

# **Středoškolská odborná činnost 2004/2005**

## **Obor 10 – elektrotechnika, elektronika, telekomunikace a technická informatika**

### ***Meteostanice***

Autor:

**Jaromír Žák**

SPŠT a SOUT Třebíč,  
Manž. Curieových 734,  
674 01 Třebíč, 4. ročník

Konzultant práce:

Zadavatel práce:

***Třebíč, 2005***  
Kraj Vysočina

Prohlašuji tímto, že jsem soutěžní práci vypracoval samostatně a uvedl jsem v seznamu literatury veškerou použitou literaturu a další informační zdroje včetně internetu.

V Třebíči dne

---

vlastnoruční podpis autora

# Obsah

1. Úvod.....	4
2. Problematika meteostanice.....	4
2.1. Základní problematika.....	4
2.2. Snímání měřených veličin.....	4
2.2.1. Měření teploty.....	4
2.2.2. Měření větru.....	4
2.2.3. Měření a úprava tlaku.....	5
2.2.4. Propojení snímačů.....	5
2.3. Energetické zabezpečení.....	6
2.3.1. Spotřeba.....	6
2.3.2. Údržba baterie.....	6
2.4. Přenos a zaznamenávání hodnot.....	7
2.4.1. Přenos dat.....	7
2.4.1.1 Formát přenášených dat.....	7
2.4.1.2 Bezpečnost přenosu.....	7
2.4.2. Ukládání a zálohování dat.....	8
2.5. Ostatní vlastnosti.....	9
2.5.1. Vnitřní hodiny.....	9
2.5.2. Komunikace s uživatelem.....	9
2.5.3. Přenos do PC.....	10
3. Blokové schéma.....	11
3.1. Modul snímačů.....	11
3.1.1. Napájecí zdroj.....	12
3.1.2. Dobíjecí obvod.....	12
3.1.3. Resetovací obvod.....	13
3.1.4. Řídící obvod, kontrola nabití baterie a napájení snímačů.....	14
3.1.5. Snímače.....	15
3.1.5.1 Čidlo teploty.....	15
3.1.5.2 Měření rychlosti větru.....	15
3.1.5.3 Měření směru větru.....	15
3.1.5.4 Vysílač.....	16

3.2. Modul záznamníku .....	16
3.2.1. Napájení .....	17
3.2.2. Měření tlaku .....	17
3.2.3. Přijímač .....	18
3.2.4. Paměť a RTC.....	19
3.2.5. Klávesnice, displej a piezoměnič .....	19
3.2.6. Propojení s PC.....	20
3.2.7. Řídící obvod .....	20
4. Program .....	21
4.1. Program modulu snímačů.....	21
4.1.1. Měření střídy z SMT160 .....	22
4.1.2. Určení paritních bitů.....	22
4.1.3. Zpoždění v programu .....	23
4.2. Program modulu záznamníku.....	23
4.2.1. Obsahy přerušování.....	23
4.2.2. Generování tónu .....	23
4.2.3. Přijímání a kontrola dat .....	24
4.2.4. Komunikace s PC .....	24
4.2.5. Způsob generování Menu.....	25
4.2.6. Obsluha uživatelem .....	25
4.2.6.1 Pohyb v Menu .....	25
4.2.6.2 Změna data a času .....	26
4.2.6.3 Speciální funkce .....	26
5. Ovládací program v počítači .....	27
5.1. Záznamy .....	28
5.2. Prohlížení záznamů .....	29
5.3. Statistiky.....	29
5.4. Grafy.....	30
5.5. Doplnkové funkce programu.....	31
5.6. Nápověda.....	31
6. Závěr.....	32
7. Použitá literatura .....	32
8. Obrazová dokumentace .....	32

# 1. Úvod

Již dlouhá léta se zajímám o meteorologii a záznamy aktuálního stavu počasí. Zpočátku jsem vybrané parametry počasí zapisoval pouze na papír a všechny grafy kreslil ručně. Tato metoda zaznamenávání však byla velice pracná a ve výsledku samá nepřehledná čísla a skoro žádné názorné grafické zpracování. Moje počáteční nadšení proto vždy nejpozději do dvou měsíců opadlo.

Takovýchto započatých a ukončených zapisování bylo během prvních třech let asi pět. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl, vytvořit nejdříve program pro zpracování výsledků všech měření a poté i malou domácí Meteostanici, která by hodnoty zapisovala samostatně a nepřetržitě. To má hlavní výhodu v tom, že při mé delší nepřítomnosti (dovolená, výlety, atd.) již není tak složité tyto údaje získávat.

## 2. Problematika meteostanice

### 2.1. Základní problematika

Měřením a technologií měření počasí se lidé zabývají již dlouhá staletí. Během této doby se postupně zjistila některá pravidla a normy, podle kterých by správné meteorologické měření mělo probíhat. Zaznamenávat by se měl tlak, teplota, srážky, rychlost a směr větru, oblačnost, popřípadě také vlhkost či jiná zvláštní data.

Většina hodnot by se měla podle meteorologických norem měřit v dobře větrané zastíněné skříňce v určené výšce nad zemí, vzdálenosti od různých druhů předmětů a v některých pramenech se udává i maximální velikost sečeného trávniku pod meteorologickou skříň.

Tato meteostanice se těmito problémy až tak nezaobírá, protože samotnou měřicí skříň lze ve výsledku umístit na libovolné místo. V tomto zařízení se spíše zajišťuje co nejlepší snímání naměřených veličin.

### 2.2. Snímání měřených veličin

#### 2.2.1. Měření teploty

K měření teploty bylo možné použít hned několik čidel. Protože jsem však potřeboval čidlo co možná nejpřesnější a připojitelné přímo k procesoru, vybral jsem si SMT 160. Z důvodu co možná nejvyšší požadované přesnosti jsem si musel zakoupit nejkvalitnější druh čidla v celokovovém pouzdře. Toto čidlo má relativní přesnost min. 0,005°C, proto plně vystačuje pro měření teploty na dvě desetinná místa.

Aby bylo dosaženo co možná nejkvalitnějšího výsledku, pak musí být měření naprogramované co nejpřesněji (více v popisu programu). Výsledná hodnota je pak dále ještě průměrována s několika dalšími měřeními. Výsledek takto provedeného měření vykazuje přesnost  $\pm 0.02^\circ\text{C}$ . Z toho také plyne, že délka měření je poněkud větší (až 1,5s).

#### 2.2.2. Měření větru

Měřením větru se rozumí měření jeho rychlosti a směru, odkud právě fouká. Vždy se jedná o převod nějakého pohybu na elektrickou veličinu. To se dá udělat pomocí snímacích kontaktů, magneticky, kapacitně, indukčně, nebo opticky. Kapacitní a indukční snímání lze ihned vyřadit ze seznamu, neboť zapojení pro realizaci tohoto druhu snímačů by bylo příliš složité. Magnetické snímání je zase nepřesné a náročné na mechanickou konstrukci. Při použití snímacích kontaktů hrozí nebezpečí zákmitů a samotné kontakty zvyšují tření natolik, že by převod nebyl vůbec přesný. Jedinou použitelnou variantou tedy zůstává měření optické pomocí LED diody a fototranzistoru.

V zapojení jsem použil optické prvky citlivé hlavně na infračervenou část světelného spektra, aby fototranzistory nebyly příliš ovlivňovány vnějším světlem, které by mohlo proniknout dovnitř. Pro maximální zmenšení tření v ložiscích jsem po delším výběru použil ložiska ze starých disketových mechanik, které měly velice dobré mechanické vlastnosti.

Měření rychlosti větru bývá prováděno pomocí vrtulky s minimálně třemi lopatkami umístěnými v horizontálním směru, aby reagovaly stejně na vítr z libovolné světové strany. Převod otáček na elektrickou veličinu zprostředkovává kulaté vzorkovací stínítko na ložisku snímače. Toto kolečko má pro větší citlivost více než 10 zářezů. Ty jsou snímány optočlenem, který je pak převádí na elektrické hodnoty.

Měření směru větru je celkem čtyřbitové (16 poloh). Aktuální směr větru je pomocí korouhvičky, hřídele a ložiska převáděn na zatemňovací kolečko. Na něm je průsvitnými a zastíněnými políčky zakódováno všech 16 směrů. Ty jsou pak čtyřmi optočleny převáděny na elektrické veličiny. Aby ve sporných místech na kolečku (přechody mezi log. 0 a 1) nedocházelo k chybám, je kolečko kódováno tak, aby spolu sousedila čísla, které se liší pouze v jednom bitu, a nedocházelo tudíž k chybným zaznamenáváním hodnot.

### **2.2.3. Měření a úprava tlaku**

Poslední měřenou veličinou je atmosférický tlak. Jeho měření je poněkud problematičtější, než měření předchozích veličin. Největším problémem tlakových čidel je jejich dostupnost na trhu. V meteostanici jsem se rozhodl použít integrované čidlo od firmy Motorola, které je kalibrováno již při výrobě a lze jej ještě poměrně snadno získat. Jeho velkou nevýhodou je však jeho cena (min. 700,- Kč).

Čidlo je jako jediné ze všech uložené v modulu záznamníku. K tomuto mě přiměl fakt, že se jedná o nejdražší součástku v zapojení (nehodlal jsem riskovat jeho odcizení ve venkovním modulu) a také vlastnost tlaku, který je všude stejný (v místnosti i na prostranství) a proto není nutné měřit jej venku. Mimo jiné jsem tím také ušetřil bezdrátový přenos dvou bytů dat.

Pro samotný převod napětí z čidla na číslicovou hodnotu mně nejdříve napadlo použití AD převodníku. Ten by však vzhledem k rozsahu tlaku a velikosti změny napětí musel být alespoň 14-ti bitový (pokud jej chceme měřit s co největší přesností). Takový převodník je docela drahý a navíc v běžných obchodech téměř nedostupný. Pak jsem se však dozvěděl, že se mimo jiné vyrábí také integrovaný precizní převodník napětí na frekvenci (1Hz-100kHz). Ten již nestojí tolik (cca 70,-Kč), a jeho přesnost je dostačující. Sice potřebuje složitější program v řídicím mikroprocesoru, ale po zvážení všech pro a proti se jeví jako nejlepší řešení.

Protože existují celkem dva možné způsoby zaznamenávání tlaku (přesný a přepočtený na hladinu moře) a já chtěl zařízení, které oba způsoby podporuje, tak jsem ho navrhl tím způsobem, aby měřil tlak přesný a ten podle zadání uživatele přepočtl podle nadmořské výšky (+1hPa na každých 8m). Pokud se jako nadmořská výška nastaví 0m. n. m., zaznamenávaný tlak bude přesný, nepřepočtený. Menu v modulu záznamníku také nabízí uživateli možnost změny přesnosti tlaku v rozsahu 1-8 a dobu, po které bude k měření tlaku docházet. Přesnější popis tohoto zapojení se nachází v kapitole 4.2.6.1.

### **2.2.4. Propojení snímačů**

Všechny snímače v konstruované meteostanici (kromě snímání tlaku, které je v modulu záznamníku) je nutné propojit s hlavní deskou modulu snímačů. K tomuto připojení je určeno několik telefonních konektorů s osmi vodiči. Tento druh kontaktů jsem zvolil po předchozí úvaze, ve které jsem potřeboval vybrat konektory s dostatečným počtem vodičů, snadným připojením a zajištěním proti samovolnému vypojení, k čemuž u telefonních konektorů slouží ochranná zpětná západka.

Propojení probíhá pomocí síťového kabelu, který je zapojen 1:1 (obě strany jsou shodné). Na straně hlavní desky jsou tytéž konektory, jako u jednotlivých snímačů. Ty jsou zapojeny jako sběrnice. To znamená, že jsou všechny konektory propojeny paralelně a nezáleží na tom, do kterého konektoru se připojí daný snímač. Pouze pro připojení čidla na měření teploty a vysílače jsou použity menší, čtyřvodičové telefonní konektory na samostatné sběrnici. Kvůli jejich počtu vodičů však nejdou s konektory na hlavní sběrnici zaměnit a proto není třeba jednotlivé přípojky nijak označovat.

## **2.3. Energetické zabezpečení**

### **2.3.1. Spotřeba**

Jedním z hlavních požadavků před zahájením návrhu Meteostanice bylo zaručení funkčnosti modulu snímačů nezávisle na elektrické síti po dobu alespoň jednoho týdne. Na vyřešení tohoto požadavku mohlo být použito celkem dvou efektivních řešení.

První možností, jak daný problém odstranit, bylo použití baterie s dostatečně velkou kapacitou (min 15Ah). Protože takových baterií není na trhu příliš velký výběr a jejich rozměry, hmotnost i cena jsou neúměrně veliké, velice rychle jsem od tohoto řešení upustil.

Nejlepším řešením, ke kterému jsem se přiklonil, bylo snížit odběr celého zařízení na minimum. Toho jsem docílil rozdělením času na krátké okamžiky (2s) kdy probíhalo měření s odesláním dat a na prodlevy, ve kterých jsou od napájení odpojeny všechny snímače, čidla, LED diody i vysílač a řídicí procesor je uveden do stavu se sníženým příkonem Power down. Z tohoto stavu je procesor vyveden impulsem na vstupu reset, který zajišťuje externí resetovací obvod, sestaveným ze dvou obvodů typu CMOS, které se vyznačují velice nízkým odběrem proudu. Délka časové prodlevy je nastavitelná pomocí jumperu na základní desce modulu snímačů do jedné ze tří poloh (10s, 20s a 40s). Díky tomuto provozu se při měření každých 40s dosáhne průměrné spotřeby 20mA a to stačí na udržení zařízení s baterií o kapacitě 4,2Ah v nepřetržitém chodu po dobu minimálně 8,5 dne.

### **2.3.2. Údržba baterie**

Před spuštěním čidel v každém měřicím cyklu je prováděna kontrola nabití baterie. Pokud je na ní zjištěno napětí vyšší než 5V, dvakrát blikne informativní LED dioda umístěná na předním panelu a spustí se měření zakončené odesláním dat. Pokud je ovšem zjištěno nedostatečné napětí na baterii, LED dioda problikne pouze jednou krátce, a celé zařízení přejde ihned bez provedení měření do stavu sníženého příkonu.

Vlastní měření napětí baterie využívá závislosti překlápěcího napětí jednoho hradla obvodu 4093 (2 vstupový NAND se Schmidovým klopným obvodem na vstupu) na jeho napájecím napětí. Pokud se tedy vstupní napětí hradla nastaví přibližně na 2,5V pomocí přesného referenčního zdroje (TL431), dojde k překlopení hradla tehdy, až napájecí napětí klesne pod 5V. Tento typ hradla byl využit proto, protože z obvodu, který pracuje jako oscilátor určený k časování resetovacího obvodu bylo jedno hradlo tohoto typu nevyužito.

Zapojení je mimo jiné navrženo pro snadnou celkovou manipulaci s baterií. Velkou výhodou je proto také možnost nabíjet baterii přímo v zapojení díky konektoru na připojení externího zdroje 12V. Díky tomu odpadá nutnost vyjmutí baterie a jejímu dobíjení mimo zařízení. Během připojení externího zdroje je celé zařízení napájeno přímo z něj, proto je lze provozovat i bez připojené baterie.

Samotné dobíjení je prováděno pomocí metody konstantního proudu (250mA). Jakmile však dosáhne napětí na baterii maximální hodnoty, druh dobíjení se mění na dobíjení konstantním napětím a proud tak samovolně klesá. To má hned dvě hlavní výhody. Napájecí zdroj není zatěžován maximálním proudem baterie a díky dobíjení konstantním napětím není nutné vypnout nabíjení na jeho konci, ale baterie si proud sníží podle vlastních požadavků.

## 2.4. Přenos a zaznamenávání hodnot

### 2.4.1. Přenos dat

K tomu, aby bylo možné změřená data ukládat, je nutné je nějakým způsobem převést do modulu záznamníku, ve kterém dochází k jejich zpracování. Tento přenos se může uskutečnit hned několika způsoby – po pevném vodiči, optickou cestou a rádiovým přenosem.

Nejjednodušším propojením by bylo spojení kabelem. To má však řadu nevýhod. Asi nejpodstatnější z nich je ztráta pohyblivosti modulu snímačů i záznamníku, dále pak možné vystavení vodičů okolnímu prostředí.

Optický přenos nepotřebuje fyzické propojení obou zařízení, ale zase je náchylný na přímou viditelnost přijímače a vysílače, nebo například častý jev podzimního počasí – mlhu, ve které se tento přenos stává už na vzdálenost 5m zcela nepoužitelný.

Nejlepším řešením se proto jeví použití rádiové komunikace. Ta nabízí řadu výhod, které jedna, či druhá předchozí varianta neumožňovala. K realizaci tohoto druhu komunikace je nejvýhodnější použití na trhu dostupných modulů od firmy Aurel. Při užití těchto součástek odpadá nutnost modulace a demodulace, sladování vysílače a přijímače, a hlavně používání těchto modulů na území ČR je oficiálně schváleno a povoleno.

#### 2.4.1.1 Formát přenášených dat

Protože v modulu záznamníku dochází při provádění některých časově náročných operací (např. měření tlaku) k pozastavení činnosti přerušeni, mohlo by docházet ke ztrátě dat, nebo jejich chybnému přijetí. Proto jsem se rozhodl dekódovat příchozí data samostatně a procesorem je přijímat až ve chvíli, kdy „bude mít čas“. K tomuto účelu jsem vybral ke kódování dat pulzně-šířkovou modulaci, neboť se demoduluje nejjednodušším způsobem.

Log. 1 je reprezentována střídou 3:4 (75%) a log. 0 střídou 1:4 (25%). Celková frekvence výstupního signálu je určena podle maximálního zpracovatelného kmitočtu modulů Aurel (3kHz). Na přijímací straně je použit monostabilní klopný obvod. Ten se spustí náběžnou hranou vstupního signálu a po uplynutí nastaveného času (polovina periody) se provede zápis aktuální hodnoty vstupního signálu do 64B zásobníkové paměti typu FIFO reprezentované sériovým posuvným registrem (4031). Protože integrovaný obvod s monostabilním klopným obvodem obsahuje dva klopné obvody, je jeho druhá část využita ke generování přerušovacího signálu pro procesor. Ten se dostaví asi 2ms po posledním přijatém bitu přenosu, tudíž až ve chvíli, kdy je přenos bezpečně ukončen. Po akceptování přerušeni v řídicím procesoru dojde k načtení hodnot z posuvného registru do paměti procesoru.

Použité moduly firmy Aurel však vyžadují ke správné činnosti nastavení vstupní citlivosti. To se provádí přijetím 32 log. 1. Ty se pak z posuvného registru odstraní jednoduše nahrazením přenášenými daty.

#### 2.4.1.2 Bezpečnost přenosu

Kvůli velké náchylnosti bezdrátového přenosu k rušení musí být přenášené údaje chráněny co možná nejlepším způsobem, aby nedocházelo k jejich porušení. Prvním stupněm ochrany přenášených dat je jejich kódování pomocí použití Hammingova samoopravného kódu (viz [2]). Jeho podstata spočívá v tom, že každému přenášenému bytu se přiřadí 4 kódované paritní bity. Podle jejich zpětného vyhodnocení a porovnání s přijatým signálem na straně přijímače lze opravit chyby v jednom bitu způsobené během přenosu. Pokud se jedná o chybu větší (2 a více bitů) nelze data opravit, jsou označena za chybná a jejich příchod je ignorován.

Kompletní naměřené hodnoty lze přenést v celkem čtyřech bytech. V každém z přenášených bytů je však vždy alespoň jeden bit nevyužitý. Tyto bity se použijí pro kontrolu přijatých dat, neboť je jim přiřazena v každém přenosu konstantní logická úroveň. Označení



dat za chybné tudíž provede procesor ve chvíli, kdy přijme chybně nejméně jeden z těchto kontrolních bitů.

Posledním stupněm ochrany je ještě kontrola, zda se přijaté údaje nacházejí v možných hranicích (Teplota=-50/50°C, Větr 0/100ms<sup>-1</sup>, atd.). Po překontrolování přijatých dat touto třístupňovou ochranou se dají přijaté údaje označit téměř za bezchybné.

## 2.4.2. Ukládání a zálohování dat

V této tabulce je vidět vnitřní rozdělení paměťového prostoru paměti EEPROM v modulu záznamníku. Tento druh programového rozdělení je popisován dále v textu.

Adresa		Obsah	Popis	Poznámky
7FFH	2047D	11111111	Prázdné	Konec zápisové oblasti
...	...	11111111	Prázdné	
6A7H	1703D	11111111	Prázdné	
6A6H	1702D	DDDDDDDD	Den 1. použití	Identifikační údaje paměti
6A5H	1701D	DDDDMMMM	Měsíc 1. použití	
6A4H	1700D	DDDDRRRR	Rok 1. použití	
6A3H	1699D	SSSSOOOO	Směr větru, oblačnost	Záznam č. 200
...	...	...	...	...
06CH	108D	RRRRMMMM	Rok, Měsíc	Záznam č. 2
06BH	107D	SSSSOOOO	Směr větru, oblačnost	Záznam č. 1
06AH	106D	0RRRRRRR	Rychlost větru	
069H	105D	TTTTTTTT	Tlak L	
068H	104D	00TTTTTT	Tlak H	
067H	103D	TTTTTTTT	Teplota L	
066H	102D	00TTTTTT	Teplota H	
065H	101D	DDDD0HH	Den, Hodina	
064H	100D	RRRRMMMM	Rok, Měsíc	
063H	99D	11111111	Prázdné	Konec systémové oblasti
...	...	11111111	Prázdné	
00FH	15D	11111111	Prázdné	
00EH	14D	DDDDDDDD	Den vytvoření	Identifikační údaje zařízení
00DH	13D	DDDDMMMM	Měsíc vytvoření	
00CH	12D	DDDDRRRR	Rok vytvoření	
00BH	11D	IIIIIIII	ID kód MS	
00AH	10D	IIIIIIII	ID kód MZ	
009H	09D	11111111	Prázdné	Konec oblasti systémových registrů
008H	08D	0000CCC	Max. doba nečinnosti	Doba rozpoznání nečinnosti MS (min) + 1
007H	07D	0000PPP	Přesnost měření tlaku	0/5 + 1
006H	06D	0000PPP	Perioda měření tlaku	(min)+1min.
005H	05D	00000PP	Perioda ukládání	0, 1, 2, 4 x denně
004H	04D	KKKKKKKK	Plus Tlak H	Konstanta v různé nadmořské výšce
003H	03D	KKKKKKKK	Plus Tlak L	
002H	02D	00000MM	Piezosiréna	Mód piezosirény
001H	01D	PPPPPPPP	Podsvícení	Zapnutí, popř. vypnutí podsvícení
000H	00D	XXXXXXXX	Počet záznamů	Začátek systémové oblasti

Tab. 1 – Vnitřní struktura paměti EEPROM

Načtená data v modulu záznamníku se ukládají do externí 2kB paměti EEP. Tento druh paměti byl zvolen proto, aby data uchoval při případném výpadku napájení. Data se mohou ukládat v různých intervalech. Uživatel si v menu může libovolně nastavit jednu ze čtyř možných period ukládání (Neukládat; Ukládat v poledne; Ráno a večer; 4xdenně).

Uložení proběhne pouze ve chvíli, kdy se v paměti procesoru nacházejí platná data. Pokud tam nejsou, uložení neproběhne. Všechna data jsou rozsahem svých číselných hodnot přizpůsobena binárnímu kódu, aby došlo k co možná největšímu ušetření místa v paměti. Pro tlak a teplotu jsou tyto hodnoty v rozmezí 0-10000 (jednotky odpovídají setině hodnot, pro teplotu je počátek  $-50^{\circ}\text{C}$  a pro tlak 950hPa). Pro lepší pochopení: Pokud je v paměti uloženo číslo 1234, jedná se o teplotu  $t = -50,00 + 12,34 = -37,66^{\circ}\text{C}$ , nebo o tlak  $p = 950,00 + 12,34 = 962,34^{\circ}\text{C}$ . Hodnoty rychlosti větru jsou uloženy ve své správné velikosti (0-100 $\text{ms}^{-1}$ ), ale uložená hodnota je průměrem z posledních tří přijatých hodnot, protože rychlost větru může často kolísat v nárazech. Směr větru je uložen jako čtyřbitové číslo symbolizující jednu z šestnácti světových stran (J, JJZ, JZ, JZZ, ..., JV, JJV).

V paměti je rezervováno celkem 200 možných pozic záznamů po osmi bytech (max. 50 dnů). Záznamy v paměti EEProm se nacházejí od adresy 100 (64H) výše. V nižších bytech paměti jsou uloženy některé proměnné programu (viz. Tab. 1). V těchto proměnných je vložen například celkový počet uložených záznamů, nebo některé parametry nastavené uživatelem.

Paměť EEProm je schopna odolávat výpadkům napájení, ale není schopna během výpadku napájení ukládat žádná data, ani zajistit chod modulu záznamníku. Z tohoto důvodu je v zařízení vložena 9V záložní baterie, která zásobuje zařízení při krátkodobém výpadku proudu (řádově desítky minut). Během tohoto stavu přestává automaticky také fungovat podsvícení LCD displeje, které odebírá velkou část proudu.

## **2.5. Ostatní vlastnosti**

### **2.5.1. Vnitřní hodiny**

Protože na zjištění času ve kterém se mají data ukládat je zapotřebí přesného hodinového generátoru, který by si zapamatoval datum s časem i po vypnutí, použil jsem do zapojení obvod hodin reálného času. Tento obvod je nezávislý na napájení, neboť má zálohovací baterii přímo na desce s plošnými spoji.

Po předchozích zkušenostech, s obvodem hodin reálného času, který nepracoval zcela korektně, pokud se mu odpojilo primární napájení během načítání, nebo ukládání hodnot, jsem se rozhodl načítat čas pouze jednou za minutu. Počítadlo vteřin se inkrementuje programově, a pokud by mělo dojít k přetečení na další minutu, načte se čas z obvodu hodin reálného času. Ihned poté se také provádějí všechny časově závislé operace (např. testování hodin pro ukládání dat).

Nastavení počátečního času na hodinách, nebo jeho upravování se provádí přímo v menu ovládacího programu, kde si uživatel může sám nastavit všechny parametry času a data. Nastavování data a času je popsáno detailněji v kapitole 4.2.6.2.

### **2.5.2. Komunikace s uživatelem**

Samotná komunikace zařízení s uživatelem probíhá obousměrně. U modulu snímačů se může uživatel podle stavové LED diody přesvědčit o začátku měřicího cyklu (dvoj-zablikání), nebo o stavu vybití baterie (krátké probliknutí).

U modulu záznamníku je již komunikace probíhající mezi zařízením a uživatelem složitější. Uživatel je o dějích v modulu záznamníku informován pomocí dvouřádkového LCD displeje, piezoměniče a zelené LED diody umístěné vedle přípojky do PC, která blikáním signalizuje spuštěnou komunikaci. Ovládání pak zajišťuje čtyř-tlačítková klávesnice.

Na LCD displeji jsou zobrazeny všechny zprávy týkající se zařízení a pohybu v jednotlivých položkách menu. Podsvícení displeje je zapnuto jen pokud je má uživatel povolené a zařízení je napájeno z externího zdroje. V tom případě se podsvícení zapne ve chvíli, kdy uživatel stiskne libovolné tlačítko a je zapnuté ještě asi 7s poté. Pak se automaticky zhasne.

Zvukové oznamování je nastaveno uživatelem v položce menu. Ten si může vybrat celkem ze tří druhů oznamování: Vypnuté (není spuštěn žádný tón), Omezené (jsou spuštěny pouze důležitá oznámení), Zapnuté (jsou přehrávány všechny zvuky). Pro každou akci je zvolen odlišný druh tónu, nebo sledu tónů, aby bylo možné zprávy rozpoznat sluchem.

Kromě komunikace zařízení=>uživatel probíhá také komunikace opačná. Ta se provádí pomocí čtyř-tlačítkové klávesnice. Ta obsahuje tlačítka šipek, Escape a Enter. Tlačítka šipek slouží převážně pro pohyb v Menu, nebo změny vybraných hodnot. Klávesou Enter se vstupuje do jednotlivých podmenu, nebo se potvrzují hodnoty zadaných veličin. Poslední tlačítko Esc stornuje změny proměnných, pomocí něho se také opouští menu, nebo podmenu, popřípadě se dají vyvolat údaje o vlastním přístroji, nebo paměti.

Odlišnou funkci mají tlačítka jen ve dvou případech. Prvním z nich je možnost kompletního přeformátování paměti EEPROM při spuštění přístroje. Toto přehraní má vyřešit případné problémy způsobené například vypojením přístroje od napájení během zápisu, nebo slouží také k prvotnímu nahrání paměti při prvním spuštění. Přístroj však také dokáže sám rozpoznat, zda byla paměť poprvé naprogramována a pokud nebyla, provede první nahrání automaticky. Druhým případem, kdy mají tlačítka odlišnou funkci, je menu pro nastavování času a data. Jeho nastavování bude detailněji popsáno v kapitole zabývající se ovládáním programu v modulu záznamníku.

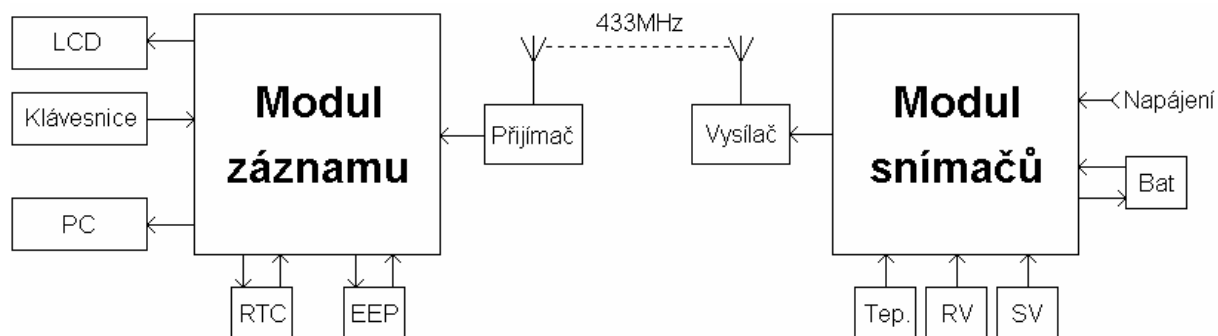
Všechny klávesy rozlišují mezi stiskem a držením, přičemž každá z těchto operací může vyvolat jinou odezvu v programu.

### **2.5.3. Přenos do PC**

Jedním z hlavních požadavků na záznamník počasí byla možnost úpravy dat a práce s nimi v počítači. Kvůli tomu je na levé straně krabičky modulu záznamníku umístěn konektor pro připojení sériového portu z PC. Samotný přenos dat je velice jednoduchý. Nejdříve musí být zařízení připojeno k počítači a spuštěn program pro zpracování dat. Na pořadí těchto dvou akcí nezáleží.

Přesun dat se spustí v menu programu v počítači. Poté se spojí zařízení s počítačem a vedle konektoru začne blikat zelená LED dioda symbolizující správné připojení k PC. Nyní si uživatel zvolí, zda chce data po stažení smazat z vnitřní paměti zařízení. Jakmile je přenos dat během několika sekund ukončen, přestane LED blikat a zařízení se vrátí k původní činnosti. V počítači probíhá automatická kontrola přijatých dat, popřípadě zpětné vyžádání zaslání dat chybných. Po ukončení přenosu se zobrazí seznam všech přenesených záznamů, které lze upravovat, popřípadě odstranit z výběru. Data je pak možno vymazat, nebo uložit do databáze v počítači.

### 3. Blokové schéma



Obr. 1 – Základní blokové schéma meteostanice

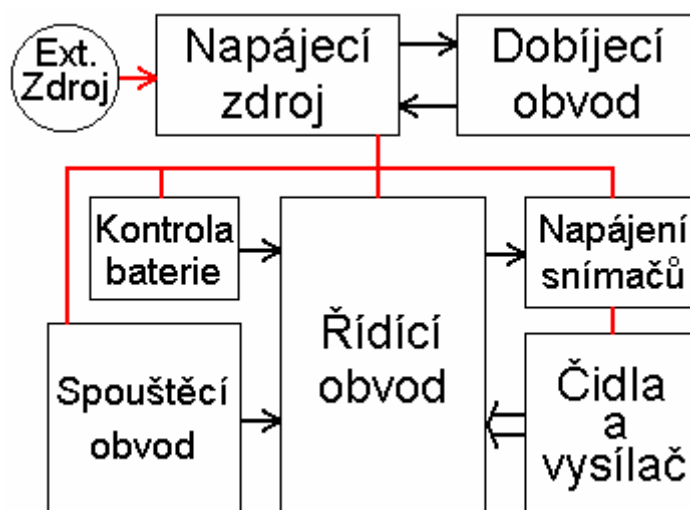
Vnitřní zapojení meteostanice je rozděleno na dvě hlavní části. Modul snímačů, který provádí měření a modul záznamníku, který provádí ukládání dat. Přenos dat mezi moduly se provádí pomocí rádiové komunikace moduly od firmy Aurel.

Na modul záznamu dále navazují pomocné obvody modulu a tři části, pomocí kterých se provádí komunikace s uživatelem a počítačem.

#### 3.1. Modul snímačů

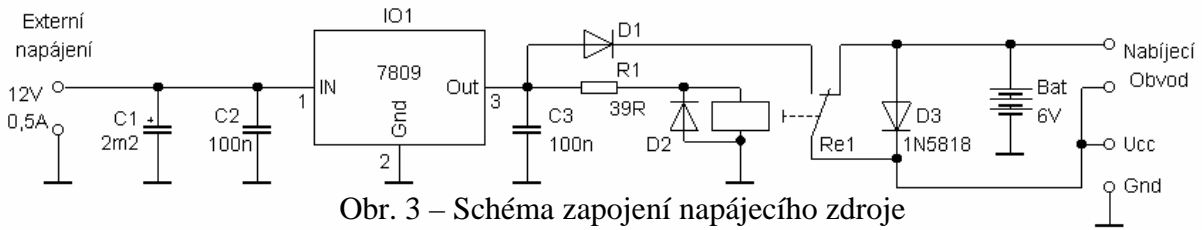
Jak již bylo řečeno modul snímačů zprostředkovává komunikaci mezi venkovními čidly a modulem záznamníku. K tomu aby byl plně soběstačný potřebuje ještě některé základní části (kontrola nabití baterie a její dobíjení, nezávislý resetovací obvod). Srdcem celého modulu je řídicí mikroprocesor 89C2051, který synchronizuje jednotlivé činnosti modulu, převádí data z čidel do číslkové podoby a provádí komunikaci s modulem záznamů.

Na následujícím blokovém schématu je zobrazen modul snímačů a jeho základní části. Těmi jsou: Resetovací a spouštěcí obvod procesoru, Napájecí zdroj, Obvod pro kontrolu vybití baterie, Obvod pro řízení dobíjení baterie, Obvod spouštějící snímače a vysílač a samotný Řídicí obvod.



Obr. 2 – Blokové zapojení modulu snímačů

### 3.1.1. Napájecí zdroj



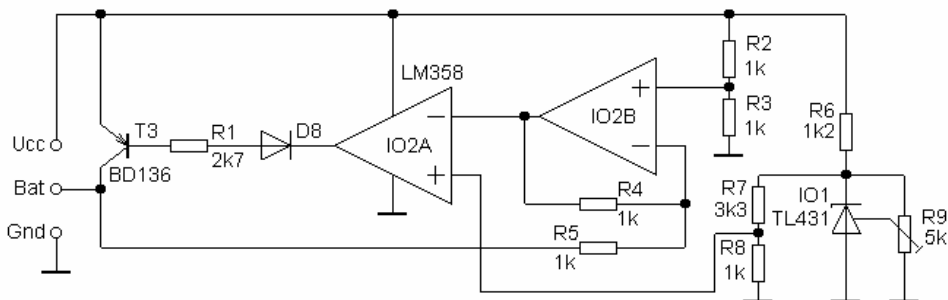
Obr. 3 – Schéma zapojení napájecího zdroje

Napájecí zdroj slouží k celkovému zásobování modulu snímačů energií. Za normálního stavu je proud odebírán z baterie přes kontakty relé, které je v klidovém stavu sepnuté. Pokud se připojí napájení z externího zdroje, objeví se na vinutí relé  $Re_1$  napětí 9V, které ho sepne. Během doby, kdy v relé není propojen ani jeden kontakt je výstupní proud odebírán z baterie přes diodu  $D_3$ , aby nedošlo ke krátkodobému výpadku napájení. Tato dioda  $D_3$  je Schottkyho dioda, pro přenos napětí s co nejmenším úbytkem, ale také pro její velkou rychlost.

Jakmile je relé sepnuto, je výstupní napětí rovno necelým 9V. Proto se dioda  $D_3$  neuplatní a z baterie není odebírán žádný proud. Pokud dojde k odpojení externího zdroje, na vinutí relé nebude žádné napětí, kontakty se vrátí do klidového stavu a zásobování energií si opět převezme na starost baterie. Během přechodu je proud odebírán opět přes diodu  $D_3$ . V zapojení je také použita dioda  $D_1$ , která zabrání tomu, aby bylo relé sepnuto díky proudu z baterie, který by tekla přes sepnuté relé a to se tak samo drželo v zapnutém stavu.

Na vstupu z externího zdroje je použit kondenzátor  $C_1$ , který má za úkol vyfiltrovat vstupní napětí. Kondenzátory  $C_2$  a  $C_3$  jsou ochrany stabilizátoru proti jeho vlastnímu rozkmitání. Odpor  $R_1$  omezuje proud do vinutí relé a dioda  $D_2$  chrání ostatní obvody v zapojení proti případnému naindukovanému napětí, vzniklému při rozepnutí relé.

### 3.1.2. Dobíjecí obvod



Obr. 4 – Schéma zapojení obvodu pro dobíjení baterie

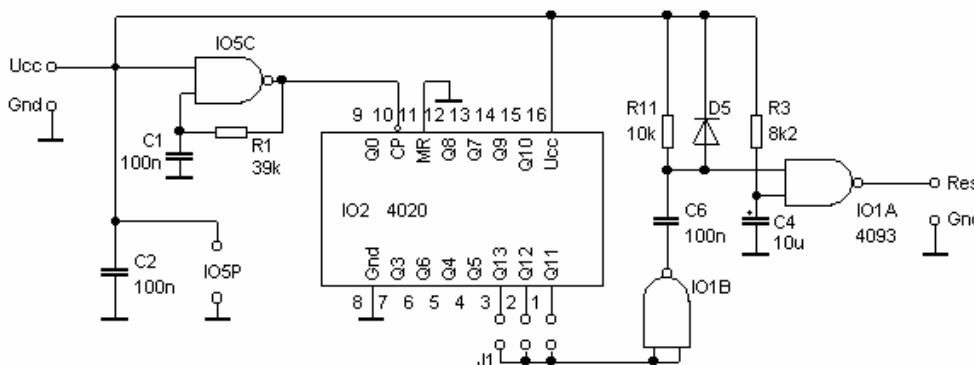
Dobíjecí obvod na tomto schématu je jakousi syntézou obvodů pro nabíjení konstantním proudem a napětím. Zařízení pracuje tak, že udržuje konstantní proud do baterie. Jakmile však napětí baterie dosáhne nastavené hodnoty (max. 7V), přestane se dobíjet konstantním proudem, a obvod dodržuje konstantní napětí, které je určeno polohou trimru  $R_9$ . Díky tomu začne nabíjecí proud postupně klesat, a nemůže dojít k přebití baterie.

Kompletní funkci tohoto zapojení řídí operační zesilovač  $IO_{2B}$ . Ten od sebe odečítá celkové napájecí napětí (9V při připojení externího zdroje, jinak napětí baterie) a napětí na baterii. Tento rozdíl je přiveden do komparátoru  $IO_{2A}$ , kde se porovnává s referenčním napětím. To je tvořeno pomocí elektronické Zenerovy diody ( $IO_1$ ) zapojené ve standardním zapojení s omezovacím rezistorem ( $R_6$ ) a trimrem nastavujícím potřebné napětí ( $R_9$ ). Protože je třeba vést ke komparátoru napětí od 2V, ale dioda dodá nejméně 2,5V, je za ní připojen dělič napětí ( $R_7$ ,  $R_8$ ). Výstupní proud komparátoru je posílen pomocí tranzistoru  $T_3$ . Maximální nabíjecí proud je přitom omezen ochrannou diodou ( $D_8$ ) a rezistorem ( $R_1$ ).

Na první pohled se může zdát nelogické, že se referenční napětí porovnává s rozdílem napětí baterie a napájecího napětí. To však má svou výhodu. Ve chvíli, kdy totiž není připojeno externí napětí je tento rozdíl vždy nulový, a tranzistor  $T_3$  je za všech okolností uzavřen. Kdyby se však testovalo pouze napětí na baterii, pak by se tento tranzistor otevřel i bez připojeného externího zdroje, pokud by napětí na baterii kleslo pod hodnotu danou referenčním napětím. Pokud tedy budeme nastavovat referenční napětí podle požadovaného dobíjecího napětí, musíme ho určit pomocí maximálního napájecího napětí podle vzorce:

$$U_{REF} = (U_{MAX} - U_{DOB}) \cdot \frac{R_7 + R_8}{R_8} = (9 - U_{DOB}) \cdot \frac{43}{10}$$

### 3.1.3. Resetovací obvod



Obr. 5 – Schéma resetovacího obvodu

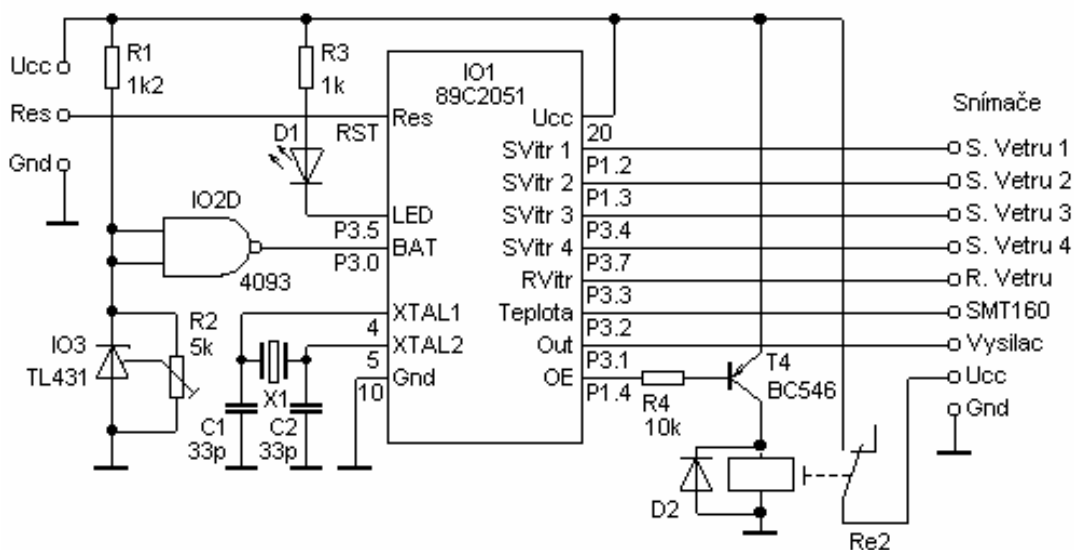
Resetovací obvod slouží dvěma účelům. Provedení resetu řídicího procesoru po připojení napájení a k časování spouštění jednotlivých měřicích cyklů. Obě tyto funkce propojuje hradlo  $IO_{1A}$ . Na jednom vstupu hradla je připojen rezistor  $R_3$  a kondenzátor  $C_4$ . Po prvním připojení napětí je kondenzátor  $C_4$  vybitý a na výstupu hradla je log. 1 po dobu, než se kondenzátor nabije. Tato doba je delší, než dva strojové cykly procesoru a proto se provede jeho reset.

Log. 1 se na výstupu hradla objeví ještě tehdy, když na výstupu hradla  $IO_{1B}$  dojde k sestupné hraně. Aby nedocházelo k resetu procesoru během celé doby, kdy je na výstupu hradla  $IO_{1B}$  log. 0, ale pouze na krátkou dobu při sestupné hraně na výstupu tohoto hradla, je za ním připojen derivační článek složený z kondenzátoru  $C_6$  a rezistoru  $R_{11}$ . Paralelně k rezistoru je také zapojena ochranná dioda  $D_5$ , která vybije kondenzátor při nástupné hraně na výstupu hradla  $IO_{1B}$ . Pokud by zde nebyla dioda použita, při nástupné hraně by byl kondenzátor nabitý na  $+U_{CC}$  a k tomuto napětí by se ještě přičetlo napětí na výstupu hradla. Ve výsledku by se s největší pravděpodobností zničilo hradlo  $IO_{1A}$ , které by na svém vstupu mělo napětí rovno téměř dvojnásobku napětí napájecího.

Hlavní časování resetu řídí třetí hradlo  $IO_{1C}$  zapojené jako astabilní multivibrátor. Rezistorem  $R_1$  a kondenzátorem  $C_1$  se nastavuje frekvence výstupního obdélníkového průběhu. Použité hradlo musí být vybaveno na vstupech Schmidtovým klopným obvodem, protože napětí na kondenzátoru není obdélníkové, ale pilové, podle toho, jak se kondenzátor nabíjí, popř. vybíjí.

Takto vytvořený signál má malou periodu, proto je přiveden na vstup děličky ( $IO_2$ ). Výstup této děličky připojený na vstup hradla  $IO_{1B}$  lze zvolit pomocí Jumperu  $J_1$ . Tím si lze vybrat mezi periodou výstupního signálu 10s, 20s, 40s, nebo při nepřipojení Jumperu úplně vyřadit obvod z činnosti. Tato perioda výstupního signálu odpovídá intervalům spouštění jednotlivých měření.

### 3.1.4. Řídící obvod, kontrola nabití baterie a napájení snímačů



Obr. 6 – Schéma zapojení řídicího mikroprocesoru

Řídící mikroprocesor je hlavní součástí zapojení. Jeho rychlost a časování řídí oscilátor složený z krystalu  $X_1$  a dvou kondenzátorů  $C_1$  a  $C_2$ . Tento oscilátor je zapojen podle standardního zapojení, které udává výrobce procesoru.

Na další vývod je připojena LED dioda  $D_1$  s omezovacím rezistorem  $R_3$ . Tato dioda slouží k indikaci stavu systému. Tyto stavy mohou být celkem dva – začátek měřicího cyklu (dvojitě zablikání) a vybitá baterie (jedno krátké bliknutí). Pomocí této diody může obsluha snadno zjistit čas, kdy je třeba baterii dobít.

Poslední vstup obvodu (mimo čidla a reset) je připojen na zapojení kontrolující stav baterie. V něm je jako napěťová reference použit obvod  $IO_3$  s rezistorem  $R_1$ . S tímto zapojením jsme se již blíže seznámili u obvodu pro dobíjení baterie. Trimrem  $R_2$  lze pohodlně nastavit napětí, při kterém se baterie rozpozná jako vybitá. Toto napětí je volitelné od 5V. Jako komparátor slouží poslední nepoužité hradlo z  $IO_2$ . Schmittův klopný obvod na vstupu hradla zajistí, že pokud dojde k překlopení do stavu signalizujícího nízké napětí baterie, posune se překlápěcí napětí na tak vysokou hodnotu, kterou lze překročit pouze připojením externího zdroje (9V). Z toho plyne, že pokud je baterie označena za vybitou, nemůže se označit zpět jako nabitá, dokud nedojde k spuštění dobíjecího cyklu. Bližší funkce zjišťování nízkého napětí je popsána v kapitole 2.3.2.

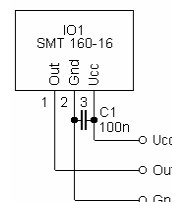
Na další výstupy procesoru jsou připojena samotná čidla, ze kterých jsou pouze čteny aktuální hodnoty měřených veličin. Napájení čidel je kvůli možnosti maximálního snížení spotřeby řešeno pomocí samostatného spínacího obvodu. Ten je zapojen pomocí relé s nízkým proudem do vinutí ( $Re_2$ ) a spínacího tranzistoru  $T_4$  s omezovacím rezistorem  $R_4$ . Zapojení je ještě doplněno ochrannou diodou  $D_2$ , která zabraňuje pronikání napěťových špiček z vinutí relé do napájení, nebo výstupu procesoru.

### 3.1.5. Snímače

Snímače slouží k převedení měřených veličin do digitální podoby. Všechna čidla jsou umístěna v modulu snímačů a jsou propojena jednou sběrnicí (viz. 2.2.4.). Jediné čidlo tlaku je uloženo v modulu záznamníku.

#### 3.1.5.1 Čidlo teploty

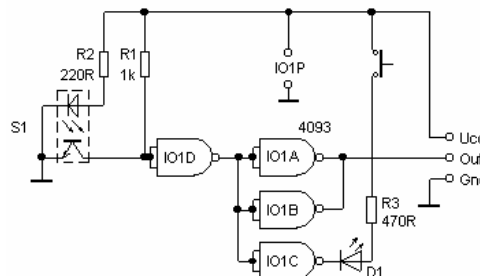
Čidlo teploty je vyrobeno z nejpřesnější verze SMT160. To převádí teplotu na změnu střídy výstupního signálu s přesností na  $0.005^{\circ}\text{C}$ . Po upravení do digitální podoby programem v řídicím procesoru se tato chyba sice zvětší, ale i tak nepřesáhne  $0.01^{\circ}\text{C}$ . V zapojení je vložen ještě kondenzátor  $C_1$ , který slouží k vyfiltrování zvlnění napájení, a měl by být připojen co nejblíže samotnému čidlu (v mém případě technologií SMT přímo na vývodech čidla).



#### 3.1.5.2 Měření rychlosti větru

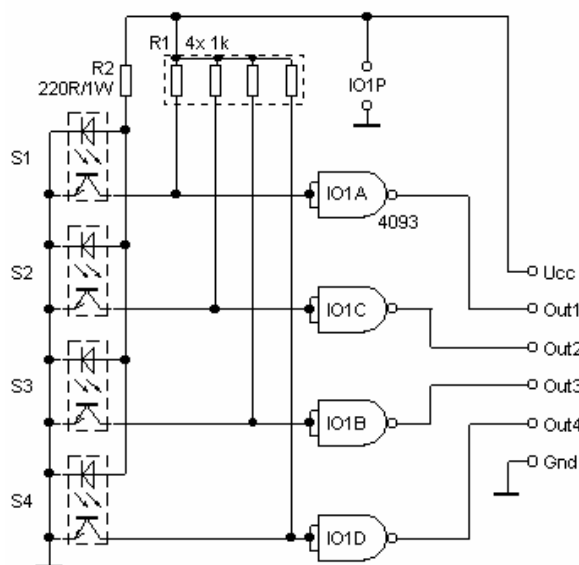
Měření rychlosti větru je provedeno pomocí optočlenu a zatemňovacího kolečka. Na tomto kolečku je umístěn větší počet drážek než jedna, díky čemuž se zvýší přesnost čidla, schopnost odečítat menší rychlosti větru a sníží se i doba samotného měření.

Samotné čidlo je tvořeno optočlenem  $S_1$ . Jeho LED dioda je napájena přes omezovací rezistor  $R_2$ . Výstupní napětí na fototranzistoru je snímáno pomocí PullUp rezistoru  $R_1$ . Toto napětí je odečítáno komparátorem  $IO_{1D}$  se Schmidovým klopným obvodem na vstupu. Výstup tohoto hradla je přes  $IO_{1C}$  zobrazen na informativní LED s omezovacím rezistorem  $R_3$ , pokud je sepnuto testovací spínač. Výstup snímače je odebírán ze dvou hradel  $IO_1$ , jelikož se tím dosáhne menšího výstupního odporu a protože v obvodu zůstalo jedno hradlo nevyužité.

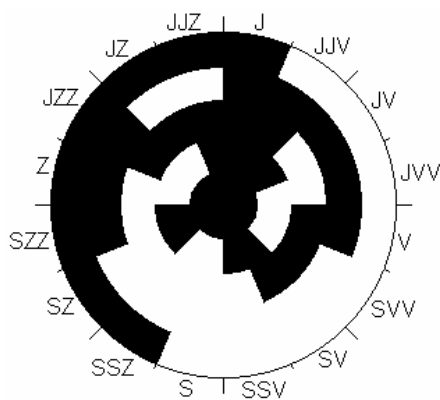


Obr. 8 – Zapojení čidla rychlosti v.

#### 3.1.5.3 Měření směru větru



Obr. 9 – Schéma čidla směru větru



Obr. 10 – Kódovací kolečko

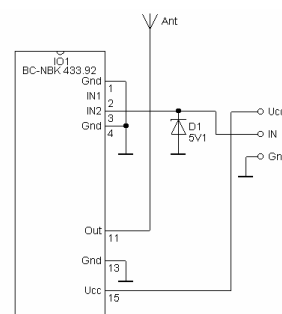


Snímač směru větru je konstrukčně velmi podobný snímači rychlosti větru. Drážkové kolečko je nahrazeno kolečkem kódovacím a počet bitů je rozšířen na 4. Omezovací rezistor  $R_2$  je nutné použít na vyšší výkon, protože jím poteče větší proud (čtyřnásobný). PullUp rezistor je nahrazen rezistorovou sítí  $R_1$ . Výstupní úrovně jsou opět převedeny pomocí hradel se Schmidtovými klopnými obvody na vstupech.

Protože při přechodech z jedné části kódového kolečka do druhého může nastat v měnícím se bitu chyba, je nutné k omezení velikosti chyby měnit co nejmenší počet bitů. Proto je kolečko vytvořeno tak, že se při každém přechodu mění pouze jeden bit. Tím se dokonale potlačí chyby měření. Výsledný kód však neodpovídá požadovanému kódu směru světových stran. Na tento kód se výstup čidla musí převést až programově, nejlépe přes tabulku.

### 3.1.5.4 Vysílač

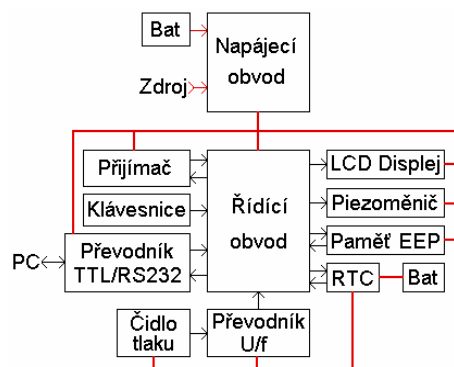
K přenosu dat je třeba použít modul vysílače od firmy Aurel ( $IO_1$ ). Tento modul má dva vstupy, přičemž na jeden z nich se připojuje vysílaný signál. Na který vstup se signál připojí rozhoduje použité napájecí napětí. Protože jeden vstup pracuje do 5V a druhý nad 5V, žádný z nich nepracuje od necelých 5V do 7V, jak jsem potřeboval, musel jsem signál připojit na vstup 5V a případné vyšší napětí zmenšit na 5V pomocí Zenerovy diody  $D_1$ . Jako její omezovací odpor je použit rezistor PullUp připojený přímo uvnitř řídicího procesoru.



Protože pro co nejlepší výsledky přenosu je třeba zaručit nejlépe vyfiltrované napájecí napětí je dobré připojit na napájení kondenzátor o velikosti desítek nF těsně k napájecím vývodům vysílače, napájecí a datové cesty vést co možná nejlustší a nejméně zalamované (ohyby  $90^\circ$  nahradit dvěma  $45^\circ$ ), protože v ostrých zlomech dochází k největšímu naindukování rušivých kmitočtů. Dále by pak měl být vysílač umístěn daleko od součástek pracujících s vyššími kmitočty (jako je například řídicí obvod) a prostor na desce plošných spojů kolem vysílače by měl být vyliť zemním spojem.

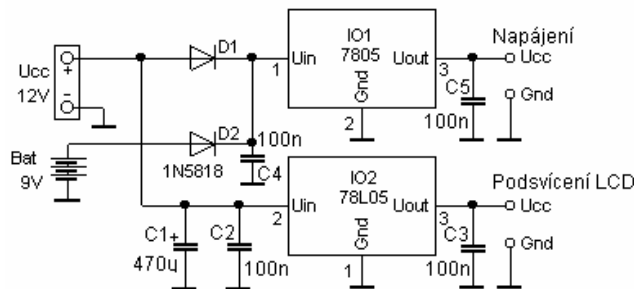
## 3.2. Modul záznamníku

Modul záznamníku slouží především k odečítání a ukládání naměřených hodnot a časů měření. Z tohoto důvodu je v něm umístěna paměť a obvod hodin reálného se svou záložní baterií. Protože se však v modulu snímačů neměří atmosférický tlak, musí zde být umístěno též čidlo tlaku se svým převodníkem. Během činnosti modulu záznamníku dochází také ke komunikaci s uživatelem prostřednictvím klávesnice, displeje, piezoměniče a počítače, se kterým je komunikováno přes převodník úrovně TTL na RS232. Napájení celého modulu je zajištěno z baterie, nebo zdroje přes napájecí obvod. K samotnému přenosu dat mezi moduly slouží přijímač a hlavní řídicí obvod, který synchronizuje a provádí potřebné operace.



Obr. 12 – Blokové schéma modulu záznamníku

### 3.2.1. Napájení



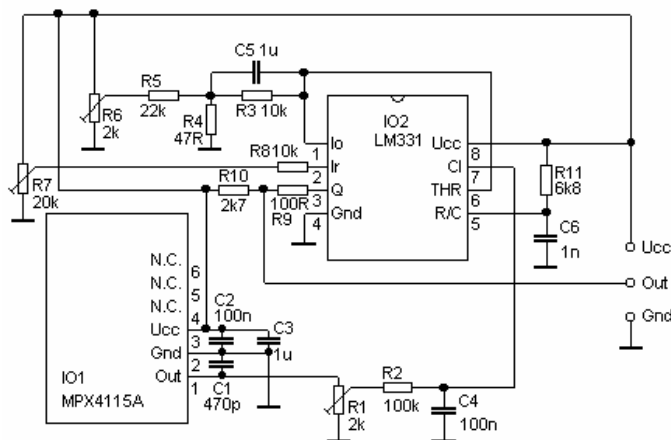
Obr. 13 – Schéma napájecího obvodu

Modul záznamníku má dva způsoby napájení. Hlavní je ze síťového adaptéru 12V/300mA. Pokud by však došlo k výpadku tohoto napájení, může zařízení krátkodobě pracovat ze záložní 9V baterie. Tato dvě napětí jsou oddělena přes diody  $D_1$  a  $D_2$ .  $D_2$  však musí být dioda s malým úbytkem, aby napájení z baterie pracovalo do co nejnižšího napětí. Výstupní napětí je odebíráno přes stabilizátory  $IO_1$  a  $IO_2$ .

Napájení samotné by mohlo být zabezpečeno pouze přes jeden jediný stabilizátor. Já jsem si však zvolil užití ještě druhého stabilizátoru pouze pro podsvícení displeje. Ten odebírá své vstupní napětí přímo ze zdroje (před diodou  $D_1$ ). Je to ten nejjednodušší způsob jak zabezpečit, aby se podsvícení mohlo rozsvítit pouze v případě, kdy se používá síťový adaptér, protože relativně velký proud do podsvícení by rychle vybil záložní baterii.

V zapojení je použit ještě kondenzátor  $C_1$ , který pomáhá lépe vyfiltrovat vstupní napětí a kondenzátory  $C_2/C_5$ , které zvyšují stabilitu samotných stabilizátorů.

### 3.2.2. Měření tlaku



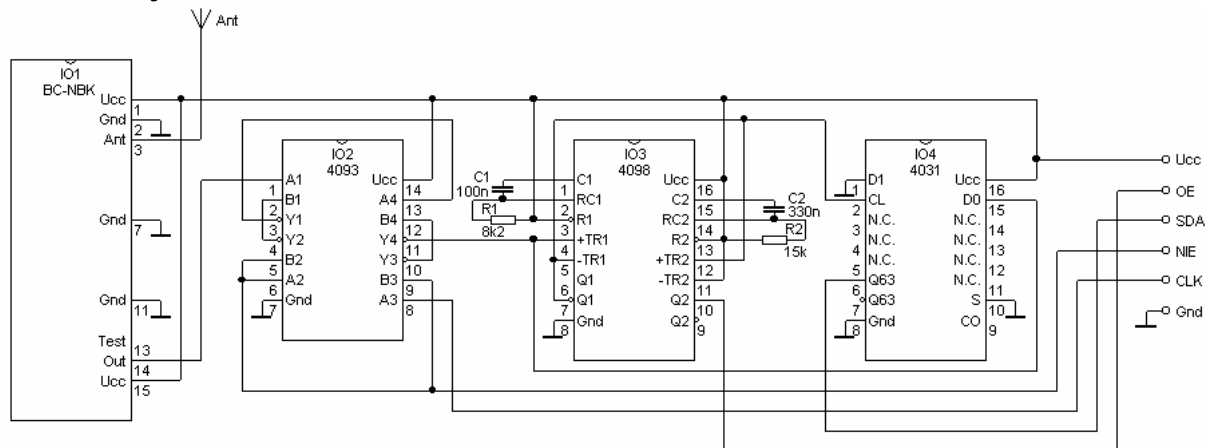
Obr. 14 – Schéma čidla a převodníku tlaku na frekvenci

K převodu tlaku na elektrickou veličinu (v tomto případě na napětí) je využit integrovaný snímač  $IO_1$  od firmy Motorola. K jeho výběru mne vedla spousta důvodů (viz. 2.2.3). Ihned na čidlo navazují kondenzátory  $C_1/C_3$ , které by měly být umístěny co možná nejbližší čidlu. Jejich hodnoty a zapojení udává výrobce v [10].

Na čidlo navazuje trimr  $R_1$ , kterým se upravuje hodnota převáděného napětí, aby byla dále zpracovatelná převodníkem. Samotný převodník je ve standardním zapojení, které udává výrobce v [11]. Kondenzátor  $C_6$  a rezistor  $R_{11}$  určují periodu výstupního signálu a trimr  $R_7$  s rezistorem  $R_8$  výstupní frekvenci mírně upravují. Rezistory  $R_3/R_6$  vyrovnávají společně s kondenzátorem  $C_5$  vstupní citlivost, aby  $0V \approx 0Hz$ . Zbylé rezistory  $R_9$  a  $R_{10}$  upravují výstupní napětí převodníku, aby logické úrovně odpovídaly úrovním v řídicím procesoru.

Protože se jedná o přesný převodník, měly by mít externí součástky co nejmenší závislost svých hodnot na čase a teplotě.

### 3.2.3. Přijímač



Obr. 15 – Zapojení přijímače signálu z modulu snímačů

Přijímače je navržen tak, aby byl schopen přijímat data nezávisle na řídicím procesoru a ten si je po celkovém získání pouze přečetl z vyrovnávací paměti, kterou tvoří obvod IO<sub>4</sub>.

Hlavní část přijímače tvoří modul pro rádiový přenos od firmy Aurel. Ten komunikuje na nosném kmitočtu 433,92MHz a určuje, zda tento kmitočet detekuje (na výstupu je log. 0), nebo pokud ho nezaznamenává (pak je na výstupu log. 1). Na vysílaci je použit vysílací modul stejného typu, takže je zaručena celková kompatibilita přenosu.

Tento modul pracuje neustále bez jakéhokoliv upravování, pouze je nutné před každým přenosem nastavit vstupní citlivost přijímače, která je snížena díky všudypřítomnému okolnímu rušení. Tohoto nastavení je dosaženo tak, že před každým přenosem je posláno 32 nástupných a sestupných hran. Při zapojování modulu přijímače je třeba dbát na stejné zásady jako u modulu vysílaci, aby nedocházelo k rušení signálu.

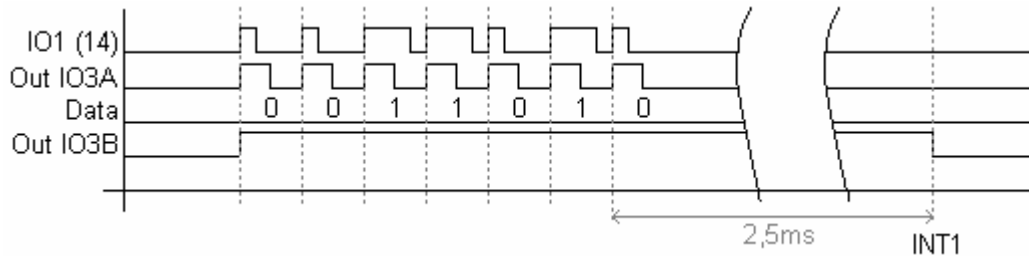
Signál získaný z modulu přijímače je přiveden na vstup obvodu IO<sub>2</sub>, který je zapojen jako dvouvstupový multiplexer ovládaný bitem NIE. Přepíná mezi dvěma režimy paměti (ukládání přijímaných dat, čtení procesorem). Podle toho, který ze vstupů je aktivní, je připojen hodinový vstup paměti buď k přijímači, nebo řídicímu procesoru.

Signál vybraný multiplexerem postupuje dále do paměti (IO<sub>4</sub>) a monostabilního časovacího klopného obvodu (IO<sub>3</sub>). Nastavení délky sepnutí klopného obvodu se provádí externím RC členem podle vzorce  $t=0,5 \cdot R \cdot C$ . IO<sub>3</sub> obsahuje celkem dva klopné obvody. První z nich je nastaven RC členem R<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> na dobu sepnutí, která je rovna polovině periody vstupního signálu generovaného na straně vysílaci (v režimu ukládání). Klopný obvod se spouští ve chvíli příchodu nástupné hrany vstupního signálu, který je modulován pulsně-šířkovou modulací. Ve chvíli, kdy se na výstupu klopného obvodu objeví sestupná hrana, je tedy vstupní signál na takové úrovni, jako signál modulovaný (viz. Obr. 16). Nyní stačí přivést výstup klopného obvodu jako hodinový signál k paměti, na její datový vstup připojit přímo vstupní signál a do paměti se nám uloží demodulovaná data. Jako tato paměť je použit obvod 4031 (sériový posuvný registr), který se v tomto připojení chová jako paměť typu FIFO.

Druhý klopný obvod je nastaven na dobu 2,5ms v módu RETRIG. To znamená, že pokud přijde na vstup klopného obvodu hrana během doby, kdy je výstup v log. 1, začíná se odpočet nastaveného času znovu. Z toho plyne, že na výstupu tohoto hradla se objeví sestupná hrana pokud po dobu 2,5ms nepříjde žádný signál. To odpovídá konci přenosu, protože čas 2,5ms je roven délce několika period vstupního signálu. Pokud se tento signál připojí na přerušovací vstup procesoru, dojde k přerušení ve chvíli, kdy budou v paměti uložena všechna přijatá data.

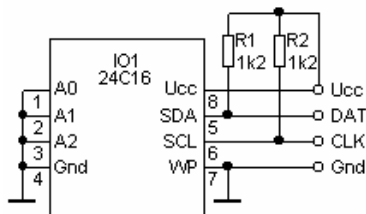
Pro co nejbezporuchovější přenos dat je zapotřebí mít co nejlepší vstupní napájení bez zvlnění. Z tohoto důvodu je nutné umístit přímo na desce plošných spojů několik SMD kondenzátorů 100nF mezi +Ucc a Gnd co nejbližže napájení všech IO.

K lepšímu pochopení dekódování signálu slouží následující diagram:

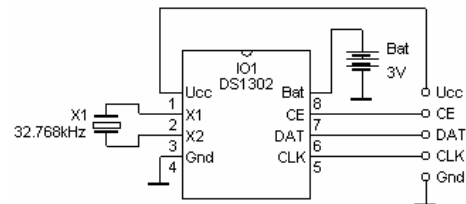


Obr. 16 – Znáznornění průběhů na některých místech přijímače

### 3.2.4. Paměť a RTC



Obr. 17 – Zapojení paměti



Obr. 18 – Zapojení obvodu hodin r. času

Pro uchovávání dat a aktuálního času je v zapojení použita paměť EEPROM a obvod hodin reálného času. V tomto případě se jedná o obvyklé zapojení těchto dvou obvodů udávaných v pramenech [1] a [9].

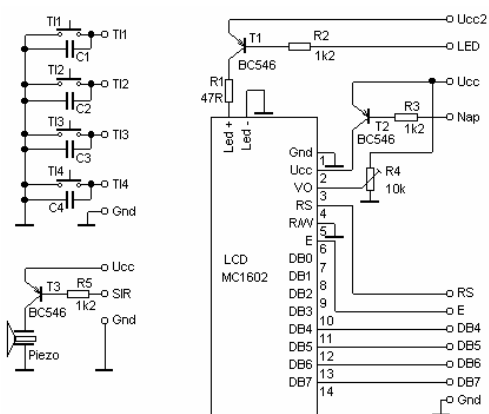
K obvodu paměti IO<sub>1</sub> (vlevo) jsou připojeny dva PullUp rezistory pro zvýšení rychlosti datové a taktovací linky. Vývody A<sub>0</sub>/A<sub>2</sub> jsou trvale připojeny na log. 0, protože v zařízení je použita pouze jedna paměť, nikoli několik pamětí na jediné datové lince. U obvodu 24C16 není sice nutné tyto vstupy připojovat, protože jsou spojeny interně, ale pro předejití případným potížím je lepší mít na nich stále určenou logickou úroveň.

Na zapojení obvodu hodin reálného času není také nic neobvyklého. Je k němu připojen taktovací krystal X<sub>1</sub> a záložní baterie Bat. Při mechanické konstrukci je třeba dbát na to, že největší přesnosti je dosaženo tehdy, kdy je krystal připevněn k desce plošných spojů, a celá plocha pod ním je vylita zemním vodičem.

### 3.2.5. Klávesnice, displej a piezoměnič

Zapojení klávesnice je podobné spíše zapojení jednotlivých tlačítek, než klávesnice. Všechna tlačítka jsou připojena proti zemi, aby bylo jejich stavy možné zachycovat na portech řídicího procesoru. K jednotlivým tlačítkům jsou ještě připojeny kondenzátory C1/C4 pro potlačení zákmitů, které by bylo velice obtížné provést programově při vzorkovaném testování tlačítek.

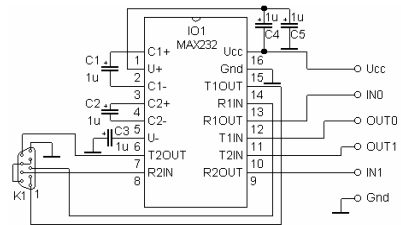
Piezoměnič je spínán tranzistorem T<sub>3</sub> přes omezovací rezistor R<sub>5</sub>. V zapojení je použit piezoměnič, nikoli piezosířena. Tím lze při mírně složitějším řídicím programu generovat pomocí procesoru libovolné tóny, nejen tón daný výrobcem.



LCD displej je zapojen také ve standardním zapojení se čtyřvodičovou sběrnicí pro úsporu vývodů procesoru. Ovládací linky jsou k procesoru připojeny přímo, signál R/W je trvale uzemněn takže se neustále do displeje zapisuje, ale nikdy se z jeho paměti nečte. Napájení displeje je řízeno přes tranzistor  $T_2$  s rezistorem  $R_3$ . Druhý tranzistor  $T_1$  s rezistorem  $R_2$  zapíná podsvícení LCD. Tomu je mírně snížen jas rezistorem  $R_1$ . Řízení kontrastu LCD je ovládáno přes víceotáčkový trimr  $R_4$ .

### 3.2.6. Propojení s PC

Propojení modulu záznamníku s PC je velmi důležité pro přenos naměřených a uložených hodnot. Nejvýhodnějším a nejbezpečnějším připojením je propojení přes libovolný sériový port. Ten je zcela ochráněn proti případnému zkratu na výstupech. Protože logické úrovně rozhraní RS232 a TTL se neshodují, je nutné použít převodník těchto úrovní. Tím je  $IO_1$  s některými externími součástkami.

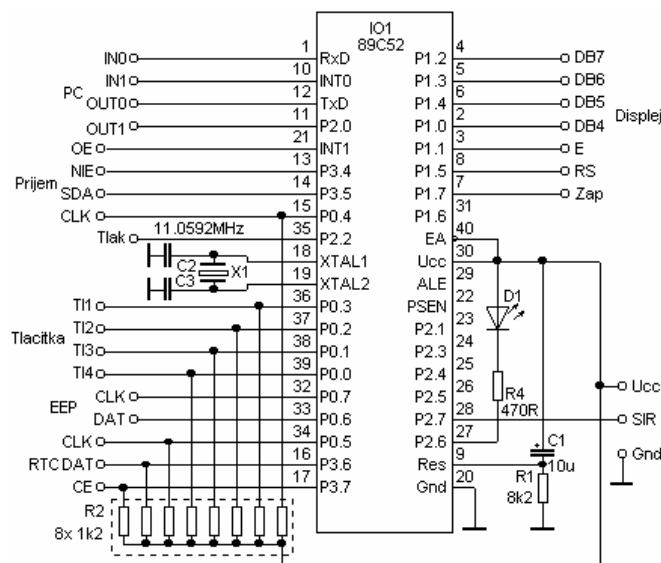


Protože  $IO_1$  potřebuje napájecí napětí  $\pm 10V$ , obsahuje obvod vlastní interní měnič z  $+5V$  na  $\pm 10V$ . K jeho správné funkci je třeba připojit na vývody IO kondenzátory  $C_1/C_5$ , které se buď podílejí na vytváření potřebného napětí, nebo jej vyhlazují.

### 3.2.7. Řídící obvod

Zapojení samotného řídicího obvodu není nijak složité. Na většinu jeho vývodů jsou připojena výše popsaná zařízení. Řídící procesor je všechny přes tyto linky ovládá, nebo získává jejich data. Jako oscilátor je k procesoru připojen krystal  $X_1$  s kondenzátory  $C_2$  a  $C_3$ , které napomáhají rozkmitání a udržování oscilátoru v chodu. Krystal by měl mít přesnou hodnotu 11,0592MHz, kvůli zajištění správné časové souvislosti při komunikaci s PC.

Dále je k procesoru připojena indikační LED dioda  $D_1$  s omezovacím rezistorem  $R_4$ , která signalizuje probíhající komunikaci mezi modulem záznamníku a PC. Jako resetovací obvod procesoru po připojení napájení slouží RC člen  $R_1$ ,  $C_1$  s hodnotami součástek udávanými výrobcem procesoru. K vývodům portu, který neobsahuje interní PullUp rezistory (P0) je připojena rezistorová síť  $R_2$ , která tyto rezistory nahradí. Při konstrukci zařízení by měl být co nejbližše napájecímu vývodu procesoru umístěn SMD kondenzátor 100nF, který potlačí špičky na napájecí sběrnicí vzniklé kmitáním oscilátoru obvodu na poměrně vysoké frekvenci.



Obr. 21 – Zapojení řídicího obvodu

## 4. Program

Hlavou celého zařízení (jak modulu snímačů tak záznamů) je řídicí procesor. Ten však sám o sobě nedělá vůbec nic. K tomu, aby začal zcela plnit svoji funkci, potřebuje řídicí program. Tento program se velice liší podle toho, ve kterém modulu se nachází. Proto jeho popis rozdělím do dvou částí.

### 4.1. Program modulu snímačů

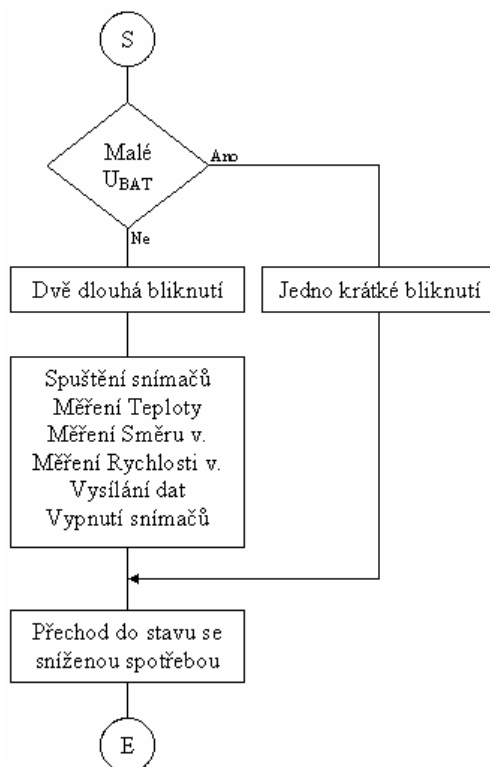
Program v modulu snímačů je smyčka, která se provádí neustále dokola. Spouští se ve chvíli resetu procesoru a končí přechodem do stavu se sníženým příkonem, při kterém se zastaví interní oscilátor řídicího procesoru a razantně se tak sníží jeho odběr.

Jak lze vidět na vývojovém diagramu programu (obr. 22), provádí se jako první věc po startu testování stavu baterie (pomineme-li základní operace, jako je např. mazání paměti). Podle toho, jaké je na baterii napětí, se rozhodne, kterou cestou se bude dál program ubírat. Pokud je baterie vybitá, dojde k jednomu krátkému (0,1s) bliknutí signalizační LED diody a zařízení ihned přejde do stavu se sníženým příkonem.

Pokud baterie není vybitá, nebo je modul napájen z externího zdroje, dojde ke dvěma dlouhým (0,5s) rozsvícením LED diody v rozestupu 0,5s, což pro uživatele znamená spuštění měřicího cyklu. Po zablikání dojde k připojení napájení na jednotlivé snímače a vysílač a posléze k jednotlivým měřením. Po každém měření se získané hodnoty přepočítají, takže vysílána jsou již data ve formátu, se kterým se pracuje na všech místech meteorostanice, následně i v PC.

Po provedení všech měření a přepočtů dojde k vyslání dat vysílačem a odpojení napájení snímačů. Poté přechází celý systém do stavu se sníženou spotřebou a vyčkává do příchodu dalšího impulsu na vstupu reset.

Protože důkladné popisování celého programu by bylo velice zdlouhavé a nepřehledné, v následujících odstavcích vysvětlím pouze ty části programu, které jsou zajímavější, nebo složitější.



Obr. 22 – Vývojový diagram programu

### 4.1.1. Měření střídy z SMT160

Kvůli co nejlepšímu změření teploty je nutné, provést co možná nejpřesnější změření střídy z SMT160. Proto jsem vymyslel tento postup, který je dle mého názoru nejpřesnější, protože maximálně využívá možnosti procesoru.

Z diagramu je patrné, že na začátku měřicího cyklu dochází k synchronizaci se vstupním signálem (měření se spustí až se sestupnou hranou signálu). Dále lze z obrázku poznat, že se ke zjištění střídy využívají oba časovače procesoru. Čítač 0 určuje délku log. 1 a čítač 1 délku celého signálu. Pokud pak tedy známe délku log. 1 a celého signálu, jednoduše určíme střídu, což je podíl těchto dvou čísel.

Čítač 0 je zapojený v módu čítání strojových cyklů s GATE (T0), na kterém je umístěn měřený signál. Vstup T0 je shodný se vstupem INT0, tudíž lze jednoduše pracovat i s přerušením procesoru. Čítač 1 počítá neustále strojové cykly bez omezení vstupem GATE.

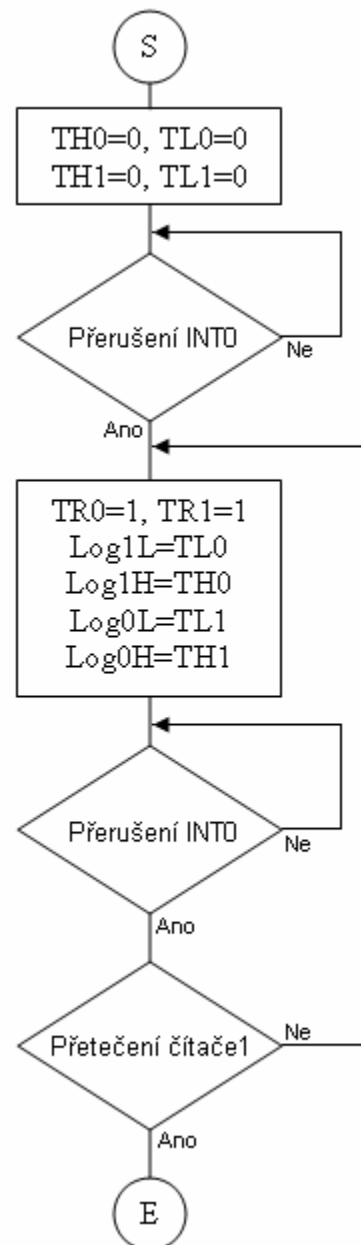
Hodnoty aktuálního stavu obou čítačů se přepisují do patřičných proměnných (Log0=celá perioda, Log1=délka log. 1) při příchodu sestupné hrany vstupního signálu, tzn. ukončení jedné z měřených period signálu. Aby se odstranily chyby vzniklé ukončením měřicího cyklu před koncem jedné periody signálu, uloží se tyto hodnoty z čítačů pouze pokud ještě nepřetekl čítač 1. Pokud se tak stalo, hodnoty se nepřepíší (pamatují se hodnoty měřené při konci poslední celé periody) a měření se ukončí.

Tento způsob měření střídy má hned čtyři kladné vlastnosti. První je, že dochází k synchronizaci měření se vstupním signálem. Druhá výhoda je, že měření je ukončeno vždy s koncem některé periody signálu. Třetí, jednou z nejdůležitějších výhod je fakt, že výsledná hodnota je vždy největší možné číslo z využitých dvou bytů čítačů, kdy se ještě započítala celá perioda. Poslední výhodou, která byla nakonec ověřena i v samotném zapojení, je nezávislost změřené hodnoty a její přesnosti na velikosti frekvence oscilátoru procesoru, tudíž možnost zvýšit kmitočet oscilátoru a zmenšit tak dobu měření bez snížení přesnosti.

### 4.1.2. Určení paritních bitů

Pro zajištění co nejvyšší bezchybnosti přenosu dat jsou data kódována v Hammingově samoopravném kódu. V něm je třeba určit ke každému přenášenému bytu čtyři paritní bity, podle kterých se na straně přijímače vyhodnotí, zda nastala při přenosu nějaká chyba a ve kterém přenášeném bitu se tak stalo.

Při určování této parity je v programu využito jedné dobré vlastnosti procesoru, a sice toho, že podle aktuální parity akumulátoru je nastaven, nebo vynulován jeden z bitů ve stavovém slovu (PSW). Podle toho, které bity jsou třeba do parity započítat, se provede jejich vymaskování funkcí AND. Pokud se pak jedná o lichou paritu těchto bitů, je bit P roven přímo této paritě a pokud se jedná o sudou paritu, stačí jej pouze negovat, abychom dostali požadovanou hodnotu.



### 4.1.3. Zpoždění v programu

V uvedeném vývojovém diagramu hlavního programu není patrné žádné použité zpoždění. Těch je ovšem v programu mnoho. Některé z nich, například v podprogramu pro displej, jsou v tam vloženy z důvodu pomalosti připojených součástek, nebo například pro dobu svitu LED diody. O těchto druhých zpoždění se zde však nebudu zmiňovat.

Za uvedení však stojí dvě zpoždění, která jsou v programu nezbytná, ale nejsou v něm umístěna z předchozích důvodů. První takové zpoždění (0,4s) se provede po spuštění napájení snímačů. Je zde z toho důvodu, aby se ignorovaly přechodové jevy vzniklé připojením čidel k napájecí sběrnici.

Druhé zpoždění, které se nachází před kontrolou stavu baterie, je sice velice krátké, ale o to větší má důležitost. Během provedení resetu procesoru dojde totiž ke krátkodobému špičkovému poklesu napájecího napětí. To je téměř nezjistitelné, ale ve chvíli, kdy se provádí test baterie ihned na začátku smyčky, se baterie jeví na několik us jako vybitá, i při jejím plném nabití.

## 4.2. Program modulu záznamníku

Program v modulu záznamníku je oproti programu v modulu snímačů velice odlišný. Samotný program se nevykonává v žádné smyčce, ale reaguje na jednotlivé podněty z okolí, nebo přerušení v závislosti na tom, v které části programu se před příchodem externího podnětu nacházel. Proto zde nebudu vypisovat žádný průběh programu, ale stručně se zmíním o akcích prováděných v přerušení, některých zajímavých nebo nestandardních částech programu a o návodu k obsluze uživatelem.

### 4.2.1. Obsahy přerušení

Řídící procesor obsahuje několik druhů přerušení a každé je v něm jinak využito, některé i na víc akcí. Externí přerušení 0 je zapojeno jako pomocná linka pro přenos hodnot a komunikaci s PC, Externí přerušení 1 přijímá data z modulu snímačů. Timer 0 je použit na dva druhy časování (odpočítávání doby do zhasnutí podsvícení LCD a odpočítávání doby jednoho tónu spuštěného z podprogramu TON). Timer 2 je užit pouze pro měření frekvence z převodníku U/F u tlakového čidla.

Nejvšestrannějším časovačem je timer 1. Ten se používá na odpočítávání všech důležitých časových intervalů programu (inkrementace vteřin, čas od poslední doby přijetí dat z modulu snímačů, odpočet doby, za kterou se provede další měření tlaku, inkrementace vteřin a provedení všech operací vázaných na reálný čas, jako je například ukládání dat do paměti EEPROM).

### 4.2.2. Generování tónu

Abych byl schopen generovat tón libovolné délky a frekvence i do budoucna, nejen pro modul záznamníku, vyvinul jsem univerzální podprogram TON. Není to nijak složitý podprogram. Jediné co dělá je to, že vydá tón o délce a frekvenci zadané pomocí DPTR podle vzorce:

$$f = \frac{10^7}{DPH \cdot 655} [\text{Hz}] \quad t = DPL \cdot 50 [\text{ms}]$$

Samotný tón je generován přímo v podprogramu, a je ukončen ve chvíli, kdy uplyne nastavený čas odpočítávaný pomocí časovače 0.



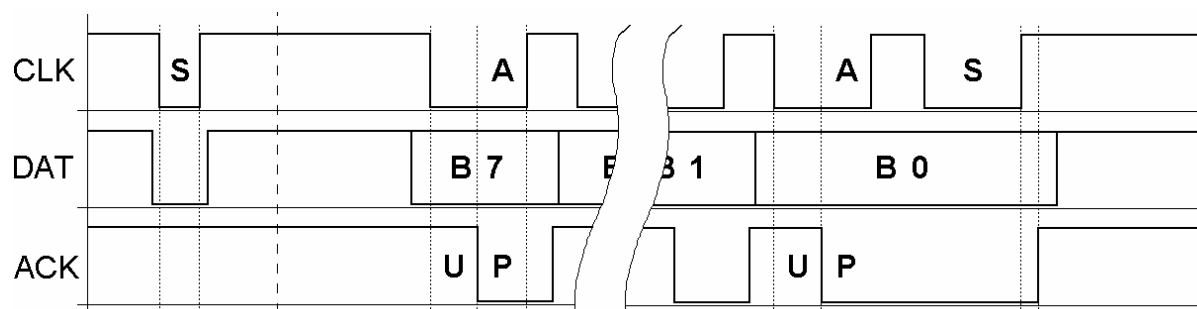
### 4.2.3. Přijímání a kontrola dat

Na samotném přijímání dat (v tomto případě načítání již přijatých dat z vyrovnávací paměti) není nic složitého. Nejprve je nutné nastavit přijímač bitem NIE na čtení a poté pomocí výstupu CLK a SDA přijímat data synchronním způsobem. Po načtení jednoho bytu dat se provede vypočtení paritních bitů stejně jako v modulu snímačů. Poté se porovnají paritní bity přijaté a vypočtené funkcí XRL a po převodu pomocí tabulky se zjistí, zda byl přenos bez chyby, nebo nastala chyba v jednom bitu (pak se určený bit opraví jeho invertováním), nebo se celý byte označí za chybný, protože při přenosu nastala více než jedna chyba, a ta už nejde pomocí jednoduchého Hammingova kódu odstranit.

### 4.2.4. Komunikace s PC

Za normálních okolností je komunikace s PC velice jednoduchá. Pouze se nastaví sériová rychlost a data se pomocí sériového kanálu automaticky odešlou, či přijmou. Protože však na mém počítači nefunguje správně sériová komunikace, ale pouze nastavování či nulování jednotlivých bitů portu samostatně (viz [3]), byl jsem nucen provádět komunikaci synchronně díky pomocným linkám portu.

Tento druh komunikace je sice pomalejší, ale za daných podmínek jsem byl nucen na něj přistoupit.



Obr. 24 – Protokol komunikace modulu záznamníku s PC

Z grafu lze vidět, že celý přenos jednoho bytu začíná jedním start bitem ( $S_1$ ). Poté se na datové lince přenášejí jednotlivé bity ( $B_7/B_0$ ). Každý bit je platný s log. 0 na hodinovém vstupu. Jakmile dojde k uložení dat (U) u příjemce, vyšle příjemce signál potvrzení přijetí jednoho bitu (P). Po akceptaci (A) potvrzovacího bitu u vysílajícího se všechny linky vrací do původních hodnot a probíhá přenos dalšího bitu. Přenos jednoho bytu dat je ukončen stop bitem ( $S_2$ ). To je normální potvrzovací bit, pouze signál potvrzení trvá dva impulsy na lince CLK.

Akce	Obsah	Původce	Poznámky
Test správného zařízení	Propojky v konektoru	PC	
Určení log. Úrovní	Podle DCD	PC	
Zaslání instrukčního bytu	1Byte dat	PC	Smazat záznamy = 0FFH
Určení počtu záznamů	1Byte dat	MZ	0-200záznamů (* 8bitů)
Uložená data z paměti	n-krát (n=počet záznamů)	MZ	
Kontrolní data		MZ	Stejná data jako první
Číslo špatných záznamů	1Byte dat	PC	0-200, 0FFH=konec přenosu
Opravné zaslání dat	2Byty dat	MZ	
Návrat zpět na číslo špatných záznamů			

Tab. 2 – Pořadí přenášených dat mezi PC a modulem záznamů

Samotný přenos jednotlivých bytů dat je zapsán v tabulce. Před každým přenosem dojde na straně PC ke kontrole připojeného zařízení podle jedinečného zapojení konektoru. Poté se provede nastavení logických úrovní, protože některé typy počítačů (zvláště některé notebooky) mají invertované výstupy portu. Poté vyšle PC instrukční byte, kterým oznámí modulu záznamníku co je třeba s daty provést, popřípadě zda po ukončení přenosu data smazat. Pak se provede načtení počtu záznamů a jednotlivých dat. Pokud byl některý ze záznamů načten chybně, vyžádá si ho PC zpětně opakovat a tudíž opravit.

Vstupy PC	Výstupy PC	Vstupy řídicího proc.	Výstupy procesoru
DSR, CTS	DTR TxD	P3.0 (RxD, IN0)	P3.1 (TxD, OUT0)  P2.0 (OUT1)
RxD, DCD	RTS	P3.2 (INT0, IN1)	
RI			
Gnd		Gnd	

Tab. 3 – Propojení vývodů propojovacího konektoru

#### 4.2.5. Způsob generování Menu

Způsob generování menu je velice prostý. Každá položka menu či podmenu má svůj blok programu, ve kterém se ve smyčce provádí několik operací. Nejdříve se zobrazí na displeji hlášení, které má být v daném menu vidět, poté se zavolá podprogram, který vyhodnotí stav klávesnice a podle toho se dále určí jak bude následně program pokračovat. Celý tento proces se neustále opakuje, je přerušen pouze přerušením, nebo akcí provedenou díky stisku některého tlačítka.

Každá položka menu má svůj vlastní podprogram s těmito operacemi. Pokud se z některé položky hlavního menu vyvolá podmenu, není to nic jiného, než že se zavolá daný podprogram obsahující ono podmenu. Pokud je podmenu opuštěno, vrací se průběh programu automaticky na místo, odkud se volalo přerušení, tzn. do vyšší položky menu.

#### 4.2.6. Obsluha uživatelem

Menu a jeho ovládání uživatelem je vytvořeno tak, aby bylo velice jednoduché, přehledné a intuitivní. Mezi jednotlivými položkami menu se pohybuje pomocí dvou tlačítek se šipkami, do podmenu se vstupuje vždy klávesou Enter a menu se opouští klávesou Esc. Změny hodnot se provádějí taktéž pomocí šipek, jejich potvrzení, nebo stornování změny opět pomocí kláves Enter a Esc.

Uživatel je o prováděných akcích také informován zvukově, přičemž je zvoleno několik druhů posloupností různých tónů, aby bylo jednotlivé operace možné rozeznat pouze sluchem, což obsluhuje velice usnadňuje orientaci v probíhajících akcích.

##### 4.2.6.1 Pohyb v Menu

Po spuštění modulu záznamů se po úvodním hlášení zobrazí hlavní obrazovka. Na ní se nachází datum (levý horní roh) a čas (pravý horní roh). na dolní straně displeje se vypíše teplota. V této chvíli se lze šipkami přesouvat mezi třemi obrazovkami. Všechny vypadají stejně, liší se pouze zobrazenou hodnotou. Na první je teplota, na druhé tlak a na třetí rychlost a směr větru. Pokud nejsou přijata žádná data, místo teploty se zobrazí pomlčky a ostatní údaje se nezobrazí vůbec. Na třetí obrazovce přitom bude vidět místo dat vykřičník. Z kterékoliv hlavní obrazovky lze stisknutím tlačítka Enter vstoupit do menu. Zde je na výběr celkem sedm položek.

První položkou jsou záznamy uložené v paměti. Při jejich otevření se zobrazí počet záznamů, číslo aktuálně vybraného záznamu a datum s časem jeho pořízení. Mezi jednotlivými záznamy se lze pohybovat šipkami, klávesou Enter zobrazit podrobnosti vybraného záznamu a držením klávesy Esc záznamy smazat. Před smazáním se však zobrazí kontrolní dotaz na potvrzení smazání záznamů, aby ke smazání dat nedošlo omylem.

Ve druhé položce menu lze změnit aktuální datum a čas a ten pak následně uložit do paměti. Změna data a času je jedinou změnou, která nelze stornovat, protože klávesa Esc se používá pro změnu hodnot dnů a hodin.

Třetí položkou je nastavení periody ukládání záznamů. Zde si lze zvolit mezi čtyřmi hodnotami. Buď lze data neukládat, nebo ukládat pouze v poledne, dvakrát denně, nebo čtyřikrát denně v rozestupech šesti hodin.

Dalším podmenu je Nastavování maximálního času nečinnosti modulu snímačů. Zde si lze zvolit interval od jedné do sedmi minut. Tento čas nám říká, jakou dobu platnosti mají data přijatá z modulu snímačů. Pokud tedy přijdou data a pak dojde k odmlčení (např. vybití baterie modulu snímačů), po nastaveném čase se zruší platnost aktuálních dat a program se chová, jako kdyby žádná data od zapnutí nepřijal.

Další tři položky menu se zabývají měřením tlaku. Nastavuje se v nich perioda měření tlaku (1/7 minut), což je doba po které se budou aktualizovat naměřené hodnoty tlaku, nastavení přesnosti měření tlaku (1/7 hodnot měření ze kterých se vypočítá průměrná hodnota) a nastavení nadmořské výšky. To lze využít pro přepočtení naměřeného tlaku na hladinu moře, popřípadě měřit absolutní atmosférický tlak (nadmořská výška je nastavena na 0 m.n.m.).

Další položkou podsvícení lze určit, zda má být podsvícení vždy vypnuto, nebo zapnuto. Kromě podsvícení lze ještě následující položkou Nastavení módu zvukových oznamování určit, zda má být piezoměnič úplně vypnutý, nebo zda má přehrávat všechna či omezená zvuková oznámení. Při nastavení omezených oznamování budou přehrávány pouze zprávy s velkou důležitostí jako je například nepřijetí signálu z modulu snímačů.

Posledními dvěma položkami v menu lze restartovat modul záznamníku, nebo zcela vymazat paměť EEPROM. Před vymazáním se však opět zobrazí výzva k potvrzení operace, aby nedošlo k vymazání dat nechtěným omylem.

#### **4.2.6.2 Změna data a času**

Všechny hodnoty, se kterými se v menu dá pracovat se mění pomocí šipek. Jedinou výjimkou je změna data a času. Pokud dochází k upravování aktuálních hodnot data a času, ovládá každé tlačítko jeden parametr podle toho, co se zrovna mění. První tlačítko tedy mění dny nebo hodiny (popřípadě dny v týdnu při držení tohoto tlačítka), druhá klávesa ovládá měsíce a minuty a třetí klávesa řídí roky a vteřiny. Klávesa Enter slouží v tomto případě k přepínání mezi datumem a časem (před vybraným je ukázána šipka). K potvrzení zadaných hodnot a opuštění upravování slouží také klávesa Enter, tentokrát však musí být držená.

#### **4.2.6.3 Speciální funkce**

Kromě hlavního menu a popsanych částí programu lze pracovat s modulem záznamů také jako jeho správce. K tomuto účelu jsou k dispozici dvě funkce, které jsou na první pohled hůř dostupné a pokud se po nich normální uživatel nepídí, tak je nenajde. První funkcí je zobrazení informací o modulu záznamníku a jeho paměti EEPROM, jako je například datum prvního použití, nebo výrobního čísla meteostanice. Do tohoto zobrazení se lze dostat z kterékoliv ze tří hlavních obrazovek pomocí držení tlačítka Esc.

Druhou funkcí je kompletní vymazání paměti EEPROM. To se provede pokud jsou ve chvíli spuštění modulu záznamníku stisknuty všechny čtyři klávesy. Touto metodou se kompletně

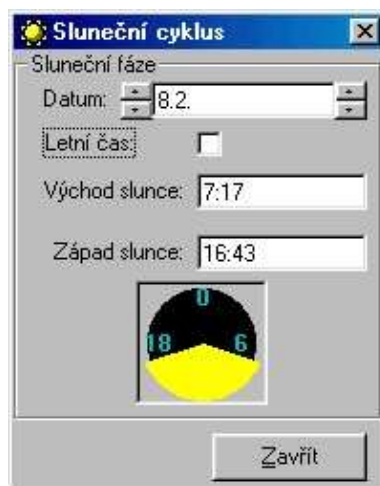
vymaže paměť a všechny hodnoty se nastaví do podoby, jaké byly dané při výrobě zařízení. Toto je však velmi radikální úprava která se provádí před spuštěním všech přerušení a inicializací (např. displeje) a proto se již nezobrazuje žádost o potvrzení mazání.

Tím, že se tato operace provede takto časně, lze snadno opravit chyby vzniklé například odpojením zařízení od napájení během ukládání dat do paměti, které způsobí „Zakousnutí“ programu ještě před možností vstupu do uživatelského menu, odkud lze také paměť naformátovat.

## 5. Ovládací program v počítači

Ovládací program v počítači nemá za úkol pouze ukládat data, ale provádět také jejich vyhodnocování jak grafické tak písemné, popřípadě umožnit i zadávání dat ručně. Po spuštění programu se uživatel dostane do hlavního okna, ve kterém má k dispozici menu a stavovou lištu. Na ní liště má zobrazené na jejím pravém okraji aktuální datum a čas a na levé straně informační kolonku, která ho informuje o právě probíhajících akcích.

V menu má uživatel na výběr hned z několika položek. V hlavní nabídce Soubor jsou to Slunce, Kalendář, Nastavení a Ukončit program. Položka Slunce má za úkol po svém spuštění informovat o stavu slunečního cyklu ve zvolený den, to znamená podle zadaného data určit čas východu a západu slunce a vše graficky přizpůsobit v náhledové kvalitě.



Po spuštění položky kalendář se otevře okno ve kterém je znázorněno aktuální datum a jsou vidět všechny dny ve vybraném měsíci. Uživatel má k dispozici dvě okénka na zadávání roku a měsíce. Pouhým kliknutím na libovolný den se tento den vybere. Pokud byla provedena nějaká změna, před uzavřením okna se objeví dotaz, zda případné změny uložit či nikoliv. Pokud uživatel vybere možnost Ano, dojde ihned ke změně systémového data na vybraný den.

Poslední zajímavou položkou v menu Soubor je Nastavení. V něm lze provádět změny týkající se parametrů samotného programu uložených v registrech Windows. Okno je rozděleno na pět záložek. Záložka Uživatel obsahuje data o uživateli programu zadávaná při instalaci a výrobní číslo programu. Ve druhé záložce Okna lze vybrat, v jakém tvaru má být hlavní okno po spuštění programu (normální, v liště, celá obrazovka). Třetí záložka Jazyk dává uživateli na výběr, v jakém jazyku chce program provozovat. Celý program je totiž uzpůsoben tak, aby pomocí jednoho textového souboru s cizojazyčnými ekvivalenty českých slov, který je uložen v adresáři s aplikací, mohl být pouhým výběrem tohoto jazyka kompletně přeložen dle textového souboru. V záložce Databáze se odehrávají veškeré úkony starající se o databáze záznamů. Po výběru libovolné databáze, nebo i všech databází, se může provést defragmentace vybraných souborů, nebo jejich oprava, byly-li tyto soubory poškozeny například chybným vypnutím. Záložka místní nastavení je specifická pro zeměpisné umístění uživatele a nastavují se v ní parametry dle kterých se pak dopočítává východ nebo západ Slunce.



## 5.1. Záznamy

Všechny záznamy jsou uloženy ve dvou typech databáze (\*.mdb). Databáze samotných záznamů je přímo název roku a jsou v něm uloženy údaje z jednoho daného roku (např. v 2004.mdb jsou data z roku 2004). Druhý typ databáze je databáze s dlouhodobými průměry, maximy a minimy. Ta je pouze jedna a jmenuje se Novy.mdb. Její název je odvozen od faktu, že se používá také jako šablona pro nové roční databáze.

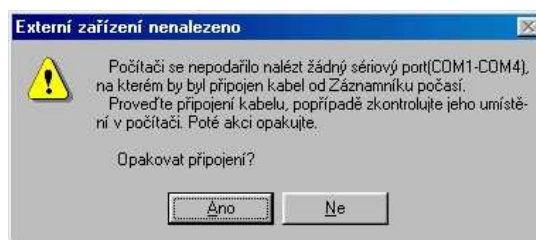
Záznamy se mohou do počítače ukládat celkem dvěma způsoby. Buď ručně, nebo z modulu záznamů. Ukládání dat z modulu záznamů probíhá přes položku menu Záznamy/Import záznamů. Pokud není zařízení připojeno, zobrazí se chybové hlášení s dotazem zda se má opakovat připojení (viz. obr. 28). Po spuštění této položky se provede dotaz, zda po stáhnutí mají být data z modulu záznamů smazána či nikoli. Po stažení záznamů se otevře okno s jejich seznamem, ve kterém je lze ještě ručně upravovat, přidávat srážky a oblačnost. Poté se záznamy kliknutím na tlačítko uložit uloží.



Druhým způsobem jak dostat záznamy do počítače je ruční zadávání. Po kliknutí na položku menu Záznamy/Seznam záznamů se otevře okno s dvěma políčky na zadání roku a měsíce. Jakmile jsou oba údaje vloženy, otevře se seznam se všemi možnými daty a časy, ve kterých mohou být, nebo jsou záznamy uloženy. Prostým poklepaním na položku, nebo tlačítko upravit záznam se otevře okno s podrobnostmi záznamu, ve kterém lze daný záznam upravovat. Pokud ještě nebyl záznam nikdy uložen, vytvoří se v databázi nová položka.

Okno se záznamem je rozděleno na několik oblastí. V hlavní části jsou uloženy tři povinné údaje o teplotě, tlaku a oblačnosti a jeden řádek pro zadávání nepovinných údajů. V další části jsou údaje o povětrnostních podmínkách (směru a rychlosti větru). V poslední oblasti jsou uloženy údaje o srážkách. Kromě typu a velikosti je zde také tlačítko na přidávání bouřky do daného dne. Po jeho stisku se vyplní parametry o zaznamenané bouři (síla, čas výskytu, srážky, vítr) a údaje se uloží. Pro jeden den může být takto uloženo libovolné množství bouřek, protože databáze bouřek a záznamů je propojena jako relační (tzn. že se bouřky na den odkazují relací, tzn. jedinečným číslem dne). Nastavené hodnoty jako je oblačnost a typ srážek se ihned projeví na obrázku vedle ukazatele oblačnosti. Kromě upravování a ukládání umožňuje tento formulář některé doplňkové operace realizované tlačítky na dolní straně okna.

Obr. 30 – Formulář pro úpravu záznamů

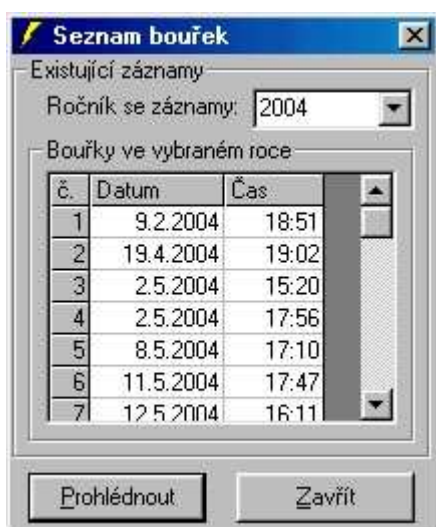


Obr. 28 – Chybové hlášení o připojení

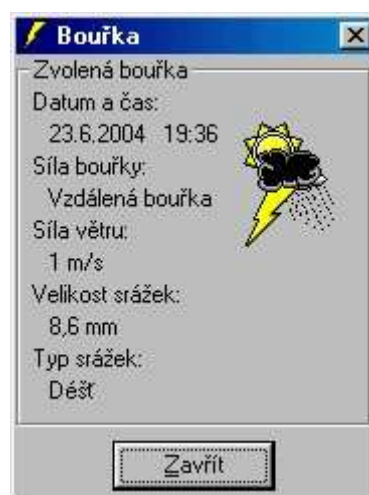
## 5.2. Prohlížení záznamů

Jak již bylo řečeno, záznamy lze prohlížet přímo ze seznamu záznamů. Kromě tohoto typu prohlížení si však lze vyvolat také dlouhodobé průměry (Záznamy/Dlouhodobé průměry), ve kterých je možno vidět podle vybraného data všechny maximální, minimální a průměrné hodnoty i s přiřazenými roky, ve kterých se maxima, nebo minima vyskytla. Tyto hodnoty lze přechít u teploty, tlaku, větru i srážek.

Mimo běžné prohlížení záznamů a prohlížení dlouhodobých průměrů umožňuje program sledovat všechny zaznamenané bouřky a to v menu Zobrazit/Bouřky. Po spuštění tohoto menu se otevře okno s výběrem roku. Jakmile je rok zvolen, otevře se v okně seznam všech bouřek zaznamenaných v daném roce i s časy a daty výskytu. Při poklepání na vybranou bouřku se o ní zobrazí podrobnosti ohledně srážek, teplot, atd.



Obr. 31 – Seznam bouřek ve vybraném roce



Obr. 32 – Podrobnosti o zvolené bouřce

## 5.3. Statistiky

Jedním z výstupů, ve kterém lze vidět souhrnný výsledek všech měření jsou statistiky otevírané v menu Zobrazit/Statistiky. V něm je na výběr ze dvou druhů statistik. Dlouhodobá statistika zpracovává úplně všechny záznamy, které kdy byly uloženy, zatímco statistika celková obsahuje souhrn záznamů pouze z vybraného období.

Oba druhy statistik zpracovávají údaje o teplotě, tlaku, srážkách a větru, přičemž celková statistika navíc zobrazuje bouřky. Obě statistiky jsou vlastně slovním shrnutím vybraných záznamů. Kromě prohlížení umožňují samozřejmě také tisk údajů z otevřené statistiky.

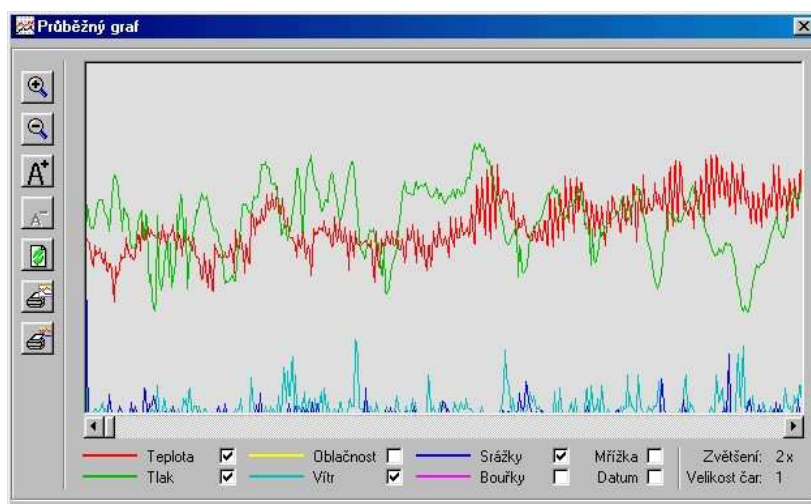


Obr. 33 – Příklad celkové statistiky

## 5.4. Grafy

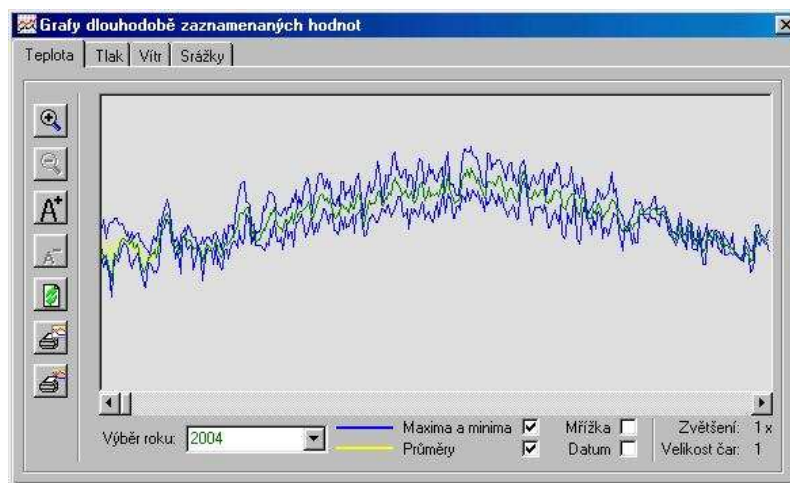
Kromě statistik, ve kterých jsou data zpracována písemně ve formě čísel, lze výstupy zobrazit také graficky pomocí grafů v menu Zobrazit/Grafy. Ty nabízejí celkem tři druhy zpracování. Graf celkový zobrazuje data, která jsou rozdělena nejen podle typu (teplota, tlak, atd.), ale i podle denní doby na půlnoční, ranní, polední, večerní a průměrný. Zobrazení každé denní doby se dá samostatně vypnout, nebo zapnout přímo v okně grafu. Zapnout či vypnout se dá také zobrazení data a mřížky k záznamům. Dále okno grafů umožňuje zvětšení či zmenšení jak výřezu na časové ose tak tloušťky čar, přímý výběr části grafu pomocí výběrového obdélníku, aktualizování okna grafu či tisk výběru, nebo celého grafu.

Druhý typ grafu, graf průběžný zobrazuje ve vybraném období záznamy uspořádané chronologicky za sebou nejen v datu, ale i v čase, protože zde jsou rozděleny pouze podle svého typu, nikoli času pořízení. V panelu pod grafem si lze zvolit, jaké druhy dat se budou zobrazovat, samozřejmě zda se bude zobrazovat i mřížka či datum. Hlavní operace s grafem jsou umožněny stejně jako u grafu celkového. To znamená, že lze graf přiblížit, oddálit, aktualizovat, upravovat tloušťku čar a tisknout výřez nebo celý graf.



Obr. 34 – Okno průběžného grafu

Poslední typ grafu je graf Dlouhodobý. V tom je zobrazen celý rok a v něm pro všechny dny maxima, minima, průměry a jeden vybraný rok určený na porovnávání s dlouhodobými hodnotami. Opět je tu možnost zobrazit si mřížku s daty a provádět stejné operace s grafem i tisk jako u předchozích dvou variant. Data jsou zde rozříděna opět podle svého typu, jako je teplota, tlak, srážky a vítr.



Obr. 35 – Okno dlouhodobého grafu

## 5.5. Doplnkové funkce programu

Kromě funkcí, které již byly zmíněny umí program v počítači ještě zobrazit animaci, předpověď a obnovit dlouhodobou databázi. Okno animace se spouští v menu Zobrazit/Animace a jednoduchým způsobem ukazuje, jak vypadal průběh hodnot teploty, tlaku a oblačnosti v zadaném intervalu. V levém horním rohu je zobrazen čas, v pravém horním rohu datum. Údaje se chronologicky posunují a zobrazují. Obloha se s denní dobou mění, mraky putují po obloze a občas se v noci rozsvítí některé okno na namalovaném domě. Tato animace je spíše hříčkou pro oddech, než aby vypovídala o nějaké věcné hodnotě, ale i tak si z ní lze docela dobře utvořit obrázek, jak vypadalo počasí tehdy a tehdy. Animaci lze v jejím průběhu pomocí kláves + a – urychlit či zpomalit, popřípadě předčasně ukončit klávesou ESC.



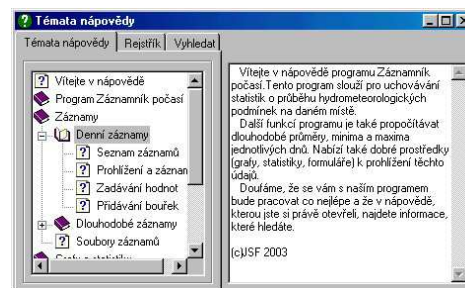
Obr. 36 – Okno Animace

Druhou funkcí je předpověď. Ta se spouští v menu Zobrazit/Předpověď. Předpověď lze spustit pouze pokud jsou uloženy kompletní záznamy z posledních třech dnů. V otevřeném okně je pak znázorněno, jak asi bude vypadat teplota, tlak a oblačnost, pokud budou pokračovat v dosavadní tendenci po dobu tří následujících dnů. První den je zobrazen podrobněji. Při předpovědi se vychází z průběhů posledních hodnot, které se doplňují do současné tendence. U dlouhodobé předpovědi je pak využíváno závislosti teploty a oblačnosti na průběhu tlaku v předchozích dnech. Všechny hodnoty je však nutné brát s dostatečnou rezervou, neboť při porovnávání pouze lokálních dat nelze dosáhnout příliš velké přesnosti.

Poslední doplňkovou funkcí je obnovení dlouhodobé databáze. V té se s postupem času pomalu zvětšují chyby vzniklé zaokrouhlováním při vkládání nových dat. Tomu se bohužel nedá zabránit, protože pro daný den se do dlouhodobých dat přidávají hodnoty jen jednou za rok a proto se v nich s postupem času nasčítají nepřesnosti. K odstranění těchto chyb slouží položka Aktualizovat dlouhodobá data v menu Záznamy. Ta začne postupně procházet všechny existující data pro předešlé roky a databázi s dlouhodobými daty vytvoří zcela nanovo. Tento proces se nedá opakovat při každém vložení záznamu, protože je poměrně dost časově náročný, proto je vložen jako samostatná funkce v menu Zobrazit.

## 5.6. Nápověda

Pro objasnění některých nejasností, vysvětlení práce s prvky programu, nebo řešení historie Záznamníku počasí je v programu umístěna přehledná nápověda, která vypadá naprosto stejně, jako nápověda Windows. Lze si v ní prohlížet jednotlivá témata, Rejstřík, nebo provádět obyčejné vyhledávání. Kromě této nápovědy lze zobrazit informace o samotném programu. To vše je možné vyvolat z položky hlavního menu Nápověda.





## 6. Závěr

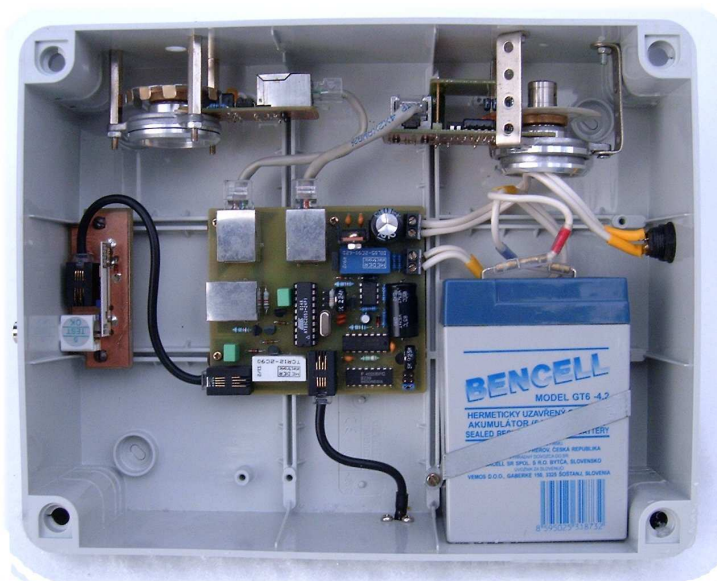
Během samotné výroby nenastaly téměř žádné větší problémy, které by nějakým zásadním způsobem ovlivnily výrobu celého zařízení. Největší problémy tvořilo snímání tlaku a odstranění dost velké závislosti frekvence převodníku na teplotě. To jsem však vyřešil použitím součástek s nižší teplotní závislostí a jejich částečné tepelné odizolování od okolního prostředí.

Při vypracovávání tohoto projektu domácí Meteostanice jsem si splnil všechny požadavky a očekávání kladená při výrobě jak na samotnou meteostanici, tak na obslužný program v počítači. Do budoucna plánuji ještě dohotovit snímač oblačnosti na kterém jsem již začal pracovat a zabudovat jej do hotové meteostanice.

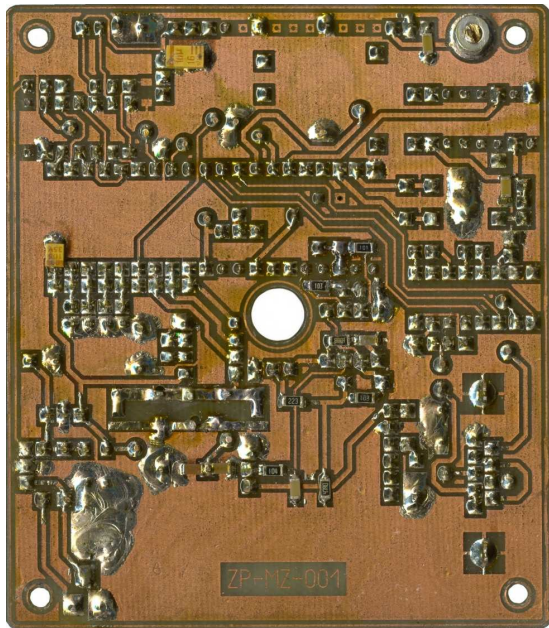
## 7. Použitá literatura

- [1] Ján Kl'účik a Vojtech Fronc, Mikrokontroléry Atmel s jádrem 8051, Ben - Technická literatura, Praha 2001
- [2] Jiří Hrbáček, Komunikace mikrokontroléru s okolím 2., Ben - Technická literatura, Praha 2002
- [3] Burkhard Kainka a Hans-Joachim Berndt, Využití rozhraní PC pod Windows, Nakladatelství HEL, Ostrava 2000
- [4] Petr Jedlička, Přehled obvodů řady CMOS 4000 1. díl, Ben - Technická literatura, Praha 1994
- [5] David Morkes, Visual Basic 6.0, Computer press 2000
- [6] Katalog GM Electronic 2004
- [7] Katalogový list SMT 160, Smartec 2002, [www.smartec.com](http://www.smartec.com)
- [8] Katalogový list TL 431, Texas instruments 1999, [www.ti.com](http://www.ti.com)
- [9] Katalogový list 24C16, Philips Electronics 2002, [www.philips.semiconductors.com](http://www.philips.semiconductors.com)
- [10] Katalogový list MPX4115A, Motorola, Inc. 2001, [www.motorola.com](http://www.motorola.com)
- [11] Katalogový list LM 331, National semiconductors corporation 1995, [www.nationalsemiconductors.com](http://www.nationalsemiconductors.com)

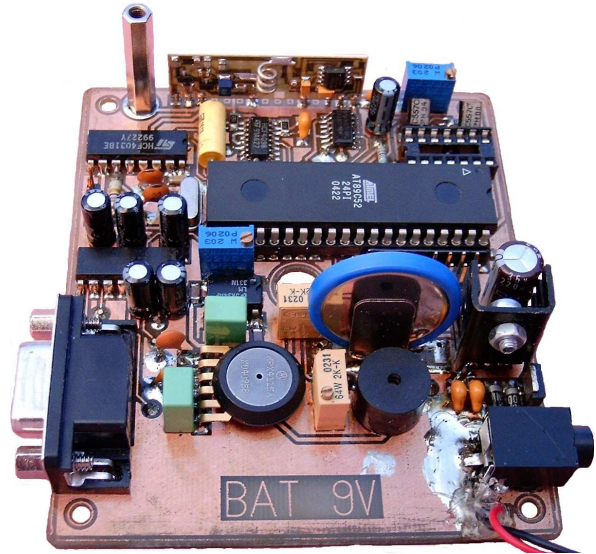
## 8. Obrazová dokumentace



Obr. 38 – Vnitřní uspořádání částí modulu snímačů



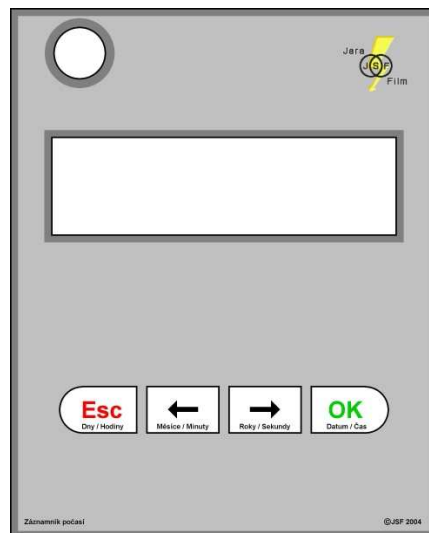
Obr. 38 – Spodní strana plošného spoje modulu záznamníku se součástkami SMD



Obr. 39 – Osazení modulu záznamníku



Obr. 40 – Úprava krabičky modulu záznamů



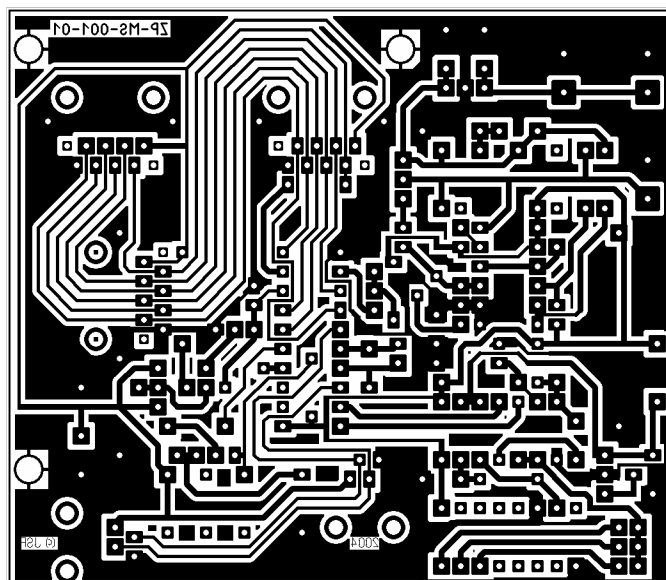
Obr. 41 – Potisk modulu záznamů



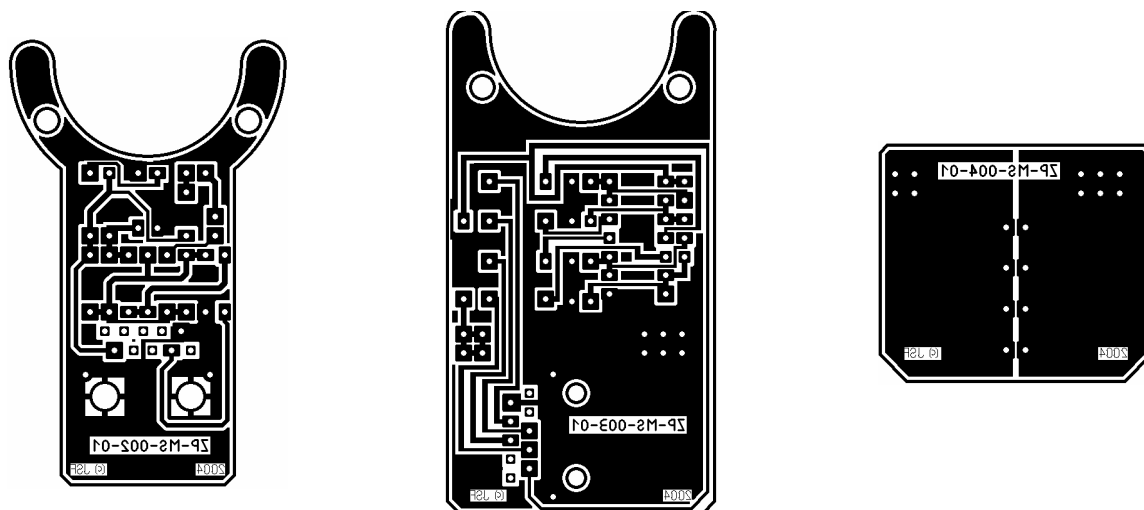
Obr. 42 - Kompletovaný modul záznamů



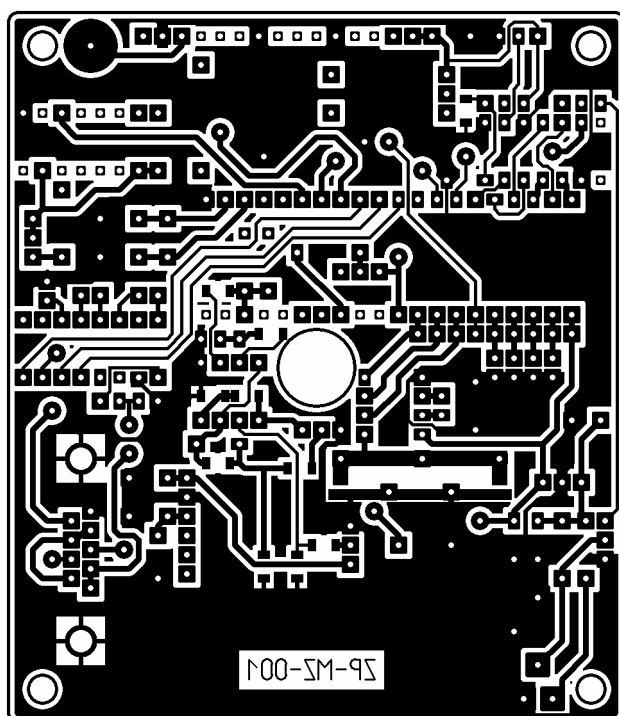
Obr. 43 – Všechny části meteostanice (zleva: Modul snímačů, Zdroj modulu záznamů, Modul záznamů a zdroj pro dobíjení modulu snímačů)



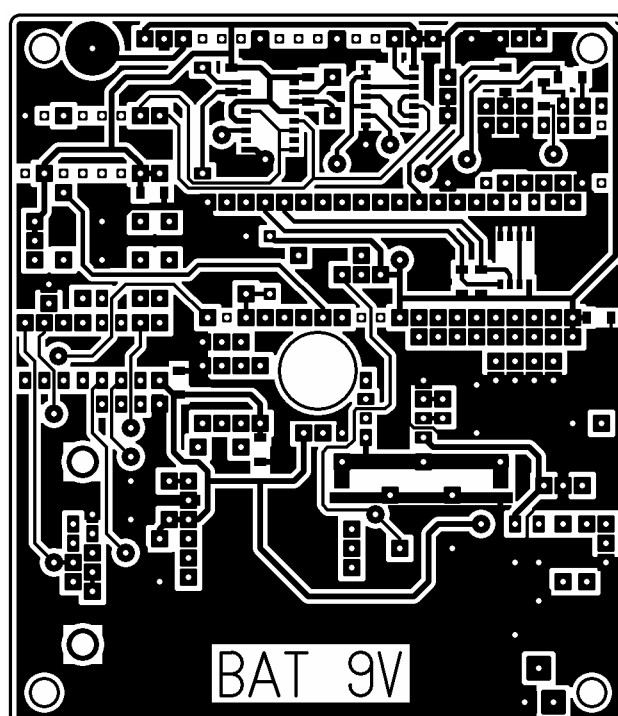
Obr. 44 – Deska plošného spoje hlavní desky modulu snímačů 88x75mm (1:1)



Obr. 45/47 – Snímače rychlosti a směru větru 36x28mm, 36x68mm a 35x31mm (1:1)



Obr. 48 – Spodní vrstva plošného spoje modulu záznamů 94x81mm (1:1)



Obr. 49 – Horní vrstva plošného spoje modulu záznamů 94x81mm (1:1)

## **Anotace**

Tato práce se zabývá problematikou měření, zaznamenávání a zpracovávání hodnot tlaku, teploty, rychlosti a směru větru.

V dokumentaci je popsán návrh a stavba elektronického zařízení (meteostanice), která slouží k získávání základních dat o počasí a jejich zpracování.

V úvodní části je popsána základní problematika týkající se stavby meteostanice - způsoby měření jednotlivých veličin, princip přenosu naměřených údajů a jejich zpracování a pomocné obvody důležité pro činnost meteostanice.

Druhá část popisuje podrobně konstrukci jednotlivých modulů stanice, jejich technické provedení a vlastnosti obslužného programového vybavení.

Třetí částí práce je popis obsluhy zařízení a nástin činnosti programu pro zpracování dat instalovaného v osobním počítači a popis funkcí tohoto programu.

Závěr práce shrnuje zkušenosti z vlastní stavby prototypu zařízení.