

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Snímač poruch s GSM modulem
Tomáš Shejbal

Bakalářská práce
2010

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš SHEJBAL**
Osobní číslo: **I07464**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu: **Snímač poruch s GSM modulem**
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je návrh a sestavení zařízení na monitoring vzduchovacího zařízení ČOV, které bude schopno detekovat poruchy a hlásit je obsluze pomocí SMS zpráv.

Teoretická část

- popis sledovaného zařízení
- možnosti zjišťování poruch na motoru (pomocí vibrací, magnetického pole, proud...)
- výběr řídicí jednotky a GSM modulu

Praktická část

- návrh zařízení pro sledování
- konstrukce zařízení
- ověření funkce

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Chmelař, Pavel Navigace robota pomocí akcelerometru a gyroskopu, 2009, bakalářská práce <http://hdl.handle.net/10195/33732>
datasheety jednotlivých čidel:
http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7455L.pdf?fpsp=1
http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7361L.pdf?pspll=1**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Rozsival
Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2010**


prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan




Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2010

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 3. 8. 2010

Tomáš Shejbal

Poděkování

Na tomto místě patří moje poděkování Ing. Pavlu Rozsivalovi, vedoucímu mé bakalářské práce. Chtěl bych zdůraznit, že nejde jen o splnění formality, ale o upřímné poděkování, protože kdykoliv jsem potřeboval s něčím poradit, nebo pomoci, vždy si na mne udělal čas a byl mi nápomocen.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za umožnění studia na vysoké škole, bez nich by tato práce nikdy nevznikla.

Anotace

Práce se zabývá návrhem monitorovacího zařízení pro sledování činnosti vzduchovacího zařízení a v případě jeho poruchy odesílá SMS zprávu obsluze ČOV. Sledování činnosti vzduchovacího zařízení se děje za pomoci snímání vibrací. V práci jsou teoreticky popsány i další možnosti snímání fyzikálních veličin.

Klíčová slova

akcelerometr, AT příkaz, čistírna odpadních vod, GSM modul, mikrokontrolér, vzduchovací zařízení

Title

Failure detection with GSM module

Annotation

Work develops monitoring machinery for detection of the air machinery activity. When the air machinery fail, the machinery will send SMS message to wastewater treatment plant service. Air machinery is monitored by scanning of vibration. Another possibility sensing of the physical values are defined in this works.

Keywords

accelerometer, AT command, wastewater treatment plant, GSM module, microcontroller, air works

Obsah

Obsah	7
Seznam zkratek	10
Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	12
1 Úvod	13
2 Popis sledovaného zařízení	14
2.1 Popis a rozdělení ČOV	14
2.1.1 O ČOV Moravany	14
2.2 Vzduchovací zařízení	15
3 Možnosti zjišťování poruch vzduchovacího zařízení	16
3.1 Indukční senzory	16
3.1.1 Indukční senzory obecně	16
3.1.2 Klešťový ampérmetr	17
3.1.3 Aplikace klešťového ampérmetru na monitorované zařízení	17
3.2 Hallův senzor	18
3.2.1 Hallovy senzory obecně	18
3.2.2 Aplikace Hallova senzoru na monitorované zařízení	19
3.3 Optoelektronické senzory	20
3.3.1 Optoelektronické senzory obecně	20
3.3.2 Inkrementální optoelektronický senzor posuvu	21
3.3.3 Aplikace inkrementálního senzoru na monitorované zařízení	22
3.4 Elektrochemické senzory a LDO senzory	22
3.4.1 Elektrochemické senzory	22
3.4.2 LDO senzory	24
3.4.3 Aplikace oxymetrů na monitorované zařízení	24
3.5 Senzory zrychlení	25
3.5.1 Senzory zrychlení obecně	25
3.5.2 Akcelerometry	26
3.5.3 Aplikace akcelerometru na monitorované zařízení	26
3.6 Porovnání vlastností senzorů	26
3.6.1 Vlastnosti indukčního snímače	27

3.6.2	Vlastnosti Hallovy sondy	27
3.6.3	Optoelektronické senzory	28
3.6.4	LDO senzory	28
3.6.5	Akcelerometry	29
3.6.6	Vybrání jednoho senzoru pro tuto práci	29
3.7	Akcelerometr MMA7455L	30
3.7.1	Princip funkce	30
3.7.2	Souhrn hlavních vlastností MMA7455L	31
3.7.3	Jednotlivé vlastnosti podrobněji	31
4	Řídící jednotka a GSM modul	34
4.1	Řídící jednotka	34
4.1.1	Výběr řídicí jednotky	34
4.1.2	Základní vlastnosti AVR mikrokontroléru ATmega8	34
4.1.3	Pouzdra mikrokontroléru ATmega8	35
4.1.4	Vnitřní uspořádání mikrokontroléru ATmega8	37
4.2	GSM modul	38
4.2.1	Stručně o GSM	38
4.2.2	Technické informace	38
4.2.3	Komunikace mezi uživateli v síti	38
4.2.4	Výběr GSM modulu	39
4.2.5	Stručně o mobilním telefonu Siemens C55	39
4.2.6	Výběr SIM karty	41
5	Návrh schéma zapojení navrhovaného zařízení	43
5.1	Napájecí blok	43
5.1.1	Výstupní stabilizované napětí +3 V	45
5.1.2	Výstupní stabilizované napětí +7 V	48
5.2	Logický blok	49
5.2.1	Akcelerometr	49
5.2.2	Mikrokontrolér	50
5.3	Blok ostatních součástek	52
6	Návrh desky plošného spoje	53
6.1	DPS při pohledu shora (vrstva top)	53
6.2	DPS při pohledu zdola (vrstva bottom)	54

6.3	Popis návrhu DPS	55
6.3.1	Lámané piny	55
6.3.2	Signalizační LED diody	55
6.3.3	Rozmístění logických obvodů	55
6.3.4	Napájecí napětí	55
6.3.5	GND	56
6.4	Prototyp DPS	56
7	Programování mikrokontroléru ATmega8.....	58
7.1	AT příkazy	58
7.2	Programování mikrokontroléru ATmega8.....	59
7.2.1	Popis vývojového diagramu hlavního programu (program.c)	61
7.2.2	Popis souboru moje_funkce.c	62
7.2.3	Popis funkcí v souboru mega.c	69
8	Závěr.....	73
	Citovaná literatura	74
	Obsah CD	76

Seznam zkratek

ALU	Arithmetic Logic Unit (aritmeticko-logická jednotka)
ASCII	American Standard Code for Information (americký standardní kód pro výměnu informací)
AVR	Označení pro 8bitové mikrokontroléry od firmy Atmel
CISC	Complex Instruction Set Computer (mikrokontroléry s velkým množstvím instrukcí)
CLK	Clock (hodinový signál)
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (technologie pro výrobu integrovaných obvodů)
CS	Cable Select
ČOV	Čistírna odpadních vod
DPS	Deska Plošného Spoje
GSM	Groupe Spécial Mobile (globální systém pro mobilní komunikaci)
I ² C	Inter-Integrated Circuit (multi-masterová počítačová sběrnice)
LDO	Luminescent Dissolved Oxygen (luminiscenční technologie pro stanovení rozpuštěného kyslíku)
MISO	Master Input Slave Output
MOSI	Master Output Slave Input
MT	Mobilní Telefon
RISC	Reduced Instruction Set Computer (mikrokontroléry s redukovanou instrukční sadou)
RX	Receiver
SAR	Specific Absorption Rate (měrný absorbovaný výkon)
SIM	Subscriber Identity (účastnická identifikační karta pro identifikaci v síti)
SMD	Surface Mount Device (součástky pro povrchovou montáž)
SMS	Short Message Service (krátká textová zpráva)
SPI	Serial Peripheral Interface (sériové periferní rozhraní)
TX	Transmitter
USART	Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 - fotografie monitorovaného vzduchovacího zařízení.....	15
Obrázek 2.1 - klešťový ampérmetr [6]	17
Obrázek 2.2 - Hallův senzor A1301 ve vývodovém a SMD provedení [8]	19
Obrázek 2.3 – inkrementální snímač TRD-GK100-RZD [9]	21
Obrázek 2.4 – oxymetr M2001-MK s řídicí jednotkou M2001-E [10]	23
Obrázek 2.5 - luminiscenční sonda firmy Hach-Lange [11]	24
Obrázek 2.6 - princip funkce kapacitního snímacího členu a jeho schéma [12]	31
Obrázek 2.7 – zapojení vývodů MMA7455L pro I ² C rozhraní [12]	32
Obrázek 2.8 – zapojení vývodů MMA7455L pro SPI rozhraní [12].....	32
Obrázek 3.1 – Atmega8 v PDIP provedení [13].....	35
Obrázek 3.2 – Atmega8 v TQFP provedení [13].....	35
Obrázek 3.3 - ATmega8 v MLF provedení [13].....	35
Obrázek 3.4 - vnitřní uspořádání mikrokontroléru ATmega8 [13]	37
Obrázek 3.5 - mobilní telefon Siemens C55.....	40
Obrázek 4.1 – návrh schéma vyvíjeného zařízení	44
Obrázek 4.2 - závislost reaktance 100nF kondenzátoru na kmitočku	45
Obrázek 4.3 - vnitřní blokové zapojení stabilizátoru HT7130-1 [16]	46
Obrázek 4.4 - závislost velikosti odebíraného proudu na čase [17]	47
Obrázek 4.5 - kontakty tlačítek klávesnice mobilního telefonu Siemens C55	51
Obrázek 4.6 - vnitřní uspořádání optočlenu PC817 [19].....	51
Obrázek 5.1 - návrh DPS - zobrazení vodivých cest (top, 1:1)	53
Obrázek 5.2 - návrh DPS – po osazení součástkami (top, 1:1)	54
Obrázek 5.3 - návrh DPS - zobrazení vodivých cest (bottom, 1:1, zrcadleno)	54
Obrázek 5.4 - návrh DPS - po osazení součástkami (bottom, 1:1, zrcadleno)	54
Obrázek 5.5 - osazená DPS z vrstvy top.....	56
Obrázek 5.6 – osazená deska z vrstvy bottom.....	56
Obrázek 6.1 - odeslání SMS přes program Hyperterminál.....	59
Obrázek 6.2 - vývojový diagram hlavního programu.....	60
Obrázek 6.3 - vývojový diagram funkce Monitoring	63
Obrázek 6.4 - naměřená data zrychlení při zapnutí vzduchovacího zařízení	65
Obrázek 6.5 - vývojový diagram funkce Test komunikace.....	66
Obrázek 6.6 - vývojový diagram funkce Zapnutí MT	67
Obrázek 6.7 - vývojový diagram funkce SMSka.....	68

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 - Shrnutí porovnávání jednotlivých senzorů.....	29
Tabulka 2.2 - nastavení citlivosti - g v registru \$16, bity GLVL [1:0] [12].....	33
Tabulka 2.3 - režimy akcelerometru v registru \$16, bity MODE [1:0] [12]	33
Tabulka 3.1 - přehled předplacených služeb jednotlivých operátorů	41
Tabulka 4.1 - závislost reaktance kondenzátoru o kapacitě 100nF na kmitočtu	45
Tabulka 4.2 - čísla křivek a jim odpovídající kapacity [17]	47
Tabulka 4.3 – popis kontaktů konektoru mobilního telefonu Siemens C55 [15]....	50
Tabulka 6.1 – seznam použitých AT příkazů v programu.....	58
Tabulka 6.2 - registr \$16 (nastavovací registr).....	63
Tabulka 6.3 - registr UCSRB.....	69
Tabulka 6.4 - registr UCSRC.....	69
Tabulka 6.5 –registr SPCR	71

1 Úvod

Cílem této práce je navrhnout a vytvořit monitorovací zařízení, které by bylo schopné sledovat činnost vzduchovacího zařízení, umístěného na Čistírně odpadních vod (dále ČOV) v Moravanech, a při jeho poruše upozornit obsluhu ČOV na tento stav SMS zprávou.

Práce se dělí na dvě části a to na část teoretickou (kapitoly 2, 3 a 4) a část praktickou (kapitoly 5, 6, 7).

Teoretická část práce se snaží popsat monitorované zařízení, výběr vhodného snímače, řídicí jednotky a GSM modulu. První kapitolou teoretické části práce je kapitola nazvaná „Popis sledovaného zařízení“. Tato kapitola se snaží objasnit, proč je vůbec potřeba vzduchovací zařízení monitorovat, jaká je jeho samotná funkce i jaká je jeho funkce z pohledu na celou ČOV. Další kapitolou teoretické části je kapitola nazvaná „Možnosti zjišťování poruch vzduchovacího zařízení“. Zabývá se popisem snímačů, kterými by se dala činnost vzduchovacího zařízení sledovat a snaží se z těchto snímačů vybrat jeden vhodný snímač pro praktickou realizaci vyvíjeného zařízení. poslední teoretická kapitola je nazvaná „Řídicí jednotka a GSM modul“. Tato kapitola v první části popisuje předpokládanou činnost řídicí jednotky, přináší konkrétní mikrokontrolér pro praktickou realizaci a popisuje ho. Druhá část se zabývá stručným popisem GSM sítě, popisem GSM modulu a také přichází s konkrétním řešením pro budoucí praktické řešení.

Praktická část se věnuje návrhu detekčního zařízení, návrhu desky plošného spoje a programování mikrokontroléru. První kapitolou praktické části je kapitola nazvaná „Návrh schéma zapojení navrhovaného zařízení“. Pojednává o návrhu schéma zapojení a zdůvodňuje jednotlivá zapojení obvodů. Další kapitola s názvem „Návrh desky plošného spoje“ pomalu začíná realizovat detekované zařízení. Popisuje se zde navrhnutá deska plošného spoje a na konci kapitoly je i zobrazena. Poslední částí praktické části a současně i této práce je kapitola nazvaná „Programování mikrokontroléru ATmega8“. Zde jsou zobrazeny vývojové diagramy programu, podle kterého plní detekční zařízení svoji činnost. Jsou zde také bohatě popsány.

2 Popis sledovaného zařízení

K popisu vzduchovacího zařízení je vhodné popsat velmi stručně činnost celé čistírny odpadních vod (dále už jen ČOV), aby bylo možné pochopit jeho důležitost a funkci v celém systému ČOV

2.1 Popis a rozdělení ČOV

ČOV zajišťuje čištění odpadních vod znečištěných lidskou činností. Čistírny mohou čistit běžné splaškové vody z domácností, nebo průmyslové vody znečištěné průmyslovou činností. Průmyslové čistírny jsou většinou součástí průmyslových podniků a platí pro ně jiná opatření, než pro běžné čistírny (rozdíl je i v používané technologii) splaškových vod, které bývají postavené v těsné blízkosti měst a obcí. Jelikož je monitorované vzduchovací zařízení, umístěné na ČOV Moravany, běžných splaškových vod, popisuje se činnost funkce čistírny tohoto typu. Následuje tedy popis ČOV Moravany (pro tuto čistírnu je sledovací zařízení vyvíjeno), s občasnými odbočkami k čistírnám obecně

2.1.1 O ČOV Moravany

ČOV Moravany je čistírna mechanicko-biologická. Odpadní voda je přiváděna hlavní stokou, na jejímž konci je umístěna vstupní ochranná část ČOV. Ta je tvořena česlemi, lapákem písku skombinovaným s lapákem tuků, a usazovací nádrží. Česle odstraní hrubé plovoucí nečistoty v odpadní vodě a lapák písku poté odstraní nejhrubější nerozpuštěné látky (jako je písek, šterk atd). Lapák tuků odděluje z vody mastnotu, která má menší hustotu než voda. Proto se drží na hladině, kde je pravidelně odebírána. Usazovací nádrž slouží k zachycení jemných nerozpuštěných nečistot, které prošly česlemi a lapákem písku.

Po průchodu ochrannou částí je na řadě biologické čištění. To se děje v biologickém reaktoru, kde se znečištění vody odstraňuje pomocí mikroorganismů nazývaných aktivovaný kal. Aktivovaný kal je velké množství mikroorganismů, hlavně bakterií, například rody: Comomonas, Pseudomonas, Flavobacterium, Cytophaga či Paracoccus, a prvoků - hlavně nálevníci. Z ostatních mikroorganismů jsou to myceliová vlákna vířníci a hlístice. Pro všechny tyto mikroorganismy jsou životně důležité odpadní vody, jako jejich potrava. Dále je pro ně důležitý kyslík. Kyslík se do vody vmíchává vzduchovacím zařízením - aeračními válci (případ ČOV Moravany), nebo probubláváním ode dna biologického reaktoru. Pokud z jakéhokoliv důvodu přestane vzduchovací zařízení fungovat, jde o čas. Na ČOV Moravany, mají mikroorganismy zásoby vzduchu na pouhé 4 hodiny. Pokud se do této doby neuvede do provozu ani rezervní aerační válec, pak mikroorganismy hynou.



Obrázek 2.1 - fotografie monitorovaného vzduchovacího zařízení

Voda z biologického reaktoru pokračuje do dosazovací nádrže, kde se odděluje aktivní kal od vyčištěné vody. Dosazovací nádrž je zpravidla kruhová Dortmundského typu. Aktivní kal má větší hustotu než voda, proto klesá na dno dosazovací nádrže, kde se odčerpává zpět do biologického reaktoru. Z dosazovací nádrže už odchází voda pryč z ČOV a její čistota dosahuje 99 %. [1] [2]

2.2 Vzduchovací zařízení

Jako vzduchovací zařízení (Obrázek 2.1) se na ČOV Moravany používá aerační válec. Kyslík vytvářejí lopatky aeračního válce rotující okolo pevné osy. Zajíždějí asi 10 cm hluboko pod hladinu vody v biologickém reaktoru a tím vodu okysličují a také jí tím dodávají rychlost. To je výhodné obzvláště v zimě za teplot pod bodem mrazu, protože pak nezamrzá hladina (pokud mrazy nepřesahují $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, pokud jsou mrazy ještě větší, pak hladina nezamrzá pouze v okolí aeračního válce).

Délka aeračního válce je 3,2 m a hodinová kapacita vyprodukovaného vzduchu je $20,9\text{ g}\cdot\text{O}_2\cdot\text{m}^{-3}$.

Aerační válec se skládá z elektromotoru, převodovky a lopatek. Elektromotor je asynchronní o otáčkách 23 Hz a jeho napájení je zajištěno z třífázové rozvodové sítě. Optimálních otáček lopatek aeračního válce se dosahuje převodovkou. Díky ní se lopatky netočí stejně rychle jako hřídel elektromotoru, ke kterému je převodovka připojena, ale v otáčkách daných převodovým poměrem.

Hnací moment mezi převodovkou a lopatkami je zajištěn systémem kladek a řemenů. Lopatky aeračního válce jsou kovové a je jich celkem 12 symetricky rozmístěných po obvodu a jsou navařeny na kovovém válcovém těle aeračního válce. [2]

3 Možnosti zjišťování poruch vzduchovacího zařízení

Tato kapitola se zabývá výběrem senzoru pro detekci poruchy vzduchovacího zařízení.

Senzor je elektronické zařízení vytvořené pro měření fyzikálních, chemických nebo biologických veličin. Libovolnou veličinu senzor převede na veličinu elektrickou a to nejčastěji na napětí, nebo proud, pro další zpracování. Sensory jsou někdy označovány též jako snímače, sondy, nebo detektory. Jejich výhodou je to, že se mohou umístit i na místa člověku jinak nedostupná, nebo dokonce člověku nebezpečná a jejich výstupy pak lze i dále zpracovávat. S pokrokem elektrotechniky se rozměry senzorů zmenšují, cena snižuje a jejich využití se neustále rozrůstá. [3]

Pro tuto práci je možné použít mnoho senzorů pro měření fyzikálních veličin, které působí přímo na vzduchovací zařízení, nebo jsou v jeho blízkém okolí, pokud je vzduchovací zařízení v provozu. Proto je nutné dobře uvážit jednotlivé možnosti detekování funkce vzduchovacího zařízení. Seznam senzorů, které lze využít pro měření fyzikálních veličin v blízkosti vzduchovacího zařízení:

1. Indukční senzory (sledují magnetické pole a indukovaný proud jednotlivých fázových vodičů),
2. Hallův senzor (sleduje magnetické pole vytvářené elektromotorem),
3. optoelektronické senzory (sledují otáčky hřídele elektromotoru),
4. elektrochemické senzory a LDO senzory (sledují obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě),
5. senzory vibrací a akcelerometry (sledují vibrace zařízení).

3.1 Indukční senzory

3.1.1 Indukční senzory obecně

Indukční senzory jsou tvořeny spojením cívky a magnetického obvodu. Magnetický tok je tvořen stálým magnetem nebo elektromagnetickým obvodem. Indukční snímače využívají indukovaného napětí na cívce, které je dáno Faradayovým zákonem elektromagnetické indukce:

$$u = -N \frac{d\Phi}{dt} [V],$$

kde u je indukované napětí na cívce,

N je počet závitů cívky,

Φ je magnetický tok,

$\frac{d\Phi}{dt}$ vyjadřuje časovou změnu magnetického toku vázaného se závitů cívky.

Z uvedeného vztahu je patrné, že pokud bude magnetické pole neměnné s časem, bude indukované napětí na cívce nulové. Proto je nutné, aby magnetické pole bylo časově

proměnné. Pak bude proměnný i magnetický tok, výsledné indukované napětí bude tím větší, čím větší bude změna magnetického toku za kratší časový okamžik. Dále je patrné, že čím víc bude závitů cívky, tím větší bude indukované napětí na cívce. [4]

3.1.2 Klešťový ampérmetr

Jedním z indukčních senzorů je klešťový ampérmetr. Také je tvořen magnetickým obvodem, na kterém je navinuta cívka – slouží jako sekundární vinutí. Magnetický obvod je rozevíratelný a po navlečení na vodič a uzavření magnetického obvodu lze měřit proud procházející vodičem bez jeho rozpojování (velká výhoda oproti běžným ampérmetrům). Vodič, který je sevřený kleštěmi ampérmetru tvoří jeden závit primárního vinutí.

Pokud je kleštěmi sevřený vodič, kterým prochází střídavý proud, pak se okolo vodiče vytváří magnetické pole. V uzavřeném magnetickém obvodu klešťového ampérmetru se začne indukovat napětí a to vyvolá střídavý magnetický tok. Změna magnetického toku vyvolá v sekundárním vinutí cívky indukované napětí dle Faradayova zákona elektromagnetické indukce.

Indukované napětí je změřeno voltmetrem a převedeno na číslicový signál, který se určitým algoritmem dále zpracovává, aby se ze změřeného napětí objevila na displeji ampérmetru hodnota proudu odpovídající hodnotě proudu procházející vodičem. Obrázek 3.1. zobrazuje jeden takový ampérmetr. [5]



Obrázek 3.1 - klešťový ampérmetr [6]

3.1.3 Aplikace klešťového ampérmetru na monitorované zařízení

Funkci monitorovaného vzduchovacího zařízení lze sledovat pomocí odebíraného proudu, který prochází od rozvaděče k vinutí statoru. Monitorovat odebíraný proud jednotlivých fázových vodičů je možné pomocí klešťového ampérmetru.

Jednotlivé fáze třífázové soustavy musí mít přibližně stejný odběr proudu, jinak by stator nevytvářel točivé magnetické pole a rotoru by chyběl točivý moment. Proudů všemi třemi fázemi musí být proto přibližně stejné. To monitorují tři klešťové ampérmetry, každý umístěný na jednom fázovém vodiči. Hodnoty proudů procházejících vodiči jsou posílány řídicí jednotce a ta vyhodnocuje, zda se některý proud z jednotlivých fází neliší, nebo jestli se proud všemi třemi fázemi nezměnil oproti bezporuchovému stavu.

Pokud se změní hodnota proudu jedné fáze oproti hodnotě proudu v bezporuchovém stavu, příslušný ampérmetr změří změněný proud a výsledek pošle řídicí jednotce. Řídicí jednotka vyhodnotí havarijní stav. Stejně by řídicí jednotka postupovala, pokud by došlo k výpadku elektrické energie. Na všech třech fázích by neprocházel žádný proud a řídicí jednotka by vyvolala havarijní stav.

3.2 Hallův senzor

3.2.1 Hallové senzory obecně

Hallův senzor je někdy též označován jako Hallova sonda nebo Hallův článek. Hallův senzor využívá Hallova jevu, což je vznik Hallova napětí na stěnách polovodičové destičky, kterou prochází proud. Na polovodičovou destičku působí magnetické pole s magnetickou indukcí a díky tomu se na protilehlých stěnách destičky hromadí kladný a záporný náboj. Pro velikost Hallova napětí platí vztah:

$$U_H = R_H \frac{I \cdot B}{c} [V],$$

kde U_H je Hallovo napětí generované na protilehlých stranách destičky,
 R_H je Hallova konstanta,
 I je proud procházející polovodičovou destičkou,
 B je magnetická indukce a c je tloušťka destičky.

Ze vztahu vyplývá, že funkce Hallova senzoru je závislá na procházejícím proudu destičkou polovodiče a na působení magnetického pole. Pokud nebude Hallův senzor umístěn v magnetickém poli, bude magnetická indukce nulová, její účinky na dráhy proudů procházející hranolem polovodiče budou stejně jako Hallovo napětí také nulové.

Pokud ovšem bude Hallův senzor umístěn uvnitř homogenního magnetického pole, pak bude Hallovo generované napětí závislé na velikosti magnetické indukce a procházejícím proudu - přímo úměrně. Magnetické pole způsobí, že bude magnetická indukce působit kolmo na jednotlivé dráhy procházejícího proudu a bude je stlačovat na jednu stranu hranolu. Tím vzniká na protilehlých stranách polovodiče rozdíl potenciálů – Hallovo napětí.

Čím bude tloušťka polovodičové destičky menší, tím bude senzor citlivější. Pokud nebude magnetické pole homogenní, pak bude velikost magnetické indukce závislá na jeho umístění v magnetickém poli. Z toho vyplývá, že Hallovo napětí generované na

protilehlých stranách hranolu bude proměnné a závislé na umístění senzoru v magnetickém poli. [3] [7]

Obrázek 3.2 zobrazuje Hallův senzor A1301 ve vývodovém provedení (rozměry 4x3 mm) a v provedení SMD (rozměry 3x2 mm). Jeden vývod slouží k přivedení napájecího napětí, druhý k uzemnění a třetí dodává měřené napětí.



Obrázek 3.2 - Hallův senzor A1301 ve vývodovém a SMD provedení [8]

3.2.2 Aplikace Hallova senzoru na monitorované zařízení

Nyní bude Hallova sonda aplikována na monitorované vzduchovací zařízení. Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, vzduchovací zařízení se skládá z elektromotoru, převodovky a rotujících lopatek. Pro uplatnění Hallova snímače lze využít právě magnetické pole elektromotoru.

Elektromotor je asynchronní, takže pokud je zapnutý, vytvoří se v něm točivé magnetické pole, vlivem působení tří magnetických polí vzájemně posunutých o 120°. Točivé magnetické pole roztáčí rotor elektromotoru. Vlivem vytvořeného točivého magnetického pole statoru, se vektor magnetické indukce otáčí spojitě, kolem dokola.

Otáčením vektoru magnetické indukce se mění směr silového působení magnetického pole a rotor elektromotoru začne vykonávat rotační pohyb do té doby, než zmizí magnetické pole vytvářené státorem. Pohyb vektoru magnetické indukce je možné detekovat Halloovým senzorem a vystupující proměnné napětí ze senzoru dále zpracovávat řídicí jednotkou.

Pokud by došlo k výpadku elektřiny z rozvodné sítě, nebo by se přerušilo napájení jiným způsobem, stator přestane vytvářet točivé magnetické pole. Tím přestane rotovat vektor magnetické indukce a současně s ním rotor elektromotoru. Generované Hallovo napětí na výstupu snímače je nulové. Řídicí jednotka tento stav zachytí a vyhodnotí jako stav poruchy.

Pokud by se přerušilo napájení pouze jedné fáze elektromotoru, magnetické pole přestává být točivé a rotor elektromotoru se přestává otáčet. Vektor magnetické indukce se také neotáčí a jeho směr závisí na superpozici vektorů magnetických indukcí zbývajících dvou magnetických polí. Výstupní napětí z Hallova senzoru je tedy nenulové, ale konstantní. To je ovšem také špatný stav, protože při bezporuchové činnosti se napětí

vlivem magnetického točivého pole stále mění. Řídící jednotka by tento stav opět vyhodnotila jako stav poruchy.

3.3 Optoelektronické senzory

3.3.1 Optoelektronické senzory obecně

Optoelektronické senzory pracují na principu změny světelného toku zachyceného detektorem (fotocitlivým prvkem) vlivem změny měřené veličiny. Měřená veličina je optoelektronickým čidlem převáděna na elektrickou veličinu a dále zpracovávána.

Je tedy zřejmé, že součástí optoelektronického čidla musí být zdroj světelného toku a detektor světelného toku. Zdroj světla může mít vlnovou délku od 1 mm (infračervené záření) až po 1 nm (ultrafialové záření). Jako zdroj světla se používá: světelná emisní dioda, polovodičový laser, luminiscenční dioda, luminiscenční kondenzátor a žárovka. Z praktického hlediska by měl mít senzor tyto vlastnosti:

- Velkou energetickou účinnost,
- velkou životnost,
- malé rozměry a hmotnost,
- činnost v širokém teplotním rozsahu,
- nízkou cenu.

Těmito vlastnostem nejlépe vyhovují polovodičové emisní LED diody a laserové diody.

Detektor musí pracovat na stejném vlnovém rozsahu, jako pracuje zdroj záření, jinak by nebyl schopen záření zdroje detekovat. Jako detektor světelného toku se využívají fotodiody, fotorezistory, fototranzistory a fotočlásky. Nejběžněji jsou díky přesnosti a nízké ceně využívány fotodiody a fototranzistory.

Podle umístění zdroje záření a fotocitlivého prvku rozlišujeme optoelektronická čidla následujících typů:

- Průchozí,
- reflexní,
- kombinované.

Průchozí čidlo

U průchozího čidla je zdroj záření umístěn v ose fotocitlivého prvku a mezi nimi je clona.

Reflexní čidlo

Reflexní čidlo má paralelní uspořádání zdroje záření a fotocitlivého prvku. Zdroj záření vysílá světelný paprsek pod úhlem 45° a jelikož se úhel odrazu rovná úhlu dopadu, odráží se opět pod úhlem 45° .

Vzdálenost, kterou mezi sebou mají zdroj záření a fotocitlivý prvek, je dána jejich vzdáleností od clony a musí být taková, aby při průchozí cloně dopadal světelný tok přesně na fotocitlivý prvek. Platí, že čím větší bude vzdálenost od clony, tím menší bude muset být mezera mezi zdrojem záření a fotocitlivým prvkem.

Pokud budeme přibližovat zdroj záření a detektor blíž k cloně, bude se mezera mezi těmito prvky zvětšovat.

Kombinované čidlo

Kombinované čidlo využívá oba již zmíněné principy. Zdroj záření, a fotocitlivý prvek, jsou umístěny paralelně, jako tomu bylo u reflexních čidel. Už zde ale není důležitá jejich vzdálenost od clony, protože jsou zde navíc dvě zrcadla, mezi nimi je clona, a ty světelný paprsek odráží pod úhlem 90° .

Po průchodu paprsku prvním zrcadlem se paprsek vychýlí o 90° , projde clonou (pokud je natočená tak, aby propouštěla paprsek) a odrazí se od druhého zrcadla znovu pod úhlem 90° , takže dopadá na fotocitlivý prvek ve stejném úhlu, v jakém byl paprsek vyslán. [4] [5] [7]

3.3.2 Inkrementální optoelektronický senzor posuvu

Jeho princip spočívá v clonění světelného toku mezi zdrojem záření a fotocitlivým prvkem. Clona může být obdélníková (pravítko), nebo kruhová (kotouč). První případ je pro detekci přímočarého posuvu, případ druhý pro detekci rotačního posuvu. V obou případech jsou však v cloně pravidelně rozdělena místa, která jsou pro světelný tok průchozí, nebo neprůchozí.

Posun clony vyvolává přerušování světelného svazku. Fotocitlivý detektor reaguje na dopady světla a převádí světelnou energii na energii elektrickou. Je patrné, že posuny clony charakterizují na fotocitlivém snímači dva stavy a to: světlo – tma. Fotocitlivý snímač při dopadu záření generuje elektrické napětí (úroveň logické jedničky). Při zaclonění snímače clonou snímač napětí žádné negeneruje (úroveň logické nuly). [7]



Obrázek 3.3 – inkrementální snímač TRD-GK100-RZD [9]

Obrázek 3.3 zobrazuje inkrementální optoelektronický snímač. Jeho konstrukce je přímo určena k namontování na hřídel elektromotoru. Jelikož má elektromotor také hřídel, jsou k němu dodávány spojky různých velikostí, aby bylo možné tento snímač použít.

3.3.3 Aplikace inkrementálního senzoru na monitorované zařízení

Jako zdroj světelného záření je možné využít polovodičovou emisní LED diodu, která je upevněná k elektromotoru aeračního válce. Clona (kotoučová) je umístěná na hřídeli elektromotoru mezi krytem elektromotoru a krytem převodovky.

Rotor motoru se otáčí otáčkami 23 Hz. Je jasné, že když se otáčí rotor, otáčí se současně i hřídel elektromotoru. Tím je zajištěn pohyb clony. Světelný tok je v závislosti na otáčkách neustále přerušován a snímám fotocitlivým prvkem – fotodiodou umístěnou u konstrukce převodovky aeračního válce v ose se zdrojem záření. Přerušovaný světelný tok je při dopadu na fotodiodu přeměňován na elektrické impulzy, které se čítají v řídicí jednotce.

Pro měření otáček elektromotoru stačí, pokud bude v cloně jeden průchozí otvor pro světelný tok. Tím je zajištěno, že jeden impuls generovaný na fotodiodě, vlivem ozáření fotodiody světelným paprskem, odpovídá jedné otáčce elektromotoru.

Elektromotor se při stálých otáčkách bez poruchy otočí 23 krát za sekundu. To tedy vyvolá 23 přerušování světelného toku a tudíž 23 impulzů. Tyto impulzy řídicí jednotka po dobu jedné sekundy načítá a vyhodnocuje tím činnost vzduchovacího zařízení.

Pokud vzduchovací zařízení stojí, pak nepřijde žádný impuls (pokud se nezastaví hřídel elektromotoru tak, aby byl otvor clony umístěn v ose, mezi vysílačem a přijímačem světelného toku). To se ovšem dá také vyhodnotit jako chyba a řídicí jednotka by vyhlásila havarijní stav.

3.4 Elektrochemické senzory a LDO senzory

3.4.1 Elektrochemické senzory

Elektrochemické senzory měří koncentraci dané látky v analyzovaném vzorku. Pracují na principu elektrochemické reakce.

Elektrochemická reakce nastává na některé z elektrod, které jsou ponořené do elektrolytu. Nastává na třech fázových rozhraních a to:

- Mezi analyzovanou kapalinou, nebo plynem,
- kovovou elektrodou,
- elektrolytem v tekuté, nebo tuhé fázi.

U elektrod dochází k odevzdávání, nebo přijímání elektronů. Pokud je elektroda ponořena do elektrolytu, který obsahuje ionty kovu, ze kterého je elektroda vytvořena, pak mezi elektrodou a elektrolytem vzniká elektrický potenciál, který je závislý na koncentraci iontů v elektrolytu.

Je-li elektroda z neušlechtilého kovu, kationty pronikají do elektrolytu a na elektrodě vzniká kladný potenciál oproti elektrolytu.

Pokud je však elektroda z ušlechtilého kovu, pak se část kationtů z elektrolytu vyloučí na povrch elektrody. Podle vyhodnocování potenciálu elektrody rozlišujeme dvě existující metody a to:

- Potenciometrii,
- ampérometrii.

Potenciometrie je založena na principu bezproudového měření rozdílového potenciálu mezi měřicí a srovnávací elektrodou.

Ampérometrie je založena na měření proudu, který prochází elektrolytem mezi dvěma elektrodami, ponořenými do roztoku elektrolytu.

Pro měření rozpuštěného kyslíku ve vodě (takovéto senzory se označují jako oxymetry) lze využít právě elektrochemických senzorů.

Mají ovšem dost nevýhod a to především postupný rozklad anody a spotřebu elektrolytu během provozu. To zapříčiňuje chyby měření. Ty jsou ovšem odstranitelné pravidelnou výměnou elektrolytu, membrány a kalibrací. [3] [10]



Obrázek 3.4 – oxymetr M2001-MK s řídicí jednotkou M2001-E [10]

Obrázek 3.4 zobrazuje chemický oxymetr a řídicí jednotku. Tento oxymetr je i s řídicí jednotkou na ČOV Moravany již delší dobu využíván pro měření rozpuštěného kyslíku ve vodě biologického reaktoru.

3.4.2 LDO senzory

LDO je zkratka z anglického luminescent dissolved oxygen (přeloženo: luminiscenční technologie pro stanovení rozpuštěného kyslíku)

Senzor pracuje na principu luminiscence fosforu. Koncentrace kyslíku se získává fyzikálním měřením času. Vhodnou kombinací luminoforu a vlnové délky budícího světla je doba trvání luminiscence závislá na koncentraci kyslíku obsaženého v kapalině.

Senzor pracující na takovémto principu se skládá z budícího zdroje světla, které vyvolává luminiscenci, referenčního zdroje světla, fotocitlivého prvku (nejčastěji fotodiody) a elektronické vyhodnocovací jednotky. Senzor je neustále kalibrován referenčním zdrojem světla vyslaným před každým měřením.

Obrázek 3.5 zobrazuje rozmístění LED diod v sondě. Červená LED dioda slouží jako referenční zdroj světla, modrá jako měřicí.



Obrázek 3.5 - luminiscenční sonda firmy Hach-Lange [11]

Princip LDO sond je výhodnější, než měření elektrochemickými senzory, protože odpadá nutnost doplňování elektrolytu a kalibrace, je přesnější a při měření nespotřebovává kyslík v okolí senzoru. [11]

3.4.3 Aplikace oxymetrů na monitorované zařízení

Oxymetry lze pro detekci činnosti vzduchovacího zařízení využít velmi jednoduše - stačí je ponořit přímo do kapaliny v biologickém reaktoru a měřit hodnotu rozpuštěného kyslíku. Hodnoty kyslíku jsou následně posílány do řídicí jednotky, kde se vyhodnocuje množství rozpuštěného kyslíku. Pokud vzduchovací zařízení přestane fungovat, kyslík rozpuštěný v biologickém reaktoru po určité době začne klesat. Tento pokles řídicí jednotka zachytí a vyhodnotí jako havarijní stav.

Tato metoda je ovšem z praktického hlediska nevhodná. Proč, je popsáno dále.

První důvod je, že se o poklesu kyslíku v biologickém reaktoru řídicí jednotka dozví se zpožděním, protože ve velkém množství vody se kyslík drží ještě nějakou dobu. Tím má obsluha méně času na reakci.

Druhým důvodem je zanášení sondy nerozpuštěnými tělesy, které prošli ochrannou částí ČOV až do biologického reaktoru. K sondě se potom dostává minimum vzduchu a řídicí jednotka vyhodnotí havarijní stav, ačkoliv hodnota rozpuštěného vzduchu v biologickém reaktoru může být na normálních hodnotách.

3.5 Senzory zrychlení

3.5.1 Senzory zrychlení obecně

Senzory zrychlení se také často nazývají jako senzory vibrací. Vibrace jsou mechanická kmitání, což je časová změna polohy vybraného bodu tělesa vzhledem k referenčnímu bodu.

Snímače zrychlení můžeme rozdělit podle konstrukce na snímače:

- Relativní,
- absolutní.

Relativní snímač zrychlení určuje polohu k pevnému referenčnímu bodu. Absolutní snímač má referenční bod vytvořen přímo uvnitř senzoru. Podle fyzikálního principu můžeme rozdělit snímače zrychlení na čidla:

- Odporová,
- indukčnostní,
- magnetoelastická,
- kapacitní,
- piezoelektrická,
- fotoelektrická,
- světlovaná,
- fluidiková,
- a další.

Nejzajímavějšími snímači zrychlení jsou však akcelerometry. [3] [7]

3.5.2 Akcelerometry

Akcelerometry se díky miniaturizaci elektroniky zmenšují a v současné době se dokonce vyrábějí jako integrované obvody, což má celou řadu výhod. Výhody jsou následující:

- Malé rozměry,
- malá hmotnost,
- velká citlivost,
- malý odběr,
- nízká cena.

Ta dělá integrované akcelerometry přístupné do všech možných odvětví lidské činnosti.

Akcelerometry nejen že dovedou měřit zrychlení, ale dovedou měřit i náklon na jednotlivých osách. Také dovedou měřit volný pád, což je výhodné třeba u harddisků (než dopadne na zem, tak se stihnou oddálit čtecí hlavičky od kotoučků s daty a tím se zabrání jejich poškození). [3] [4] [7]

3.5.3 Aplikace akcelerometru na monitorované zařízení

Akcelerometr pro detekci činnosti vzduchovacího zařízení lze uplatnit velmi jednoduše. Pokud je aerační válec v činnosti, celá jeho konstrukce se klepe. Vibrace vytváří jak motor, tak převodovka a lopatky aeračního válce.

Pokud se akcelerometr umístí na konstrukci aeračního válce, bude akcelerometr snímat vibrace, a předávat je řídicí jednotce k dalšímu zpracování.

Pokud však dojde k zastavení činnosti aeračního válce, aerační válec bude spojitě přecházet do klidového stavu a vibrace budou také spojitě zanikat. Akcelerometr bude tuto změnu snímat a předávat řídicí jednotce, která vyhodnotí havarijný stav.

3.6 Porovnání vlastností senzorů

Následující porovnávání jednotlivých senzorů je vztahováno k vhodnosti využití pro detekci činnosti vzduchovacího zařízení pro tuto práci. Na některé vlastnosti senzorů jsou tedy kladeny jiné nároky, a je na ně nahlíženo jinak, než by se na ně nahlíželo v jiné problematice.

Jelikož je důležité, zda vzduchovací zařízení funguje, nebo nefunguje, není příliš důležitá přesnost snímače. Z hlediska detekce činnosti je jedno, jestli zpracovaná data ze senzoru řídicí jednotkou vyjdou s přesností $\pm 10\%$ nebo $\pm 1\%$. Podstatné je, že se z dat dá určit, zda je aerační válec funkční, či nikoliv. Stejně nároky jsou kladeny na odezvu senzoru při zahájení činnosti, nebo při ukončení činnosti aeračního válce.

Pokud se skokem změní stav činnosti, ze stavu činnosti, do stavu nečinnosti (nebo naopak), nemusí daný senzor reagovat v jednotkách milisekund, ale bohatě postačí jednotky sekund.

Je důležité si uvědomit, že obsluha ČOV má určitou pracovní dobu a pokud je vyhodnocen havarijní stav třeba uprostřed noci, chvíli jí potrvá, než se obsluha dostane na ČOV a poruchu odstraní. Čas, než se obsluha dostane z bydliště na ČOV, je několikanásobně delší, než ušetřená sekunda na detekci činnosti.

Vlastnosti, které nás zajímají z hlediska využití k snímání činnosti vzduchovacího zařízení:

- Citlivost na snímanou fyzikální veličinu,
- hystereze snímače,
- závislost na parazitních vlivech (vibrace, magnetická pole, atd.),
- závislost na klimatických podmínkách,
- údržba snímače,
- zatížení měřeného objektu,
- zásah do konstrukce měřeného objektu,
- složitost osazení snímačů měřeného objektu,
- potřeba napájení,
- rozměry,
- cena.

3.6.1 Vlastnosti indukčního snímače

Jako indukční snímač je použit klešťový ampérmetr. Jeho citlivost na fyzikální snímanou veličinu (magnetické pole) je výborná, stejně tak hystereze. Na parazitních vlivech a klimatických podmínkách je závislý minimálně. Údržba u něho není potřebná, pouze jednou za rok je vhodné vyměnit baterie. Snímač nezatěžuje měřený objekt, ani nezasahuje do jeho konstrukce. Ke své činnosti vyžaduje napájení. Osazení do měřeného objektu není složité, jen připadá na každý fázový vodič jeden kus klešťového ampérmetru. Celkem je tedy potřeba tří kusů, což je při jejich rozměrech (desítky centimetrů) a ceně (od 500 Kč do několika tisíc Kč) velká nevýhoda, protože se všechny tyto nevýhody musí vynásobit třikrát.

3.6.2 Vlastnosti Hallovy sondy

Hallova sonda snímá magnetickou indukci a její citlivost na ni je výborná, stejně jako hystereze. Závislost na parazitních jevech se neuplatňuje, stejně tak závislost na klimatických podmínkách. Je bezúdržbová. Se zásahem do měřeného objektu je to složitější. Záleží, kam se sonda umístí. Pokud vně elektromotoru, pak do konstrukce nezasahuje, ale magnetická indukce vně elektromotoru je nižší. Naopak pokud se umístí uvnitř elektromotoru (pokud to konstrukce elektromotoru umožňuje), pak zde zásah do konstrukce je, ale pouze nepatrný. Její rozměry jsou malé, zpravidla jednotky milimetrů. Složitost osazení snímače také závisí na umístění. Pokud je umístěn uvnitř elektromotoru,

pak je její umístění složitější, protože sonda potřebuje i napájení (nutné vyřešení přívodu vodičů), než pokud je vně – to je naopak složitost minimální. Cena za Hallův snímač se pohybuje v řádu desítek Kč.

3.6.3 Optoelektronické senzory

Optoelektronické senzory jsou hodně citlivé na snímanou fyzikální veličinu (světelný tok). Ovšem jejich hystereze je větší než u předešlých dvou senzorů.

Pokud by se náhle změnila činnost aeračního válce ze zapnutého stavu do vypnutého, optoelektronickému senzoru by chvíli trvalo, než by detekoval nefunkční stav a to proto, že je umístěn na hřídeli elektromotoru mezi elektromotorem a převodovkou aeračního válce. Rotor elektromotoru se vlivem setrvačné síly ještě nějakou určitou dobu otáčí – to je důvod hystereze optoelektronického senzoru.

Optoelektronický senzor je závislý na parazitních vlivech (zejména na vibracích) a také na klimatických podmínkách (hlavně na sněhu a dešti, protože sníh a déšť mohou částečně, nebo úplně zakrýt fotocitlivý prvek). Údržba u optických senzorů je důležitá. Jde o udržování viditelnosti mezi LED diodou a fotodiodou. Zásah do konstrukce měřeného objektu zde je zapříčiněn kotoučovou clonou navlečenou na hřídeli elektromotoru. Složitost osazení měřeného objektu snímači je zde také větší, než u jiných uvažovaných senzorů a to proto, že LED dioda, fotodioda a okénka kotoučové clony musí být v ose tak, aby paprsku nestálo nic v cestě. Senzor je závislý na napájení. Konkrétně inkrementální snímač má rozměry v desítkách centimetrů a jeho cena se pohybuje v řádech tisíců Kč.

3.6.4 LDO senzory

LDO senzory snímají rozpuštěný kyslík ve vodě a jejich citlivost je výborná. Hystereze je z hlediska monitorování činnosti vzduchovacího zařízení ale obrovská. Je to díky tomu, že určitou dobu trvá, než se projeví úbytek kyslíku, který je zapříčiněn poruchou vzduchovacího zařízení. LDO senzory jsou silně závislé na parazitních vlivech (zanášení senzoru nerozpuštěnými látkami, které se nacházejí v biologickém reaktoru), o něco méně jsou závislé na klimatických podmínkách. Na klimatických podmínkách jsou LDO senzory závislé proto, že neměří pouze kyslík vytvořený vzduchovacím zařízením, ale i kyslík způsobený deštěm. Ten například v létě při prudkém lijáku může produkovat kyslík srovnatelného objemu, jako vzduchovací zařízení. Pokud by se tedy v této době vzduchovací zařízení porouchalo, sonda by na to vůbec nezareagovala, protože rozpuštěného kyslíku ve vodě by byl dostatek. Údržba snímače je jednou z dalších nevýhod. Snímač musí být stále čistý, jakmile se ucpe nerozpuštěnými látkami, které se pohybují v biologickém reaktoru, bude indikovat nulový stav rozpuštěného kyslíku ve vodě. Tím vznikají zbytečné falešné poplachy. Zásah do konstrukce měřeného objektu však odpadá. Sonda potřebuje napájení. Její rozměry jsou desítky centimetrů a cena v řádech tisíců Kč.

3.6.5 Akcelerometry

Citlivost akcelometru v integrovaném obvodu na snímanou fyzikální veličinu (vibrace) je výborná. Hysterezi trpí stejně jako optoelektronický senzor. To znamená, že pokud dojde k poruše, snímá akcelerometr vibrace rotujícího aeračního válce, který se dotáčí vlivem své vlastní setrvačné síly. Závislý na parazitních vlivech není, stejně tak na klimatických podmínkách. Údržba snímače není potřeba. Zatížení měřeného objektu a zásah do jeho konstrukce také není. Složitost osazení měřeného objektu snímačem je velmi jednoduchá. Stačí připevnit na povrch měřeného objektu. Senzor potřebuje napájení. Jeho rozměry jsou v jednotkách milimetrů až centimetrů a cena se pohybuje v rozmezí desítek až stovek Kč.

3.6.6 Vybrání jednoho senzoru pro tuto práci

Tabulka 3.1 - Shrnutí porovnávání jednotlivých senzorů

	Klešťový ampérmetr	Hallova sonda	Optoel. senzor	LDO senzor	Akcelerometr
citlivost	výborná	dobrá	výborná	dobrá	výborný
hystereze¹	1	1	3	5	3
závislost na parazit. vlivech	ne	ne	ano	ne	ne
závislost na klimat. pod.	ano	ne	ano	ano	ne
údržba¹	2	1	3	5	1
zatížení MO	ne	ne	ne	ne	ne
zásah do konstrukce MO	ne	ano	ano	ne	ne
složitost aplikace na MO¹	2	5	5	1	1
potřeba napájení	ano	ano	ano	ano	ano
rozměry	cm	mm	cm	cm	mm
cena [Kč]	tisíce	desítky	desítky – stovky	tisíce	desítky - stovky
+ celkem	6	8	2	4	9
- celkem	5	3	9	7	2

Nejlépe z tohoto srovnání vyšel akcelerometr (9 plusů a 2 mínusy) a Hallův senzor (8 plusů na 3 mínusy). Akcelerometr však oproti Hallovu senzoru má tu výhodu, že se může umístit na konstrukci aeračního válce v podstatě kamkoliv, protože všude budou vibrace dostatečně silné, aby řídicí jednotka rozeznala stav činnosti od stavu, kdy bude aerační válec v klidu.

¹ 1 – nejlepší, 5 - nejhorší

3.7 Akcelerometr MMA7455L

Z nabídky akcelerometrů se svými vlastnostmi pro tuto práci jeví jako nejlepší akcelerometr MMA7361L, nebo MMA7455L od firmy Freescale Semiconductor. MMA7455L má na rozdíl od MMA7361L digitální výstup. Digitální výstup je žádoucí pro další zpracovávání dat, které se provádí řídicí jednotkou. Proto byl pro tuto práci vybrán MMA7455L.

MMA7455L je 14 -ti vývodový kapacitní akcelerometr o rozměrech 3 mm x 5 mm x 1 mm. Akcelerometr měří posunutí ve všech třech osách (x, y, z) a umožňuje zvolit mezi třemi úrovněmi citlivosti. Pouzdro akcelometru je vyrobeno z takových materiálů, aby bylo odolné vůči prostředí. K činnosti potřebuje napájení v rozmezí 2,4 – 3,6 V a provozní teplotu mezi -40 - +85 °C.

Jako každý integrovaný obvod, je i tento akcelerometr náchylný na statickou elektřinu. Elektrický náboj přesahující hodnotu 2000 V ho může nevratně poškodit. Náboje o nižší hodnotě než 2000 V by obvod poškodit neměly, protože akcelerometr má v sobě zabudovanou ochranu proti statické elektřině od 0 – 2000 V.

Akcelerometr dále obsahuje kmitočtový filtr typu dolní propust, obvody pro teplotní kompenzaci, detekci volného pádu a spánkový režim. Ten je výhodný zejména pokud akcelometr napájíme z baterie. [12]

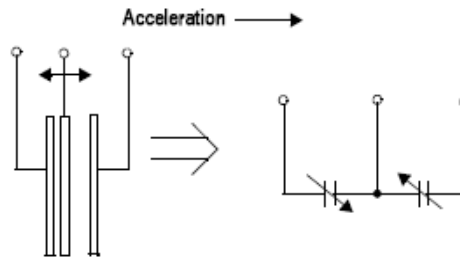
3.7.1 Princip funkce

Akcelerometr se skládá z kapacitních snímacích členů a obvodů na další zpracování snímaného signálu. Každý snímací člen je hermeticky uzavřený membránou. Snímací členy jsou vyrobeny z polovodičového materiálu, ke kterému je přichycena sada nosníků. Ty jsou připojené na pohyblivý nosník, ke kterému je připojena pohyblivá elektroda kondenzátoru. Pohyblivá elektroda je z obou stran ohraničena pevnými nosníky, ke kterým jsou přidělané pevné elektrody. Změny polohy pohyblivé elektrody se podřizují zrychlení, které působí na akcelerometr (Obrázek 3.6).

Vzdálenost mezi první pevnou elektrodou a elektrodou pohyblivou vzrůstá, vzdálenost druhé pevné elektrody oproti pohyblivé elektrodě klesá (to se děje pouze, pokud na obvod působí zrychlení). Pohyblivá elektroda se přibližuje, nebo oddaluje, od pevných elektrod. Vzdálenost, o kterou se přiblíží pohyblivá elektroda k jedné z nehybných elektrod, je stejná, jako vzdálenost o kterou se vzdálí pohyblivá elektroda od druhé nepohyblivé elektrody. Tato vzdálenost odpovídá měřenému zrychlení. Se změnou polohy se kapacita pohyblivé elektrody změní na hodnotu:

$$C = \frac{A \cdot \varepsilon}{D} [F],$$

kde A je plocha nosníku,
ε je dielektrická konstanta,
D je vzdálenost mezi nosníky. [12]



Obrázek 3.6 - princip funkce kapacitního snímacího členu a jeho schéma [12]

3.7.2 Souhrn hlavních vlastností MMA7455L

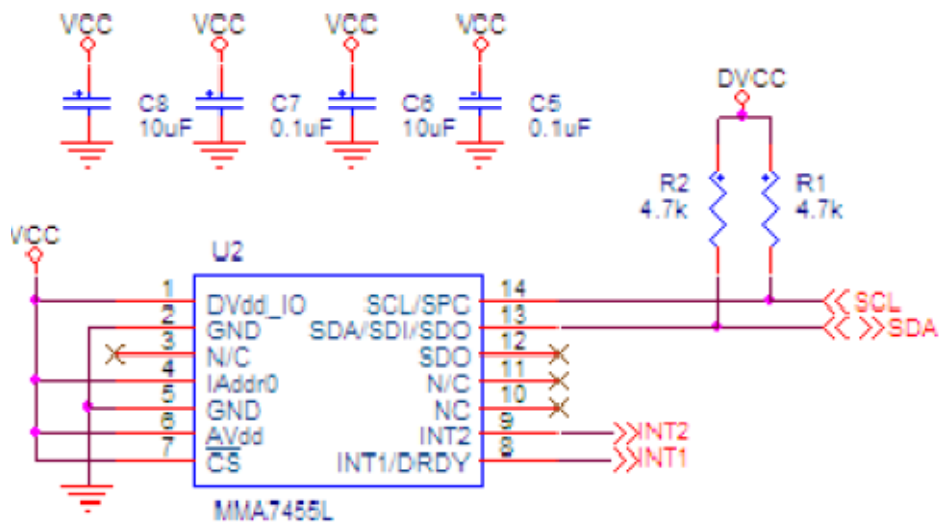
Akcelerometr MMA7455L má tyto hlavní vlastnosti:

- Digitální výstup (I²C, SPI),
- nízké napájení napětí: 2,4V – 3,6V,
- volitelná sensitivita: (2g/4g/8g),
- kontrola funkce činnosti,
- spánkový režim (proudový odběr: 2,5μA),
- rozpoznání pohybu (otřesy, vibrace, volný pád),
- malé rozměry (3mm x 5mm x 1 mm),
- robustní provedení,
- nízká cena

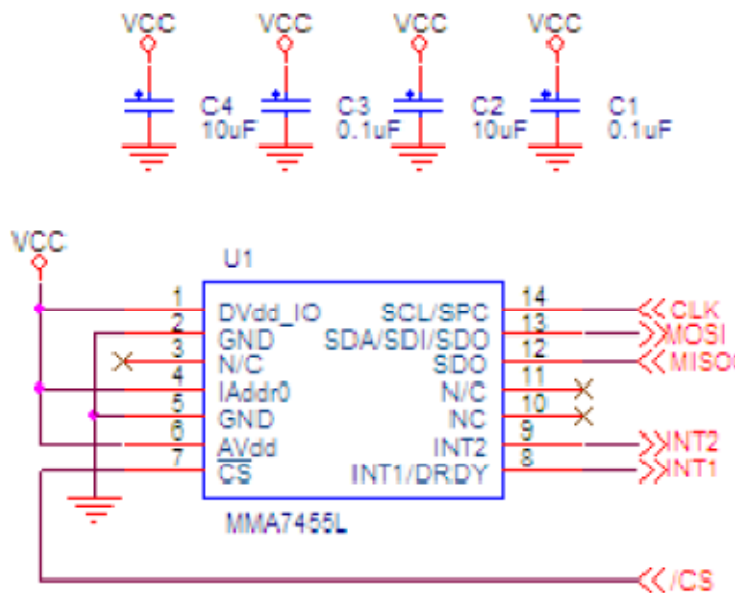
[12]

3.7.3 Jednotlivé vlastnosti podrobněji Digitální výstup

Volbu sběrnice digitálního výstupu lze měnit pinem CS. Ve výchozím nastavení je aktivní sériové periferní rozhraní (SPI). Pokud je potřeba změnit rozhraní SPI, na I²C, (multi-masterová sériová sběrnice) pak je nutné přivést logickou jedničku na pin CS.



Obrázek 3.7 – zapojení vývodů MMA7455L pro I²C rozhraní [12]



Obrázek 3.8 – zapojení vývodů MMA7455L pro SPI rozhraní [12]

Volitelná citlivost

Citlivost akcelerometru se dá měnit mezi třemi úrovněmi a to:

- 2g,
- 4g,
- 8g.

Měnit citlivost je možné i během měření zrychlení. Změna se provádí přivedením osmi bitové instrukce do registru \$16. Pro změnu citlivosti se ale změní v instrukci pouze dva bity a to bity na pozici dva a tři (GLVL).

Tabulka 3.2 - nastavení citlivosti - g v registru \$16, bity GLVL [1:0] [12]

GLVL [1:0]	sensitivita - g
00	8g
01	2g
10	4g

Spánkový režim

Spánkový režim je výhodný zejména pro zařízení, která jsou napájena z baterií, či akumulátorů. Odběr proudu v tomto režimu je pouhých 2,5 μ A. Pokud je akcelerometr v tomto režimu, jsou pak všechny výstupy vypnuté a žádné měření se neprovádí. S akcelerometrem je však možné komunikovat pomocí rozhraní SPI, nebo I²C. Do spánkového režimu je možné akcelerometr přepnout opět osmi bitovou instrukcí adresovanou do nastavovacího registru \$16, pomocí dvou bitů (D0 a D1, nazvané MODE..

V měřícím režimu probíhá měření na všech třech osách. Data zrychlení, která jsou měřena, se digitalizují pomocí vestavěného A/D převodníku se vzorkovací frekvencí 250 Hz a poté jsou ořezána filtrem typu dolní propust s mezním kmitočtem 125 Hz, který od digitalizovaného signálu odstraní nežádoucí kmitočty.

Tabulka 3.3 - režimy akcelerometru v registru \$16, bity MODE [1:0] [12]

MODE [1:0]	funkce
00	spánkový režim
01	měřící režim
10	režim detekování úrovně
11	režim detekce pulzu

[12]

4 Řídící jednotka a GSM modul

4.1 Řídící jednotka

Řídící jednotka je mozkiem celého navrhovaného zařízení. Vyhodnocuje naměřená data, která akcelerometr posílá po jednom ze sériových rozhraní, a vyhodnocuje, zda se jedná o klidový stav (stav, kdy je monitorované vzduchovací zařízení v provozu bez poruchy), nebo zda se jedná o stav havarijní (stav, kdy je vzduchovací zařízení v poruše).

Pokud vyhodnocuje stav klidový, nic dalšího se neděje a proces vyhodnocování výsledků se stále opakuje. Tyto stavy se opakují a to tak dlouho, dokud nejsou přerušeny stavem havarijním, který nastává odchýlením se dodávaných dat z výstupu akcelerometru od dat průměrných.

Vyhodnocením havarijního stavu řídící jednotka odešle patřičné instrukce do GSM modulu, který formou SMS upozorní obsluhu ČOV o havarijním stavu vzduchovacího zařízení.

4.1.1 Výběr řídící jednotky

Pro tuto práci se jeví jako vhodný AVR mikrokontrolér ATmega8 od firmy Atmel. Je to díky jeho nízké ceně a vlastnostem, které plně dostačují této práci. Vlastnosti mikrokontroléru jsou popsány níže.

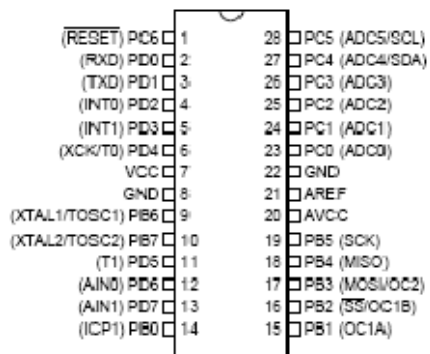
4.1.2 Základní vlastnosti AVR mikrokontroléru ATmega8

Základní vlastnosti mikrokontroléru AVR jsou vypsány zde:

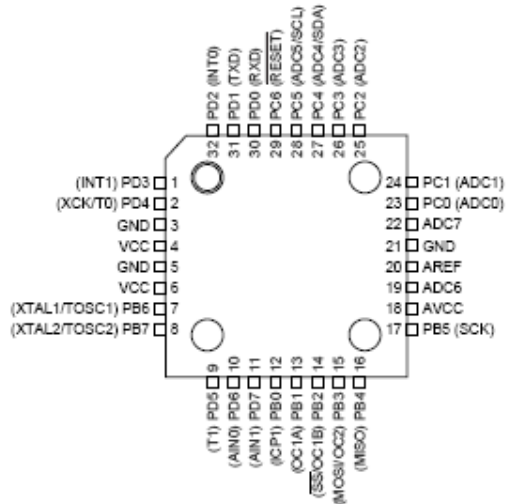
- 130 instrukcí,
- 32 8bitových pracovních registrů,
- 2 násobičky,
- 2 8bitové sčítačky,
- 1 16bitová sčítačka,
- 10bitový analogově-digitální převodník,
- 8 KB programovatelné flash paměti,
- 512 Bytů EEPROM,
- 1 KB interní SRAM,
- uchování dat 20 let při teplotě 85 °C, 100 let při teplotě 25 °C,
- sériové komunikační rozhraní USART,

- sériové periferní rozhraní SPI,
- 5 spánkových režimů,
- rozpětí napájecího napětí: -4,5 – 5,5 V (ATmega8), 2,7 – 5,5 V (ATmega8L),
- rychlost 0 – 16 MHz (ATmega8), 0 – 8 MHz (ATmega8L). [13]

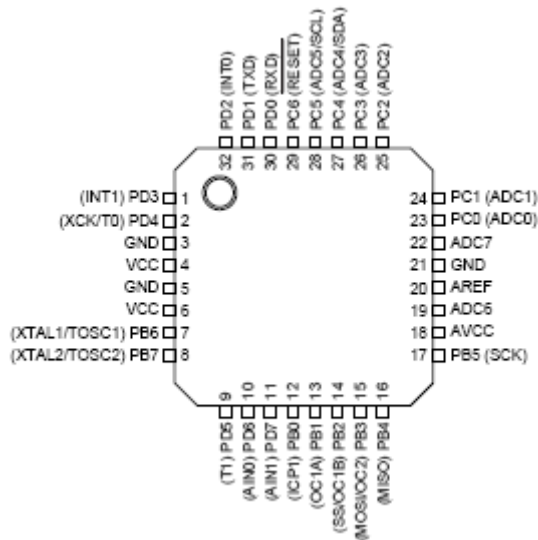
4.1.3 Pouzdra mikrokontroléru ATmega8



Obrázek 4.1 – Atmega8 v PDIP provedení [13]



Obrázek 4.2 – Atmega8 v TQFP provedení [13]



Obrázek 4.3 - ATmega8 v MLF provedení [13]

Pouzdra se od sebe neliší pouze rozměry a délkou vývodů, ale liší se i počtem pinů. ATmega8 ve vývodovém provedení má 28 pinů (Obrázek 4.1), ATmega8 v SMD (TQFP-Obrázek 4.2) provedení jich má 32 a ATmega8 v MLF (Obrázek 4.3) provedení také 32 pinů. Vývodové provedení od zbylých dvou se liší tedy o 4 piny a to o 2 napájecí piny VCC a o 2 zemnicí piny GND. Ostatní piny jsou shodné.

Každý Port PB, PC a PD mikrokontroléru ATmega8 lze využít pro vstupní, nebo výstupní operace. Každý z těchto portů je tvořen několika piny. Port PB jich má 8, port PC 7, port PD 8.

Každý z těchto pinů má ale ještě speciální funkci, která se aktivuje pouze tehdy, pokud se tak nastaví v určitém registru. Například pokud se bude využívat sériová linka USART, pak budou piny PD0 a PD1 plnit svoji sekundární funkci.

Port B je 8pinový (tvořený piny PB7:PB0) a slouží jako obousměrný datový vstup, nebo výstup. Piny PB6 a PB7 se dají využít na připojení externího oscilátoru, piny „PB3, PB4 a PB5 se dají použít jako MOSI, MISO a SCK pro sériovou sběrnici SPI.

Port C je 7pinový (tvořený piny PC6:PC0) a využívá se jako obousměrný vstup a výstup. Pin PC6 se dá využít jako vstup pro reset.

Port D je 8pinový (tvořený piny PD7:PD0) a slouží jako obousměrný datový vstup, nebo výstup. Piny PD0 a PD1 se dají využít jako RX a TX při komunikaci pomocí sériové linky.

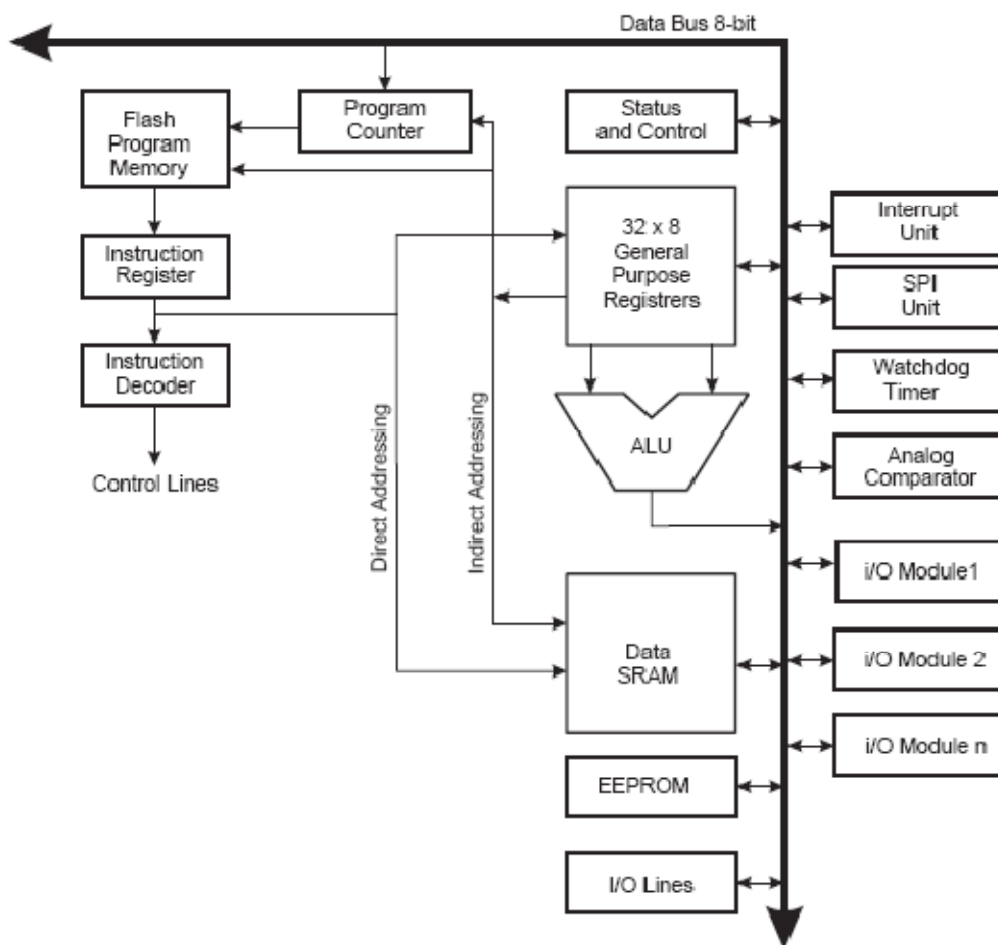
Pin AVCC slouží jako zdroj napětí pro A/D převodník, který lze připojit k Portu C. Pokud se A/D převodník nepoužívá, připojí se tento pin k napájecímu napětí VCC. Pokud se A/D převodník používá, pak se tento pin připojuje k napájecímu napětí VCC přes kmitočtový filtr typu dolní propust.

AREF slouží jako analogová referenční hodnota pro A/D převodník.

Pin VCC je napájecí pin a pin GND je pin sloužící k uzemnění mikrokontroléru.

[13]

4.1.4 Vnitřní uspořádání mikrokontroléru ATmega8



Obrázek 4.4 - vnitřní uspořádání mikrokontroléru ATmega8 [13]

AVR využívá Harvardské architektury (zvláště paměť pro data a pro program). Program je umístěný v programovatelné paměti, data jsou umístěna v paměti pro data. Během vykonávání jedné instrukce je druhá instrukce přesouvána z paměti programu. Jedná se tedy vlastně o pipeline.

Jádro AVR kombinuje instrukční sadu s 32 pracovními registry (6 z nich může být využito jako tři 16bitové registry, které se dají využít pro nepřímé adresování paměti dat), které jsou připojené k ALU (aritmeticko-logická jednotka). Za jeden hodinový cyklus se provede jedna ALU operace, vstupem mohou být dva operandy

Tím je AVR účinnější a až desetkrát rychlejší než konkurenční mikrokontroléry CISC. [13]

4.2 GSM modul

GSM modul je výstupem z celého navrhovaného zařízení. Je připojen do sítě GSM a pokud řídicí jednotka vyhodnotí havarijní stav, odesílá prostřednictvím této sítě informaci na mobilní telefon obsluze ČOV.

4.2.1 Stručně o GSM

GSM je zkratka z anglického „Global System for Mobile Communications“, česky tedy: Globální systém pro mobilní komunikaci. Původně jde však o zkratku z francouzského „Groupe Spécial Mobile“ GSM je nejpoužívanější standard pro mobilní komunikaci (roku 1990 bylo GSM vyhlášeno standardem a roku 1991 byl spuštěn komerční provoz této služby). [14]

4.2.2 Technické informace

Rozmístění základnových stanic GSM sítě je pomocí tzv. buňkového dělení. Každou buňku lze rozdělit na dalších 7 buněk. Tím se dosahuje toho, že teoreticky stačí na pokrytí určitého území GSM signálem pouze 7 kmitočtů vysílačů. Ve skutečnosti je to však o trochu složitější.

GSM 900

Původní GSM pracovalo v pásmu 890 – 960 MHz. Z toho pro uplink (komunikace směřující od mobilní stanice k základnové stanici) bylo přiděleno pásmo 890 – 915 MHz a pro downlink (komunikace směřující od základnové stanice k mobilní stanici) pak tedy 935 – 960 MHz.

Takto vzniklá sub pásma se dále rozdělují na 125 kanálů. Šířka jednoho kanálu je 200 kHz a kanály se označují od 0 do 124, přičemž kanály označené nulou se nepoužívají (často také kanály 124), aby se zabránilo interferenci se sousedícími kmitočty.

GSM 1800

GSM 1800 je mladší než GSM 900. Nachází se na rozmezí kmitočtů mezi 1710 – 1880 MHz. Z toho pro uplink je přiděleno 1710 – 1785 MHz a pro downlink 1805 – 1880 MHz.

Celkem je tedy k dispozici 375 kanálů se šířkou pásma 200 kHz. [14]

4.2.3 Komunikace mezi uživateli v síti

Komunikace v síti může probíhat dvojím způsobem a to buď tak, že požadavek na komunikaci vyšle mobilní stanice do systému GSM, nebo systém GSM vyšle požadavek na komunikaci směrem k mobilní stanici.

Požadavek na komunikaci vyslaný mobilní stanicí

Mobilní stanice vyšle požadavek na přidělení kanálu, základnová stanice požadavek o přidělení komunikačního kanálu potvrdí a kanál přidělí. Mobilní stanice vyšle požadavek na spojení, a čeká, dokud základnová stanice neověří, že do systému vstupuje oprávněná osoba (ověřuje se, zda má účastník předplacené služby na uskutečnění komunikace, zda není IMEI mobilní stanice na tzv. blacklistu – seznam zablokovaných mobilních telefonů).

Požadavek na komunikaci vyslaný systémem GSM

Systém GSM nejprve lokalizuje mobilní stanici v ústředně GSM a poté základnová stanice s nejlepším signálem, v místě mobilní stanice, vyšle výzvu o požadavku na komunikaci k mobilní stanici. Ta vyšle požadavek na kanál. Základnová stanice tento požadavek potvrdí a mobilní stanice vyšle požadavek na spojení. [14]

4.2.4 Výběr GSM modulu

Jako GSM modul lze využít celou řadu průmyslových modulů, nebo přímo mobilních telefonů. Průmyslové moduly jsou ovšem drahé (ceny se pohybují v řádech tisíců Kč) a jsou vhodné spíše do zařízení, které jsou využity pro profesionální použití. Další nevýhodou je složitější programování, oproti využití mobilního telefonu připojeného k mikrokontroléru.

Mobilní telefon, který se připojí k mikrokontroléru, by měl být schopen obousměrné komunikace pomocí sériové komunikace. Pak lze takovýto mobilní telefon ovládat pomocí mikrokontroléru daleko pohodlněji. Ovládání spočívá v posílání AT příkazů z mikrokontroléru do mobilního telefonu a přijímání odpovědi odeslané mobilním telefonem zpět do mikrokontroléru.

Těmto požadavkům vyhovuje mobilní telefon Siemens C55. Už se sice nevyrábí, ale ve své době byl tento model značně populární. Proto se dá ještě dnes celkem jednoduše pořídit v bazarech za pár korun. Stejně tak je to s příslušenstvím na tento mobilní telefon. To, že je starý, ničemu nevádí. Nevadí ani to, pokud nepůjde nějaká pro obvyčejného uživatele zásadní součástka, například mikrofon, sluchátko, telefon bude mít poškozený kryt atd. Dokonce ani nevádí, pokud se mobilní telefon jednou za čas vypne, protože pomocí řídicí jednotky se to zjistí a telefon se uvede zpět do provozu.

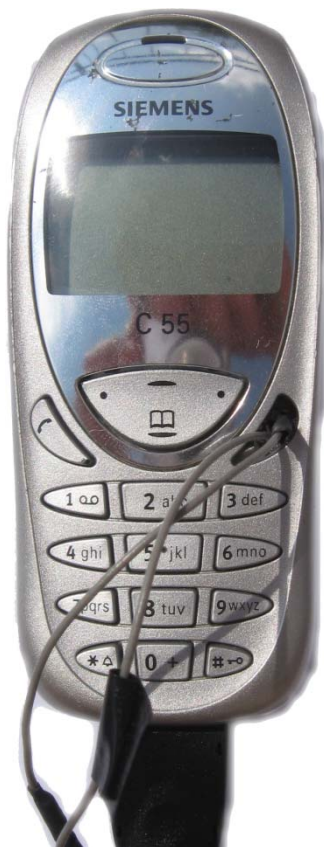
4.2.5 Stručně o mobilním telefonu Siemens C55

Tento mobilní telefon je schopen činnosti na dvou frekvenčních rozsazích a to na rozsahu:

- 890 – 960 MHz
- 1710 – 1880 MHz.

Na prvním kmitočtovém rozsahu vysílá o výkonu 2 W, na rozsahu druhém o výkonu 1 W. Jeho rozměry jsou 100,7 x 43,9 x 20,8 mm a hmotnost 80 g. Rozptyl provozních teplot je od -10 °C do 55 °C. Vybaven je lithiumiontovým akumulátorem

o kapacitě 700 mAh (2520 C) a napětí 3,7 V. Na tento akumulátor je schopen být v pohotovosti 60 – 300 hodin. Měrný absorbovaný výkon (SAR) tohoto přístroje je: 0,49 W/kg, což je 4x méně, než maximální dovolená hodnota daná normou pro běžné uživatele.



Obrázek 4.5 - mobilní telefon Siemens C55

Obrázek 4.5 zobrazuje použitý mobilní telefon Siemens C55 již přizpůsobený, pro ovládání řídicí jednotkou. V praktické části bude popsáno, proč jde do MT dvojice šedých vodičů. Obrázek 4.5 zde má pouze ilustrovat, jak MT vypadá.

Tento mobilní telefon se dá ovládat pomocí AT příkazů, které se do mobilního telefonu posílají pomocí kabelu zakončeného systémovým konektorem (stejný pro nabíječku i datový kabel, liší se jen zapojení pinů konektoru). [15]

4.2.6 Výběr SIM karty

Mobilní telefon pro svoji činnost nutně potřebuje SIM kartu. To je karta, která slouží k identifikaci uživatele v síti GSM. Každá karta má své vlastní číslo IMSI, které je pro každou kartu jiné v rozsahu celého světa. Navíc SIM karta obsahuje úložiště pro SMS zprávy, seznam kontaktů a některé další služby, které se liší dle operátora.

SIM kartu si může každý uživatel mobilního telefonu opatřit (u některého z operátorů na trhu) a tím mu jsou poskytovány telekomunikační služby, které se mohou dle operátorů nepatrně lišit. Dnes jsou na našem trhu tyto poskytovatelé GSM služeb: T-mobile, O2, Vodafone a Ufon (platné k dubnu 2010).

Každý z těchto poskytovatelů má po České republice síť základnových stanic, se kterými komunikují mobilní přijímače jednotlivých uživatelů. Každý z operátorů se těmito základnovými stanicemi snaží pokrýt co největší území, aby byli jeho uživatelé připojeni k síti prakticky kdekoliv.

T-mobile a O2 mají ČR pokrytou velmi dobře, s Vodafone byli dříve problémy, ale dnes by už snad měl mít pokrytí, jako jeho starší konkurenti. Ufon na náš trh vstoupil teprve nedávno a je to vidět i na jeho pokrytí, proto se v dalším rozhodování, od kterého poskytovatele pořídit SIM kartu, nebude o Ufonovi vůbec uvažovat (platné k dubnu 2010).

Je nutné si uvědomit, že signál GSM musí mít jak vysílač (GSM modul) v místě svého působení, tak přijímač (mobilní telefon obsluhy ČOV), který se pohybuje a může být takřka kdekoli. Proto by měl být zvolen operátor s vynikajícím pokrytím.

Tabulka 4.1 - přehled předplacených služeb jednotlivých operátorů²

operátor	T-mobile			Vodafone		O2	
	Twist Start	Twist ProSMS	Twist Přátelé ³	Divoká Karta	Nabitá karta	Napi!šte	Na!hlas
volání v síti	5,90	6,90	3,50/7,0	3,0	6,05	6,60	5,50
volání mimo síť	5,90	6,90	3,50/7,0	7,20	6,05	6,60	5,50
volání na pevnou	5,90	6,90	3,50/7,0	7,20	6,05	6,60	5,50
SMS	2,90	1,90	1,50/3,50	2,40	1,20	1,90	2,60
omezení platnosti kreditu	12 měsíců			13 měsíců		45 dní/6 měsíců/12 měsíců ⁴	
minimální dobítí	200 Kč			200 Kč		1 Kč	
kontrola stavu kreditu	*101#			*22#		*104*#	

Šedě vystínované buňky v každém řádku označují nejlevnější službu. Ceny u volání jsou v Kč za minutu, cena za SMS je v Kč za kus. Nejvýhodnější je T-mobile se svým

² - čerpáno z internetových stránek jednotlivých operátorů (duben 2010)

³ - pro volání (SMS) na 5 vybraných čísel / na jiná čísla, než je 5 vybraných

⁴ - dle poslední hodnoty nabití se určí platnost kreditu, hodnoty v tabulce tedy: 1 – 99/100 – 499/500 a více

přednabitým tarifem „Twist Přátelé“. To ale pouze za předpokladu, že se jedná o jedno z pěti čísel, na které se volá do všech sítí za 3,50kč/minutu. Za SMS na jedno z pěti zvýhodněných čísel je účtováno 1,50kč. SMS je z ostatních tarifů levnější jen o 30 haléřů u Vodafone se svým tarifem „Divoká Karta“. Doba omezující platnost kreditu je u všech poskytovatelů přibližně stejná.

Tarif Twist Přátelé je výhodný pouze pro pět vybraných čísel. Ostatní čísla už mají tuto sazbu nastavenou výše. Pro vyvíjenou aplikaci ale pět čísel postačuje, protože primárně se musí o poruše dozvědět hlavní pracovník ČOV, případně zaskakující pracovník. Z uvedeného vyplývá, že ještě tři čísla zůstávají volná. Proto se tento tarif jeví jako vhodný pro využití.

Dalším faktem, který jen potvrzuje tento výběr, je, že T-mobile má signál na ČOV Moravany dostatečně kvalitní, pro připojení, a aktivní používání GSM sítě.

5 Návrh schéma zapojení navrhovaného zařízení

Schéma zapojení bylo kresleno v programu PADS Logic od firmy Mentor Graphics verze 2009. Je kresleno tak, aby bylo co možná nejvíce přehledné. To znamená, že snahou bylo používat co nejvíce off-page symbolů, namísto kreslení dlouhých vodičů. Jednotlivé prvky na schématu, které spolu nějak souvisí, jsou uspořádány tak, aby byly na schématu blízko u sebe. Schéma se dá rozdělit na takovéto tři bloky:

- Napájecí blok,
- logický blok,
- blok ostatních součástek.

5.1 Napájecí blok

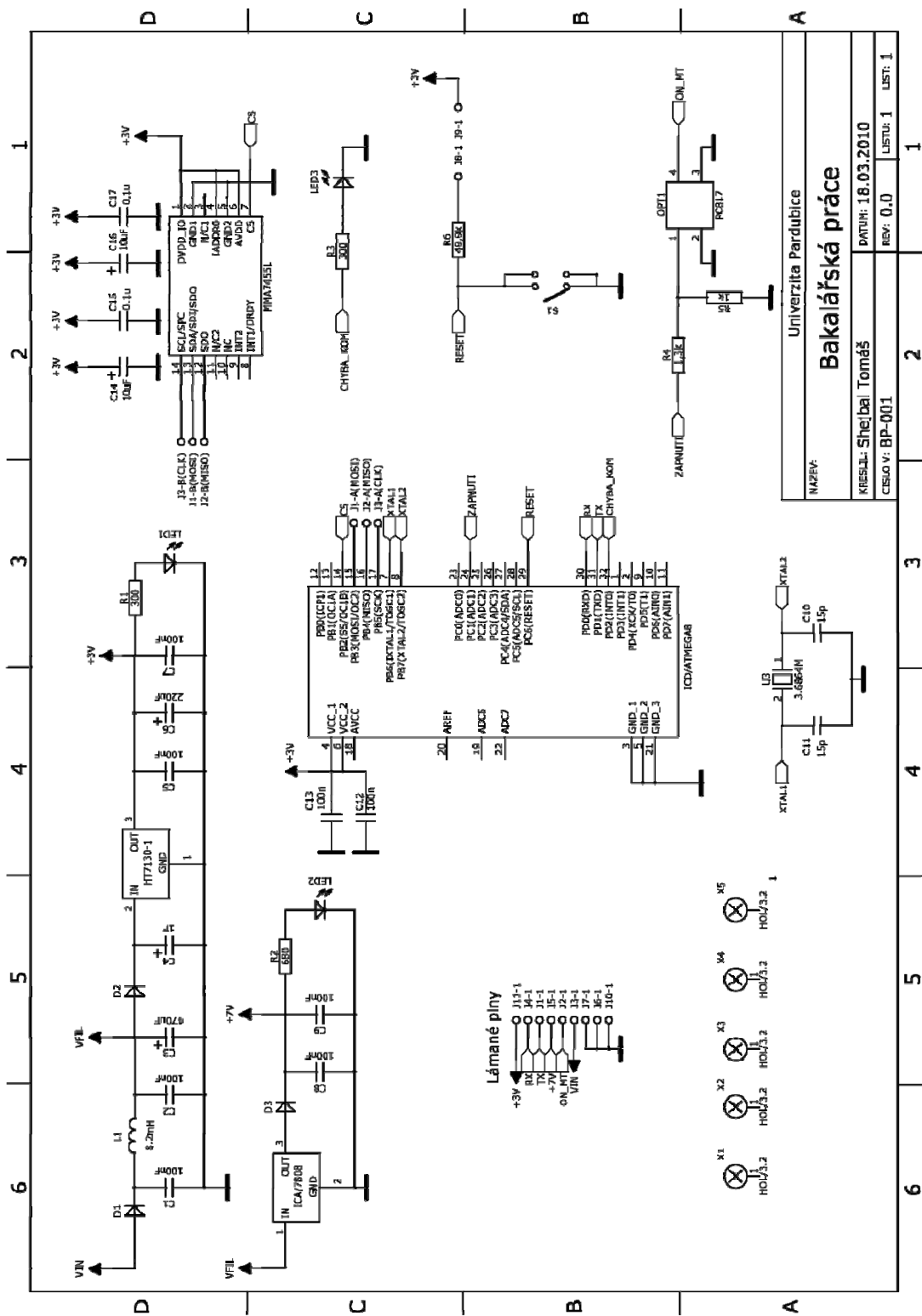
Do tohoto bloku je zahrnuto vše, co se týká zpracování vstupního napětí. Od jeho vstupu do zařízení, až po výstupní stabilizované napětí. Na schématu (Obrázek 5.1) mu odpovídá pravý horní roh.

Do napájecího bloku je možné přivést stejnosměrné napětí v rozmezí 12-24 V. Na výstupu napájecího bloku jsou poté dvě stabilizovaná napětí a to 3 V a 7 V. 3V stabilizované napětí slouží pro napájení logického bloku. 7V stabilizované napětí slouží k dobíjení akumulátoru mobilního telefonu.

Vstupní část napájecího bloku je pro obě výstupní stabilizovaná napětí společná. Vstupní stejnosměrné napětí VIN je přivedeno na anodu diody D1, která slouží jako usměrňovač pro případnou nežádoucí střídavou složku. Ta by se mohla objevit na vstupu napájecího bloku, díky nedokonalé filtraci přivedeného stejnosměrného napětí VIN. Dále by se na anodě diody D1 mohla objevit střídavá složka díky magnetické indukci, jejímž vlivem by se do napájecích vodičů zdroje stejnosměrného napětí VIN naindukovalo nežádoucí střídavé napětí z okolí. Proto je na vstupu napájecího bloku dioda a za ní filtrační část, která se snaží takto vzniklé nežádoucí střídavé napětí usměrnit a vyfiltrovat.

Pokud bude napětí VIN bez střídavé složky, pak je filtrace zbytečná (filtrační člen však napětí VIN neovlivňuje). Kondenzátory se budou pro stejnosměrné napětí chovat, jako by byl obvod rozpojený a cívka jako obyčejný krátký vodič. Smysl mají pouze pro případné filtrování již zmíněné nežádoucí rušivé střídavé složky.

Filtrační obvod je konstruován filtračním článkem LC. Ten je v tomto zapojení vhodnější, než jeho alternativa – RC článek. Je to hlavně z toho důvodu, že při nabíjení mobilního telefonu by docházelo na rezistoru RC článku k úbytku napětí, což se u tlumivky LC členu neděje. Navíc LC člen má lepší filtrační vlastnosti, protože tlumivka se brání proti změnám proudu, který jí prochází a snaží se ho zachovávat konstantní.

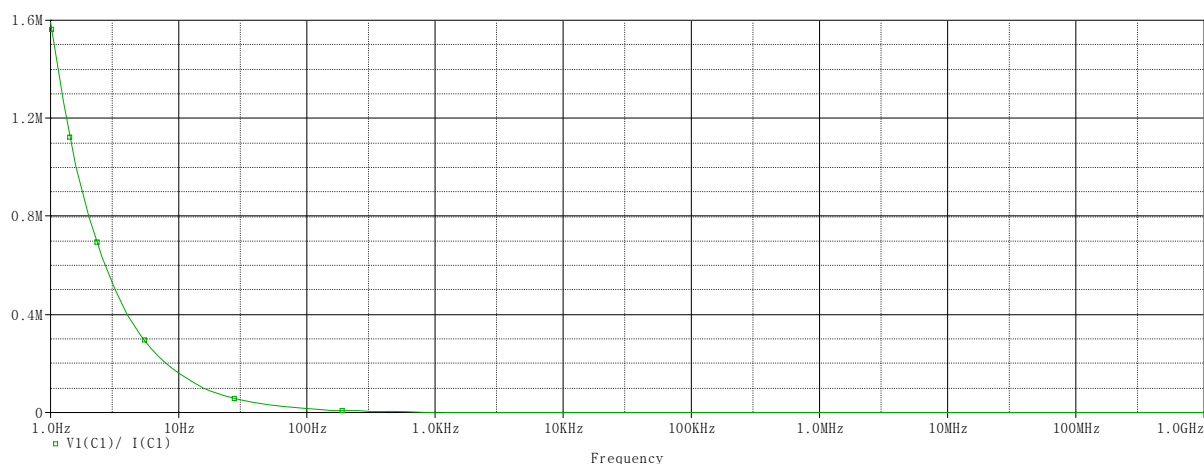


Obrázek 5.1 – návrh schéma vyvíjeného zařízení

LC článek je konstruován z kondenzátorů C1, C2 a C3 a cívky L1. C1 a C2 zkratují nežádoucí signály o kmitočtu nad 8 kHz (pro 8 kHz představují reaktanci pouze 200 Ω) na zemní vodič. Obrázek 5.2 zachycuje závislost reaktance kondenzátoru o kapacitě 100 nF. Několik konkrétních hodnot je zapsáno v následující tabulce:

Tabulka 5.1 - závislost reaktance kondenzátoru o kapacitě 100nF na kmitočtu

f [Hz]	1	10	50	100	1 k	7,9 k	10 k	100 k	1 M
X _C [Ω]	1,59 M	156,6 k	31,8 k	15,9 k	1,5 k	200	159	15,9	1,5



Obrázek 5.2 - závislost reaktance 100nF kondenzátoru na kmitočtu

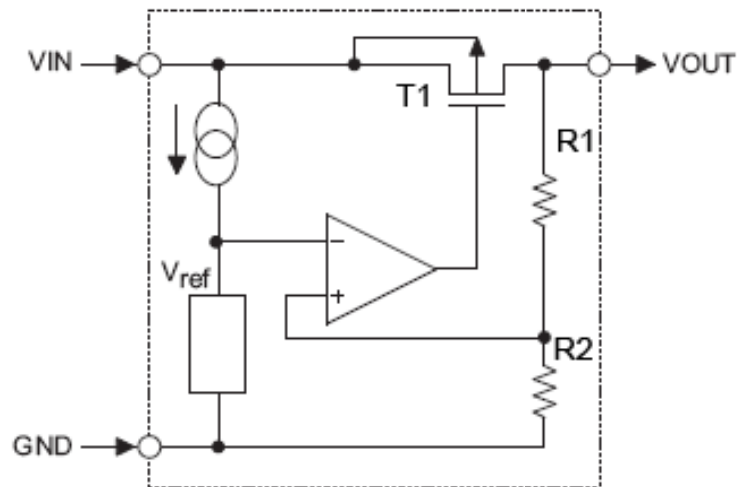
Nižší kmitočty zkratuje na zemní vodič kondenzátor C3 s kapacitou 470 μF. Závislost jeho reaktance na kmitočtu je podobná, jako závislost C1 a C2, ale s tím rozdílem, že kondenzátor C3 zkratuje rušivé střídavé signály od kmitočtů nad 1,6 Hz (odpovídá reaktance 200 Ω). Pro vyšší kmitočty má kondenzátor C3 nižší reaktanci. Kondenzátorem C3 končí společná vstupní část napájecího bloku.

5.1.1 Výstupní stabilizované napětí +3 V

Po vstupní filtrační části následuje část stabilizační. Ta se skládá ze stabilizátoru Holtek, filtračních kondenzátorů, signalizační LED diody a zálohovací části umístěné před stabilizátorem.

Žádané výstupní stabilizované napětí pro napájení logických obvodů je +3 V. Tohoto napětí je dosaženo tří vývodovým stabilizátorem HT7130-1 od firmy Holtek v pouzdru TO92. Jeho výstupní stabilizované napětí je zatíženo chybou 3 %, což znamená, že nabývá hodnot mezi 2,91-3,09 V. Maximální napětí, které je možné připojit na jeho vstup je 24 V, nejmenší vstupní napětí připojené na vstup stabilizátoru je 5 V. Maximální výstupní proud je 30 mA. Pracuje v rozsahu teplot od -40 °C do 80 °C.

Obrázek 5.3 zobrazuje vnitřní uspořádání tohoto stabilizátoru. Stabilizátor je realizovaný pomocí CMOS technologie a pracuje na principu zpětné vazby.



Obrázek 5.3 - vnitřní blokové zapojení stabilizátoru HT7130-1 [16]

V_{ref} je zdroj referenčního napětí, který je porovnáván s napětím, vyvedeným z napěťového děliče, který je tvořen rezistory R1 a R2. Pokud se zvětší rozdíl, mezi V_{ref} a V_{R2} (napětí V_{IN} vzroste), pak se tato změna zesílí operačním zesilovačem, který pracuje jako rozdílový zesilovač, a tím více se otevře tranzistor T1. To má za následek zvětšení proudu, který teče rezistorem R1, tím se na něm zvětší úbytek napětí, protože:

$$U = R \cdot I$$

a na rezistoru R2 napětí poklesne, čímž poklesne i napětí na neinvertujícím vstupu operačního zesilovače. Pokles napětí zmenší zesílené rozdílové napětí a přivře tranzistor T2, čímž se nárůst napětí V_{IN} projeví pouze nepatrně.

Po stabilizaci je napětí opět vyfiltrováno kondenzátory C5, C6 a C7. Pro indikaci správné funkce této větve je dále zapojena LED dioda s předřadným rezistorem, jehož hodnota je 300 Ω .

Odpor rezistoru se určí dle Ohmova zákona jako:

$$R = \frac{U}{I} [\Omega],$$

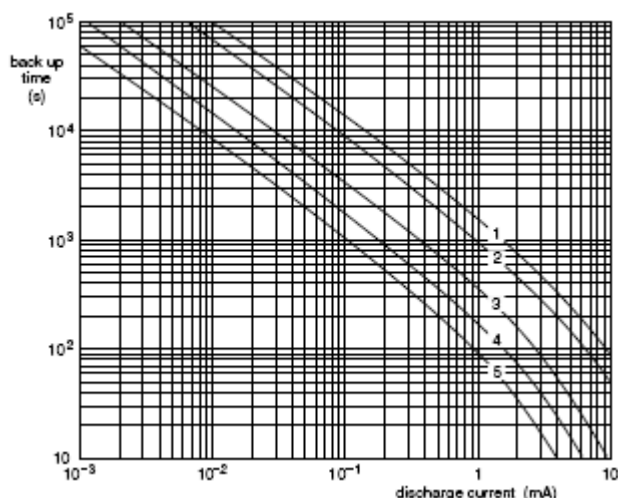
kde U je napětí, které je na diodě (v tomto případě 3 V)

I je proud, který má diodou procházet (v tomto případě 10 mA – při tomto proudu LED dioda svítí jasně)

Po dosazení tedy:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3}{0,01} = 300 \Omega .$$

Zálohovací část je umístěna před stabilizátorem a je tvořena diodou D2 a kondenzátorem C4. Kondenzátor C4 má kapacitu 1 F a je to tzv. zálohovací kondenzátor.



Obrázek 5.4 - závislost velikosti odebíraného proudu na čase [17]

Obrázek 5.4 ukazuje, jak dlouho je kondenzátor schopen dodávat proud do obvodu v závislosti na velikosti odebíraného proudu. Každá z pěti křivek odpovídá jiné kapacitě, viz následující tabulka.

Tabulka 5.2 - čísla křivek a jim odpovídající kapacity [17]

číslo křivky	1	2	3	4	5
kapacita [F]	1,0	0,47	0,22	0,1	0,047

Pro vyvíjené zařízení byla zvolena kapacita 1 F (křivka jejího vybíjení je tedy označena číslem 1). Dle výrobce tedy kondenzátor bude schopen dodávat proud 10 mA po dobu 100 s. Tyto hodnoty udávané výrobcem jsou však minimální. Při testování tohoto kondenzátoru bylo dosaženo vybíjení i 10 minut při vybíjecím proudu 10 mA.

Zálohovací kondenzátor je umístěn před stabilizátorem, protože kdyby se nalézal za stabilizátorem, pak by tekla proud jak do obvodů napájených +3 V, tak ale i do výstupu stabilizátoru, kde by mohl poškodit některý z CMOS obvodů.

Tomu by se dalo předejít připojením diody mezi stabilizátor a zálohovací kondenzátor, ale tím by se při připojeném vstupním napětí stabilizátoru zmenšilo výstupní napětí o 0,7 V a na výstupu by tedy bylo +2,3 V. Řešením by bylo zaměnit současný stabilizátor za jiný, s vyšším výstupním napětím (jenže stabilizátor s výstupním napětím +3,7 V se prakticky nedá sehnat). Dalším řešením by byl nastavitelný stabilizátor.

Tento problém je vyřešen tak, že je zálohovací kondenzátor připojen před stabilizátor. Zde je ale další problém. Takovýmto zapojením se nebude kondenzátor vybíjet pouze přes 3 V stabilizátor, ale i přes stabilizátor 8 V.

Aby se tomu zabránilo, musí být ještě před zálohovacím kondenzátorem připojena dioda D2, která zabráňuje průtoku proudu ze zálohovacího kondenzátoru do 8V stabilizátoru (toto napětí není potřeba zálohovat, protože slouží pouze na dobíjení akumulátoru mobilního

telefonu, takže mobilní telefon při výpadku vstupního napájecího napětí je napájen ze svého akumulátoru).

Zálohovací kondenzátor je schopný se nabít na 5,5 V a toto napětí si udrží při odběru 10 mA zhruba po dobu 10 minut.

Tato doba je ale dostatečná pro detekci výpadku napájení vzduchovacího zařízení a mikrokontrolér je schopen upozornit vysláním zprávy obsluhu ČOV. [16] [17]

5.1.2 Výstupní stabilizované napětí +7 V

Po vstupní filtrační části, která je shodná s vstupní filtrační částí +3 V, následuje část stabilizační. Ta se skládá ze stabilizátoru L7808, filtračních kondenzátorů a signalizační LED diody.

Mobilní telefon Siemens C55 má jak v manuálu, tak na krytu nabíječky napsáno, že nabíjecí napětí je 5 V a nabíjecí proud 600 mA. Při testování se ovšem zjistilo, že pokud se na mobilní telefon připojí napětí 5 V, s mobilním telefonem to neudělá nic. Nabíjení začne až poté, jakmile nabíjecí napětí dosáhne hodnoty 7 V. Maximální nabíjecí napětí pro tento model mobilního telefonu je výrobcem udáván jako 8 V. Z toho je patrné, že je potřeba použít stabilizátor, který má na výstupu stabilizované napětí +7 V. Jenže takový na našem trhu nejde sehnat. Vše je tedy vyřešeno stabilizátorem L7808 v pouzdru TO-220.

Ten má však na svém výstupu +8 V, proto je do série s výstupem zapojena dioda. Na diodě je úbytek napětí 0,7 V, tudíž je na výstupu +7,3 V, což je dostačující. Navíc dioda zabraňuje průtoku proudu z akumulátoru mobilního telefonu do výstupu stabilizátoru.

Stabilizátor L7808 je tří vývodový integrovaný obvod a jeho vnitřní uspořádání obsahuje spoustu pasivních i aktivních součástek. Jeho rozpětí výstupního napětí je $\pm 5\%$, což odpovídá rozpětí napětí od 7,6 do 8,4 V. Špičkově je schopen dodávat až 3,3 A je schopný pracovat v rozmezí teplot $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Po stabilizátoru je opět stabilizované napětí vyfiltrováno kondenzátory C8 a C9 od nežádoucích střídavých signálů. Správnou činnost této části indikuje LED dioda (LED2), která má k sobě do série zařazen předřadný rezistor, který je stejně jako v případě 3V větve určen dle Ohmova zákona:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{7}{0,01} = 700\ \Omega,$$

kde U je napětí 7V větve,

I je proud, který je chceme, aby procházel diodou (opět 10 mA).

Odpor rezistoru vyšel $700\ \Omega$, ale ve schématu je odpor $680\ \Omega$. To je proto, že tato hodnota odporu je nejbližší v řadě. Tím pádem nepoteče diodou 10 mA, ale 10,2 mA, při napětí 7 V, což je celkem zanedbatelné zvětšení proudu. [18]

5.2 Logický blok

Logický blok je mozkiem celého zařízení. Detekuje vibrace, udržuje spojení s mobilním telefonem a v případě potřeby se stará o vyhlášení havarijního stavu.

Skládá se z mikrokontroléru, akcelerometru a ostatních doplňujících součástek, které jsou nezbytné pro správnou funkci těchto obvodů. To jsou například filtrační kondenzátory napájení před mikrokontrolérem a akcelerometrem, externí oscilátor pro přesnější kmitočet, atd. Logický blok se nachází na schématu pod napájecím blokem a pokračuje doprava k pravému okraji schématu.

Logický blok je napájen 3 V z napájecího bloku. To bohatě stačí, protože mikrokontrolér ke své funkci potřebuje napětí mezi 2,7-5,5 V a akcelerometr 2,4-3,6 V. S 3 V logikou se pracuje také proto, že úroveň logické jedničky v mobilním telefonu Siemens C55 je také 3 V. Pokud by se pro napájení mikrokontroléru používalo napětí 5 V, potom by bylo nutné použít ke komunikaci mezi mikrokontrolérem, a mobilním telefonem, navíc převodník napětíových úrovní. Mobilní telefon se totiž při úrovni logické jedničky rovné 5 V vypínal.

5.2.1 Akcelerometr

Použitý akcelerometr je MMA7455L od firmy Freescale Semiconductor. Není třeba o něm psát nikterak do detailů, protože byl podrobně popsán v teoretické části v kapitole Snímače. Snad jen trochu o zapojení ve schématu (schéma zobrazuje Obrázek 5.1).

Akcelerometr je připojen k napájecímu napětí (piny 1, 4, 6), které je ještě filtrované čtveřicí kondenzátorů (C14, C15, C16, C17). Jejich kapacity jsou pro C15 a C17 rovné 0,1 μ F, pro C14 a C16 10 μ F, což jsou údaje doporučené výrobcem.

Pro komunikaci s mikrokontrolérem jsou zapojeny piny: 7 (vodič CS), 12 (vodič MISO), 13 (vodič MOSI) a 14 (vodič CLK) a jsou spojeny s mikrokontrolérem následovně: CS-CS, MISO-MISO, MOSI-MOSI a CLK-CLK. CS volí sběrnici SPI, nebo I²C a pomocí tohoto vodiče master zahajuje komunikaci. MISO a MOSI přenáší data a CLK je hodinový signál, který je pro sériovou komunikaci nepostradatelný.

Protože se mikrokontrolér programuje přes SPI sběrnici, a po stejné sběrnici se provádí komunikace mezi mikrokontrolérem a akcelerometrem, je mezi příslušné vodiče sběrnice zařazena dvojice lámaných pinů, která tyto dvě rozdílná zapojení volí.

V rozepnutém stavu se připojuje programátor k příslušným pinům, které směřují přímo k mikrokontroléru a probíhá tedy komunikace mezi programátorem a mikrokontrolérem.

Pokud se příslušné dvojice lámaných pinů propojí jumperem, potom probíhá komunikace mezi mikrokontrolérem a akcelerometrem.

Akcelerometr je uzemněn piny 2 a 5. Ostatní piny akcelerometru jsou nezapojené.

5.2.2 Mikrokontrolér

Jako mikrokontrolér je použita ATmega8 od firmy Atmel. Stejně jako akcelerometr nemá cenu jí nějak detailně popisovat, protože již byla popsána v části nazvané Řídící jednotka, takže je popsáno pouze její zapojení ve schématu.

ATmega8 je připojena k napájecímu napětí přes piny 4 a 6. Pro svedení rušivých kmitočtů na zemní vodič slouží kondenzátory C12 a C13 o kapacitě 100 nF.

Pro komunikaci s akcelerometrem jsou využity opět 4 vodiče a to: CS (pin 14), MISO (pin 16), MOSI (pin 15) a CLK (pin 17).

Pro komunikaci s mobilním telefonem jsou zapojeny piny: 30 (RX), 31 (TX). Piny 30 a 31 jsou spojeny s mobilním telefonem následovně:

- TX mikrokontroléru na RX mobilního telefonu,
- RX mikrokontroléru na TX mobilního telefonu.

Vodič RX slouží pro příjem dat, TX pro vysílání dat. Proto je logické, že musí být zapojen TX na RX a obráceně.

Řešení připojení mobilního telefonu k mikrokontroléru

Mobilní telefon má konektor s dvanácti piny, díky nimž se dá pohodlně připojit k dalšímu zařízení. Pokud se tedy zapojí příslušný protikus, je potom možné propojit mikrokontrolér s mobilním telefonem pouze připojením konektoru mobilního telefonu do příslušného protikusu.

Tabulka 5.3 – popis kontaktů konektoru mobilního telefonu Siemens C55 [15]

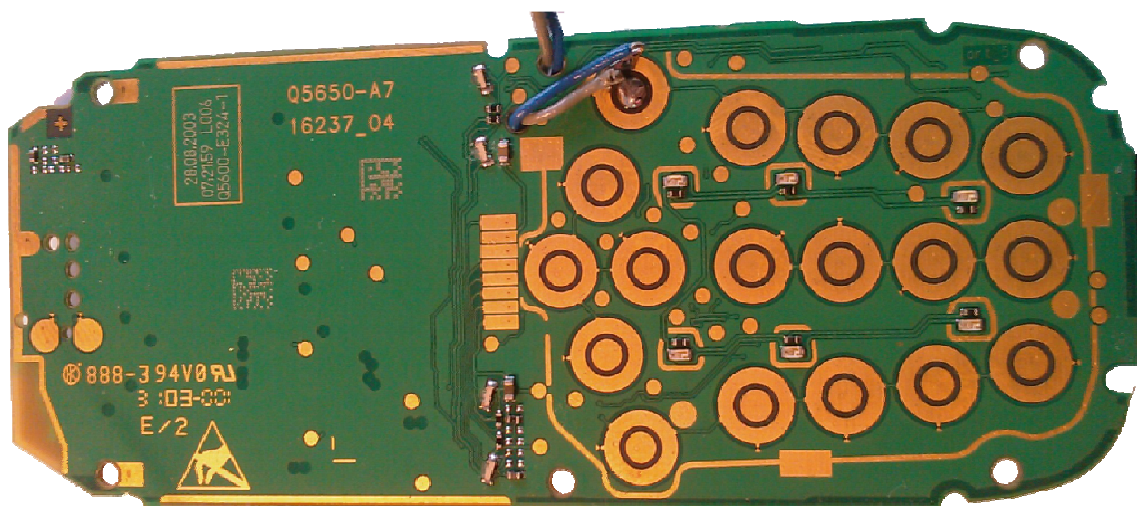
číslo konektoru	význam konektoru
1	napájecí napětí
2	zem
3	TX sériové komunikace
4	RX sériové komunikace
5	datová linka pro dodatečné zařízení
6	datová linka pro dodatečné zařízení
7	hodinový signál pro dodatečné zařízení
8	externí reproduktor levý
9	napětí pro stereo mód
10	externí reproduktor pravý
11	zemní kontakt pro externí mikrofon
12	externí mikrofon

Tabulka 5.3 ukazuje popis jednotlivých kontaktů mobilního telefonu Siemens C55 a tučně zobrazuje ty kontakty, které jsou využity v navrhovaném zařízení.

Pouze jako výstupní piny slouží piny: 24 (vodič ZAPNUTI) 32 (vodič PORUCHA_KOM).

Využití pinu 24 k zapínání MT

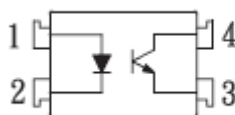
K pinu 24 je připojen přes napěťový dělič optočlen, který slouží jako elektronické spínací tlačítko klávesy pro zapnutí mobilního telefonu. Aby se dal mobilní telefon zapínat elektronicky, bylo nutné připojit dvojici vodičů na příslušný kontakt odpovídající tlačítku pro zapnutí mobilního telefonu a vyvést tyto dva vodiče k optočlenu. Obrázek 5.5 ukazuje dvojici vodičů (pomocí které jsou tyto dva kontakty vyvedeny) připojenou ke kontaktům mobilního telefonu Siemens C55.



Obrázek 5.5 - kontakty tlačítek klávesnice mobilního telefonu Siemens C55

V rozepnutém stavu je mezi kontakty napětí zhruba 3 V, z čehož jeden kontakt má potenciál zemnicího vodiče. K zemnicímu vodiči optočlenu je tedy připojen právě ten kontakt mobilního telefonu, který má potenciál země. Druhý kontakt je připojen na výstupní vývod optočlenu.

Jako optočlen je použit čtyř vývodový PC817 od firmy SHARP. Tento optočlen je tvořen pouze LED diodou a fototranzistorem, jak dokazuje Obrázek 5.6. Je omezen vstupním napětím, které může být v rozmezí 1,2-1,6 V (špičkově až 3 V). Proudově je omezen na 20 mA. Proto je před optočlenem zapojený dělič napětí, který napětí na pinu 24 (3 V pokud je pin 24 v logické jedničce) sníží na 1,3 V a proud na zhruba 1 mA. Tím je zajištěno, že nedojde ke zničení optočlenu.



Obrázek 5.6 - vnitřní uspořádání optočlenu PC817 [19]

Pokud tedy mikrokontrolér zjistí, že je mobilní telefon vypnutý, pošle na pin 24 logickou jedničku (jíž odpovídá napěťová úroveň 3 V). Tím dojde k sepnutí optočlenu a tudíž i příslušného kontaktu na klávesnici mobilního telefonu a to vede k jeho zapnutí. [19]

Využití pinu 32

Pin 32 je využit pouze jako indikace poruchy spojení komunikace s mobilním telefonem a to přes LED diodu LED3, která má před sebou do série řazený rezistor R3 o hodnotě 300 Ω . Pokud tedy dojde k chybě komunikace, mikrokontrolér nastaví pin 32 do logické jedničky (na pinu budou tedy 3 V), LED diodou začne procházet elektrický proud a dojde k jejímu rozsvícení.

Pin 29

Dalším použitým pinem je pin 29, který slouží jako externí reset. Externí reset je konstruován rezistorem R6 a spínacím tlačítkem S1. Napětí 3 V je přivedeno na pravou nožičku rezistoru R6 přes dva lámané piny propojené propojkou (jumperem). Je to z toho důvodu, že pro programování ATmega8 je nutné držet mikrokontrolér v resetovém stavu, který se provádí připojením resetu k programátoru.

Kdyby se připojil programátor a propojka by se nedala pryč, potom by nikdy nemohlo k resetu dojít, protože by byly stále připojené 3 V na pravé noze rezistoru R6. Z toho důvodu je do návrhu zapojena i propojka, která při programování rozpojí pravou nohu R6 od 3 V napětí.

Reset mikrokontroléru nastává, pokud se na levé noze rezistoru R6 objeví logická nula (dokud je na pinu 29 logická jednička, nic se neděje). Logická nula se na tomto pinu objeví ve chvíli, kdy je sepnuto tlačítko S1. Sepnutím S1 se svede napětí pinu 29 na zemnicí vodič a provede se reset mikrokontroléru.

Pin 7 a pin 8

Tyto dva piny slouží k připojení externího oscilátoru. Externí oscilátor je vhodné využívat, pokud chceme zvýšit přesnost hodinového cyklu, protože integrovaný RC oscilátor není moc přesný. Frekvence externího oscilátoru je 3,6864 MHz, což je pro zpracovávání dat v této práci dostačující. Frekvence externího oscilátoru byla také volena dle požadavku na co nejnižší chybovost přenosu sériové komunikace přes USART rozhraní. Ta je při přenosové rychlosti 19,2 kB/s a použité frekvenci externího oscilátoru rovná 0,00 %.

GND

K zemnicímu vodiči je mikrokontrolér připojen přes piny 3, 5 a 21.

5.3 Blok ostatních součástí

Jako ostatní součástky jsou myšleny konstrukční prvky a lámané piny, které propojují vyvíjené zařízení s externími prvky (např.: mobilní telefon, napájení, atd.). Na schématu jim odpovídá levý dolní roh.

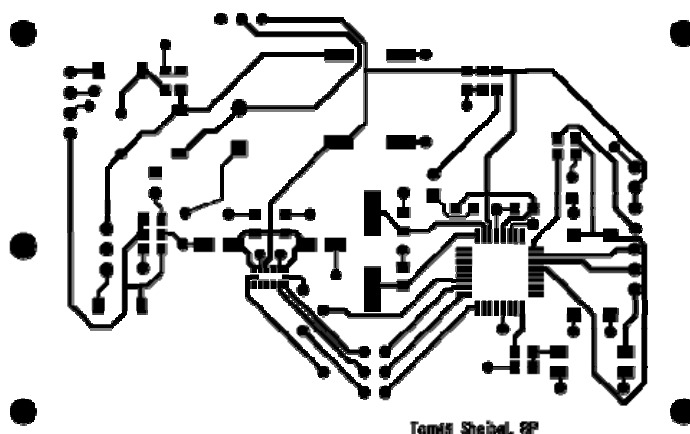
6 Návrh desky plošného spoje

Návrh desky plošného spoje (dále jen DPS) je navržen v programu PADS Layout a PADS Router od firmy Mentor Graphics verze 2009. DPS je navržena tak, aby se dala vyrobit v amatérských podmínkách. Tloušťky čar vodivých cest tomu tedy odpovídají a většina z nich má tloušťku 0,5 mm. DPS je oboustranná, s rozměry 90 x 55 mm. Elektronické součástky jsou umístěné z obou stran a vyskytují se jak ve vývodovém provedení, tak i v provedení SMD. Snahou ovšem bylo, aby byly SMD součástky na jedné straně a vývodové součástky na straně druhé, což se ve většině případů podařilo.

Vrchní stranu DPS (top) tedy tvoří vodivé obrazce a elektronické součástky v SMD pouzdře, spodní stranu (bottom) vývodové součástky a rozlitý měděný polygon. Ten slouží jako zemnicí plocha a současně jako stínění.

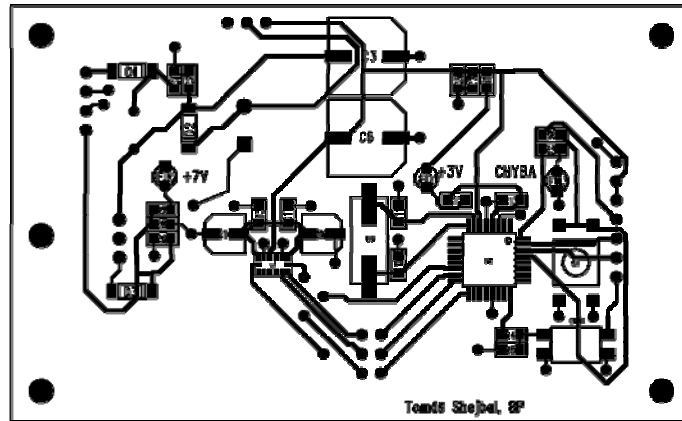
V jednotlivých rozích (v jednom případě i mezi rohy vlevo) jsou vidět měděná kola. Je to označení otvorů pro vrtání a slouží k přichycení DPS do budoucího krytu celého zařízení. Zbývající kolo vlevo, mezi dvěma rohovými, slouží pro uchycení stabilizátoru L7808.

6.1 DPS při pohledu shora (vrstva top)



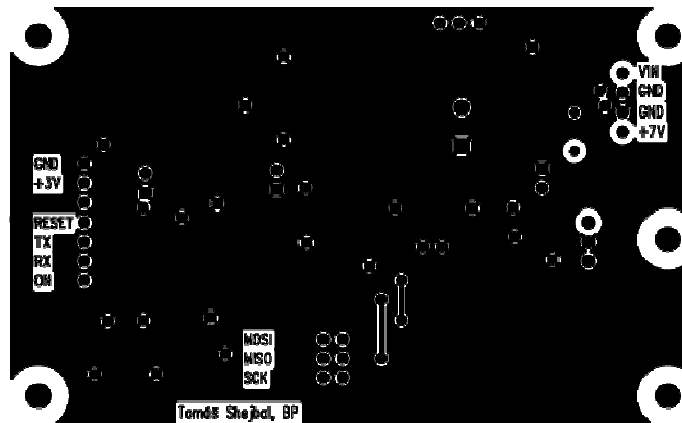
Obrázek 6.1 - návrh DPS - zobrazení vodivých cest (top, 1:1)

Obrázek 6.1 zobrazuje návrh vodivých cest DPS při pohledu shora (vrstva top), a vše co je na něm zobrazeno černou barvou (což je všechno), je to, co zůstane po vyleptání DPS. Obrázek 6.2 zobrazuje, jak vypadá návrh DPS z vrstvy top s rozmístěnými obrysy součástek. Černě na něm nejsou vyobrazeny jenom vodivé cesty, ale také obrysy jednotlivých součástek a jejich popisky. Tento obrázek se neleptá, slouží jako osazovací plán pro osazování součástkami při následné montáži.



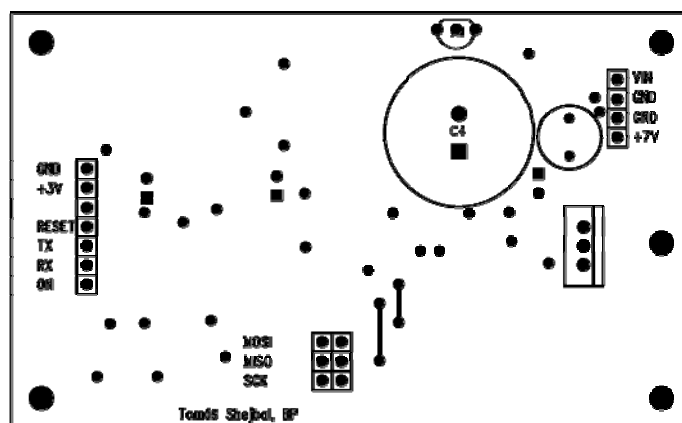
Obrázek 6.2 - návrh DPS – po osazení součástkami (top, 1:1)

6.2 DPS při pohledu zdola (vrstva bottom)



Obrázek 6.3 - návrh DPS - zobrazení vodivých cest (bottom, 1:1, zrcadleno)

Je zde zobrazen rozlité polygon mědi a popisky, které jsou z mědi, aby při osazování součástkami a při provozu bylo jasné, na co jsou konkrétní lámané piny, nebo co znamenají jednotlivé signalizační LED diody, aniž by bylo potřeba hledat v osazovacím plánu. Obrázek 6.4 zobrazuje, jak vypadá navrhnutá DPS ve vrstvě bottom po osazení součástkami. Protože by zobrazení jednotlivých součástek nebylo vidět z důvodu rozlitého polygonu mědi, je pro následující zobrazení návrhu DPS polygon odstraněn.



Obrázek 6.4 - návrh DPS - po osazení součástkami (bottom, 1:1, zrcadleno)

6.3 Popis návrhu DPS

6.3.1 Lámané piny

Napájecí napětí je přivedeno přes pin VIN, zařízení je uzemněno pinem GND, druhý GND pin slouží pro uzemnění mobilního telefonu a pin +7 V slouží k dobíjení mobilního telefonu.

Piny pro SPI sběrnici jsou umístěné mezi mikrokontrolérem a akcelerometrem dole uprostřed DPS.

Obrázek 6.4 vlevo zachycuje poslední řadu pinů. Následuje jejich popis odspoda:

ON je vyvedený výstup optočlenu.

RX a TX jsou vyvedené piny mikrokontroléru pro komunikaci s MT.

RESET je vyveden pro programátor. Pokud je zařízení bez připojeného programátoru, propojuje se tento pin jumperem s pinem, který je nad ním.

Pin označený +3 V slouží k vyvedení napájecího napětí pro programátor (AVR Dragon ho vyžaduje na rozdíl od většiny programátorů).

Pin GND je vyvedený zemnicí vodič pro programátor.

6.3.2 Signalizační LED diody

Obrázek 6.2 zobrazuje rozmístění LED diod. První signalizační LED dioda zleva slouží k signalizaci napájecího stabilizovaného napětí +7 V, druhá signalizuje napájecí napětí +3 V a poslední svítí, pokud nastala chyba komunikace s mobilním telefonem (v bezporuchovém stavu je zhasnutá).

6.3.3 Rozmístění logických obvodů

Mikrokontrolér je umístěn ve vrstvě top napravo od středu. K jeho branám jsou připojeny všechny součástky, dle navrženého schéma. Snaha byla umístit externí oscilátor co nejbližší k mikrokontroléru.

Akcelerometr je umístěn nalevo od mikrokontroléru, vedle externího oscilátoru a filtračního kondenzátoru napájecího napětí. Touto polohou je ve výhodné pozici k přivedenému napájecímu napětí a je kolem něho dostatečné místo na filtrační kondenzátory, které zkratují případné nežádoucí střídavé signály.

6.3.4 Napájecí napětí

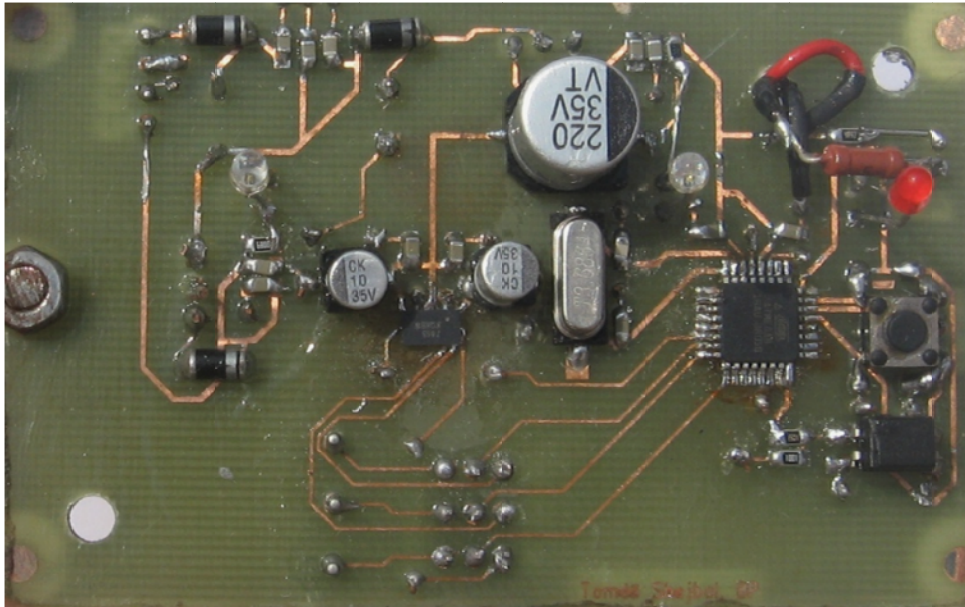
Napájecí stabilizované napětí +3 V je vyvedeno z výstupní nožičky stabilizátoru HT7130-1 a pomocí něho se připojuje akcelerometr a mikrokontrolér k napájecí síti.

Napájecí stabilizované napětí +7 V je vyvedeno z výstupní nožičky stabilizátoru L7808 a je přes diodu D3 vyvedeno na výstupní pin +7 V pro nabíjení mobilního telefonu.

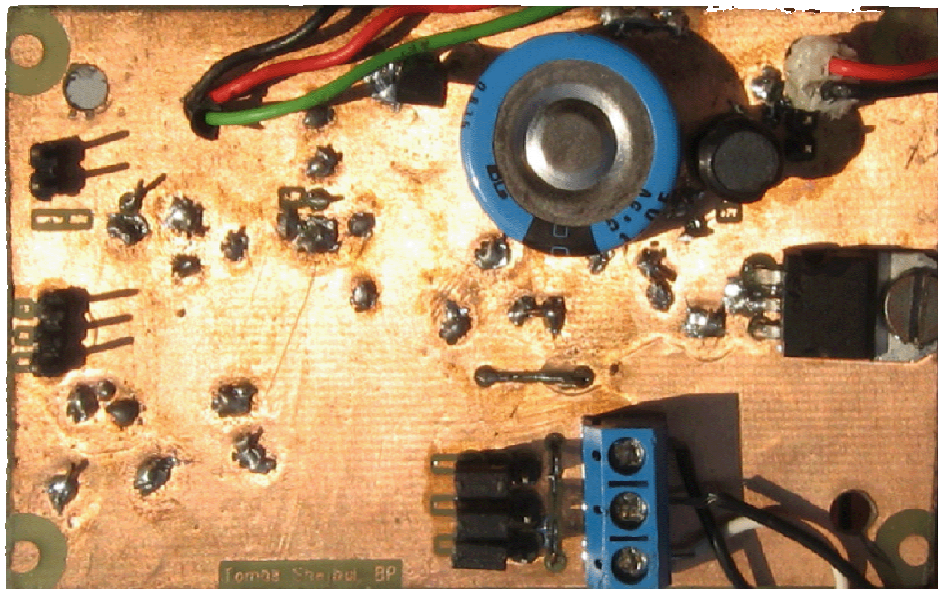
6.3.5 GND

Jelikož se DPS vyráběla v amatérských podmínkách, nešlo do návrhu DPS zahrnout používání prokovek přímo v pájecí plošce. Proto se musela každá uzemňovaná součástka připojit k zemnicí ploše přes tzv. fanouts (krátký vodič zakončený prokovkou). Každá takováto prokovka se nahradila kouskem měděného vodiče, zapájeného na obou stranách DPS.

6.4 Prototyp DPS



Obrázek 6.5 - osazená DPS z vrstvy top



Obrázek 6.6 – osazená deska z vrstvy bottom

Obrázek 6.5 zobrazuje fotografii osazené DPS. DPS není zobrazena v žádném poměru. Jde o první desku plošného spoje vyvíjeného zařízení. Hlavním smyslem této desky bylo dokázat, zda je navržené schéma a navržená DPS funkční.

Na DPS je vidět spousta nedostatků. Část z nich je již v návrhu DPS odstraněna. Proto pokud by se dala tato deska vedle osazeného návrhu DPS Obrázek 6.2, bylo by vidět několik nesrovnalostí. Příklad některých nedostatků prvotního návrhu je uveden níže.

Jedním nedostatkem je umístování měděných kol do rohů DPS (označování budoucích otvorů), protože po zakoupení krabičky, do které celé zařízení přijde, se nakonec otvory vrtají na úplně jiná místa.

Dalším nedostatkem původního návrhu bylo umístění svorkovnice pro připojení programátoru (namísto vhodnějších lánaných pinů) a nevyvedené lánané piny s +3 V pro programátor AVR Dragon. Takto se musel tento vodič vyvést z DPS zapájením přímo do vodivé cesty odpovídající tomuto napětí.

Pro měření napětí a připojovaná zařízení (z důvodu odladování sériové komunikace, atd.) by se hodilo několik lánaných pinů, které by byly uzemněny. Polygon mědi je sice rozlity po celé spodní straně (bottom), ale po odzkoušení desky byla celá DPS ošetřena ochranným lakem na DPS a tím byl měděný polygon nekompromisně odizolován.

Dále by se hodila ještě jedna indikační LED dioda, která by indikovala měřící stav zařízení a již umístěná červená LED dioda by byla pouze na indikaci chyb.

Velikost měděného textu by měla být větší. Na některých místech je sotva čitelný.

Výčet podobných chyb by se dal psát ještě dál, ale jako příklad chyb prvotního návrhu by měly být dostačující již tyto příklady.

7 Programování mikrokontroléru ATmega8

Při programování jsou využívány AT příkazy k ovládní MT. Ještě než se přistoupí k samotnému popisu programu, bude popsána komunikace MT s počítačem přes sériový port pomocí AT příkazů.

7.1 AT příkazy

Komunikace mezi mikrokontrolérem a mobilním telefonem probíhá po USART rozhraní posíláním AT příkazů. Mikrokontrolér jimi řídí činnost mobilního telefonu a mobilní telefon mu na ně odpovídá.

Tabulka 7.1 – seznam použitých AT příkazů v programu

AT příkaz	odpověď telefonu	činnost telefonu
AT	OK	testování komunikace
AT+CMEE=2	OK	nutné před SW ovládním telefonu
AT+CKPD="x" ⁵	OK	SW ovládní tlačítek MT
AT+CMSS=1,"x" ⁶	+CMSS: 70 OK	odeslání 1. SMS uložené na kartě SIM

Tabulka 3.1 zobrazuje použité AT příkazy, které byly nejprve vyzkoušeny pomocí spojení počítače a mobilního telefonu, přes sériové rozhraní RS232. Sériový port byl propojen s mobilním telefonem datovým kabelem určeným pro telefony řady Siemens x55. Komunikace byla prováděna přes program Hyperterminál, který je součástí Windows do verze Windows XP.

Obrázek 7.1 zobrazuje odeslání SMS zprávy přes program Hyperterminál. Program se skládá z tří AT příkazů. První je příkaz „AT“, na který MT odpovídá „OK“. To znamená, že uživatel zadal příkaz AT, kterým chce zjistit, zda je komunikace mezi MT a počítačem funkční. Pokud MT odpoví „OK“, pak je vše v pořádku. Pokud se objeví „ERROR“, pak je někde chyba v komunikaci.

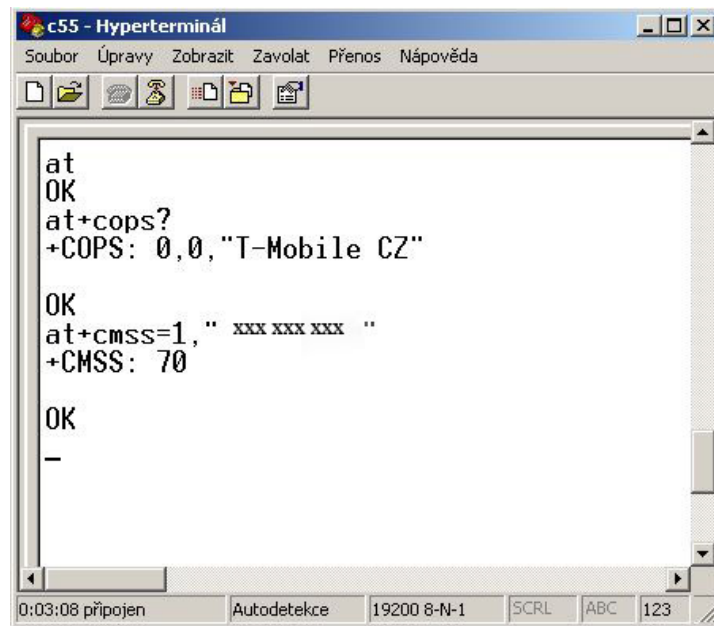
Druhý AT příkaz je „AT+COPS?“. MT vrátí název mobilního operátora, který zprostředkovává GSM služby. Tento příkaz by zde ani nemusel být, je jen pro ověření, že je MT opravdu připojen do sítě GSM a je tu spíše pro ilustraci.

Třetí příkaz „AT+CMSS=1,“xxxxxxx““ znamená, že telefon odešle 1. SMS zprávu, která musí být předem vytvořena a uložena na kartě SIM. SMS zpráv může být uloženo na SIM kartě víc a pokud je žádoucí odeslat jinou SMS zprávu, než první, pak se namísto jedničky napíše číslo odpovídající zprávě, která se potřebuje odeslat. Za „xxxxxxx“ se napíše telefonní číslo příjemce SMS zprávy. MT na tento příkaz odpoví „OK“ (pokud je vše

⁵ za x napíše znak požadované klávesy

⁶ za x se napíše telefonní číslo příjemce SMS zprávy

v pořádku), nebo „ERROR“ (pokud není SMS zpráva odeslána, není uložena na kartě SIM, atd.).



```
c55 - Hyperterminál
Soubor Úpravy Zobrazit Zavolat Přenos Nápověda

at
OK
at+cops?
+COPS: 0,0,"T-Mobile CZ"

OK
at+cmss=1," xxx xxx xxx "
+CMSS: 70

OK
-
```

0:03:08 připojen Autodetekce 19200 8-N-1 SCRL ABC 123

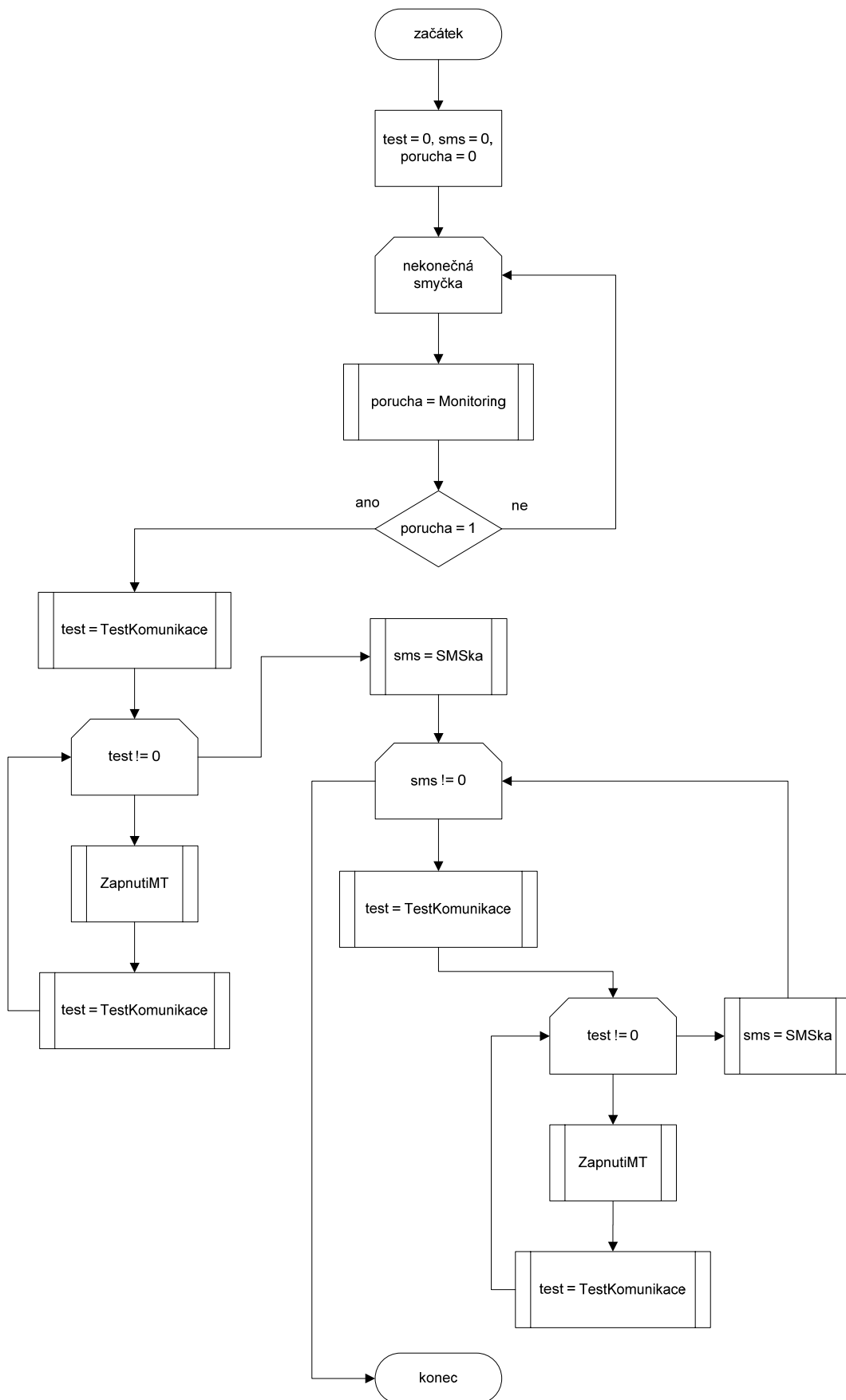
Obrázek 7.1 - odeslání SMS přes program Hyperterminál

7.2 Programování mikrokontroléru ATmega8

Mikrokontrolér je naprogramován v programovacím jazyce C ve vývojovém prostředí AVR studia. Samotné vývojové prostředí AVR studia však není vybaveno kompilátorem jazyka C. Lze v něm programovat pouze v assembleru. Aby se v tomto prostředí dalo pracovat s jazykem C, je nutné k nainstalovanému AVR studiu doinstalovat ještě WinAVR, čímž je tato indispozice odstraněna.

Program je rozdělen do tří souborů, které jsou na sobě závislé. První z těchto souborů je hlavní program, ten je označen jako „program.c“. Jsou v něm volány všechny funkce umístěné z druhého souboru. Jeho název je „moje_funkce.c“. Jak již název napovídá, v tomto programu jsou umístěny funkce, které zpracovávají nějaká data, testují komunikaci s mobilním telefonem atd. To vše se děje za pomoci funkcí, které jsou umístěné ve třetím souboru nazvaném „mega.c“. Tyto funkce zajišťují provádění nezbytných operací s mikroprocesorem jako je třeba inicializace sériové linky, nebo SPI, a obsluhu těchto periférií.

Takovýmto rozčleněním se program stává přehlednějším. Aby se program choval jako celek, je pospojován hlavičkovými soubory (hlavičkové soubory končí koncovkou „.h“ a jsou pojmenovány stejně jako soubory s příponou „.c“). Obrázek 7.2 zobrazuje vývojový diagram hlavního programu.



Obrázek 7.2 - vývojový diagram hlavního programu

7.2.1 Popis vývojového diagramu hlavního programu (program.c)

Hlavní program si volá funkce ze souboru moje funkce a zpracovává jejich výstupy. Podle těchto výstupů se poté rozhoduje, co má dále dělat. Hlavní program je naprogramován tak, aby běžel pořád dokola v nekonečné smyčce.

Následuje stručný popis funkcí použitých v hlavním programu (podrobněji jsou popsány až dále).

Monitoring

Pokud je monitorované zařízení v chodu, potom funkce vrací nulu. Pokud monitorované zařízení je v klidu, pak funkce vrací jedničku.

Test komunikace

Test komunikace vrací nulu, pokud telefon komunikuje s mikrokontrolérem. Pokud se tak neděje, je vrácena jednička.

Zapnutí MT

Tato funkce odešle SMS na mobilní telefon a nic nevrací.

SMSka

Pokud se podařilo odeslat SMS zprávu na mobilní telefon, pak funkce vrací nulu. V opačném případě funkce vrací jedničku.

Vlastní popis hlavního programu

Ještě předtím, než se program dostane do nekonečné smyčky, proběhne definice proměnných a zapne se hlídací obvod watchdog (ten není ve vývojovém diagramu z důvodu zjednodušení diagramu zobrazen). Watchdog je během programu několikrát nulován, aby docházelo k resetu mikrokontroléru pouze v případech, když mikrokontrolér tzv. zamrzne.

Po vkročení do nekonečné smyčky se zavolá funkce Monitoring. Následuje větvení programu.

Pokud funkce Monitoring vrací nulu, pak je podmínka vyhodnocena záporně a program pokračuje na začátku cyklu. Pokud funkce Monitoring vrátí jedničku, je podmínka vyhodnocena kladně a program pokračuje Testem komunikace. Výsledek testu komunikace se uloží do proměnné test, která slouží v následujícím kroku programu jako podmínka cyklu while. Tento cyklus probíhá tak dlouho, dokud se nepodaří funkci Zapnutí MT mobilní telefon zapnout.

Po zapnutí mobilního telefonu a úspěšném otestování komunikace se přejde na funkci SMSka. Ta se pokusí odeslat SMS zprávu o poruše monitorovaného zařízení na mobilní telefon obsluhy ČOV. Pokud vše proběhne bez problémů, pak funkce vrátí nulu, která se uloží do proměnné sms. Tato proměnná je součástí podmínky cyklu while. Pro současný případ

však nula uložená v proměnné sms nevyhoví podmínce a přejde se na konec programu, kde se čeká, dokud nedojde k resetu mikrokontroléru resetovacím tlačítkem.

Pokud nastane případ opačný (tzn. funkce SMSka vrátí jedničku), pak se vkročí do cyklu, kde se otestuje, zda mobilní telefon komunikuje. Pokud ano, pak se odešle znovu sms a opět se vyhodnotí podmínka cyklu – tentokrát podmínka nevyhoví a dojde se na konec programu. Pokud mobilní telefon nekomunikuje, pak program vkročí do dalšího cyklu while, jehož tělo zapne mobilní telefon a otestuje komunikaci. Pokud vše proběhne správně, pak následuje obdobný postup jako v předchozím případě.

7.2.2 Popis souboru moje_funkce.c

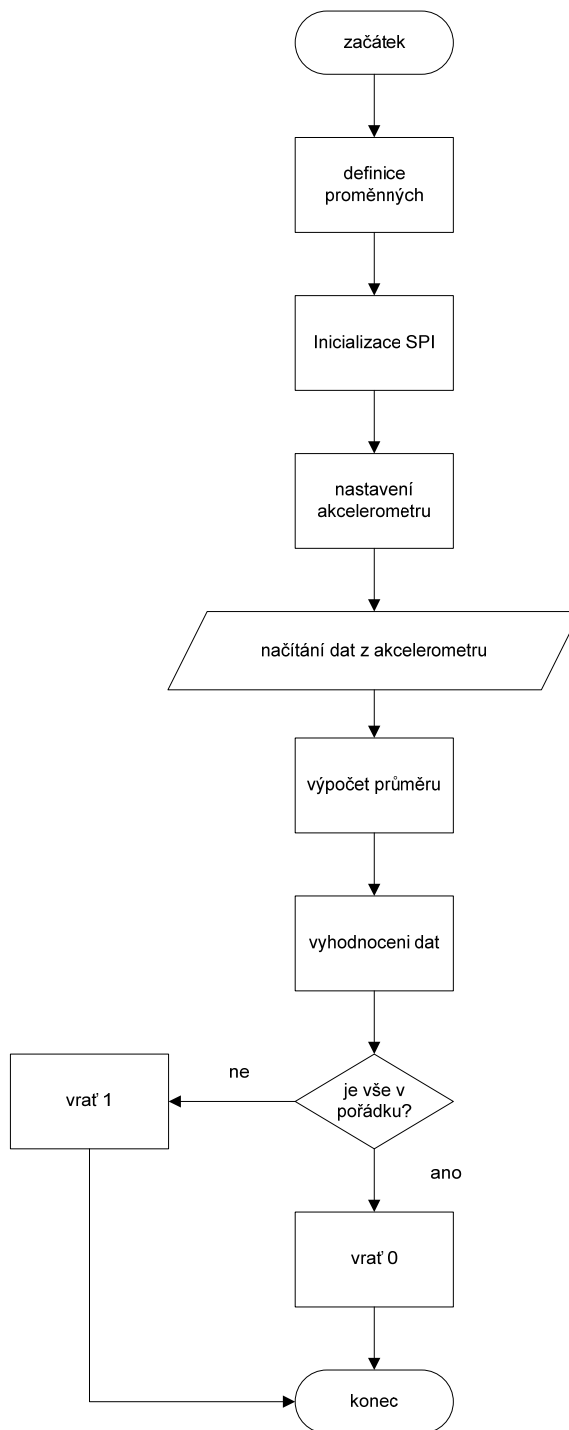
V tomto souboru jsou naprogramované všechny čtyři funkce, které se volají během hlavního programu. Následuje popis jednotlivých funkcí.

Monitoring

Tato funkce je pro činnost zařízení velmi zásadní. Pomocí ní se totiž načítají data z akcelerometru a v této funkci se také načtená data zpracovávají a vyhodnocují. Následuje popis funkce vývojového diagramu pro tuto funkci. Obrázek 7.3 zobrazuje diagram pro funkci Monitoring.

Nejprve se provede definice jednotlivých proměnných potřebných pro ukládání a zpracovávání dat. Poté následuje inicializace sériové sběrnice mikrokontroléru. Ta se provede zavoláním funkce SPI_Init (o této funkci podrobněji až později).

Bezprostředně po nastavení mikrokontroléru se nastavuje akcelerometr. Jeho nastavení je popsáno za vývojovým diagramem funkce monitoring a to na straně 63.



Obrázek 7.3 - vývojový diagram funkce Monitoring

V této funkci se také nastavuje akcelerometr, proto bude jeho nastavení nyní popsáno.

Tabulka 7.2 - registr \$16 (nastavovací registr)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	bit
-	DRPD	SPI3W	STON	GLVL[1]	GLVL[0]	MODE[1]	MODE[0]	funkce
0	0	0	0	0	0	0	0	výchozí nastavení

Tabulka 7.2 ukazuje, jak jsou v tomto registru rozmístěné jednotlivé bity a jaké jsou jejich funkce. Pro tuto práci jsou využívány bity 3, 2, 1 a 0. Jejich význam byl popsán v teoretické části v kapitole „Možnosti zjišťování poruch vzduchovacího zařízení“ v části nazvané „Akcelerometr MMA7455L“. Zápis do tohoto registru probíhá tak, že se sestaví 8bitová instrukce, ze které akcelerometr zjistí, kam se má zapisovat. Po tomto 8bitovém slově následuje další. To již neobsahuje adresu, ale přímo zapisovaná data do registru.

Adresovací slovo je sestavené tak, že nejvyšší bit určuje, zda se bude zapisovat, nebo psát (v tomto případě psát takže na tomto místě bude jednička). Bity 6-1 slouží k zapsání čísla registru v binární soustavě (tudíž je nutné převést číslo registru z hexadecimální soustavy do soustavy binární). V tomto případě tedy $16_{\text{hex}} = 10110_{\text{bin}}$. Na hodnotě nejnižšího bitu nezáleží, takže je nastaven na nulu. Celé posílané slovo tedy: 10101100.

Datové slovo se sestaví tak, že se určí, kde mají být v registru \$16 jedničky, a kde nuly, a podle toho se na tento registr tato sekvence pošle. Datové slovo tedy vypadá následovně: 00000101. Bit 3 a 2 nastaví citlivost akcelerometru a bit 1 a 0 měřicí mód. Tím je nastaven akcelerometr i mikrokontrolér pro vzájemnou komunikaci.

V programu se dále pokračuje načítáním dat z akcelerometru. Data z akcelerometru se načítají tak, že se opět adresuje na patřičný datový registr a poté se vyšle libovolný znak (protože pokud se má přijímat, musí se i vysílat, to je základní princip SPI), čímž se do patřičné proměnné uloží přijatá data z akcelerometru.

Adresovací zpráva pro čtení z registru se sestavuje obdobně jako při zápisu do registru \$16. Je tu ale ten rozdíl, že se bude číst a nikoliv psát. Číst se bude z registru \$06, což je 8bitový registr, ze kterého se čtou data pro osu X.

Vysílané adresovací slovo má následující tvar: 00001100. Je to opět číslo vyjádřené v binární soustavě, kterého se dosáhlo převedením šestky ze soustavy hexadecimální.

Následuje výpočet průměru dat z akcelerometru pro osu X. Ten se počítá jednoduchým způsobem a to dle následující rovnice:

$$prum = \frac{prum + data}{2},$$

kde *prum* je průměr,
data jsou aktuální data z akcelerometru pro osu X.

Načítání dat z akcelerometru, výpočet průměru a vyhodnocování dat probíhá ve smyčce, která trvá zhruba jednu minutu. Na konci této smyčky je proměnná, která se po každém uběhnutém cyklu inkrementuje o jeničku. Při vyhodnocování dat z akcelerometru se však nuluje a to v případě, pokud je rozdíl průměru od aktuální hodnoty zrychlení z akcelerometru větší než prahová hodnota (hodnota kdy je zařízení maximálně citlivé, ale ještě nedochází k planým poplachům). Pokud však není tato proměnná nulována, velmi rychle narůstá a brzy dosáhne hodnoty zlomku:

$$\frac{f_{CPU}}{1600}$$

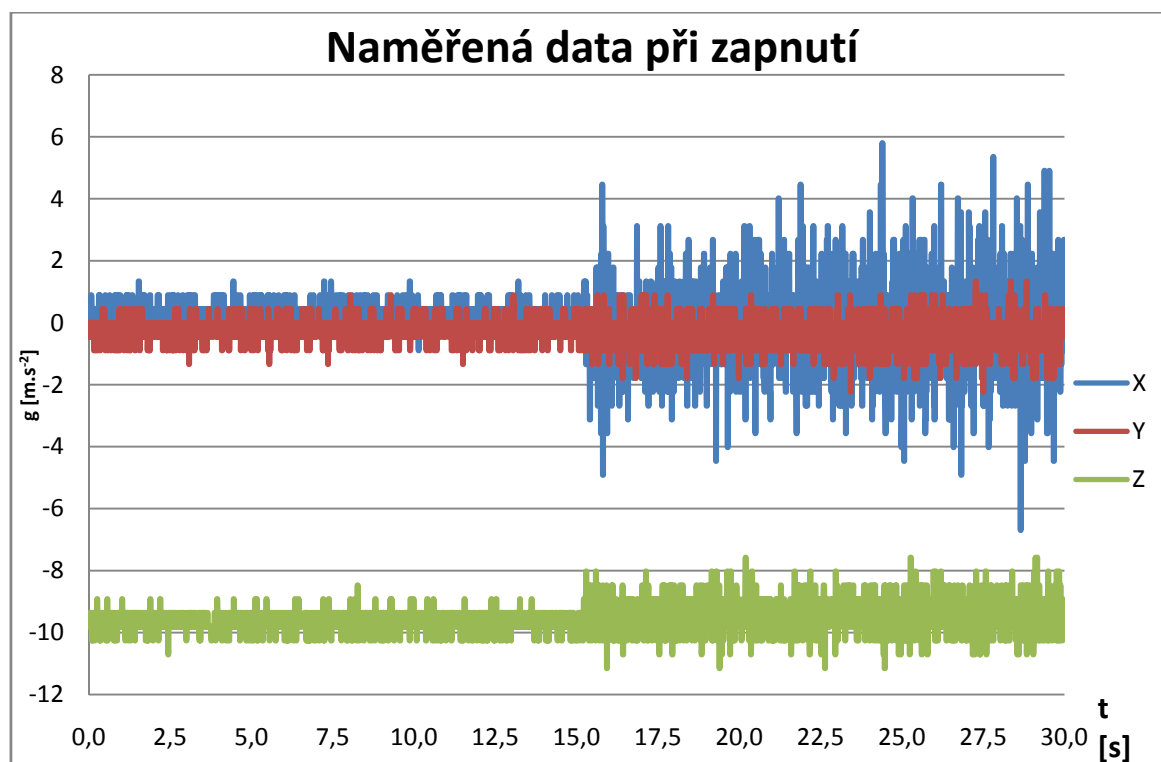
Tato hodnota se testováním ukázala jako vhodná.

Pokud tedy dojde k dosažení této hodnoty zlomku, potom je okamžitě tato časová smyčka ukončena (na základě větvení, které následuje po vyhodnocování dat) a funkce vrací jako svoji návratovou hodnotu jedničku.

Pokud za celou dobu cyklu k přetečení této hodnoty nedojde, pak se smyčka po uplynutí zhruba jedné minuty zakončí. Stejně tak i popisovaná funkce s návratovou hodnotou nula.

Pro vyhodnocování dat se ukázala jako nejlépe vhodná osa X. Měřením se zjistilo, že není ani potřeba načítat a zpracovávat data ze zbývajících dvou os. Tímto se program trochu zjednoduší a přitom funkce celého zařízení zůstane spolehlivě zachována.

Jako důkaz je zde přiložen graf naměřených dat. Tyto data byly naměřeny pomocí akcelerometru MMA7660FC od firmy Freescale. Tento akcelerometr je dodáván jako hotový modul, takže stačí pouze připojit přes USB kabel s počítačem. Data jsou pak zachycena programem SensorToolbox a zpracována do grafu.



Obrázek 7.4 - naměřená data zrychlení při zapnutí vzduchovacího zařízení

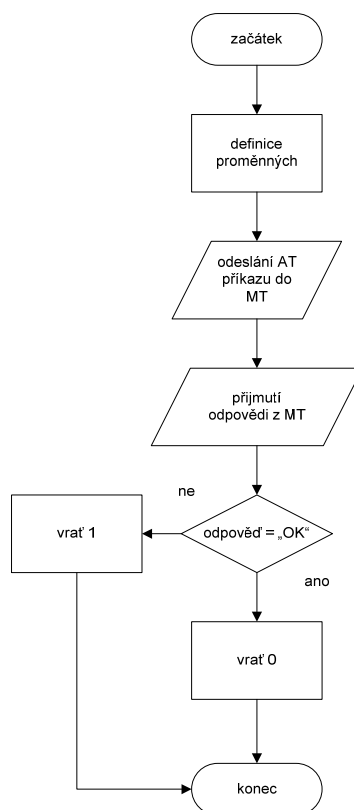
Obrázek 7.4 jasně ukazuje, že modrá osa má největší zrychlení (tedy osa X). Rozdíl mezi stavem, kdy je vzduchovací zařízení v klidu a kdy je v činnosti je patrný na první pohled (oproti oběma zbývajícím osám).

Test komunikace

Pomocí této funkce se testuje, zda mobilní telefon komunikuje. Jak již bylo popsáno v teoretické části, a v dokázáno v části praktické před několika stranami, mobilní telefon na některé AT příkazy odpovídá. Většinou pokud je vše v pořádku tak „OK“. V této funkci je tedy vyslán AT příkaz „AT“, na který MT odpoví „OK“. Odpovídá vždy. Jestliže neodpoví, znamená to, že je vypnutý. Tato funkce má za úkol zjistit, zda je mobilní telefon zapnutý, či nikoliv.

Program začíná definicí proměnných, potřebných pro chod programu. Následuje inicializace sériové linky USART (jak se to děje bude, pospáno později při popisu funkcí, které jsou umístěny v souboru mega.c). Dalším krokem programu je odeslání AT příkazu „AT“. Ten se odešle od vysíláním jednotlivých znaků AT příkazu po sériové lince. Následuje přijetí odpovědi mobilního telefonu. To se děje v cyklu, protože je nutno zachytit 7 znaků (telefon vrací sice OK, ale ještě dalších pět bílých znaků a OK je mezi nimi) a během cyklu dochází k větvení.

Pokud za celý cyklus nepříjde žádný znak, který bude mít ASCII hodnotu odpovídající znaku „K“, pak funkce vrátí jedničku. Pokud ASCII hodnota „K“ přijde, pak funkce vrátí nulu. Obrázek 7.5 zobrazuje výše popsané ve vývojovém diagramu.



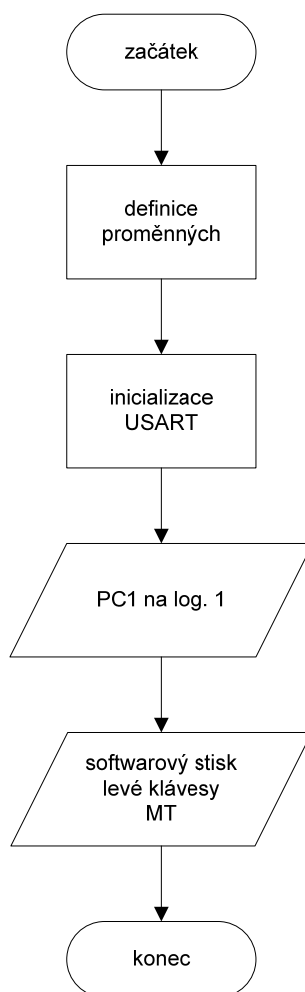
Obrázek 7.5 - vývojový diagram funkce Test komunikace

Zapnutí MT

Tato funkce dokáže zapnout mobilní telefon, pokud je vypnutý.

Na začátku programu jsou definované proměnné, následně je nastaven pin PC1 jako výstupní a je na něj přivedena logická jednička. Tím se zapne mobilní telefon, ale dojde k menu, kde žádá obsluhu, aby stiskla levé potvrzovací tlačítko pro spuštění MT.

Softwarové stisknutí tlačítka je tedy nutnost. To se provede tak, že se povolí softwarové ovládání MT (vysláním příčného AT příkazu) a následně se vyšle samotný AT příkaz pro stisk levé klávesy. Poté tato funkce končí a nic nevrací. Obrázek 7.6 zobrazuje výše popsané ve vývojovém diagramu.



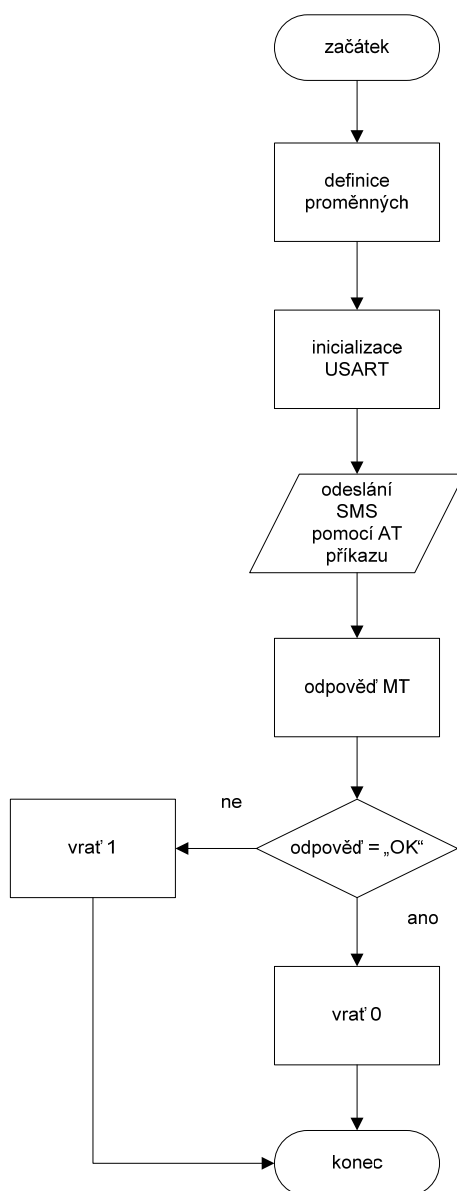
Obrázek 7.6 - vývojový diagram funkce Zapnutí MT

SMSka

Tato funkce je poslední ze souboru mega.c. Po jejím zavolání z hlavního programu se odešle SMS na telefonní číslo, které je uloženo v proměnné sms v této funkci.

Po definici jednotlivých proměnných se inicializuje sériová linka (jak bude popsáno později). Následuje odeslání jednotlivých znaků po sériové lince do MT (jednotlivé znaky odpovídají jednotlivým znakům AT příkazu pro odeslání SMS) a uložení odpovědi.

Odpověď se zpracovává stejně, jako v testu komunikace. To znamená, že se čeká, pokud přijde „OK“ (společně s „OK“ přijde dalších 40 číselných znaků, mezi nimiž je OK) a funkce se dále větví dle toho, zda přijde „OK“, nebo nepřijde. Pokud přijde, potom se funkce ukončí a jako návratovou hodnotu odevzdá nulu. Pokud „OK“ nepřijde, jako návratovou hodnotu odevzdá jedničku. Obrázek 7.7 zobrazuje, jak vypadá vývojový diagram funkce SMSka.



Obrázek 7.7 - vývojový diagram funkce SMSka

7.2.3 Popis funkcí v souboru mega.c

Jak již bylo řečeno, tyto funkce provádějí nezbytné operace s mikroprocesorem, jako je třeba: inicializace sériové linky, nebo SPI, a obsluha těchto periférií. Funkce, které budou nyní popsány jsou:

- USART_Init,
- USART_Vysilani,
- USART_Prijem,
- SPI_Init,
- SPI_Prenos,
- CSup,
- CSdown.

USART_Init

Pomocí této funkce se nastaví sériová linka a po ukončení této funkce je již USART připravený ke komunikaci.

Nyní budou rozebrány použité registry pro nastavení USART pro mikrokontrolér ATmega8 a jejich nastavení.

Tabulka 7.3 - registr UCSRB

7	6	5	4	3	2	1	0	bit
RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	funkce
0	0	0	0	0	0	0	0	výchozí nastavení
0	0	0	1	1	0	0	0	nastaveno

Tabulka 7.4 - registr UCSRC

7	6	5	4	3	2	1	0	bit
URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	funkce
1	0	0	0	0	1	1	0	výchozí nastavení
1	0	0	0	0	1	1	0	nastaveno

V tabulkách jsou zobrazené jednotlivé bity registru, jejich názvy a výchozí nastavení. Spodní řádek tabulek zobrazuje nastavení, které je využíváno při programování této práce. Šedě jsou vyznačeny ty buňky, kde jsou nastaveny jiné bity, než je ve výchozím nastavení.

Přenos dat je nastaven na 8N1 (8 bitů data, 1 stop bit, žádná parita) a je nastaven asynchronní přenos. Z toho vyplývá, že není nutné s registrem UCSRC nějak manipulovat,

vše je již nastaveno. V registru UCSRB je nastaveno také vše, až na bity RXEN a TXEN (povolení čtení a zápisu). Ty jsou ve funkci tedy nastaveny do jedničky.

Přenosová rychlost se nastavuje zapsáním do registru UBBR. Zapiše se do něj číslo odpovídající pracovní frekvenci mikroprocesoru a požadované komunikační rychlosti.

Komunikace mezi mikrokontrolérem a MT probíhá při přenosové rychlosti $19,2 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$. U vnitřního RC oscilátoru dochází při výchozí pracovní frekvenci (1MHz) při přenosové rychlosti $19,2 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ k chybě přenosu 8,5 %.

Proto je vedle mikrokontroléru umístěn externí krystal, který má frekvenci 3.6864 MHz. Při této frekvenci je chyba komunikace 0,00 % a do registru UBBR se tedy zapiše 11.

USART_Vysilani

Tato funkce slouží k vysílání po sériové lince. Vysílání probíhá tak, že se data vkládají do registru UDR a odtud se posílají po sériové lince do MT. Registr UDR je společný jak pro vysílání, tak pro příjem.

Data jsou odeslána vždy, když je v registru UCSRA bit UDRE v nule. Tento bit dává znamení, že jsou data připravená k odeslání.

USART_Prijem

Tato funkce slouží k přijímání dat jdoucích od MT do mikrokontroléru. Přijímá data z registru UDR a návratovou hodnotou této funkce je právě tento registr.

Mikroprocesor zde čeká, dokud nebude v registru USCRA bit RXC v jedničce. To znamená, že jsou připravená data k vyzvednutí z registru UDR.

Pokud ovšem žádná data nepřijdou, bude program stále čekat na přijatá data. Jestliže se tedy mobilní telefon samovolně vypne a bude se žádat odpověď telefonu třeba při testu komunikace, pak by se program odpovědi nedočkal. Proto je zde přidán „ochranný kód“ na takto vzniklé situace.

Tento ochranný kód využívá inkrementace proměnné. Proměnná se neustále inkrementuje o jedničku, až dosáhne hodnoty, která je rovna desetina frekvence mikrokontroléru a při této hodnotě se smyčka přeruší pomocí příkazu break. Inkrementace proměnné do tak vysokých hodnot samozřejmě zabere nějaký čas a právě toho se využívá. Pokud nějaká data přijdou, cyklus se ukončí a data z registru UDR se odevzdají jako návratová hodnota funkce. Pokud žádná data nepřijdou, po krátkém čase se cyklus přeruší a nevrátí se nic.

SPI_Init

Podobně jako při inicializaci USART se pomocí této funkce nastaví sběrnice SPI a po ukončení této funkce je již SPI připraveno ke komunikaci.

Registry SPI pro mikrokontrolér ATmega8 a jejich nastavení je popisováno níže.

Tabulka 7.5 –registr SPCR

7	6	5	4	3	2	1	0	bit
SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	funkce
0	0	0	0	0	0	0	0	výchozí nastavení
0	1	0	1	0	0	1	0	nastaveno

Tabulka 7.5 zobrazuje jednotlivé bity registru a jejich názvy a výchozí nastavení. Spodní řádek tabulky zobrazuje nastavení, které je využíváno při programování této práce. Šedě jsou vyznačeny ty buňky, kde jsou nastaveny jiné bity, než je ve výchozím nastavení.

U SPI sběrnice je potřeba nastavit registr SPE a MSTR do jedničky. SPE je bit povolující SPI. MSTR je bit, který v jedničce nastaví mikrokontrolér jako master pro SPI. Bity SPR1 a SPR0 se nastavuje rychlost SCK (rychlost, při jaké se bude komunikovat). Dle zápisu do bitů na pozici 1 a 0 se tedy bude komunikovat na kmitočtu:

$$\frac{f_{CLK}}{64},$$

kde f_{CLK} je pracovní frekvence mikroprocesoru

64 je hodnota před děličky frekvence procesoru (nastavená bity SPR1 a SPR0).

Dále je nutné nastavit piny, jejichž sekundární funkce jsou MOSI a SCK, jako výstupní.

SPI_Prenos

Tato funkce se stará o přenášení dat po této sběrnici. Jako argument se jí předhodí, co se má odeslat, a jako návratovou hodnotu vrací, co se přijalo. Data odesílaná i přijímaná jsou umístěna v registru SPDR. Funkce čeká na odesílání dat tak dlouho, dokud není nastaven bit SPIF v SPSR registru, nebo dokud nedojde k resetu hlídacím obvodem watchdog.

CSup

Tato funkce nastavuje pin CS (vždy když je v logické nule, tak master zahajuje přenos po sběrnici) do napěťové úrovně logické nuly.

CSdown

Tato funkce nastavuje pin CS (vždy když je v logické nule, tak master zahajuje přenos po sběrnici) do napěťové úrovně logické jedničky.

Hlídací obvod watchdog

Ačkoliv není v souboru mega.c, patří sem. Tento obvod se ovládá pomocí již naprogramovaných funkcí, které jsou umístěny v hlavičkovém souboru <avr/wdt.h>. Z tohoto souboru jsou využívány tři funkce, které budou nyní popsány.

Wtd_enable

Slouží k zapnutí tohoto hlídacího obvodu a jako argument se mu předhazuje makro WDTO_2S. Toto makro volí čas, po kterém proběhne reset, není-li čítač watchdogu do té doby vynulován (resetován). Přesná perioda resetu tohoto makra je 1816ms.

Wtd_disable

Slouží k vypnutí hlídacího obvodu.

Wtd_reset

Slouží k resetování časovače hlídacího obvodu. [13]

8 Závěr

Vyvíjené zařízení se podařilo vytvořit a je plně funkční. Stejně tak se podařilo popsat možnosti snímání dalších fyzikálních veličin a celkově problematiku spojenou s vývojem této práce. Jedním z největších kladů zařízení je, že dokáže zapnout MT, pokud je vypnutý (to u takto starých MT jako je Siemens C55 není nic neobvyklého), tím je dosaženo daleko větší spolehlivosti. Zařízení je umístěno ve vodotěsném plastovém krytu, takže je chráněno před klimatickými podmínkami. Další ochranou proti změnám klimatu je umístění topného rezistoru uvnitř konstrukce. Tím je vnitřní teplota méně závislá na teplotě okolí. Celé zařízení je přimontováno ke konstrukci aeračního válce. Snímač poruchy je schopný do deseti sekund od zjištění nečinnosti aeračního válce poslat SMS zprávu obsluze ČOV (pokud je MT vypnutý, tak samozřejmě o chvíli déle, zhruba o 15 sekund).

Vyvinutý snímač poruchy dokáže odesílat pouze SMS zprávy, není schopný obsluhu ČOV informovat o poruše zařízení telefonním hovorem. Dále není vyvinutý snímač schopný zpracovávat příchozí hovory, jako běžné průmyslové moduly. Takováto funkce se dá využít, pokud má GSM modul odeslat varovnou SMS zprávu na více telefonních čísel. Pokud pak jedno číslo odpoví zavoláním na GSM modul, pak se SMS zpráva na ostatní čísla neodesílá a GSM modul bere SMS za doručenou. Snímač poruchy proto může pracovat dobře, ale pokud si obsluha nevšimne SMS zprávy, nebo nebude mít MT telefon s sebou, pak se tento stav nedá nijak ošetřit a SMS na jeho MT bude čekat na přečtení tak dlouho, dokud si ji obsluha ČOV nepřečte.

Citovaná literatura

1. **Effenberger Miloš, Zahrádka Vladimír.** *Příručka pro provoz a kontrolu čistíren odpadních vod.* Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1963.
2. **Jan, Kašpar.** *Provozní řád ČOV Moravany.* Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o., 2006.
3. **Pavel, Ripka.** *Senzory a převodníky.* Praha : České vysoké učení technické, 2005. 80-01-03123-3.
4. **Karel, Zehnula.** *Snímače neelektrických veličin.* Praha : Nakladatelství technické literatury, 1990.
5. **Fajt Václav, Haasz Vladimír, Sedláček Miloš.** *Elektrická měření.* Praha : Vydavatelství ČVUT, 1996. 80-01-00751-0.
6. **Electronic, GM.** Klešťový ampérmetr. [Online] [Citace: 6. 4 2010.] http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/722/722-249/pctdetail.722-249.1.jpg.
7. **Karel, Zehula.** *Čidla robotů.* Praha : Nakladatelství technické literatury, 1990. 80-03-00563-9.
8. **Allegro.** Datasheet A1301. [Online] [Citace: 8. 4 2010.] http://www.allegromicro.com/en/Products/Part_Numbers/1301/1301.pdf.
9. **Automationdirect.** Datasheet TRD-GK100-RZD. [Online] [Citace: 15. 4 2010.] <http://www.automationdirect.com/static/specs/encoderhd.pdf>.
10. **Fiedler-Mágr.** Manuál k M2001-EK. [Online] [Citace: 20. 4 2010.] http://fiedler-magr.cz/sites/default/files/dokumenty/manual-m2001e-v103_0.pdf.
11. **Häck, Michael.** Optické měření koncentrace kyslíku ve vodách. [Online] [Citace: 20. 4 2010.] http://www.hach-lange.cz/countrysites/action_q/download;document/DOK_ID/14781862/type/pdf/lkz/CZ/spkz/cs/TOKEN/P-Qrril4-dOsBnRNrqKZdmOCbFQ/M/biU7QQ.
12. **Freescale.** *Datasheet MMA7455L.* [Online] [Citace: 1. 3 2010.] http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7455L.pdf.
13. **Atmel.** Datasheet AVR ATmega8. [Online] [Citace: 3. 4 2010.] http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf.
14. **Němčec, Zdeněk.** Podklady k přednáškám z předmětu: Vybrané rádiové systémy. *Charakteristika systému GSM.*
15. **Siemens.** Uživatelská příručka pro mobilní telefon Siemens C55.

16. **Holtec.** Datasheet HT7130-1. [Online] [Citace: 10. 5 2010.]
http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/934/934-067/dsh.934-067.1.pdf.
17. **Vishay.** Datasheet k zálohovacímu kondenzátoru. [Online] [Citace: 20. 5 2010.]
http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/123/123-330/dsh.123-330.1.pdf.
18. **STMicroelectronics.** Datasheet L7808. [Online] [Citace: 22. 5 2010.]
http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-003/dsh.330-003.1.pdf.
19. **Sharp.** Datasheet PC817. [Online] [Citace: 30. 5 2010.]
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/Sharp/mXtwxrt.pdf>.

Obsah CD

Na přiloženém CD se nachází:

- Tato práce pod názvem „Shejbal_Tomas.pdf“,
- program pro monitorované zařízení v jazyce C (adresář „program“),
- schéma navrženého zařízení (adresář „PADS“, soubor „schema.sch“),
- návrh DPS monitorovacího zařízení (adresář „PADS“, soubor „dps.pcb“),
- uživatelská příručka pro obsluhu ČOV (adresář „manual“).