

ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a realizací zařízení pro měření teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu, přenosem měřených dat přes internet a jejich zobrazování na webové stránce. V úvodní kapitole se čtenář seznámí s principy měření atmosférického tlaku, teploty a relativní vlhkosti a s různými typy senzorů, které se k tomuto měření používají. Dále je nastíněna koncepce systému, který musí řešit úlohu od načtení hodnoty ze senzoru až po grafické zobrazení této hodnoty uživateli internetu. V druhé a třetí kapitole je popsán návrh zařízení pro měření teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu a jeho software. V následující části čtenář najde popis softwaru sloužícímu k přenášení naměřených dat po internetu a prezentaci těchto dat uživateli formou webových stránek. V závěrečné části jsou zhodnoceny dosažené výsledky práce.

Klíčová slova: Meteorologická stanice, měření teploty vzduchu, měření vlhkosti, měření atmosférického tlaku, teplotní čidla, tlaková čidla, mikroprocesor, SHT15, MPXA6115A.

ABSTRACT

This thesis discusses design and realization of air temperature, pressure and relative humidity measuring device, transmission of measured data over internet and their presentation on a web site. First chapter introduces reader into principles of measuring air temperature, pressure and relative humidity and various types of sensors used for measuring . Next, the conception of designed system is described. Designed system must accomplish tasks from reading raw data from the sensor up to their graphical presentation to the internet user. Second and third chapter describes hardware and software design of air temperature, pressure and relative humidity measuring unit. In next part one can find description of software used to transmit measured data over internet and software for generating web pages which are shown to users. The work is reviewed in the final part of this thesis.

Keywords: Meteorological station, air temperature measurement, humidity measurement, air pressure measurement, temperature sensors , pressure sensors, microprocessor, SHT15, MPXA6115A.

SVOBODA, J. *Meteorologická stanice se vzdáleným přístupem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 51 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Sysel, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Meteorologická stanice se vzdáleným přístupem“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Petru Syslovi, Ph.D. za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování diplomové práce.

V Brně dne

.....

Podpis autora

Obsah

Úvod	10
1 Snímače fyzikálních veličin.....	11
1.1 Měření tlaku	11
1.1.1 Principy snímačů tlaku.....	11
Odporové snímače.....	12
Piezorezistivní odporový snímač	13
Tenkovrstvé kovové tenzometry.....	13
Kapacitní snímače	13
Indukčnostní snímače.....	14
Piezoelektrické snímače	14
Rezonanční snímače.....	15
Optické snímače.....	15
1.2 Měření teploty	16
1.2.1 Principy snímačů teploty.....	16
Odporové kovové snímače	16
Polovodičové odporové snímače	18
1.3 Měření vlhkosti	19
1.3.1 Principy snímačů vlhkosti	20
Mechanický (vlasový) vlhkoměr	20
Gravimetrický vlhkoměr	20
Kondenzační vlhkoměr.....	20
Elektrolytický vlhkoměr	20
Psychrometr	20
Odporový senzor vlhkosti.....	21
Kapacitní senzor vlhkosti	21
Vlhkoměr s vyhřívanými termistory	21
2 Návrh systému	22
2.1 Návrh měřícího zařízení	22
2.2 Procesor a jeho podpůrné obvody	23
2.2.1 Oscilátor	23
2.3 Výstupní obvody.....	24
2.3.1 Sériové rozhraní pro připojení PC	24
2.3.2 Rozhraní Ethernet pro připojení PC.....	25

2.3.3	Displej	26
2.4	Napájecí obvody	27
2.4.1	Stabilizátor napětí +5V	27
2.4.2	Stabilizátor napětí +3,3V.....	28
2.5	Senzory	28
2.5.1	Senzor teploty a vlhkosti SHT15	28
2.5.2	Senzor tlaku vzduchu MPXA6115A.....	30
2.6	Konektory	30
2.6.1	Napájení	31
2.6.2	Připojení počítače	31
2.6.3	Připojení senzorů	31
2.6.4	Ostatní vnitřní konektory	31
3	Software měřicího zařízení	32
3.1	Struktura zdrojových souborů a klíčové funkce	32
3.1.1	Soubor <code>lcd_c.c</code>	32
3.1.2	Soubor <code>uart.c</code>	33
3.1.3	Soubor <code>special_charset.c</code>	33
3.1.4	Soubor <code>meteostanice.c</code>	33
3.2	Běh programu.....	34
3.2.1	Inicializace zařízení	34
4	Software pro načítání a přenos dat po internetu.....	35
4.1	Běh programu.....	35
4.2	Přenos dat po internetu	36
5	Webové stránky	37
5.1	Struktura stránek.....	37
6	Závěr	38
	Použitá literatura.....	39
	Seznam použitých zkratk.....	41
	Přílohy.....	42
	Obsah CD.....	42
	Schéma zapojení	43
	Podklady pro výrobu desek	44
	Seznam součástek	48
	Popis některých funkcí programu pro procesor	49

Úvod

Diplomová práce Meteorologická stanice se vzdáleným přístupem je zaměřen na vývoj měřicí stanice, která bude měřit vybrané fyzikální veličiny. Naměřené hodnoty bude zobrazovat na připojeném displeji a skrze ethernet nebo RS-232 rozhraní bude propojená s osobním počítačem (serverem), na němž bude spuštěný program, který bude změřené hodnoty zprostředkovávat uživateli počítače.

Mezi měřitelné fyzikální veličiny můžeme zařadit teplotu a vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, rychlost a směr větru, srážky. V rámci diplomové práce budu realizovat pouze měření teploty a vlhkosti vzduchu a atmosférického tlaku. Měření rychlosti a směru větru a srážek nebude realizováno z důvodu vysokých finančních nákladů.

V úvodu budou popsány principy měření zvolených fyzikálních veličin a druhy snímačů a jejich vlastnosti. Další část se pak bude zabývat návrhem samotného zařízení. Ve třetí kapitole bude popsán návrh hardware měřícího zařízení. Ve čtvrté kapitole bude popsán software pro procesor a v páté a šesté pak software pro přenos dat po internetu a prezentaci uživatelům.

1 Snímače fyzikálních veličin

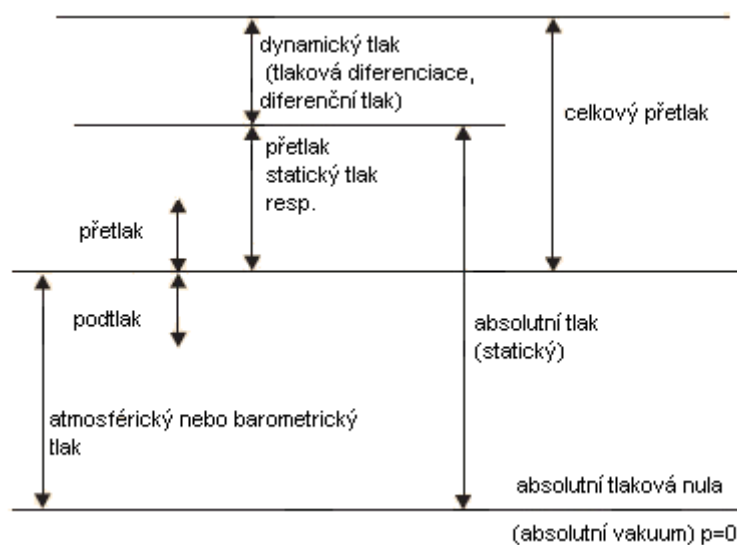
1.1 Měření tlaku

1.1.1 Principy snímačů tlaku

Z fyzikálního hlediska rozlišujeme statický, dynamický a celkový (smíšený) tlak, absolutní, relativní a atmosférický tlak, podtlak (vakuum) a přetlak (střední a vysoký tlak) – obr. 1. Základní jednotkou tlaku je pascal

$$\text{Pa} = 1\text{m}^{-1} * \text{kg} * \text{s}^{-2} = 1\text{N} * \text{m}^{-2} \quad (1)$$

častěji se používají násobky kPa, MPa. Další jednotkou plně konzistentní s jednotkami SI (mezinárodně domluvená soustava jednotek, která se skládá ze základních jednotek, odvozených jednotek, předpon a vedlejších jednotek) je bar (1 bar = 100 kPa, přesně). Při udávání tlaku v barech se méně chybí, protože bar je přibližně stejně velký jako „atmosféra“ (0,981 bar = 1 atm). „Atmosféra“ je jednotka všeobecně známá a tradiční, avšak neodpovídá soustavě SI.



Obr.č.1: Grafické znázornění různých vyjádření tlaku[1]

Většina základních principů využívaných ve snímačích tlaku je po desetiletí neměnná. Zpravidla se neměří přímo tlak (p), nýbrž jeho silový účinek (F), a to obvykle buď v podobě deformace pružného členu, nebo v podobě mechanického napětí, které v silově namáhaném členu vzniká. Výjimku tvoří některé vakuometry uvedené níže. Obvykle rozlišujeme následující funkční principy:

- odporový piezorezistivní;
- odporový s tenzometry;
- kapacitní;

- piezoelektrický;
- rezonanční;
- indukční;
- optický (optoelektronický);
- deformační.

Pod název „deformační“ lze zahrnout další principy, které jsou kombinací deformačního členu s různými čidly polohy: s mechanickými kontakty (mikrospínač), s jazýčkovým relé, s Hallovou sondou nebo s jiným (např. optickým) snímačem polohy. Dalším příkladem je deformační člen ve spojení s elektromechanickou zpětnou vazbou v kompenzačním zapojení.

Pro měření vakua se používají shodné způsoby. Silové účinky velmi nízkých tlaků jsou však těžko měřitelné, a proto se používají také způsoby elektrické (piezorezistivní a měrka Bayardova, Albertova měrka, ionizační, Penningova a se zdrojem radioaktivního záření) a tepelné (bolometr, Piraniho a termočlánekové měrky).

Z jiného hlediska je možné rozdělit systémy snímačů tlaku na:

- intrinsické, kde silově namáhaný prvek je nedílně spjatý se snímacím elementem, jako je tomu například u piezorezistivních snímačů;
- systémy s deformačním členem, v nichž deformační člen lze chápat jako samostatnou součást oddělitelnou od elementu snímajícího jeho výchylku.

Podle tvaru deformačního členu lze rozdělovat snímače tlaku na systémy:

- s membránou;
- s membránovou krabicí;
- s vlnovcem;
- s trubkovým (Bourdonovým) perem;
- případně ohybový nosník či pružina ve spojení s membránou, pístem či vlnovcem bez vlastní charakteristiky.

Nejrozšířenější jsou snímače tlaku s membránou, která může mít různé podoby. Zatímco u dříve používaných systémů membrána měla průměr v řádu desítek i stovek milimetrů a pracovní zdvih desetiny až jednotky milimetrů, moderní snímače (např. piezorezistivní) mají membránu z tvrdého křehkého materiálu o průměru sotva několik desetin milimetru – a průhyb membrány je prakticky nulový.[1]

Odporové snímače

Odporové snímače jsou založeny na změně odporu vodiče s jeho deformací, resp. s jeho mechanickým namáháním. Měřicí odpory jsou uspořádány do Wheatsonova můstku a snímají napětí deformačního členu, jímž je zpravidla membrána ve tvaru desky. Nevýhodou je závislost odporu na teplotě, která musí být kompenzována.[1]

Piezorezistivní odporový snímač

Měřicím členem piezorezistivních snímačů je mechanicky namáhaná destička z vysokoodporového křemíku, na níž jsou difúzí akceptorů vytvořeny vodivé „cestičky“ uspořádané obvykle do Wheatsonova můstku. Křemíková měřicí destička je obvykle připájena na nosnou destičku ze skla, která je posléze nalepena na kovovou podložku ze speciální slitiny se shodnou teplotní roztažností (např. kovar).

Vysoká citlivost piezorezistivního materiálu dává čidlům následující vlastnosti:

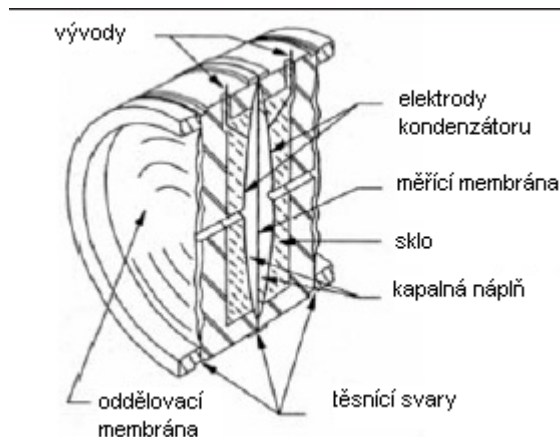
- malý průměr činné části křemíkové membrány (obvykle jen několik desetin milimetrů);
- velmi malá (prakticky nulová) deformace;
- malá hystereze a malý creep (tečení materiálu ve studeném stavu vlivem mechanického namáhání). [1]

Tenkovrstvé kovové tenzometry

Vznikají vakuovým napařením kovové vrstvy o tloušťce řádově 0,0001 mm na izolační vrstvu (obvykle keramickou), která je zhotovena na kovovém deformačním členu. Deformační člen může tvořit jeden celek s tělesem, nebo může být spojen svarem se vstupním hrdlem tlaku. Tím je toto řešení vhodné pro měření vysokých tlaků. Nevýhodou jsou vyšší výrobní náklady a nesourodost jednotlivých vrstev (kov-keramika-kov). Podobný okruh využití mají snímače s kovovým deformačním členem, na němž jsou na izolační vrstvě nalepeny kovové fóliové tenzometry. [1]

Kapacitní snímače

Deformační membrána z tenkého vodivého materiálu tvoří elektrodu (obr. 2), která se vychyluje mezi dvěma dalšími elektrodami vytvořenými na stěnách dutiny v tělese snímače. Prostor mezi membránou a stěnou dutiny je vyplněn dielektrikem, kterým je vzduch nebo jiný inertní plyn, případně silikonový olej nebo jiná vhodná inertní kapalina. Tímto uspořádáním vzniká dvojice snímacích kondenzátorů, jejichž kapacita je závislá na tloušťce dielektrika (vzdálenosti elektrod), tj. na výchylce membrány. Oba kondenzátory jsou zapojeny do dvou větví polovičního můstku. [1]



Obr.č.2 : Příklad kapacitního snímače difference tlaků (Rosemount 1151) [1]

Indukčnostní snímače

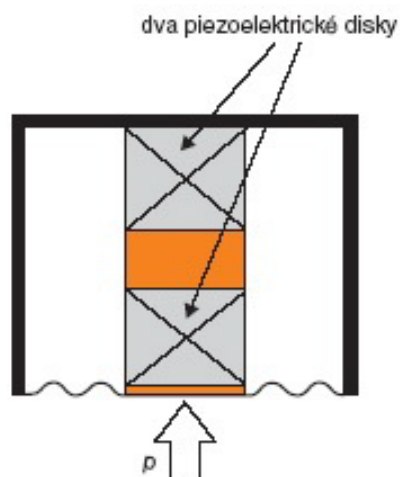
Indukčnostní diferenční snímač je uspořádán podobně jako kapacitní snímač. Místo pevných snímacích elektrod jsou v tělese převodníku zabudovány snímací cívky. Magnetický obvod se uzavírá přes jádro cívky a vzduchovou mezeru (indukčnostní snímač s otevřeným magnetickým obvodem). Měřicí membrána je zhotovena buď z feromagnetického materiálu a tvoří část magnetického obvodu, případně je ve své aktivní části opatřena kouskem feromagnetického materiálu, nebo pohybuje jádrem cívky pomocí táhla. S výchylkou membrány se mění poměr indukčností obou cívek zapojených ve střídavém mostu a tím dochází k jeho rozvážení.

Používají se i konstrukce s jedinou snímací cívkou. [1]

Piezelektrické snímače

U piezelektrických senzorů tlaku vyvolává tlaková síla F deformaci piezelektrického elementu (obvykle dvojice předepnutých piezelektrických disků – tzv. piezelektrické dvojče – obr. 3). Disky jsou zapojeny elektricky paralelně (náboje se sčítají), mechanicky sériově. Následkem přímého piezelektrického jevu dochází k polarizaci elementu a vzniku piezelektrického náboje q na elektrodách úměrného tlaku. Tlak je přiváděn na tuhou střední část membrány, která současně zajišťuje počáteční mechanické předpětí, vhodné i pro zlepšení linearity. Z piezelektrických materiálů, které dělíme na krystalické, keramické a polymerové, se u snímačů tlaku nejčastěji používá křemen (SiO_2 vyráběný v současnosti uměle). Použití je omezené Courrierovou teplotou, při níž dochází ke ztrátě piezelektrických vlastností.

K hlavním výhodám piezelektrických snímačů tlaku patří jejich malé rozměry a hmotnost (miniaturizace), široké kmitočtové pásmo, k nevýhodám patří teplotní závislost, obtížnější zpracování signálů a potřebné speciální kabely (vysokoohmové vstupy zesilovačů) a nemožnost statického cejchování. [1]



Obr.č 3 : Piezoelektrické dvojče[1]

Rezonanční snímače

Rezonanční snímače pracují na principu elektromechanického rezonátoru s pružným členem, jehož rezonanční kmitočet závisí, kromě rozměrů, tvaru, měrné hmotnosti, modulu pružnosti a teplotě i na měřeném tlaku. Mechanický rezonátor je zapojen do zpětnovazebního obvodu oscilátoru a jeho parametry určují vlastní kmitočet oscilátoru. Je rozkmitáván elektromechanickým měničem (obvykle magnet, piezoelement, u mikromechanických snímačů elektrostaticky). Působením měřeného tlaku vznikají v rezonátoru deformace, které se projevují změnou rezonančního kmitočtu. Podle konstrukčního řešení rezonátoru se obvykle rozdělují na:

- senzory s kmitajícím strunou, válcem nebo nosníčkem;
- senzory s kmitajícím krystalem;
- senzory s povrchovými akustickými vlnami;
- senzory s křemíkovým vibračním členem.

K základním obecným výhodám těchto snímačů tlaku patří binární výstupní signál (bez převodníku A/D), vysoká přesnost a časová stabilita, spolehlivost, rozlišovací schopnost, reprodukovatelnost a odolnost vůči rušení, většinou též zanedbatelná hystereze. K nevýhodám naopak patří závislost na teplotě (modulu pružnosti a rozměrů rezonátoru), v současnosti omezený rozsah měření diferenčního tlaku, horší dynamické vlastnosti (delší doba potřebná k měření),[2] náročnější výroba a u některých konstrukcí i nelineární závislost rezonančního kmitočtu na tlaku a citlivost na vibrace.[1]

Optické snímače

Principiálně se jedná oproti ostatním snímačům tlaku o použití jiného typu nosičů – fotonů. Právě z této zásadní odlišnosti vyplývají jejich charakteristické vlastnosti, ke kterým zejména patří vysoká citlivost, linearita a odolnost vůči rušení, jiskrová bezpečnost (pro optický výkon

menší než 7 mW), nízká hmotnost atd. K nevýhodám patří doposud náročnější konstrukce a cena.[1]

Využívají jak volného světelného svazku (paprsků), tak v poslední době stále častěji, optických vláken (světlovodů).

1.2 Měření teploty

1.2.1 Principy snímačů teploty

Dotykové měření – senzor musí být připevněn (dotýkat se) objektu či látky, jejíž teplotu má měřit. Využívá se zde přímého přenosu tepla mezi dvěma objekty. Lze ho využít všude tam, kde je snadný přístup k měřenému objektu, okolní prostředí nebo sám měřený objekt chemicky nebo jinak nereaguje se senzorem.

Rozdělujeme je na:

- elektrické
 - odporové kovové;
 - odporové polovodičové;
 - termoelektrické;
 - polovodičové s PN přechodem (diodové, tranzistorové);
- dilatační;
- tlakové;
- speciální.

Bezdotykové měření – senzor se nachází v určité vzdálenosti od měřeného objektu, a tím nedochází k vzájemnému ovlivňování. Využívá se zde jevu, kdy každý objekt o určité teplotě vyzařuje určitou vlnovou délku infračerveného záření – pyrometrie[3]

Rozdělujeme je na:

- monochromatické pyrometry;
- pásmové pyrometry;
- radiační pyrometry.

Odporové kovové snímače

Pracují na principu změny elektrického odporu kovů v závislosti na teplotě. Mezi základní parametry těchto snímačů patří:

- R_0 - základní odpor - hodnota R čidla při teplotě 0°C , tj. v bodu tání ledu;
- R_{100} - hodnota R čidla při teplotě 100°C , tj. v bodu varu vody;
- R_J - hodnota R čidla při teplotě $J^\circ\text{C}$;

- W_{100} - poměr odporů při 100 a 0°C;

$$W_{100} = R_{100} / R_0 [-; \Omega, \Omega] \quad (2)$$

- α - teplotní součinitel odporu odporového materiálu čidla.

$$\alpha = (R_{100} - R_0) / 100 R_0 [-; \Omega, \Omega] \quad (3)$$

Tato čidla se vyrábí v několika provedeních:

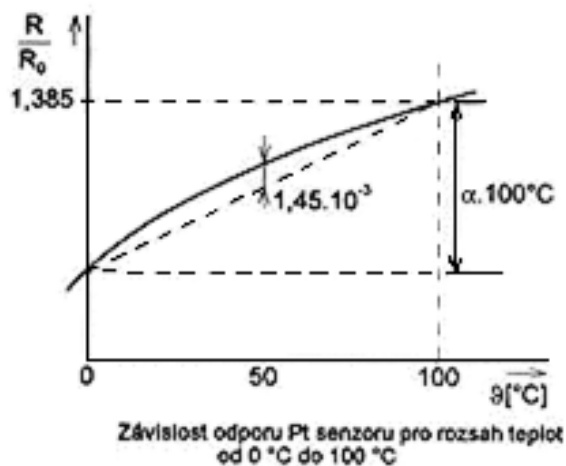
- Čidla vinutá
 - Je to spirálově stočený odporový drátek o průměru 0,01 až 0,05mm.
 - Vinutí je uloženo v kapilárách válcových keramických nosných tělísek a navinuto na povrchu tělísek a přeskleno keramickým smaltem.
 - Vyrábí se s odporem $R_0 = 100$ a 500Ω .
- Čidla vrstvodá
 - Vinutí je nahrazeno odporovou vrstvou z platiny nebo niklu, nanesenou na nosné destičce (substrátu) z korundové keramiky.
 - U tlustovrstvé technologie se vrstva platiny ve formě pasty nanáší na substrát sítotiskem, tepelně se stabilizuje, laserem se nastaví požadovaná hodnota R_0 a poté se rozřeže na jednotlivá čidla a připevní se vývody.
 - U tenkovrstvé technologie se vrstva platiny nanáší napařováním nebo napařováním ve vakuu, vyrábí se i pro technologii SMT.

Třídy tolerance kovových snímačů teploty:

Kovové odporové snímače se vyrábí ve dvou třídách:

- Třída A (u platiny pro rozsah -200 až 650°C).
- Třída B (u platiny pro rozsah -200 až 800°C). [4]

Závislost odporu platinového senzoru pro rozsah teplot od 0 do 100°C je uveden na obr. 4



Obr.č.4 : Závislost odporu platinového senzoru pro rozsah teplot od 0 do 100°C[4]

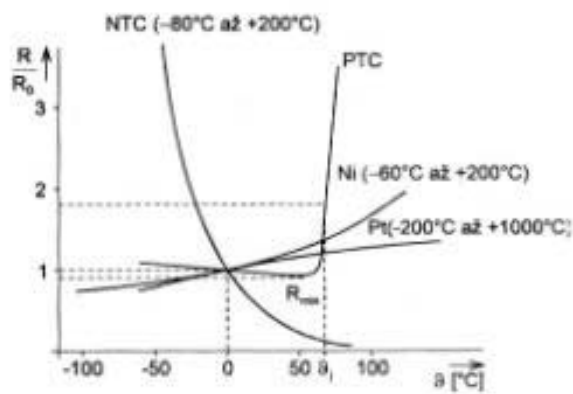
Polovodičové odporové snímače

Pracují na principu změny odporu způsobené teplotní závislostí koncentrace nosičů náboje.

Dělí se na:

- Termistory,
- Negastory (termistor NTC - Negative Temperature Coefficient),
- Pozistory (termistor PTC - Positive Temperature Coefficient),
- Monokrystalické Si snímače.

Porovnání charakteristik je na obr.č.5



Obr.č.5: Porovnání charakteristik polovodičových odporových snímačů[4]

Negastory

- Mají záporný teplotní koeficient, o řád vyšší než u kovů.
- Vyrábí se práškovou technologií ze směsi oxidů kovů ($\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$, $\text{MnO}+\text{CoO}$ ), případně karbidů (SiC).

- Mají teplotní rozsah od -50 do 200°C , speciální typy od -250 do 1000°C .
- Závislost odporu na teplotě je exponenciální.
- Jsou vhodné pro měření malých změn teploty.
- Malé rozměry.
- Mají menší časovou stálost.
- Při přehřátí se poškodí.
- Používají se pro méně náročné aplikace, např. dvoustavová regulace.

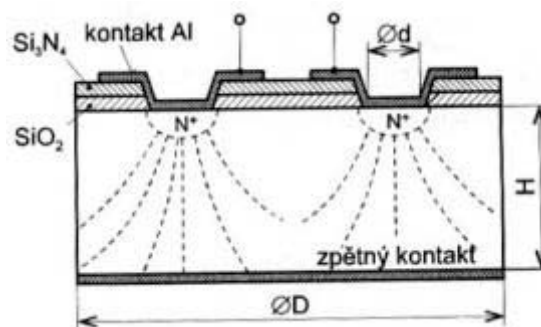
Pozistory

- Mají kladný teplotní součinitel odporu.
- Odpor zpočátku mírně klesá, od referenční (spínací) teploty prudce (o 3 řády) narůstá, pro vysoké teploty opět klesá.
- Vyrábí se z polykrystalické feroelektrické keramiky (BaTiO_3).
- Používají se pro měření v úzkém rozsahu teplot, např. jako dvoustavové snímače.

Monokrystalické snímače

- Pracují na principu kuželového rozptylu nosičů proudu
 - rozptyl nosičů je úměrný jejich pohyblivosti,
 - pohyblivost nosičů je úměrná teplotě.

Struktura snímače je uvedena na obr.č.6



Obr.č.6 : Struktura monokrystalického snímače[4]

1.3 Měření vlhkosti

Relativní vlhkost ϕ (%) vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu vodními parami, definovaný poměrem hustoty vodní páry ve vzduchu a ve vlhkém vzduchu nasyceném vodní párou při stejné teplotě a tlaku.

1.3.1 Principy snímačů vlhkosti

Mechanický (vlasový) vlhkoměr

Používá upravené přírodní materiály (lidské vlasy, koňské žíně, hedvábí) i některé syntetické produkty (nylon či butyrát celulózy), které jsou schopny absorbovat ve své struktuře určité množství vody úměrné relativní vlhkosti okolí. Absorpce je doprovázena změnou rozměru, která se převádí mechanismem na výchylku ručky nebo pisátka. Metoda patří k historicky nejstarším.[5]

Gravimetrický vlhkoměr

Gravimetrický vlhkoměr představuje z metrologického hlediska etalon. Jeho princip je jednoduchý – vhodné sušidlo absorbuje vodní páru ze známého objemu vzduchu a zjišťuje se přírůstek jeho hmotnosti. Měření je ovšem zdlouhavé, zejména při malé vlhkosti, přístroj značně nákladný a použitelný pouze v laboratorních podmínkách. Slouží především k ověřování a kalibraci dalších standardů.[5]

Kondenzační vlhkoměr

Kondenzační vlhkoměr patří k velmi přesným měřidlům, předstihuje ho pouze gravimetrická metoda. Sestává z termoelektricky chlazeného kovového zrcátka, jehož odrazivost se snímá opticky. Orosení způsobuje výraznou změnu odrazivosti a zpětná vazba zmenšuje či zvětšuje intenzitu chlazení, aby se zrcátko udržovalo mírně orosené. Teplota zrcátka se pak měří platinovým odporovým teploměrem. Alternativou k optickému sledování zrcadla je použití krystalového rezonátoru, jehož rezonanční kmitočet je ovlivněn kondenzací vodní páry na jeho povrchu.[5]

Elektrolytický vlhkoměr

Vlhkost obsažená ve vzorku plynu se absorbuje ve speciálním roztoku, kde reaguje s elektrolyticky vylučovaným činidlem. Prošlý elektrický náboj je úměrný absolutní vlhkosti vzorku vzduchu. Přepočet lze provést při použití známých fyzikálních konstant. Elektrolytický vlhkoměr se vyznačuje zejména dlouhodobou stabilitou.[5]

Psychrometr

Používá obalenou baničku teploměru knotem ponořeným do vody a umístěnou do proudu měřeného vzduchu. Tento tzv. vlhký teploměr bude ukazovat nižší teplotu než teploměr neupravený, tzv. suchý. Příčinou poklesu teploty je odpařování vody z knotu. Tato změna skupenství je doprovázena spotřebou odpařovacího tepla. Intenzita odpařování závisí na relativní

vlhkosti přiváděného vzduchu. Pokud by byl např. vzduch zcela nasycen, naměří oba teploměry stejnou hodnotu (k žádnému odpařování vody z knotu nemůže dojít).[5]

Odporový senzor vlhkosti

Odporový senzor využívá změnu vodivosti, která u některých hygroskopických (vodu pohlcujících) materiálů doprovází absorpci vody. Dunmoreovo provedení používá polyvinylalkohol s přídavkem chloridu nebo bromidu lithného. Přívodní elektrody jsou platinové, provedené jako dvojitá spirála z drátu na válci z izolantu nebo jako dva hřebínky napařené na keramickém podkladu. Aby se předešlo polarizaci elektrod, je nutné měřit střídavým napětím. Ačkoliv změna vodivosti pokrývá jenom třetinu až pětinu celkového rozsahu relativních vlhkostí 0 až 100 %, různé koncentrace lithné soli umožňují měřit v různých pásmech. Senzor je citlivý na orosení (kondenzaci) a nelze ho použít při vyšších teplotách, přesto je používán zejména díky velké přesnosti (desetiny %RH) a poměrně dobré stabilitě.[5]

Kapacitní senzor vlhkosti

Absorpci vody v polymerních materiálech využívají i kapacitní čidla. Sledovanou veličinou je u nich změna kapacity kondenzátoru, v němž je dielektrikem polymer. Jedna z elektrod je děrovaná, umožňující okolnímu vzduchu kontakt s polymerním dielektrikem. Přestože je množství absorbované vody poměrně malé, díky její velké dielektrické konstantě jsou změny kapacity měřitelné: řádově činí 0,1 % z celkové kapacity na každé %RH. Tyto senzory se vyrábějí také s integrovaným zpracováním signálu, kdy výstupem je místo kapacity mnohem přijatelnější elektické napětí, nebo dokonce digitální rozhraní. Kapacitní senzory se vyznačují malou závislostí údaje na teplotě, odolností vůči kondenzaci, dobou odezvy řádu desítek sekund, přesností v jednotkách %RH, poměrně dobrou odolností proti chemikáliím a vyšším teplotám, malými rozměry a v neposlední řadě nízkou cenou.[5]

Vlhkoměr s vyhříváními termistory

Jde o metodu využívající závislost tepelné vodivosti vzduchu na jeho vlhkosti. Senzor obsahuje dva stejné termistory, z nichž jeden je hermeticky uzavřen v suchém dusíku a druhý je přístupný okolnímu prostředí. Termistory jsou zapojeny do série a tvoří jednu větev můstku. Druhá větev obsahuje pevné rezistory a trimr k nulování. Průchodem proudu se termistory zahřívají a dosažená teplota závisí na stupni jejich ochlazování, tj. na tepelné vodivosti okolního plynu. Můstek se vynuluje při umístění senzoru v suchém vzduchu a přítomnost vodní páry způsobí jeho rozvážení. Senzor poskytuje signál úměrný absolutní vlhkosti. Jeho přednostmi jsou schopnost pracovat při vysokých teplotách (až 200 °C) a chemická odolnost.[5]

2 Návrh systému

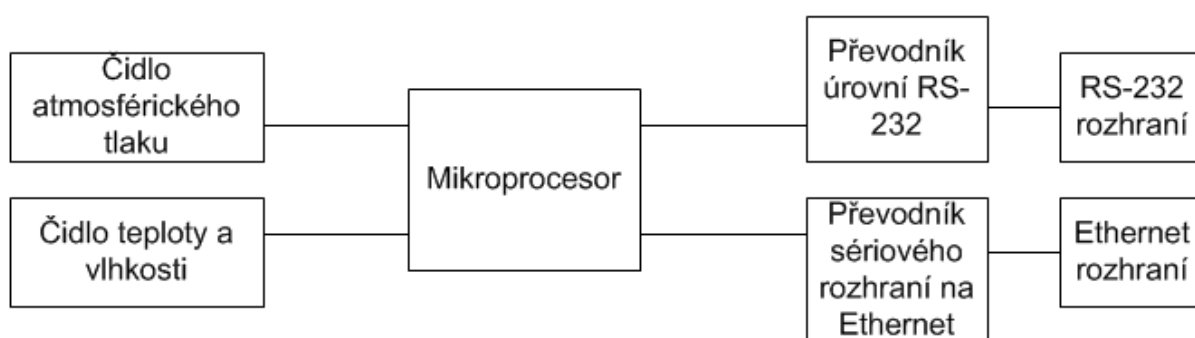
Protože je potřeba navrhnout systém, který bude řešit úlohu od načtení měřených hodnot ze senzorů až po zprostředkování (ať už textově nebo graficky) těchto hodnot uživateli počítače, rozhodl jsem se celý systém rozdělit na několik jednodušších částí.

První část je vlastní měřicí zařízení pro měření tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu. Je tvořeno čidly pro snímání požadovaných veličin, mikroprocesorem, který zpracovává naměřené hodnoty, displejem pro zobrazení hodnot přímo na zařízení a rozhraním pro posílání dat připojenému počítači.

Druhá část je software, který bude mít za úkol zpracovat data posílaná z čidel na vstupy mikroprocesoru, zobrazit je na připojeném displeji a posílat na připojený počítač, kde budou zobrazována a zaznamenávána. Tímto se vytvoří databáze s průběhem měřených veličin pro pozdější zobrazení libovolných dat ze záznamu.

2.1 Návrh měřicího zařízení

Měřicí zařízení se bude skládat z několika částí. V první řadě to budou čidla, která budou snímat vybrané fyzikální veličiny, v tomto případě teplotu, vlhkost vzduchu a atmosférický tlak a měřené hodnoty posílat mikroprocesoru, který bude tvořit srdce celého systému. Pro komunikaci s počítačem může být zařízení vybaveno jak RS-232 tak ethernetovým rozhraním. Blokové schéma je na obr.č.7. Procesor, jeho podpůrné obvody, napájecí část a rozhraní budou na jedné desce plošných spojů a senzory budou na samostatné desce. Tyto desky budou propojené kabelem.



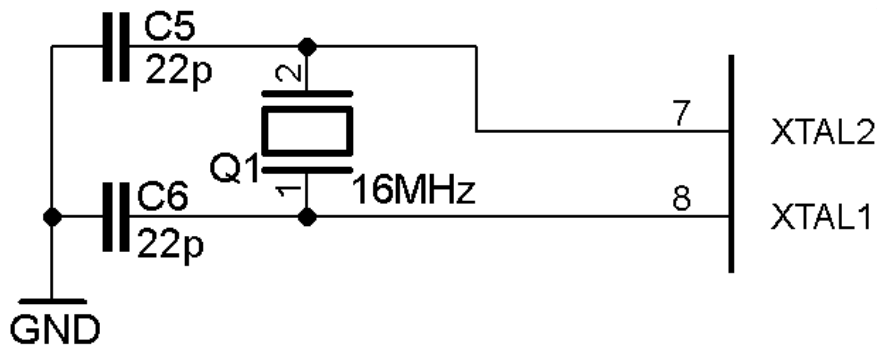
Obr.č.7 : Blokové schéma měřicího zařízení

2.2 Procesor a jeho podpůrné obvody

Jako řídicí procesor jsem použil mikroprocesor od firmy Atmel ATmega16 v TQFP44 pouzdru [6]. Procesory ATmega disponují poměrně velkou vnitřní pamětí typu FLASH, kterou je možno programovat přímo v aplikaci. Na čipu je integrována paměť RAM nutná pro běh firmware a EEPROM paměť pro ukládání nastavení při vypnutí nebo výpadku napájení. Podle typu mikroprocesory disponují až třemi časovači, watchdogem, sběrnicemi I2C a SPI, hodinami reálného času, A/D převodníkem, modulátorem PWM a řadou dalších vylepšení. Neméně důležitým kritériem při výběru byl fakt, že jsou tyto mikroprocesory běžně dostupné a existují k nim zdarma kvalitní vývojové prostředky.

2.2.1 Oscilátor

Zdrojem taktovacího kmitočtu procesoru je doporučené zapojení podle katalogového listu výrobce [6] viz obrázek č.8. Zapojení je tvořeno kondenzátory C5, C6, krystalem Q1 a integrovaným oscilátorem procesoru, který je tvořen invertujícím zesilovačem, jehož vstup a výstup jsou na pinech XTAL1 resp. XTAL2. Maximální frekvence oscilátoru je 16 MHz, tuto hodnotu jsem použil i v návrhu. Hodnoty kondenzátorů výrobce doporučuje 12-22 pF, zvolil jsem tedy hodnotu 22 pF.



Obr.č.8 : Obvod oscilátoru procesoru

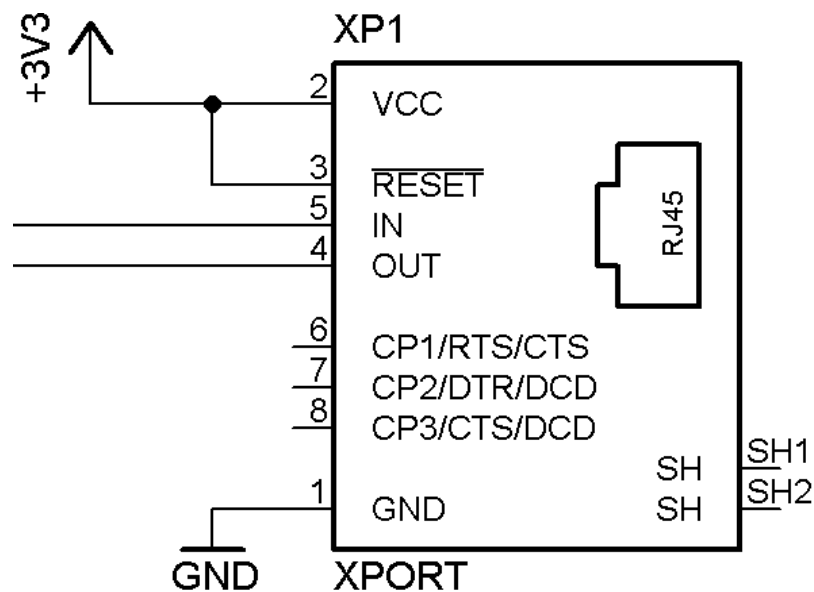
2.3.2 Rozhraní Ethernet pro připojení PC

Pro připojení zařízení k PC přes rozhraní Ethernet jsem vybral X-port od firmy Lantronics. Je to převodník RS-232 na Ethernet, čili se dá v tomto zapojení jednoduše aplikovat. V prezentačním vzorku ale toto rozhraní nebude aplikováno, kvůli jeho finanční náročnosti.

Hlavní parametry jsou:

- Napájecí napětí 3,3V;
- RS-232 na 10/100 Mbit Ethernet konvertor;
- vestavěný web server;
- nastavitelnost skrz webový prohlížeč.

Pin V_{CC} je připojen na výstup stabilizátoru. Vstupní signál do procesoru je připojen z pinu PD0/RxD na pin OUT X-portu a výstupní signál procesoru je z pinu PD1/TxD připojen na pin IN X-portu viz obr.č.10. Další informace lze nalézt v dokumentaci od výrobce [8].

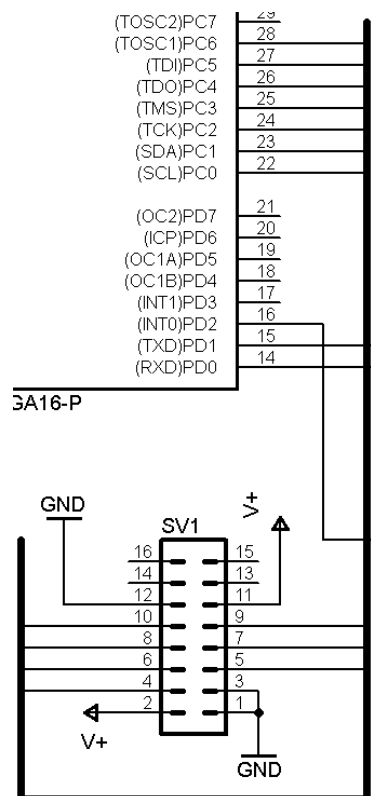


Obr.č.10 : Zapojení Xportu

2.3.3 Displej

Pro zobrazení měřených hodnot a stavu zařízení jsem použil znakový displej 16 znaků krát 2 řádky. Použití displeje není nezbytné, jelikož jsou všechny hodnoty pravidelně odesílány po sériové lince do počítače. Displej je vhodný především pro účely vývoje nebo provozu bez připojeného nebo zapnutého počítače. Na desce plošných spojů je na displej konektor a program procesoru je uzpůsoben použití displeje.

Je použit displej SC1602 vybavený řadičem kompatibilním s HD44780 a podsvětlením. Displeje tohoto typu jsou snadno dostupné od různých výrobců v různých provedeních lišících se druhem (případně absencí) podsvětlení, umístěním konektoru atd. Použitím standardního řadiče a stejného zapojení konektoru je lze téměř libovolně zaměňovat. Tyto displeje používají osmivodičovou datovou sběrnici a tři řídicí signály. Propojení pinů procesoru a konektoru displeje je na obrázku č. 11. Propojení konektoru displeje dle dokumentace výrobce[9], konektoru na desce plošných spojů a odpovídající pin procesoru jsou v tabulce č. 3.1.



Obr.č.11 : Zapojení LCD konektoru

Tab. 3.1: Zapojení konektoru displeje

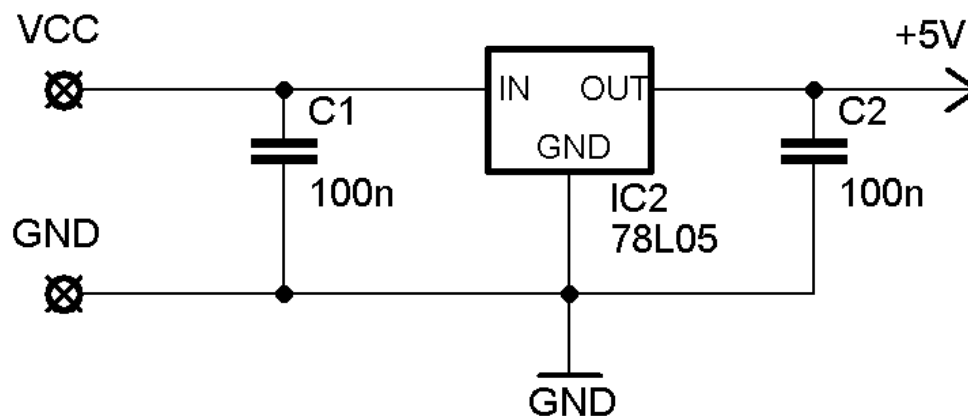
Pin konektoru na desce plošných spojů	Pin procesoru	Pozice na konektoru displeje		
		Číslo	Jméno	Funkce
1		1	Vss	napájení 5V
2		2	VDD	napájení 0V
3		3	V0	kontrast displeje
4	PC0	4	RS	výběr registru
5	PC1	5	R/W	čtení/zápis
6	PC2	6	E	povolení komunikace
7	PC3	11	DB0	datový bit 0
8	PC4	12	DB1	datový bit 1
9	PC5	13	DB2	datový bit 2
10	PC6	14	DB3	datový bit 3
11		15	V+	napájení podsvícení
12		16	GND	zem

2.4 Napájecí obvody

2.4.1 Stabilizátor napětí +5V

Pro stabilizaci napětí jsem vybral obvod 78L05. Výstupní napětí tohoto obvodu je +5V, kterým se bude napájet mikroprocesor, čidla a převodník MAX232. X-port má napájecí napětí 3,3V, čili pro jeho napájení musí být použit stabilizátor jiný viz 2.4.2.

Tento stabilizátor poskytuje výstupní proud až 100mA, což je dostačující hodnota pro napájení všech výše uvedených součástí. [10]

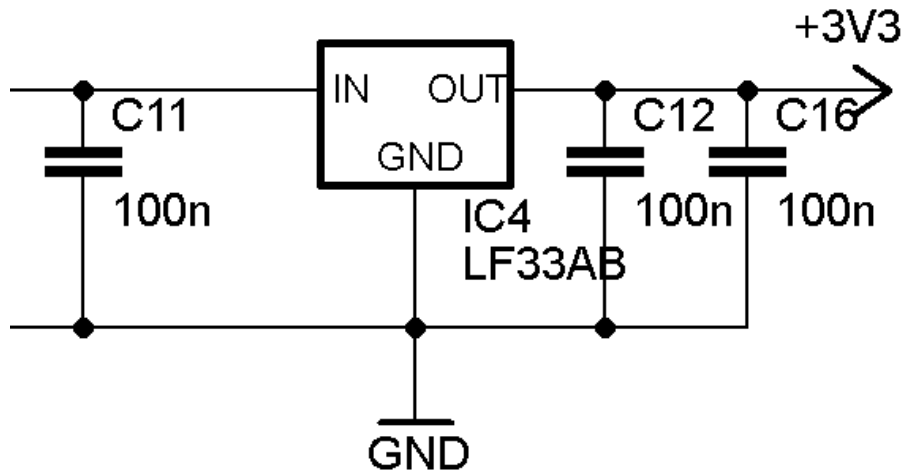


Obr.č.11 : Zapojení stabilizátoru 78L05

2.4.2 Stabilizátor napětí +3,3V

Z důvodu vyššího odběru X-portu (dle [8] až 0,2A) jsem použil stabilizátor LF33AB. Tento stabilizátor je schopen dodávat výstupní proud až 1A, čili je více než dostačující. [11]

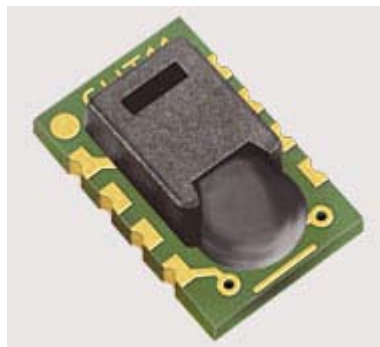
Zapojení je na obr.č.12.



Obr.č.12 : Zapojení stabilizátoru LF33AB pro napájení X-portu

2.5 Senzory

2.5.1 Senzor teploty a vlhkosti SHT15



Obr.č.13 : Senzor teploty a vlhkosti SHT15

Senzor SHT15 od firmy Sensirion v sobě integruje jak čidlo pro měření teploty, tak pro měření relativní vlhkosti. Kombinuje v sobě kapacitní snímač vlhkosti a polovodičový snímač teploty. Signál ze senzoru je přímo v čipu zpracován a převeden do číslkové podoby. Obvod je při výrobě kalibrován, kalibrační koeficienty jsou uloženy v paměti a senzor je pak interně využívá při měření.

Pro připojení má senzor dvou vodičovou digitální sériovou sběrnici, skládající se z hodinového signálu SCK a datového obousměrného signálu DATA. Nevýhodou této implementace sběrnice je nemožnost adresování senzoru, čili nejde připojit více senzorů na jednu sběrnici. V návrhu je ale počítáno s připojením pouze jednoho tohoto čidla.

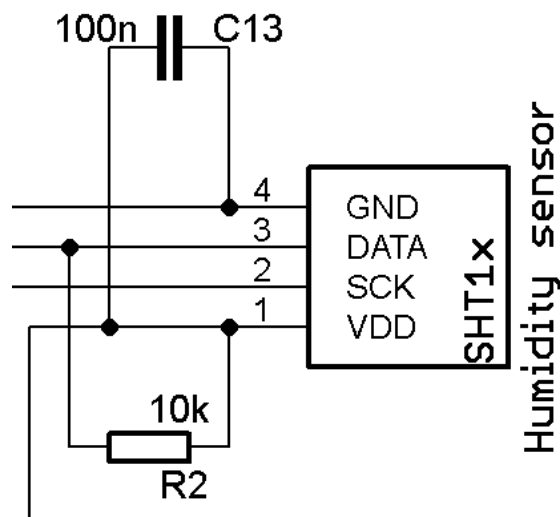
Hlavními parametry jsou:

- napájecí napětí 2,4 až 5,5V;
- rozsah měřené teploty (-40 až 123)°C;
- přesnost měření teploty $\pm 0,3^\circ\text{C}$ při 25°C , $\pm 1^\circ\text{C}$ v rozsahu (-20 až 60°C);
- rozlišení měření teploty $0,01^\circ\text{C}$ (dáno interním AD převodníkem);
- rozsah měřené relativní vlhkosti (RV) (0-100) %RV;
- přesnost měření RV $\pm 2\%$ RV v rozsahu (10 až 90)% RV, mimo tento rozsah $\pm 4\%$ RV;
- rozlišení měření RV $0,01\%$ RV.

Výstup relativní vlhkosti není lineární a navíc je potřeba jej kompenzovat pomocí teploty.

Další hodnoty a charakteristiky jsou uvedeny v dokumentaci od výrobce [12].

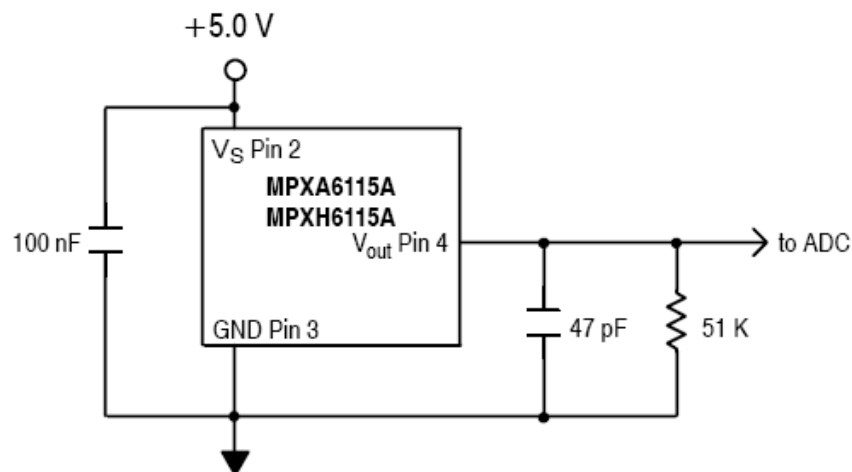
Senzor je zapojen podle katalogového listu výrobce viz obr. č.14.



Obr.č.14 : Zapojení senzoru SHT15

2.5.2 Senzor tlaku vzduchu MPXA6115A

Jedná se o integrovaný odporový piezorezistivní křemíkový senzor absolutního tlaku s úpravou signálu na čipu a teplotní kompenzací. Výstupem je napět'ový rozsah 0,2 až 4,8 V odpovídající rozsahu měřeného tlaku 15 až 115 kPa, což odpovídá citlivosti 46 mV/kPa. Při měření atmosférického tlaku využijeme pouze malou část rozsahu senzoru. Zapojení senzoru dle výrobce je na obr.č. 15.



Obr.č.15 : Zapojení MPXA6115A dle výrobce

Hlavními parametry jsou:

- rozsah měřeného tlaku (15 až 115) kPa,
- napájecí napětí 4,75 až 5,25 V,
- maximální chyba měření 1,5% v rozsahu (0 až 80°C),
- teplotní kompenzace pro teploty -40 až 125°C.

Další hodnoty a charakteristiky jsou uvedeny v dokumentaci od výrobce [13].

2.6 Konektory

Zařízení má externí konektory pro napájení a připojení k počítači. Uvnitř zařízení jsou konektory pro připojení displeje, čidel a programátoru procesoru. Popis typu a funkce jednotlivých konektorů je v tabulce 3.2. Přesné typy konektorů jsou v seznamu součástek.

Tab. 3.2 : Přehled konektorů

Název	Typ	Popis
J1	konektor pro malá napětí	napájecí konektor
JP1	Kolíková lišta 3x2	připojení ISP programátoru
SV1	konektor 8x2	připojení displeje
SV2	konektor 3x2	připojení senzorů
X1	CANNON 9	sériové rozhraní
XP1	Xport	Xport

2.6.1 Napájení

Pro externí napájení je vyveden konektor J1 na straně přístroje. Jedná se o klasický kulatý napájecí konektor shodný s konektorem většiny napájecích adaptérů. Průměr kolíku, kterým se tyto konektory označují je 2,1 mm. Kladný pól napájení je na kolíku konektoru.

2.6.2 Připojení počítače

Pro připojení počítače je vyveden devítipinový konektor CANNON (zásuvka). Připojení se provádí stejným kabelem jako například kabel k externímu sériovému modemu nebo jako prodlužovací kabel pro sériovou myš, tedy na jednom konci zásuvka a na druhém vidlice. Je možné také použít redukci USB-RS232.

2.6.3 Připojení senzorů

Pro senzory je uvnitř zařízení konektor SV2. Senzory jsou kabelem vyvedeny ven ze zařízení. V rámci diplomové práce jsou připojeny senzory pro měření teploty, relativní vlhkosti a atmosférického tlaku.

2.6.4 Ostatní vnitřní konektory

Vnitřní konektor SV1 slouží pro připojení alfanumerického displeje, v tomto případě 16x2 znaků s řadičem a podsvětlením. Viz. 2.3.3.

Vnitřní konektor JP7 slouží k připojení sériového programátoru procesoru. Jde o vyvedené SPI rozhraní, které umožňuje procesor přeprogramovat bez jeho vyjmutí ze zařízení. Zapojení tohoto konektoru je v tabulce 2.3.

Tab. 2.3 : Zapojení konektoru JP1

Pin konektoru	Signál	Popis
1	PB6/MISO	výstupní data SPI sběrnice
2	Ucc	napájení
3	PB7/SCK	hodiny SPI sběrnice
4	PB5/MOSI	vstupní data SPI sběrnice
5	RST	resetovací vstup procesoru
6	GND	zem

3 Software měřicího zařízení

Hardware měřicího zařízení udává jeho možnosti, ale funkce mu dodá jeho software. Cílem této kapitoly je tento software popsat a tím objasnit jednotlivé funkce měřicího zařízení.

Celý program procesoru je napsán v programovacím jazyku C. Části okomentovaného programu jsou součástí příloh diplomové práce. Celý program je k dispozici v elektronické příloze. Při vývoji byl program vzhledem k nutnosti komunikace s perifériemi laděn a testován v reálném čase přímo v zařízení. K vytvoření programu jsem použil AVR Studio 4 [14] a ke kompilaci jsem použil volně dostupný kompilátor AVR-GCC[15].

Program je pro přehlednost rozdělen do funkcí, starajících se o elementární záležitosti nutné k funkci zařízení. Některé funkce jsou vyčleněny do samostatných souborů.

3.1 Struktura zdrojových souborů a klíčové funkce

V této části je popsána struktura zdrojových souborů a klíčové funkce. Jsou popisovány jen základní vlastnosti funkcí, celkový jejich výpis není z důvodu jejich obsáhlosti uváděn. Podrobný popis, typy parametrů a návratové hodnoty jsou uvedeny v příloze.

3.1.1 Soubor `lcd_c.c`

Soubor obsahuje funkce pro obsluhu znakového LCD displeje. Funkce používají přenos dat k displeji po 4vodičové datové sběrnici. Tyto displeje podporují i 8vodičový přenos dat, ale ten není implementován. Pro potřeby konkrétně použitého displeje je upraven zdrojový kód souboru [16].

Funkce `lcd_init()`

Účelem této funkce je po zapnutí inicializovat displej. K tomu slouží série příkazů, které určují, jak se bude displej chovat a jakým způsobem bude zobrazovat. To obsahuje například určení typu datové sběrnice, počtu řádků displeje, velikost znaku displeje, zobrazení, nebo nezobrazení kurzoru, určení jestli má kurzor blikat a směru pohybu displeje.

Funkce `lcd_write(data, rs)`

Tato funkce slouží k vlastní komunikaci s displejem. Je použita 4vodičová datová sběrnice. Vstupem funkce jsou `data`, na které je nastavena datová sběrnice na definovaném portu procesoru a bit `rs` určující zda se jedná o instrukci pro displej nebo znak, který má být na displeji zobrazen.

Funkce `lcd_putc(znak)`

Tato funkce využívá funkci `lcd_write` k zápisu znaku na určitou pozici na displeji.

Funkce `lcd_puts(*s)`

Tato funkce využívá funkci `lcd_write` k zápisu celého řetězce znaků na určitou pozici na displeji, kde `*s` je ukazatel na řetězec znaků.

3.1.2 Soubor `uart.c`

Tento soubor obsahuje funkce `uart_get` a `uart_put`, sloužící k přenosu dat po sériové lince. Jsou využívány buď samostatně pro načtení nebo zápis jednotlivého znaku nebo dalšími funkcemi pro výpis celých řetězců. Tento soubor je volně šiřitelný pod GNU licenci. [17]

Funkce `uart_init()`

Tato funkce slouží k inicializaci rozhraní a nastavení rychlosti přenosu (baudrate).

3.1.3 Soubor `special_charset.c`

Tento soubor obsahuje speciální uživatelské znaky, které displej nepodporuje, jako například diakritiku nebo různé grafické symboly. Tyto symboly se musí před použitím nahrát do speciální paměti displeje, která je ale omezená – lze uložit maximálně uživatelských 8 znaků.

3.1.4 Soubor `meteostanice.c`

Tento soubor obsahuje vlastní tělo programu procesoru. Využil jsem zdrojový kód, který výrobce zpřístupnil na svých webových stránkách[18] a upravil jsem jej pro daný mikroprocesor. Jsou zde definovány globální proměnné a konstanty, funkce pro komunikaci se senzorem SHT15 a funkce pro komunikace s A/D převodníkem.

Pro komunikaci se senzorem SHT15 je zde implementována jednoúčelová komunikace po dvou vodičové sběrnici. Měření v senzoru SHT15 neprobíhá stále. Nejprve je třeba si zažádat o změření hodnoty a až po určité době, kdy je senzorem změřena, je tato hodnota dostupná a může být načtena. Tento způsob využívá senzor ke snížení spotřeby v době, kdy nejsou data měřena. To snižuje jeho zahřívání vlastní spotřebou u tím měření vyšší hodnoty teploty a nižší vlhkosti.

Funkce `zmer_tlak()`

Tato funkce slouží ke změření hodnoty ze senzoru MPXH6115A, výpočtu absolutního tlaku vzduchu podle vzorce uvedeného v dokumentaci senzoru a následném přepočtu na hladinu moře podle barometrické rovnice[19].

Funkce `s_measure(hodnota, kontrolní součet, mód)`

Funkce slouží ke změření teploty a relativní vlhkosti. Na základě vstupního parametru se bude měřit buď teplota nebo relativní vlhkost. Nejprve je senzoru poslán příkaz pro zahájení

přenosu a poté příkaz pro měření teploty nebo vlhkosti. Poté počká až se dokončí měření, přečte naměřené hodnoty a kontrolní součet.

Funkce `calc_sht11(vlhkost, teplota)`

Tato funkce slouží k výpočtu teplotně kompenzované relativní vlhkosti a teploty na základě naměřených údajů.

3.2 Běh programu

Po inicializaci běží program v nekonečné smyčce. V této smyčce se provádí měření a výpočet hodnot teploty a relativní vlhkosti. Měření atmosférického tlaku probíhá v obsluze přerušení od čítače.

3.2.1 Inicializace zařízení

Po zapnutí napájení je spuštěn běh programu z paměti procesoru. V první řadě jsou nastaveny výstupní porty procesoru do výchozího stavu. Dále jsou nastaveny parametry časovače pro generování přerušení při jeho přetečení, v jehož obsluze je prováděno měření atmosférického tlaku. Dále jsou nastaveny parametry sériové komunikace na rychlost 9600 baudů/s a jsou povolena přerušení. Dále je při inicializaci vypsána na displej uvítací zpráva a program přejde do hlavní programové smyčky.

Načtení dat ze senzorů

V případě, že měřeným senzorem je SHT11, je z konfiguračního bajtu zjištěno, zda bude od senzoru požadováno měření teploty nebo vlhkosti. Na základě této informace je zavolána funkce `s_measure` s parametrem určujícím měřenou veličinu.

V případě měření atmosférického tlaku je zavolána funkce `zmer_tlak`.

Výpočet hodnot

Jakmile jsou data načtena, je přistoupeno k výpočtu hodnot, jejich zobrazení a odeslání do počítače. Hodnoty jsou vypočteny dle vzorců uvedených v dokumentaci senzorů.

Zobrazení a odeslání hodnot

Nyní dojde k odeslání hodnot na sériovou linku a jejich zobrazení na displeji. Výstup této hodnoty je periodický a dochází k němu po každém výpočtu hodnoty. Přepočtené hodnoty jsou určeny pro zobrazení na displeji a odeslány na sériovou linku. Na dvouřádkovém displeji se střídavě zobrazují po stisku tlačítka teplota, relativní vlhkost vzduchu a atmosférický tlak. Odeslaná data na sériovou linku jsou zobrazena pomocí programu `RealTerm`[20], který bude spuštěn na připojeném počítači. Tento program umožňuje jak výpis na displeji, tak ukládání dat do souboru.

4 Software pro načítání a přenos dat po internetu

Tato kapitola popisuje software, díky kterému se data z měřicího zařízení dostanou až na webový server, který je pak může použít k vygenerování webových stránek. Tento software je rozdělen na dvě části z důvodu, že každá jeho část může běžet na jiném počítači na jiném místě. První část, obstarávající příjem dat z měřicího zařízení, bude vždy běžet na počítači, ke kterému je zařízení připojeno. Druhá část má za úkol především upravit data do vhodné podoby tak, aby byla snadno použitelná prezentačním systémem – webovými stránkami.

Pokud data jsou měřena na jiném počítači než webový server, jsou na server nejprve přenesena po internetu. Tento software je napsán pomocí skriptovacího jazyka PHP [21]. PHP je skriptovací jazyk vyvinutý především pro tvorbu dynamických webových stránek, nicméně je použitelný i na tvorbu samostatných skriptů sloužících k různým účelům. Moduly PHP do webových serverů pro generování webových stránek stejně jako běhové prostředí pro samostatné skripty jsou dostupné pro všechny běžně rozšířené platformy, což zaručuje i vlastním PHP skriptům snadnou přenositelnost mezi platformami.

4.1 Běh programu

Inicializace

Po spuštění se provede několik úkonů, které zajistí php skriptu správný běh. Nejdříve se nastaví neomezený časový limit pro běh tohoto skriptu. Vzhledem k tomu, že většina skriptů jsou použity u webových php stránek, je maximální doba běhu těchto skriptů časově omezena na dobu 30 s. Další věcí je omezení na spuštění pouze jedné instance tohoto skriptu pomocí vytvoření uzamknutého souboru. Další spouštěná instance pak detekuje zámek na tomto souboru a v případě jeho přítomnosti se nespustí. Posledním úkonem je uložení identifikátoru procesu PHP, pod kterým skript běží, do souboru. Pomocí této hodnoty pak můžeme skript v případě potřeby ukončit.

Následně dojde k pokusu o otevření portu, na kterém má být zařízení připojeno. V případě neúspěchu je vypsána chybová hláška a skript se ukončí. Pokud je otevření úspěšné, začne skript načítat data přicházející ze sériové linky a zpracovávat je. Před vlastním otevřením portu je třeba nakonfigurovat správně parametry přenosu.

Načítání dat

Po inicializaci začne skript načítat ze sériové linky data, která zasílá měřicí zařízení. Zařízení periodicky zasílá data s měřenými hodnotami. Komunikace probíhá přes RS-232 rozhraní.

Ukládání dat

Data jsou nakonec uložena na disk. Pro každý senzor se data ukládají do vlastního nakonfigurovaného adresáře. Aktuální hodnota je vždy uložena spolu s datem a časem měření do souboru. Hodnoty jsou dále ukládány do souboru se záznamem. Pro každý den je vytvořen nový soubor pojmenovaný podle data. Na jednotlivé řádky tohoto souboru jsou ukládány naměřené hodnoty.

4.2 Přenos dat po internetu

Úkolem této systémové části je uložit data ze souboru zaznamenaných softwarem pro načítání do databázové struktury, která bude vhodná pro generování webových stránek. Pokud se uložená data nacházejí na jiném počítači než databázový server, jsou před uložením nejprve přenesena po internetu a až poté uložena do databáze. Přenos dat a jejich ukládání do databáze je provedeno PHP skriptem. Pro skript je nutná konfigurace PHP o rozšíření, která nejsou součástí základního nastavení. Protože skript používá přístup k databázím, je nutné aktivovat rozšíření pro podporu databáze MySQL, která byla zvolena.

Databáze

Vhodnou formou pro ukládání dat pro jejich využití ke generování webových stránek je SQL databáze. Pomocí SQL (Structured Query Language) dotazu lze z databáze snadno načítat data podle požadovaných parametrů. Důležitým krokem při použití databáze je návrh její vhodné struktury. Databáze podporují několik typů dat pro načítání různých datových typů (např. textové údaje, čísla). Proto je nutné se rozhodnout, v jakém formátu se bude databáze vytvářet. Bude se vlastně jednat o tabulku, kde každý řádek bude jedno měření a v prvním sloupci bude časový údaj. Ten může mít buď uložen v textové podobě, nebo jako takzvaný „Unix timestamp“ (Unix time, POSIX time). V něm je čas reprezentován 32bitovým číslem jako počet sekund uplynulých od 1. 1. 1970. Pomocí funkcí PHP lze tento formát libovolně převádět na různé jiné formy data a času a naopak.

5 Webové stránky

Pro provoz webových stránek je zapotřebí webový server (počítač) s připojením k internetu, aby na něj bylo možné přistupovat. Musí být také dostatečně výkonný, i když přesný výkon potřebný pro provoz není možné jednoznačně určit, protože závisí na celkovém využití serveru. Softwarová výbava je dána použitými technologiemi. K provozu je nutný server MySQL, webový server s podporou PHP s nakonfigurovanými rozšířeními pro použitý databázový server MySQL. Další nutné rozšíření je knihovna GD2, což je grafická knihovna, která se používá pro manipulaci s obrázky, nebo k jejich vytváření. Pomocí ní budou vytvářeny grafy průběhů hodnot.

5.1 Struktura stránek

Návrh stránek pro zobrazování naměřených hodnot by měl splňovat několik kritérií:

- Jednoduchý a přehledný vzhled
- Zobrazení aktuálních hodnot, nejlépe zvýrazněné
- Grafický průběh hodnot aktuálního dne
- Možnost výběru grafického průběhu pro libovolný úsek měřených hodnot

6 Závěr

Výsledkem této práce mělo být měřicí zařízení pro měření a záznam meteorologických dat. Z těchto dat jsem si vybral atmosférický tlak, teplotu a relativní vlhkost. Další veličiny jako např. rychlost a směr větru by byly finančně náročné, proto jsem je nerealizoval.

Na základě návrhu v předchozích kapitolách byl sestaven funkční vzorek měřicího zařízení pro měření atmosférického tlaku, teploty a relativní vlhkosti, jehož obrázek je v příloze. Viz. Obr.č.24. Vzorek má tyto parametry:

- Stejnoseměrné napájecí napětí 9-12V
- Nízký proudový odběr při nezapojeném Xportu a displeji
- Výstupní sériové rozhraní RS-232
- Volitelně také ethernet rozhraní
- Informační displej o 2 řádcích po 16 znacích

Tento vzorek nemůže konkurovat komerčně vyráběným zařízením, která mívají velkoplošný displej, menší spotřebu, podporují i bezdrátové připojení čidel atd. Ovšem pro měření základních veličin zcela postačuje a lze jej propojit s počítačem.

Bohužel se mi nepodařilo realizovat přenos dat po internetu a prezentační část (SQL databázi a webové stránky), takže k naměřeným hodnotám lze přistupovat pouze na počítači, ke kterému je zařízení připojeno. K tomuto účelu jsem využil program RealTerm.

Použitá literatura

- [1] Bejček, L., Vaculík, J. Snímače tlaku. [online] *Automatizace*, roc. 49, c. 1. Leden 2006. Dostupné na URL <http://www.automatizace.cz/article.php?a=1025> [cit. 10.5.2010]
- [2] Bejček, L. – Prečan, J.: Poznatky z dynamických měření snímačů tlaku. *Automa*, 2002, č. 11, s. 26–30. ISSN 1210-9592
- [3] Redakce HW serveru: *Měření teploty v průmyslu*. [online] 27. srpen 2004 Dostupné na URL <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART1149-Mereni-teploty-v-prumyslu.html> [cit. 10.5.2010]
- [4] Snímače teploty [online] Dostupné na URL <<http://skriptum.wz.cz/autom/teplota.htm>> [cit. 10.5.2010]
- [5] RNDr. Hanzal, J., Vlhkoměry. [online] *Automa*, 2003, č.11. Dostupné na URL http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28979 [cit. 10.5.2010]
- [6] *ATmega16. 8-bit AVR Microcontroller with 16K In-System Programmable Flash. Data Sheet* [Online]. Atmel Corp., 2005. Dostupné na URL http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8154.pdf [cit. 10.5.2010]
- [7] *MAX232. +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers. Datasheet* [online] Maxim Integrated Products, 2003. Dostupné na URL <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/MAX220-MAX249.pdf> [cit. 10.5.2010]
- [8] *XPort Data Sheet* [Online]. Lantronix Inc., 2005. Dostupné na URL http://www.lantronix.com/pdf/XPort_DS.pdf [cit. 11.12.2008]
- [9] *Displej MC1602E-SYL/H* [Online] Dostupné na URL <http://www.gme.cz/dokumentace/dokumenty/513/513-109/dsh.513-109.1.pdf>
- [10] *L78L00 series. Positive voltage regulators* [Online]. STMicroelectronics, 2006. Dostupné na URL http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/150/9358_DS.pdf [cit. 10.5.2010]
- [11] *LF00 series. VeryLow drop voltage regulators with inhibit* [Online]. STMicroelectronics, 2004. Dostupné na URL <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/0/00ciacs9p08x8trdlw1u0ap1z9yy.pdf> [cit. 10.5.2010]
- [12] *SHT1x Humidity and temperature sensor* [online]. Sensirion, 2007.

Dostupné na URL http://www.sensirion.com/en/pdf/product_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf [cit. 10.5.2010]

[13] *MPXA6115A High temperature accuracy integrated silicon pressure sensor for measuring absolute pressure, on chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated* [online]. Freescale semiconductor, 2007.

Dostupné na URL http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPXA6115A.pdf

[14] *AVR studio 4* [Online]. Atmel Corporation, 2010.

Dostupné na URL http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2725

[cit. 12.5.2010]

[15] *AVR-GCC(WinAVR)* [Online].

Dostupné na URL <http://winavr.sourceforge.net/>

[cit. 12.5.2010]

[16] *Soubor lcd_c.c* [Online].

Dostupné na URL www.urel.feec.vutbr.cz/MIA/2009/famfulik/aplikace/lcd_c.c

[cit.12.5.2010]

[17] *Soubor uart.c* [Online].

Dostupné na URL <http://homepage.hispeed.ch/peterfleury/avr-software.html#libs>

[cit.12.5.2010]

[18] *Soubor SHTxx_Sample_code.c* [Online]

Dostupné na URL

http://www.sensirion.com/en/Installationsprogramme/Sample_Code_C1.zip

[cit.12.5.2010]

[19] *Barometrická formule* [Online]

Dostupné na URL http://de.wikipedia.org/wiki/Barometrische_H%C3%B6henformel

[cit. 12.5.2010]

[20] *crun@users.sourceforge.net, RealTerm* [Online]

Dostupné na URL <http://realterm.sourceforge.net/>

[cit. 15.5.2010]

[21] *PHP: Hypertext Preprocessor* [online].

Dostupný z URL <http://www.php.net>

[cit. 15.5.2010]

Seznam použitých zkratk

C(F)	Kapacita, Farad
f(Hz)	Kmitočet, Hertz
φ (%)	Relativní vlhkost
I(A)	Proud, Ampér
p(Pa)	Tlak, Pascal
R(Ω)	Odpor, Ohm
U(V)	Napětí, Volt
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
PHP	Hypertext Preprocessor
PWM	Pulse-width modulation
SQL	Structured Query Language

Přílohy

Obsah CD

Diplomova práce

- Desky.pdf
- Diplomova_prace.pdf
- Titulni_list.pdf
- Zadani.pdf
- Prohlaseni.pdf

Eagle

- hlavni_deska.brd
- hlavni_deska.sch
- senzory.brd
- senzory.sch

Podklady pro desky

- pcb_bottom.png
- pcb_top.png
- senzory_ozaseni.png
- senzory.pcb.png
- soucastky_bottom.png
- soucastky_top.png

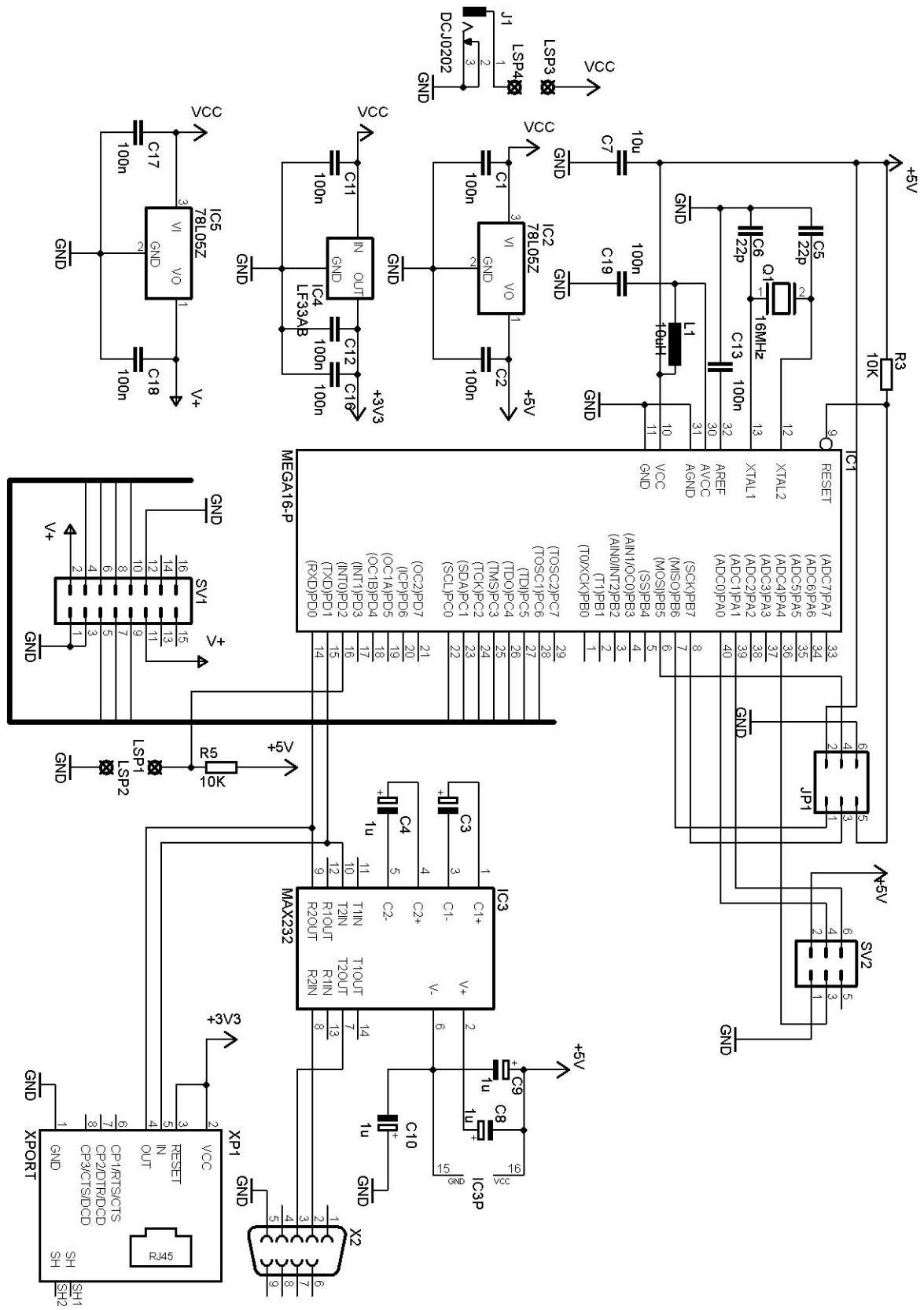
Programy

- AvrStudio4Setup.exe
- Eagle-win-5.4.0.exe
- Realterm_2.0.0.57_setup.exe
- WinAVR-20100110-install.exe

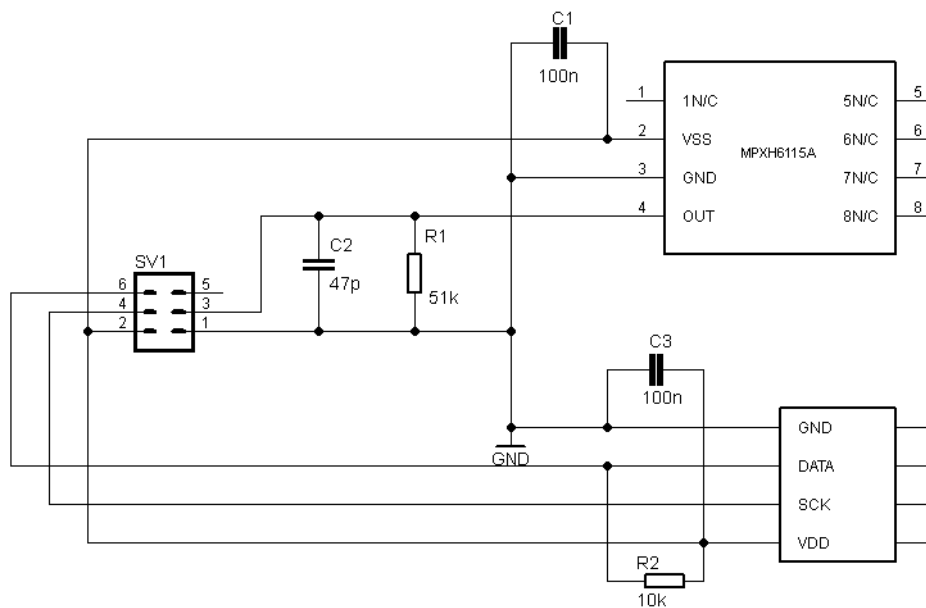
Zdrojové kódy

- lcd_c.c
- lcd_c.h
- meteostanice.aps
- meteostanice.aws
- meteostanice.c
- special_charset.c
- speceial_charset.h
- uart.c
- uart.h

Schéma zapojení

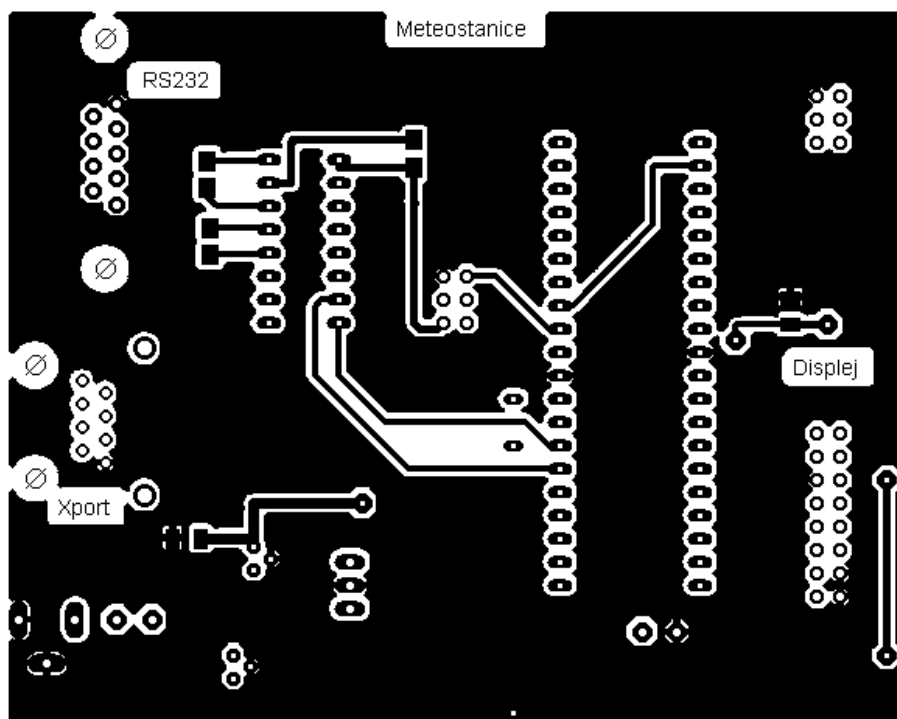


Obr.č.16: Schéma zapojení měřičiho zařízení

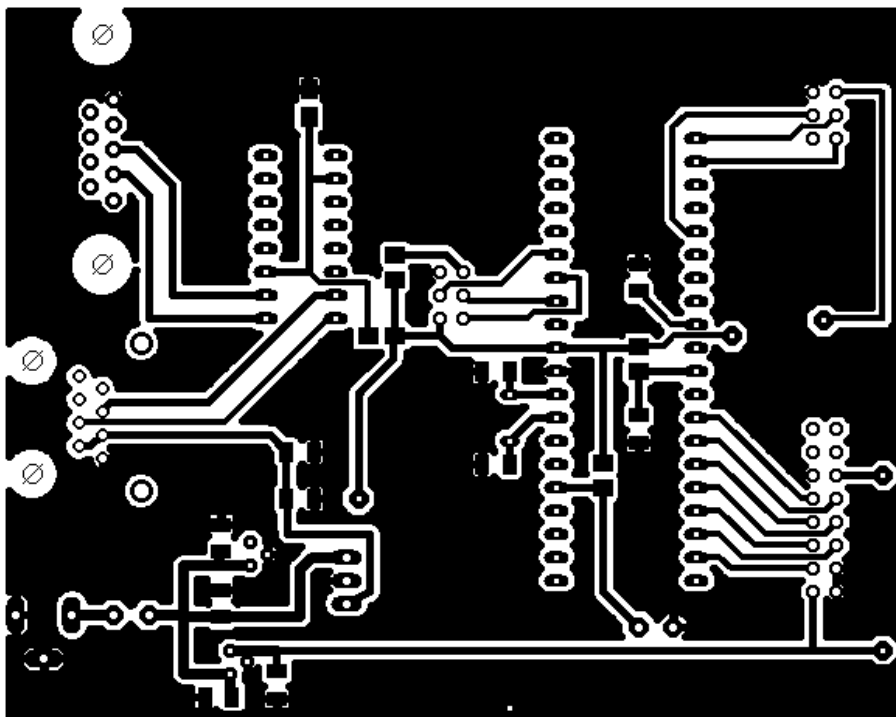


Obr.č.17 : Schéma zapojení senzorů

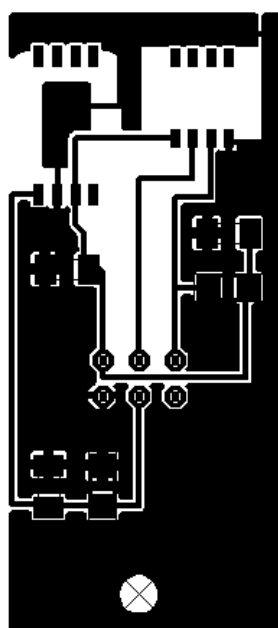
Podklady pro výrobu desek



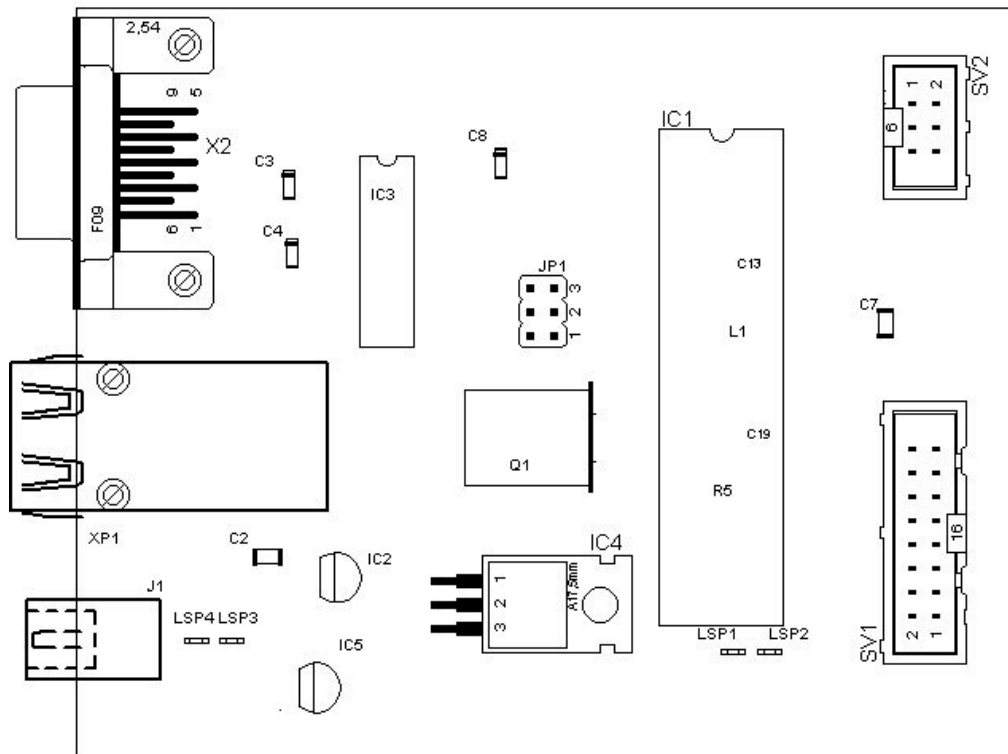
Obr.č.18 : Spodní strana hlavní desky plošných spojů



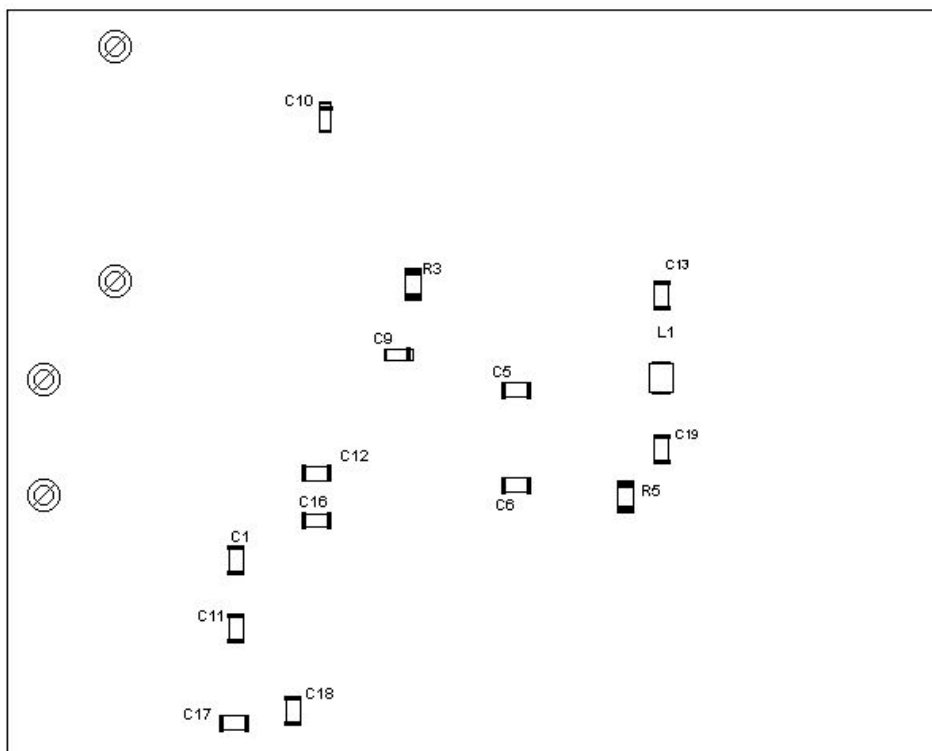
Obr.č.19: Horní strana hlavní desky plošných spojů



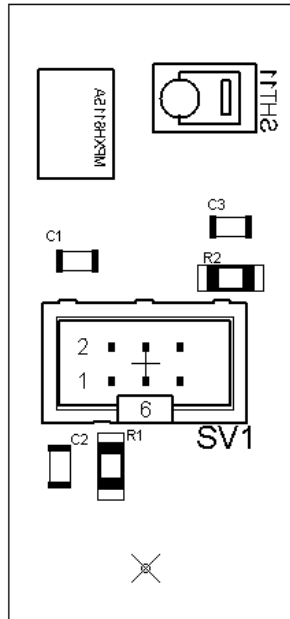
Obr.č.20: Deska plošných spojů senzorů



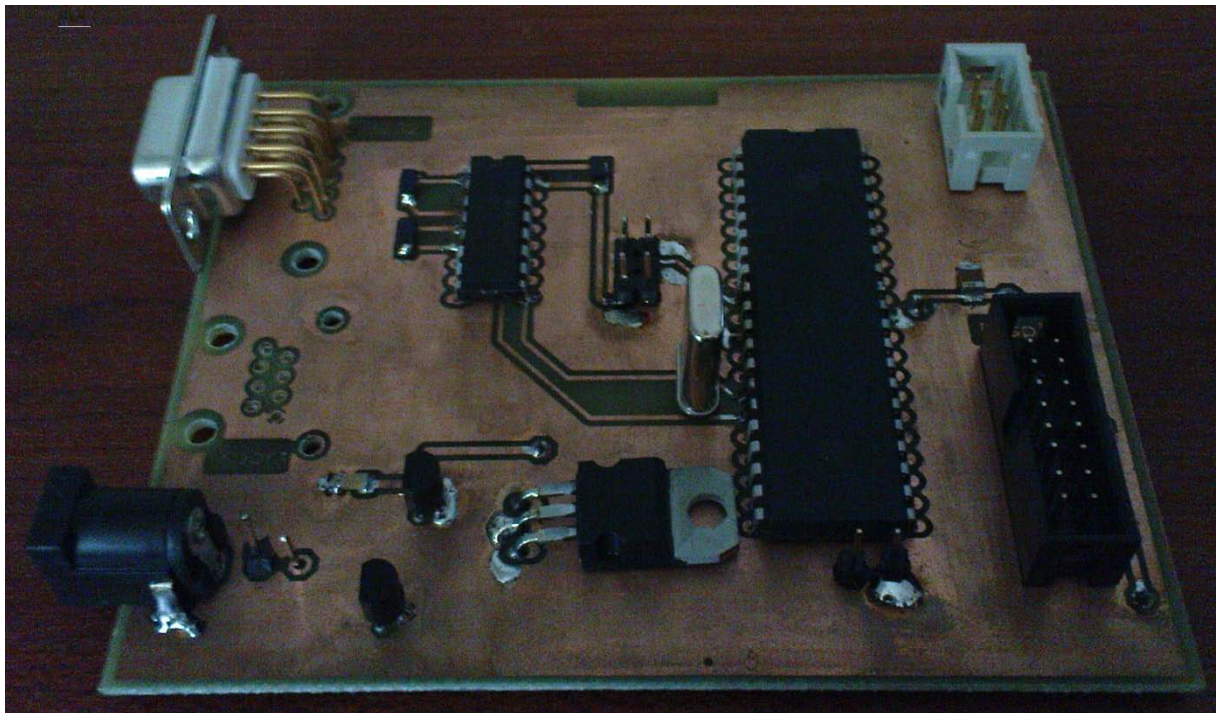
Obr.č.21 : Osazovací pláněk horní strany desky plošných spojů



Obr.č.22 : Osazovací pláněk spodní strany desky plošných spojů



Obr.č. 23 Osazovací pláněk desky senzorů



Obr.č.24: Zařízení bez připojeného displeje a čidel

Seznam součástek

Hlavní deska

C1	100n	keramický kondenzátor SMD
C2	100n	keramický kondenzátor SMD
C3	1u	tantalový kondenzátor SMD
C4	1u	tantalový kondenzátor SMD
C5	22p	keramický kondenzátor SMD
C6	22p	keramický kondenzátor SMD
C7	10u	tantalový kondenzátor SMD
C8	1u	tantalový kondenzátor SMD
C9	1u	tantalový kondenzátor SMD
C10	1u	tantalový kondenzátor SMD
C11	100n	keramický kondenzátor SMD
C12	100n	keramický kondenzátor SMD
C13	100n	keramický kondenzátor SMD
C14	100n	keramický kondenzátor SMD
C15	47p	keramický kondenzátor SMD
C16	100n	keramický kondenzátor SMD
C17	100n	keramický kondenzátor SMD
C18	100n	keramický kondenzátor SMD
IC1	MEGA16-P	procesor
IC2	78L05	stabilizátor napětí +5V
IC3	MAX232	převodník TTL/RS-232
IC4	LF33AB	stabilizátor napětí +3,3V
IC5	78L05	stabilizátor napětí +5V
J1	DCJ0202	napájecí konektor
JP1		kolíková lišta
Q1	16MHz	krystal
R2	10k	rezistor SMD
R3	10K	rezistor SMD
R4	51k	rezistor SMD
R5	10k	rezistor SMD
SV1	ML16	konektor 16pin
SV2	ML06	konektor 6pin
X2	CANNON9	konektor RS-232
XP1	XPORT	konektor pro Ethernet rozhraní

Deska pro připojení senzorů

C1	100n	keramický kondenzátor SMD
C2	47p	keramický kondenzátor SMD
C3	100n	keramický kondenzátor SMD
MPXH6115A		sensor pro měření tlaku
R1	51k	resistor SMD
R2	10k	resistor SMD
SHT11		senzor pro měření teploty a vlhkosti
SV1	ML6	konektor 6pin

Popis některých funkcí programu pro procesor

Funkce `lcd_init()`

```
void lcd_init( void )
{
    DDR( LCD_PORT ) = 0b11111110 ;// deklarace výstupního portu pro lcd
    _delay_ms( 16 ) ;           // nutné zpoždění
    lcd_command( 0b00100000 ) ; // nastavení 4bitové komunikace
    lcd_command( 0b00101000 ) ; // nastavení funkce displeje
    lcd_command( 0b00000100 ) ; // nastavení směru pohybu kurzoru
    lcd_command( 0b00001100 ) ; // nastavení displeje a kurzoru

    lcd_clrscr() ;             // smazání obsahu lcd displeje (dokončení inicializace)
}
```

Funkce `lcd_write(data, rs)`

```
void lcd_write( char data, char rs )
{
    unsigned char temp ;

    if( rs ) lcd_rs_high() ;
    else lcd_rs_low() ;

    temp = LCD_PORT & 0x0f ;
    LCD_PORT = temp | ( data & 0xf0 ) ;
    lcd_e_toggle() ;
    LCD_PORT = temp | (( data & 0x0f ) << 4 ) ;
    lcd_e_toggle() ;
    LCD_PORT = temp | 0xf0 ;
    _delay_ms( 2 ) ;
}
```

Funkce lcd_puts(*s)

```
void lcd_puts( const char *s )
{
    register char c ;
    while(( c = *s++ )) // *s je ukazatel na retezec znaku
        lcd_putc( c ) ;
}
```

Funkce zmer_tlak()

```
void zmer_tlak(void)
{

    ADCSRA |= _BV(ADEN);           //ADC ON
    ADMUX=0b00000100;             //ADC nastaveni kanalu
    ADCSRA |= _BV(ADSC);          //ADC Start prevodu
    loop_until_bit_is_set(ADCSRA,4);
    ADC_result=ADCW;
    ADCSRA &= ~_BV(ADEN);         //ADC OFF
    napeti_tlakomeru=((ADC_result*Vref)/1024); //*(1.98502994);
        //prevodni rovnice pro hodnotu absolutniho tlaku - viz. datasheet MPX6115
    tlak_abs = (10*(( (napeti_tlakomeru)/Vs ) +0.095)/0.009 ) + offset;
        //prepocet na hladinu more - barometricka rovnice
        // viz. http://de.wikipedia.org/wiki/Barometrische\_H%C3%B6henformel
    T = temp_val+273.15;
    tlak_0m = tlak_abs * ( pow( (T/(T+(0.0065*nadmorska_vyska))), (-5.255) ) );
}
```

Funkce s_measure(hodnota, kontrolní součet, mód)

```
// makes a measurement (humidity/temperature) with checksum
{ unsigned char error=0;
  unsigned int i;
  s_transstart();          //transmission start
  switch(mode){            //send command to sensor
    case TEMP : error+=s_write_byte(MEASURE_TEMP); break;
    case HUMI  : error+=s_write_byte(MEASURE_HUMI); break;
    default   : break;
  }
  for (i=0;i<2000;i++) {
    _delay_ms(1);
    if(DATA_r==0) break;
  } //wait until sensor has finished the measurement
  if(DATA_r) error+=1;      // or timeout (~2 sec.) is reached
  *(p_value+1)=s_read_byte(ACK); //read the first byte (MSB)
  *(p_value) =s_read_byte(ACK); //read the second byte (LSB)
  *p_checksum =s_read_byte(noACK); //read checksum

  return error;
}
```