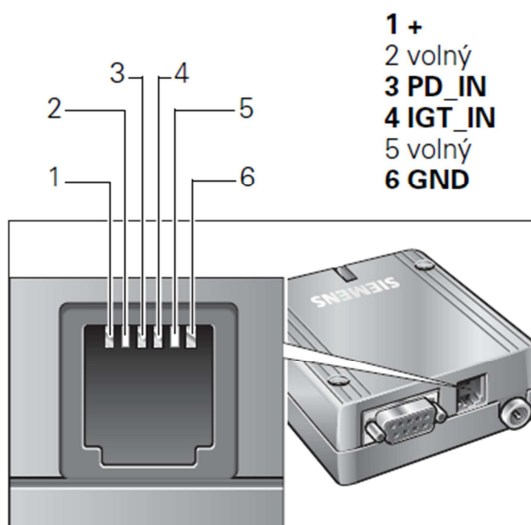
Jeden ze způsobů komunikace s uživatelem systému pro monitorování včelstva je pomocí mobilního telefonu. Systém odesílá SMS zprávu s naměřenými hodnotami jedenkrát denně v zadaný čas. Při zavolání na telefonní číslo SIM karty uložené do systému pro monitorování včelstva se v případě shody volajícího čísla a čísla uloženého v systému spustí měření aktuálních hodnot. Příchozí hovor je odmítnut a systém odešle SMS s naměřenými hodnotami. GSM modem byl pořízen od firmy Siemens, a to MC35i. Tento modem je zobrazen na obrázku 3.40.



Obrázek 3.40 Modem MC35i

#### 3.10.1 Popis

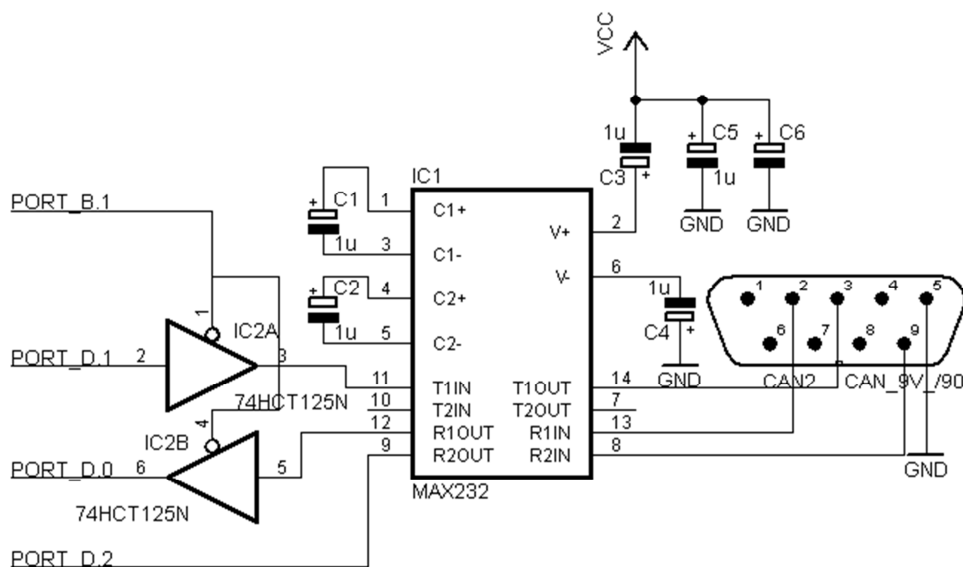
Modem MC35i slouží k přenosu SMS zpráv, hovorů, dat a faxů. Napájení modemu je v rozmezí 8 až 30 a je provedeno pomocí konektoru RJ12. Popis zapojení je na obrázku 3.41.



Obrázek 3.41 Napájecí konektor modemu MC35i převzato z [19]



Pro komunikaci s okolím je modem vybaven rozhraním RS232. Z konektoru pro toto rozhraní jsou použity pouze vodiče TXD, RXD a RI. Význam těchto vodičů je vysvětlen v kapitole 3.3.3 věnující se rozhraní RS232. Pro komunikaci s mikrokontrolérem je použit převodník úrovní MAX232. Schéma zapojení tohoto konektoru je znázorněno na obrázku 3.42.



Obrázek 3.42 Schéma připojení Modemu k mikrokontroléru

S modemem se komunikuje pomocí AT příkazů. Tabulka 3.10 popisuje příkazy použité pro komunikaci se systémem pro monitorování včelstva. AT příkazy jsou potvrzovány enterem(0Dh). Kompletní přehled AT příkazů je uveden v [20].

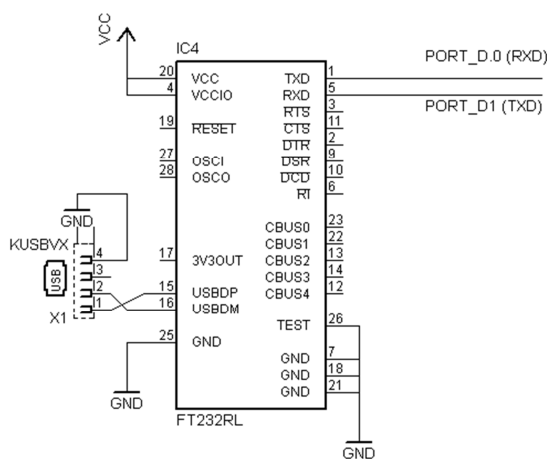
Tabulka 3.10 Použité AT příkazy

Příkaz	Příklad použití	Odpověď	Popis
AT	AT	OK	Příkaz sloužící k ověření komunikace
ATH	ATH	OK	Příkaz zruší probíhající hovor
AT+CPIN	AT+CPIN?	+CPIN: READY +CPIN: SIM PUK +CPIN: SIM PIN	Příkaz k práci s pinem
AT+CSQ	AT+CSQ	+CSQ: 10,99	Příkaz na zjištění síly signálu
AT+CMGL	AT+CMGL="ALL"	výpis SMS zpráv	Příkaz k výpisu SMS zpráv
AT+CMGF	AT+CMGF=1	OK	Příkaz pro nastavení módu
AT+CMGD	AT+CMGD=1	OK	Příkaz pro odstranění SMS
AT+CMGS	AT+CMGS="+31638740161" <ENTER> text<CTRL+Z>	OK	Příkaz pošle SMS zprávu

### 3.11 Komunikace s PC

Komunikace systému pro monitorování včelstva s PC probíhá pomocí rozhraní RS232. Integrovaný obvod FT232RL vytváří virtuální port v PC. Program pro PC je napsán v jazyce C pomocí winAPI.

#### 3.11.1 Schéma zapojení



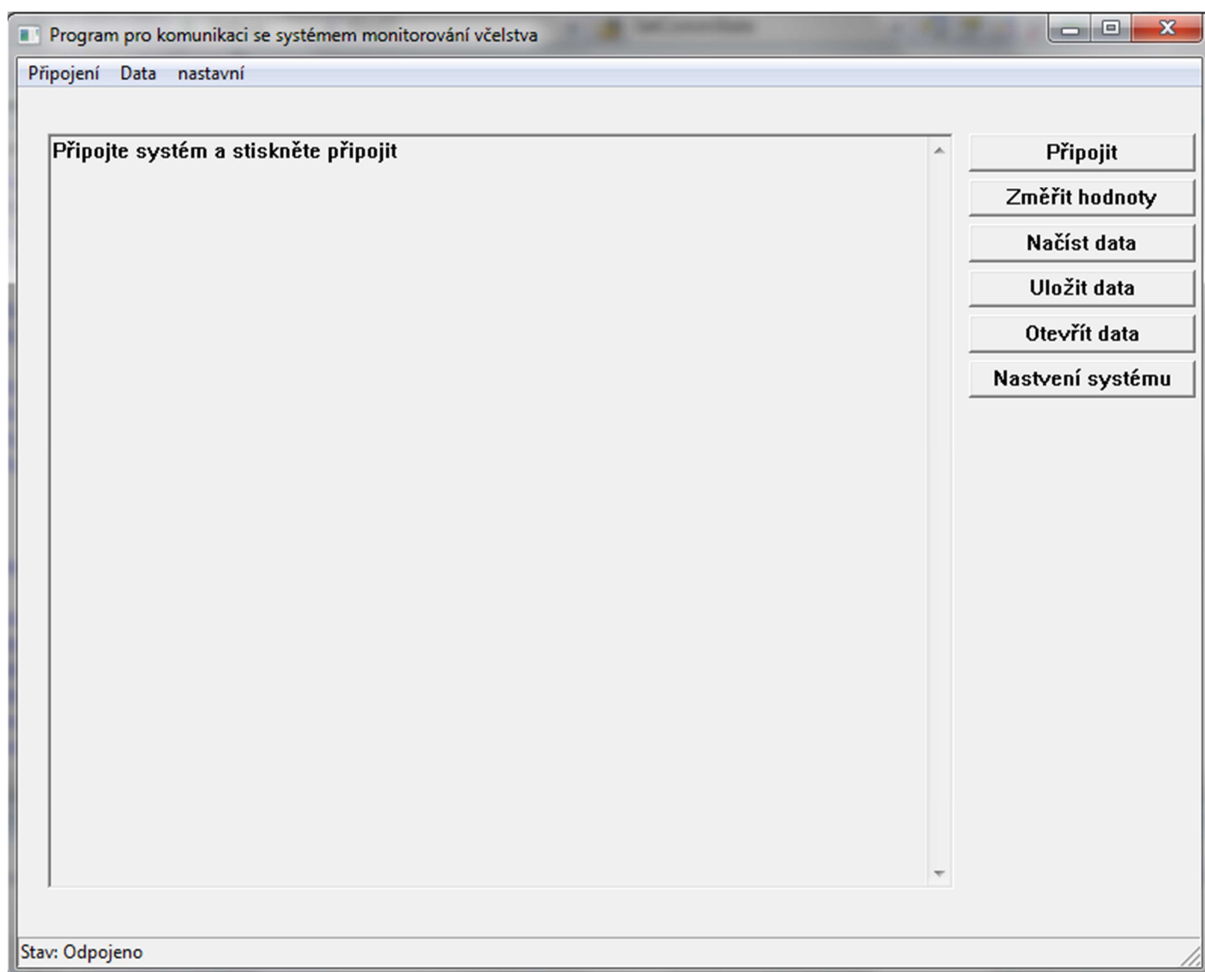
Obrázek 3.43 Schéma zapojení FT232RL

#### 3.11.2 Program pro PC

Program pro systém pro monitorování včelstva umožňuje načíst aktuální data, načíst data z předchozích měření systému uložených na SD kartě a následné uložení načtených dat do PC. Dále umožňuje uložená dat v PC otevřít pro prohlížení těchto dat. Další funkcí programu je načtení chybového souboru ze systému. Důležitou funkcí programu je také možnost nastavení parametrů systému.

Program umožňuje práci jak s připojeným systémem pro monitorování včelstva, tak i bez něj. V případě nepřipojeného systému je možno pouze prohlížet uložená data z měření v PC.

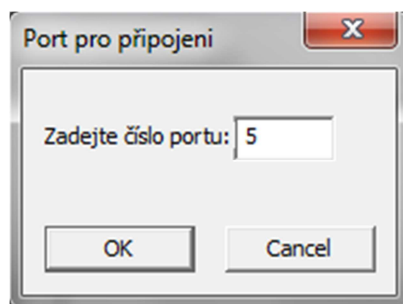
Po spuštění programu se otevře základní obrazovka ukázaná na obrázku 3.44. Obrazovka obsahuje pole pro výpis dat, ve kterém je po spuštění programu zpráva požadující připojení zařízení. Dále obsahuje menu, které pokrývá stejné funkce jako tlačítka na boku. Stavový řádek informuje o stavu propojení systému s programem.



Obrázek 3.44 Základní okno programu

- **Připojení systému**

Systém pro monitorování včelstva se připojí k programu pomocí tlačítka připojit. Po stisku tohoto tlačítka se zobrazí dialogové okno vyžadující zadání čísla portu (obr. 3.45).

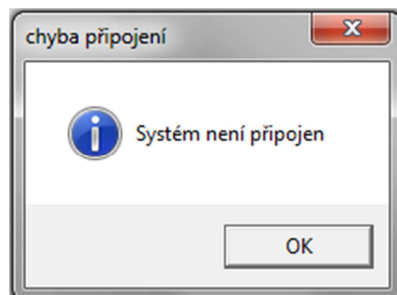


Obrázek 3.45 Dialogové okno pro zadání čísla portu

Po stisku tlačítka OK se program pokusí připojit k zařízení. Při úspěšném připojení se změní stavový řádek na připojeno a tlačítko připojit se změní na odpojit. Při neúspěšném připojení se vypíše zpráva do pole pro výpis dat.

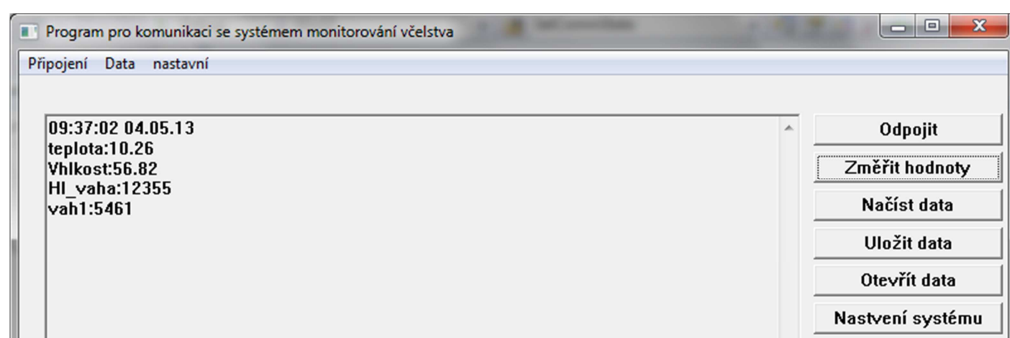
- **Načtení aktuálních hodnot**

Pro načtení aktuálních hodnot je potřeba být připojen k systému. V případě, že program není připojen, je uživatel upozorněn dialogovým oknem a vyzván k připojení obr. 3.46.



Obrázek 3.46 Výzva k připojení systému

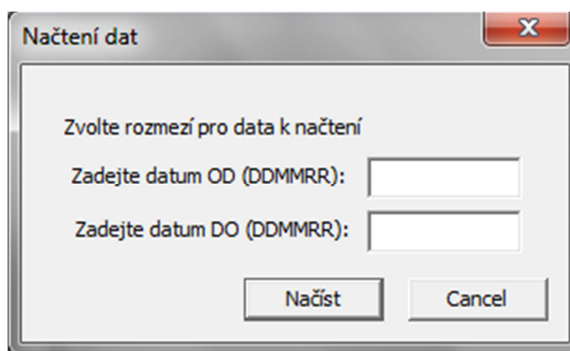
V případě, že je program připojen, spustí se v mikrokontroléru měření a čeká na hodnoty. Po přijetí všech dat jsou tato data vypsána v poli pro výpis dat obr. 3.47.



Obrázek 3.47 Výpis naměřených hodnot

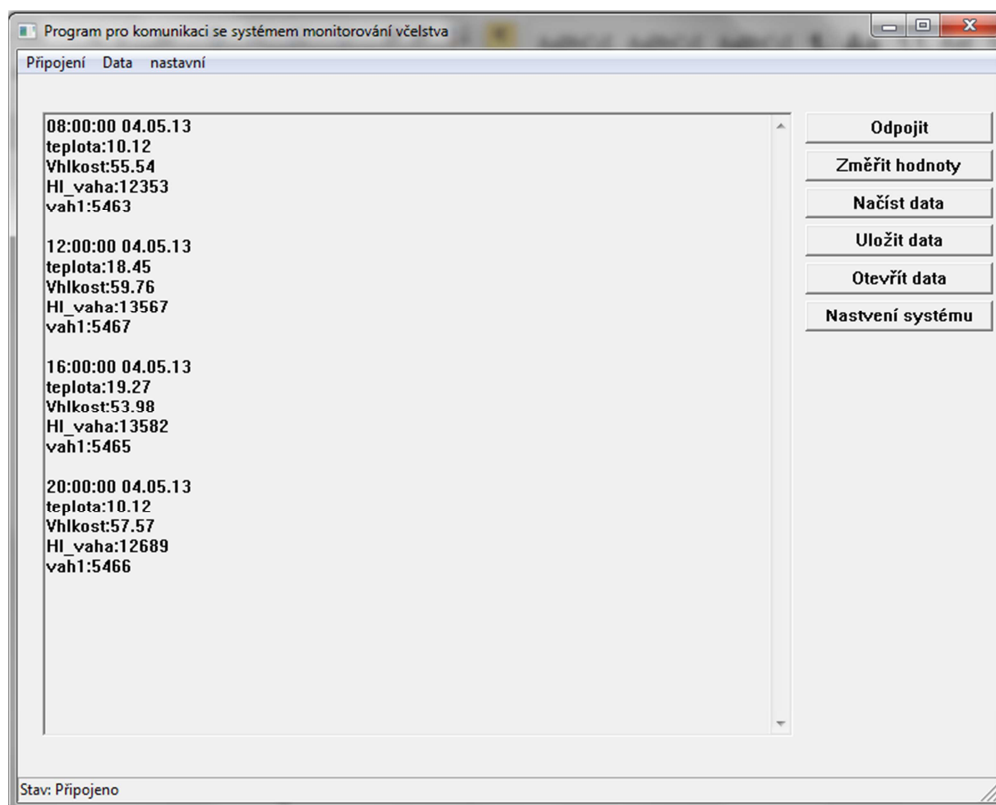
- **Načtení dat**

Pro tuto volbu musí být opět program připojen k systému pro monitorování včelstva. Při aktivním připojení dojde k vyzvání uživatele k zadání data, od kterého se mají výsledky měření načítat a data, do kterého se mají výsledky načítat obr 3.48.



Obrázek 3.48 Výběr dat

Po správném vyplnění dojde k odeslání požadavku do mikrokontroléru na poslání dat. V případě, že pro zadaný datum nejsou uloženy výsledky na SD kartě, je o tom uživatel informován pomocí dialogového okna. V případě existujících dat jsou tato data vypísána do pole pro výpis dat obr 3.49.

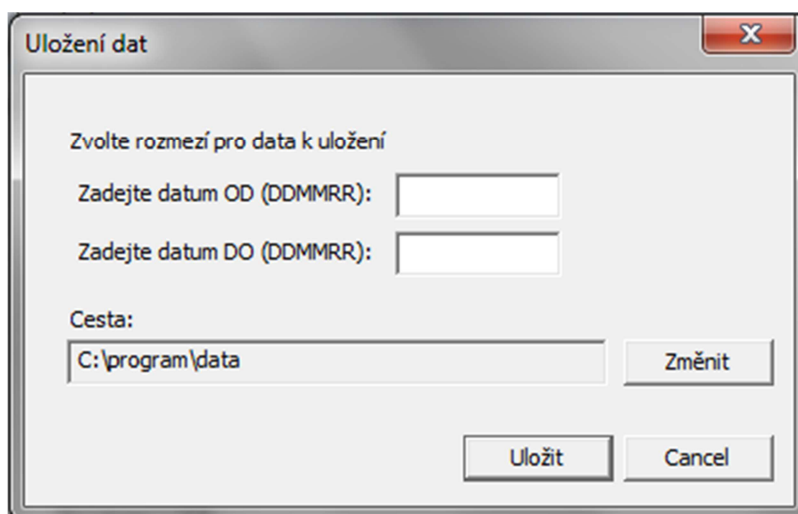


Obrázek 3.49 Výpis načtených dat

- **Uložení načtených dat**

Pro uložení načtených dat slouží tlačítko Uložit data. Při ukládání dat musí být nějaká data nejprve načtena z SD karty. V případě, že data načtena nejsou, je na to uživatel upozorněn pomocí dialogového okna.

V případě, že data jsou načtena, je uživatel vyzván k nastavení rozsahu, ve kterém se data budou ukládat a má možnost zvolit si cestu, kam se uloží (obr. 3.50). Defaultně je cesta nastavena do adresáře, kde je program uložen, do složky data.



Obrázek 3.50 Ukládací dialog

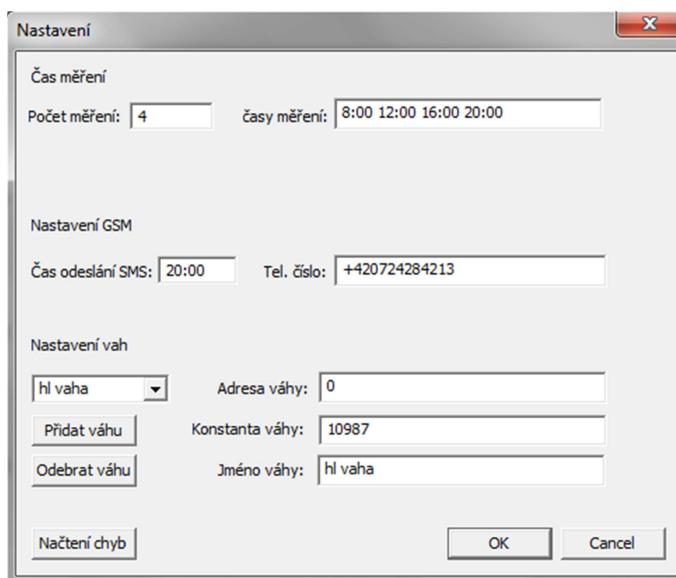
V případě, kdy je potřeba změnit cestu, uživatel klikne na tlačítko Změnit a v klasickém okně pro uložení souboru si zvolí cestu, kam se soubor uloží. Tlačítkem Uložit se data uloží. Nejsou-li data v zadaném rozsahu k dispozici, je uživatel upozorněn stejně jako při načítání dat a uložena jsou pouze existující data.

- **Načtení uložených dat**

Pro načtení uložených dat slouží tlačítko Otevřít data. Princip je stejný jako při ukládání dat - uživatel vyplní rozsah dat pro načtení a má možnost zvolit si cestu odkud budou data načtena. Po otevření dat se data zobrazí stejně jako při načítání dat z SD karty. Nejsou-li data v zadaném rozsahu k dispozici, je uživatel upozorněn a otevřena jsou pouze existující data.

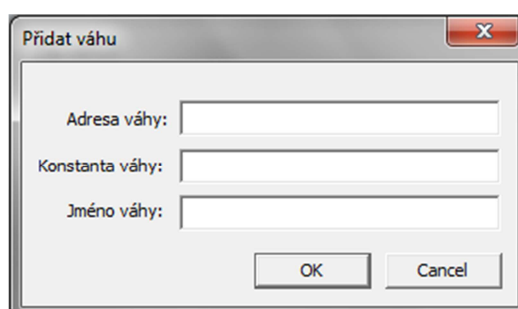
- **Nastavení systému pro monitorování včelstva**

Pro nastavení systému musí být program k systému připojen. Po stisku tlačítka Nastavení systému se z SD karty načte soubor init.txt a podle tohoto souboru se vyplní veškeré parametry nastavení zobrazené na obrázku 3.51.



Obrázek 3.51 Nastavení systému pro monitorování včelstva

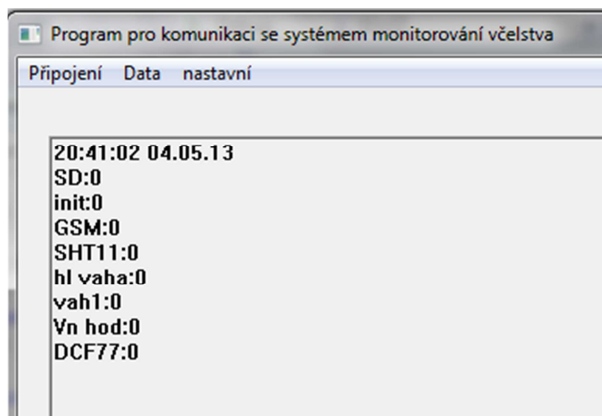
V nastavení je možno tyto parametry změnit. Po změně parametrů a stisknutí tlačítka OK se nově nastavené parametry odešlou do mikrokontroléru, kde dojde k přenastavení a vytvoření nového init.txt souboru. Lze měnit časy měření, čas odeslání SMS zprávy, číslo na které je SMS odeslána a jednotlivé parametry vah. Váhu lze odebrat stiskem tlačítka Odebrat váhu anebo přidat stiskem tlačítka Přidat váhu. Po stisku tlačítka přidat váhu se zobrazí okno pro přidání váhy (obr. 3.52) a po vyplnění parametrů se přidání váhy potvrdí stiskem tlačítka OK.



Obrázek 3.52 Přidání váhy

- **Načtení chybového souboru**

Chybový soubor načteme stiskem tlačítka Načtení chyb v dialogovém okně nastavení. Po stisku tlačítka se dialogové okno nastavení zavře a v poli pro data je vypsán chybový soubor načtený z SD karty (obr.3.53).



Obrázek 3.53 Výpis chybového souboru

### 3.12 Napájení systému

System pro monitorování včelstva vyžaduje napájecí napětí v rozmezí 12-15V. Napětí pro jednotlivé části systému zajišťují stabilizátory napětí 7810 a 7805. System je nejvhodnější napájet ze sítě pomocí stabilizovaného zdroje napětí, ale je možné i napájení pomocí baterie v místech, kde není možné připojení do napájecí sítě.

#### 3.12.1 Využití obnovitelného zdroje energie

V případě napájení systému z baterie je vhodné zvážit využití obnovitelného zdroje energie. Umístění tohoto systému k monitorování včelstva je v lokalitě bez možnosti využití vodního či větrného zdroje. Nejvhodnější možnost je tedy využití solární energie.

Pro tento účel bude nejvýhodnější využití solárního panelu k dobíjení baterie. Mezi baterii a solární panel se připojí regulátor nabíjení. Maximální spotřeba systému pro monitorování včelstva je do 6 W. Běžná spotřeba se pohybuje okolo 3 W.

Plně nabitá baterie by bez dobití měla udržet systém pro monitorování včelstva v provozu po dobu nejméně tří dnů. Minimální kapacita 12V baterie při 6W odběru systému pak vychází na 36 A/h. K dobíjení baterie je vhodné použít panel o výkonu nejméně 100 W.



## Závěr

Navržený systém pro monitorování včelstva splňuje zadané požadavky. Schopnost měřit hmotnost v rozmezí od 0 do 250kg je zajištěna tenzometrickým snímačem UDB 300, jehož maximální zatížitelnost je 300 kg. Při měření hmotnosti s použitím 22bitového převodníku je dosaženo přesnosti  $\pm 5$  g. Tato přesnost plně vyhovuje zadanému požadavku, který je  $\pm 10$  g. Při měření hmotnosti za využití 10bitového převodníku mikrokontroléru a následného rozšíření počtu bitů na 16 bylo dosaženo přesnosti  $\pm 20$  g. Tato přesnost sice nevyhovuje zadanému požadavku, ale pro tuto aplikaci stojí za zvážení. Výhodou metody měření hmotnosti za použití ditheringu je nižší cena zařízení.

Naměřená hmotnost a data z čidla SHT11 (teplota, relativní vlhkost) jsou měřeny několikrát během dne v časech, které si definuje uživatel. Tyto změřené hodnoty jsou ukládány na SD kartu. Naměřená data jsou na kartě uspořádána tak, že data z jednoho dne jsou ukládána do jednoho souboru. Soubor je pak pojmenován jako datum dne měření. Jedná se o textový soubor, který lze snadno přečíst po vyjmutí paměťové karty ze systému pro monitorování včelstva a vložení do počítače.

Pro komunikaci systému pro monitorování včelstva s počítačem byl vytvořen PC program. Tento program umožňuje vyčítat naměřená data z tohoto systému a ukládat je. Dále umožňuje měnit parametry systému, jako jsou časy měření, konstanta nuly váhy a telefonní číslo pro SMS zprávy.

Přenos dat do mobilního telefonu je realizován pomocí SMS zpráv. Jednou denně v čase nastaveném uživatelem se odešle SMS zpráva s naměřenými hodnotami z tohoto dne. Aktuální hodnoty hmotnosti, teploty a vlhkosti si uživatel může vyžádat zavoláním na telefonní číslo systému. Pomocí zaslání SMS do systému lze nastavit hodnoty časů měření.

## Seznam literatury

- [1] GRITSCH, Heinrich *Silná včelstva po celý rok*. 1.vyd. Praha: Nakladatelství brázda, s.r.o, 2010. 176 s. ISBN 978-80-209-0381-5
- [2] Apis Digital, *Registrační úlová váha EMMA*. [online]. [citováno 2.2.2013]. Dostupné z <http://www.apisdigital.cz>
- [3] Alya, *včelárska váha VILKO 01*. [online]. [citováno 2.2.2013]. Dostupné z <http://www.alya.sk/vcelarska-vaha-vilko-01->
- [4] Úlové váhy BeeWise. [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://www.beewise.eu/>
- [5] AND-TECH, *EvB 4.3 v4*, [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://and-tech.pl/wp-content/download/zestaw%20evb%204.3/evb4.3%20v4%20manual.pdf>
- [6] Atmel, *ATMega32*. [online]. [citováno 2.2.2013]. Dostupné z <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>
- [7] Maxim integrated, *MAX 485*, [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1487-MAX491.pdf>
- [8] Microchip, *MCP3550* [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/21950c.pdf>
- [9] Linear technology, *LT1101* [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/lt1101fa.pdf>
- [10] Wikipedie [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/>
- [11] Olmr, Vít, *HW server představuje - Sériová linka RS-232* [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://www.hw.cz/rozhrani/hw-server-predstavuje-seriova-linka-rs-232.html>
- [12] Keli, *UDB 300* [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://www.nhtechnic.cz/Files/UDAProspekt.pdf>
- [13] *A/Č převodníky v multifunkčních deskách* [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z [http://www.rss.tul.cz/ftppub/cms/07\\_prevodniky.pdf](http://www.rss.tul.cz/ftppub/cms/07_prevodniky.pdf)
- [14] Havel, Ladislav, *Řešení pro zápis na paměťové karty (SD)* [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/reseni-pro-zapis-na-pametove-karty-sd-mcu-atmega16.html>
- [15] *SD/SDHC Card Interfacing with ATmega8/32* [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://www.dharmanitech.com/2009/01/sd-card-interfacing-with-atmega8-fat32.html>
- [16] Redakce HW serveru, *Vysílání časového signálu a DCF77*. [online]. 1.3.2002. [citováno 2.2.2013]. Dostupné z <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/vysilani-casoveho-signalu-a-dcf77.html>
- [17] NXP, *PCF8583* [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z [http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/PCF8583.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8583.pdf)

- [18] Sensirion, *Datasheet SHT1x*. [online]. [citováno 2.2.2013]. Dostupné z [http://www.sensirion.com/fileadmin/user\\_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidity/Sensirion\\_Humidity\\_SHT1x\\_Datasheet\\_V5.pdf](http://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidity/Sensirion_Humidity_SHT1x_Datasheet_V5.pdf)
- [19] Siemens, *MC35i-Návod k použití*. [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z [http://www.wmocean.cz/siemens-mc35i-terminal/412953/TC\\_MC35\\_Terminal-a5.pdf](http://www.wmocean.cz/siemens-mc35i-terminal/412953/TC_MC35_Terminal-a5.pdf)
- [20] Siemens, *MC35i-AT command set*. [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://harvestelectronics.com/harvest/pdf/mc35i%20at%20command%20set.pdf>
- [21] Peter Fleury, *i2cmaster*. [online]. [citováno 4.5.2013]. Dostupné z <http://homepage.hispeed.ch/peterfleury/avr-software.html>

## Přílohy

### Příloha A - Naměřená data ke grafům v kapitole 3.4

Tabulka A.1 Naměřená data pro tenzometrický snímač s 22bitovým převodníkem

hmot. skutečná [g]	hmot. naměřená [g]	chyba [g]	hmot. naměřená po kor.[g]	chyba po kor. [g]
100	99	1	101	-1
200	200	0	200	0
300	301	-1	301	-1
400	400	0	402	-2
500	499	1	500	0
600	596	4	602	-2
700	696	4	701	-1
800	794	6	800	0
900	894	6	901	-1
1000	993	7	999	1
1100	1094	6	1100	0
1200	1192	8	1201	-1
1300	1289	11	1302	-2
1400	1387	13	1399	1
1500	1485	15	1500	0
1600	1583	17	1598	2
1700	1681	19	1698	2
1800	1779	21	1799	1
1900	1877	23	1901	-1
2000	1983	17	2001	-1
2100	2084	16	2100	0
2200	2188	12	2201	-1
2300	2282	18	2300	0
2400	2386	14	2399	1
2500	2485	15	2498	2
2600	2580	20	2600	0
2700	2673	27	2699	1
2800	2773	27	2799	1
2900	2872	28	2898	2
3000	2975	25	2998	2

Tabulka A.2 Pokračování tabulky A.1

hmot. skutečná [g]	hmot. naměřená [g]	chyba [g]	hmot. naměřená po kor.[g]	chyba po kor. [g]
3100	3075	25	3099	1
3200	3178	22	3200	0
3300	3276	24	3298	2
3400	3370	30	3400	0
3500	3473	27	3501	-1
3600	3573	27	3598	2
3700	3673	27	3700	0
3800	3770	30	3799	1
3900	3870	30	3900	0
4000	3966	34	3998	2
4100	4057	43	4100	0
4200	4153	47	4202	-2
4300	4254	46	4301	-1
4400	4351	49	4398	2
4500	4449	51	4501	-1
4600	4548	52	4599	1
4700	4647	53	4698	2
4800	4747	53	4799	1
4900	4845	55	4901	-1
5000	4943	57	4999	1

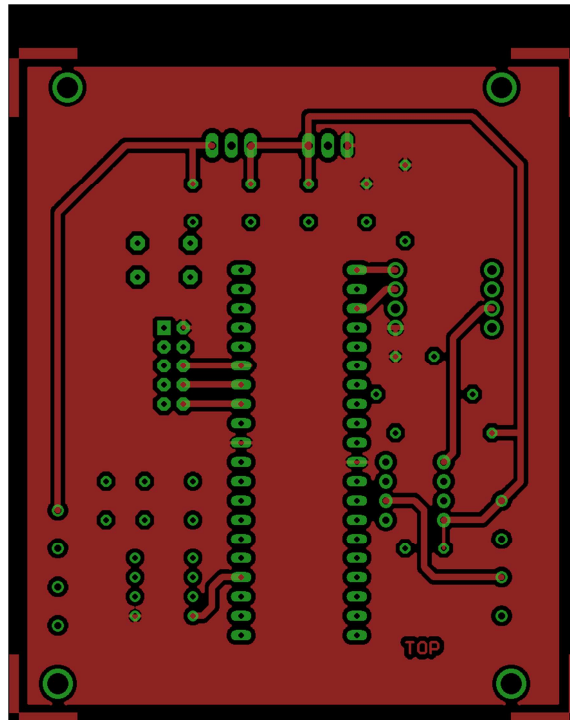
Tabulka A.3 Naměřená data pro tenzometrický snímač s 22bitovým převodníkem po posunutí nuly

hmot. skutečná [g]	hmot. naměřená [g]	chyba [g]
100	98	2
200	198	2
300	296	4
400	396	4
500	497	3
600	598	2
700	697	3
800	795	5
900	896	4
1000	996	4

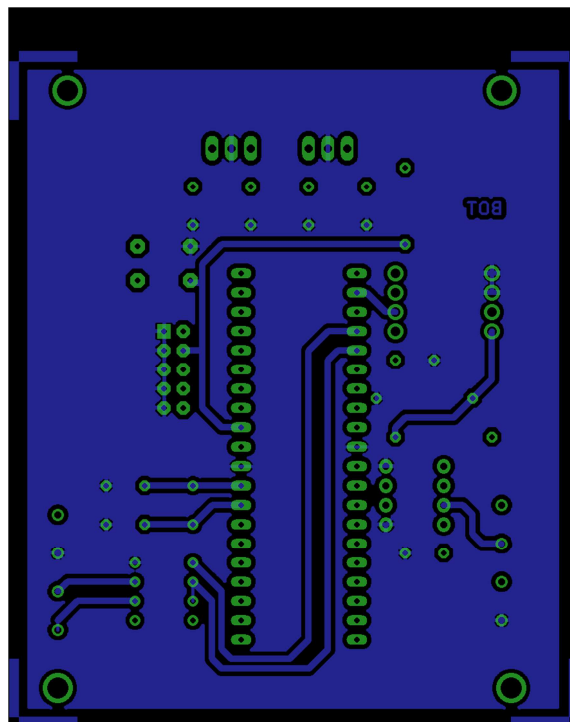
Tabulka A.4 Naměřená data pro tenzometrický snímač s využitím ditheringu

hmot. skutečná [g]	hmot.naměřená [g]	chyba [g]	hmotnost po kor. [g]	chyba po kor. [g]
100	126	26	132	32
200	194	-6	199	-1
300	285	-15	288	-12
400	400	0	400	0
495	498	3	496	1
596	590	-6	586	-10
696	712	16	705	9
795	797	2	788	-7
895	903	8	892	-3
996	1013	17	999	3
1097	1107	10	1091	-6
1195	1214	19	1196	1
1296	1320	24	1299	3
1396	1406	10	1383	-13
1496	1523	27	1498	2
1597	1621	24	1593	-4
1697	1717	20	1687	-10
1797	1840	43	1807	10
1897	1934	37	1899	2
2004	2030	26	1993	-11
2104	2150	46	2110	6
2205	2244	39	2202	-3
2305	2330	25	2286	-19
2404	2458	54	2411	7
2502	2547	45	2498	-4
2602	2640	38	2589	-13
2702	2760	58	2706	4
2802	2852	50	2796	-6
2902	2952	50	2894	-8
3002	3072	70	3011	9
3103	3160	57	3097	-6
3203	3273	70	3208	5
3304	3383	79	3315	11
3404	3470	66	3400	-4
3502	3594	92	3522	20
3603	3685	82	3610	7
3700	3757	57	3681	-19
3800	3880	80	3801	1
3900	3984	84	3903	3
4000	4070	70	3987	-13

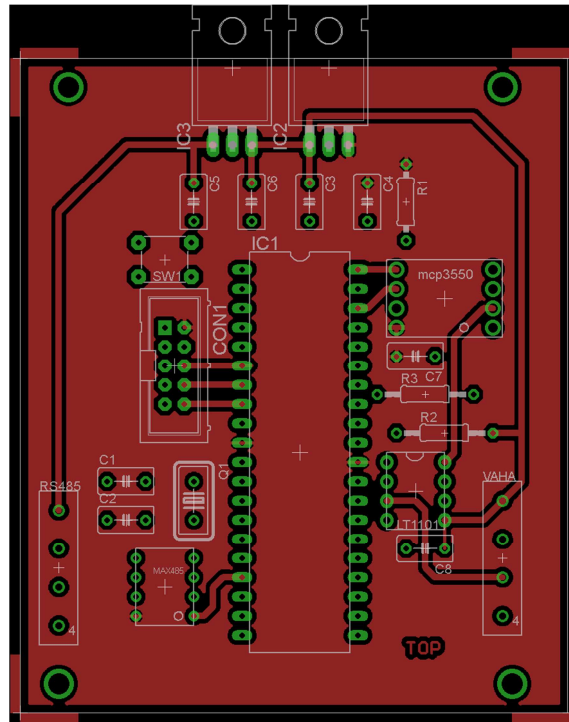
**Příloha B - Návrh desky plošného spoje pro vedlejší jednotku**



Obrázek B.1 Deska plošného spoje pro vedlejší jednotku top



Obrázek B.2 Deska plošného spoje pro vedlejší jednotku bottom



Obrázek B.3 Osazovací výkres desky plošného spoje pro vedlejší jednotku top



### **Příloha C - Zdrojové kódy**

Zdrojové kódy pro řídicí jednotku, vedlejší jednotku a program pro PC jsou uloženy na CD přiloženém k této diplomové práci.