



## **Středoškolská technika 2016**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **Meteostanice**

Autor práce	Jan Fischer
Obor studia:	26-41-L/01 Mechanik-elektrotechnik
Třída:	R3
Školní rok:	2015/2016
Konzultanti:	Vojtěch Honců Ing. Luboš Malý

Integrovaná střední škola Nová Paka, Kumburská 846, 509 31 Nová Paka

Nová Paka 2016

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svoji ročníkovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze uvedené podklady a literaturu.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze ročníkové práce jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Nové Pace.....

podpis.....

## **Poděkování**

Děkuji panu učiteli Ing. Malému a panu Honcům za pomoc a podnětné připomínky, které mi během práce poskytoval.

# Anotace

Jedná se o triviální meteostanici, kterou lze měřit teplotu vzduchu, vlhkost vzduchu a v neposlední řadě tlak vzduchu, a dokáže je zobrazit na zobrazovací jednotce pomocí segmentových displejů. Celý obvod je řízen mikroprocesorem ATMEGA 8, který je naprogramován v jazyku C. Mikroprocesor zaznamenává minimální a maximální hodnoty, které jsou uloženy v paměti celého mikroprocesoru. Minimální a maximální hodnoty lze lehce zobrazit na segmentovém displeji pomocí dvou tlačítek. Ukládání min. a max. hodnot začíná již po 15 sekundách, a to kvůli předcházejícím chybným měřením. Všechny senzory jsou součástí DPS, měření domovní teploty. Teplotní senzor LM35 pracuje s teplotou od – 55 do 155 stupňů Celsia. Senzor vlhkosti HIH-5031 měří vlhkost v procentech od 0 do 99 %. Senzor tlaku pracuje od 15 – 115 kPa.

## Klíčová slova

Meteostanice, mikroprocesor, tlak, teplota, vlhkost

# Annotation

This is a trivial weather station that can measure air temperature, air humidity, and in the last row of air pressure and can view them on a display unit by using segmented displays. The entire circuit is controlled by a microprocessor Atmega 8, which is programmed in C language. The microprocessor records the minimum and maximum values, which are stored in the memory of the entire microprocessor. The minimum and maximum values can be easily and easily displayed on the segment display using two buttons. Storage Min. and Max. values already starts after 15 seconds and because of the previous erroneous measurement. All the sensors are part of the DPS, the measurement of house temperature. Temperature sensor LM35 working with a temperature from 0 to 99 degrees Celsius. The moisture sensor should suffice-5031, which measures humidity in a percentage from 0 to 99%. The pressure sensor works from 15 – 115kPa

## Keywords

Weather station, microprocessor, measure, temperature, air humidity

# OBSAH

1 ÚVOD .....	1
2 Teoretický rozbor .....	2
2.1 Senzory .....	2
Parametry snímačů.....	3
Statické vlastnosti snímačů .....	3
Dynamické vlastnosti snímačů .....	3
2.2 Měření meteorologických prvků .....	4
2.2.1 Měření teploty a vlhkosti .....	4
Teplota vzduchu .....	4
Vlhkost vzduchu .....	5
2.2.2 Měření atmosférického tlaku vzduchu p.....	6
2.2.3 Senzor teploty LM35 .....	7
Konstrukční provedení LM35 .....	8
2.2.4 Senzor vlhkosti Honeywell HIH - 5031 – 001.....	9
Konstrukční provedení Honeywell HIH - 5031 – 001.....	10
2.2.5 Senzor tlaku MPXH6115AC6U .....	11
Konstrukční provedení MPXH6115AC6U .....	12
3.1 Popis hlavních součástí.....	14
4 Atmega 8 .....	15
4.1 Vstupně výstupní porty .....	16
5 Programování ATMEGA 8 .....	17
5.1 Realizace programování pomocí nepájivého pole .....	18
6 Návrh měřicí centrály .....	19
6.1 Kontrola funkce el. obvodu .....	19
6.2 Návrh schéma.....	20
6.2.1 Návrh řídicí jednotky v editoru.....	21
6.3 Návrh měřicí jednotky v editoru.....	22
6.4 Frézování DPS.....	23
7 Osazení řídicí jednotky DPS .....	23
8 Osazení měřicí jednotky DPS.....	25
9 Komunikace s porty a konektory.....	26

9.1 Komunikace s porty .....	26
10 Oživení základní desky .....	28
11 Designový box meteostanice.....	29
12 ZÁVĚR .....	30
13 Seznam použitých zdrojů .....	32

# 1 ÚVOD

V této práci se budu zabývat návrhem i realizací domácí meteostanice, která by našla uplatnění pro ty, kteří se zabývají fyzikálními stavy atmosféry pomocí základních prvků. Měření veličin podle funkci příslušných senzorů přináší rozhled do naprosto jiných dimenzí, které jsou na stejné bázi meteorologických center. Budu se zabývat rozbořem meteorologických veličin, které jsou v daném znění:

- teplota vzduchu,
- absolutní tlak vzduchu,
- vlhkost vzduchu.

Sledováním vývoje jednotlivých meteorologických prvků v čase se dá odhadnout vývoj počasí do budoucnosti. Pokud si pokládáte otázku, proč si nezajdu meteostanici koupit do obchodu, když v dnešní době v každém obchodě s domácími spotřebiči nabízejí k prodeji minimálně jeden typ domácí meteostanice, je můj důvod prostý. Výrobci domácích stanic je nazývají jako poloprofesionální, ale informace o přesnostech jednotlivých snímačů se málokdy uvádí. Kvalita těchto elektronických snímačů je rapidně nízká.

Jednu takovou meteostanici vlastním a mám s ní spíše více problémů než radosti z provozu. Problematická byla komunikace přenosu naměřených meteorologických prvků do zobrazovací stanice. Zásadní problém byl s dosahem, občas jsem naměřil nesmyslné hodnoty.

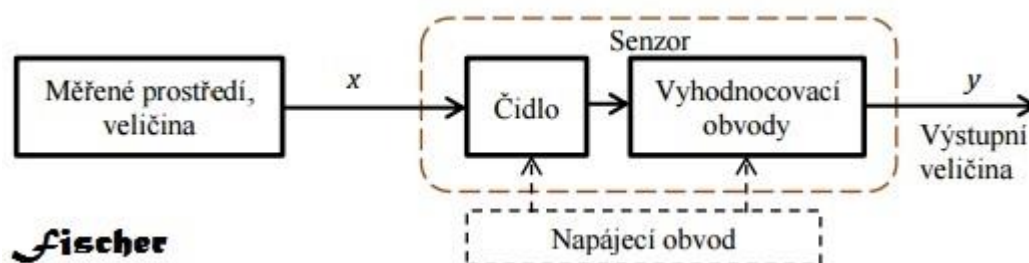
Meteostanice sice nabízejí spoustu funkcí, ale využití se u nich hledá obtížně. Proto jsem se rozhodl vytvořit si vlastní domácí meteostanici, kde si vyberu sám, jaké snímače použiji pro měření jednotlivých meteorologických veličin. Naprogramuji si takové funkce, které jsou pro mě využitelné a potřebné, a navíc je vždy možnost si doprogramovat cokoliv, co přesně potřebuji.

Samozřejmě existují také kvalitní domácí meteostanice, ale jejich cena se také pohybuje od dvanácti tisíc korun směrem vzhůru. Mým cílem je vytvořit meteostanici cenově přijatelnou a efektivně se přibližovat k reálným a přesným měřením, která se téměř shodují s profesionálními meteostanicemi.

# 2 Teoretický rozbor

## 2.1 Senzory

Senzor neboli snímač je zařízení, které slouží ke snímání fyzikální, biologické či chemické neelektrické vstupní měřené veličiny. Senzor převádí vstupní neelektrickou veličinu  $x$  na výstupní veličinu  $y$ , která je nejčastěji v podobě analogového nebo digitálního elektrického signálu. V přímém styku s měřicí veličinou je citlivá část senzoru, která se nazývá čidlo, které je připojeno na vyhodnocovací obvod senzoru, jak je znázorněno na obrázku.



Jednotlivé typy senzorů se dělí podle

přeměny výstupního signálu na **aktivní** a **pasivní**

**Měřené veličiny** - na senzory teploty, tlaku, průtoku, optických veličin, elektrických a magnetických veličin, chemické a biologické senzory,...

**Fyzikálního princip** - na senzory odporové, indukční, indukčnostní, kapacitní, magnetické, piezoelektrické, optické, chemické, biologické,...

**Styk senzoru** s měřeným prostředím - dotykové a bezdotykové.

**Použité technologie** - mechanické, elektromechanické, pneumatické, elektrické, polovodičové, optoelektronické atd.

**Aktivní senzor** - je senzor, který se při snímání měřené veličiny chová jako zdroj energie. Mezi aktivní senzory například patří snímače pracující na piezoelektrickém, fotoelektrickém, elektromagnetickém principu.

**Pasivní senzor** je senzor, který pro snímání měřené veličiny potřebuje zdroj napájení.

Uvádím zde pro dodatečný přehled i inteligentní snímač.

Inteligentní snímač neboli smart sensor je snímač, který obsahuje citlivou část (čidlo) a obvody pro zpracování měřených dat, automatickou korekci měřených dat, a také dokáže vyhodnotit nesprávné chování snímače, které obsahuje obousměrnou komunikaci, autodiagnostiku, autokalibraci, korekci chyb a v neposlední řadě kontrolu platnosti měřených dat.



# Parametry snímačů

Při výběru vhodného snímače pro určitou aplikaci v určitých prostředích je důležité vybrat snímač podle statických a dynamických parametrů, které jsou vhodné pro použití v daném specifickém prostředí. Většina parametrů snímače si ale navzájem odporuje a při výběru se volí kompromis mezi cenou a přesností snímače. Mezi obecné požadavky snímačů patří

- citlivost snímače,
- linearita,
- přesnost,
- minimální parazitní vlivy okolního prostředí (teplota, vibrace),
- vysoká spolehlivost,
- minimální údržba.

## Statické vlastnosti snímačů

- Přenosová charakteristika** – udává funkční závislost  $y = (f) x$ , mezi výstupní veličinou a měřenou vstupní veličinou  $x$ .
- Citlivost** – je definován sklonem statické přenosové charakteristiky snímače.
- Rozlišitelnost** – je změna vstupní veličiny  $x$ , která se projeví hodnotami na výstupu (je dána absolutní nebo relativní chybou snímače).
- Reprodukovatelnost** – je dána odchylkou dvou naměřených hodnot při neměnné vstupní veličině  $x$ , a rušivých vlivů snímače.
- Plný rozsah** – je nejvyšší hodnota měřené veličiny, která může být snímačem detekována.

## Dynamické vlastnosti snímačů

- Přechodová charakteristika** – je časová závislost změny výstupní veličiny  $y$  při skokové změně vstupní veličiny  $x$ .
- Frekvenční charakteristika** – udává rozdíl amplitudy  $y_m$  a fáze  $\phi$  výstupního signálu  $y$  ke vstupnímu  $x$  v závislosti na frekvenci  $f$ .
- Časová konstanta** – je dána například dobou převodu A/D převodníku.

## 2.2 Měření meteorologických prvků

Meteorologické prvky slouží k popisu okamžitého fyzikálního stavu atmosféry na určitém místě v daném čase. Fyzikální stav se v průběhu dne mění. Platí pravidlo, že čím více meteorologických prvků jsme schopni sledovat, tím přesněji dokážeme popsat stav počasí. Má práce se zabývá třemi senzory, které budou dostatečně stačit k určení fyzikálních hodnot a k určení aktuálního a předcházejícího stavu.

Mezi meteorologické prvky, které charakterizují počasí, patří:

- teplota vzduchu,
- vlhkost vzduchu,
- atmosférický tlak.

### 2.2.1 Měření teploty a vlhkosti

Teplota vzduchu  $t$  a relativní vlhkost vzduchu  $r$  jsou dva nejzákladnější meteorologické prvky, které charakterizují místní klima v dané oblasti. Hodnoty teploty  $t$  a vlhkosti  $r$  se mění se změnou nadmořské výšky  $H$ , změnou polohy ve stejné nadmořské výšce  $H$  a také v čase  $t$ .

## Teplota vzduchu

Teplota  $t$  patří mezi základní veličinu v soustavě **SI** s jednotkou kelvin [**K**], jedná se tedy o Kelvinovu stupnici. V meteorologii se ale používá Celsiova stupnice  $t$  a Fahrenheitova stupnice  $t$ , která se dodnes používá v USA, Velké Británii a Kanadě.

**Teplota vzduchu se vyjadřuje následujícími stupnicemi:**

- Kelvinovou stupnicí,
- Celsiovou stupnicí,
- Fahrenheitovou stupnicí.

**Celsiova stupnice:**

teplota tání ledu =  $0^{\circ}\text{C}$ ,

teplota varu vody =  $100^{\circ}\text{C}$  při atmosférickém tlaku  $p$  1013,16 hPa.

**Fahrenheitova stupnice:**

teplota bodu mrazu =  $32^{\circ}\text{F}$ ,

teplota varu =  $212^{\circ}\text{F}$ .

Měření teploty vzduchu  $t$  se provádí ve výšce 2 metry a někdy se také provádí přízemní měření ve výšce 5 cm nad zemí. Aby byly naměřené hodnoty teploty vzduchu  $t$  korektní, musí se snímací senzor umístit tak, aby nedocházelo k nežádoucím jevům, například oteplením od slunce. Z toho důvodu se snímače pro měření vlhkosti a teploty umísťují do meteorologické budky či radiačního štítu.

Průměrná denní teplota  $t$  se počítá podle následujících vztahů:

$$t_{prům} = \frac{t_7 + t_{14} + 2t_{21}}{4} [^{\circ}C]$$

$$t_{prům} \cong \frac{t_{C,max} + t_{C,min}}{2} [^{\circ}C]$$

$T_x$  – naměřená teplota hodiny  $c$  [ $^{\circ}C$ ].

$T_c \max.$  – je maximální naměřená teplota v období 0-24h [ $^{\circ}C$ ].

$T_c \min.$  - je minimální naměřená teplota v období 0-24h [ $^{\circ}C$ ].

## Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu udává množství vodních par obsažených ve vzduchu. Nejčastěji se s vyjádřením vlhkosti vzduchu setkáváme v podobě absolutní, relativní  $r$  vlhkosti a rosného bodu  $t$ . Za běžných podmínek vlhkost vzduchu s rostoucí nadmořskou výškou  $H$  klesá.

**Absolutní vlhkost vzduchu** vyjadřuje hmotnost vodních par  $m$  v daném množství vzduchu  $V$ , nejčastěji v jednom metru krychlovém.

**Relativní vlhkost vzduchu** vyjadřuje poměr skutečného obsazení vodních par ve vzduchu  $m$  k maximálnímu možnému nasycení  $m$  při dané teplotě.

## 2.2.2 Měření atmosferického tlaku vzduchu $p$

Atmosferický tlak je hmotnost sloupce vzduchu působícího od bodu měření až k horní hranici atmosféry. Z toho vyplývá, že nejvyšší atmosférický tlak  $p$  je tedy na hladině moře, vyjma například Mrtvého údolí (-86 m.n.m) ve státě California a s rostoucí nadmořskou výškou klesá. Průměrný (normální) atmosferický tlak přepočítaný na hladině moře  $p$  – moře je určen na 1013,25 hPa. Naměřený absolutní tlak  $p$  se většinou přepočítává na hladinu moře podle vztahu.

U atmosferického tlaku vždy sledujeme rychlost změny v čase  $\Delta p$ . Rychlý pokles atmosferického tlaku  $p$  znamená zhoršení počasí (zataženo, déšť či bouřka) a rychlý nárůst atmosferického tlaku  $p$  signalizuje pěkné slunečné počasí. Atmosferický tlak  $p$  se udává v Pascalech [Pa], méně často se udává v milibarech [mbar]. 1 = bar = 100 Pa = 1hPa. Přepočet naměřeného absolutního tlaku  $p$  na hladinu moře se provádí podle následujícího vztahu:

$$p_{moře} = p \cdot e^{\frac{g \cdot h_s}{287 \cdot t_{prům}}} [hPa]$$

$$t_{prům} = 273 + t + 0.0025 \cdot h_s, kde$$

$t_{prům}$  – je průměrná teplota na meteostanici,

$t$  – je teplota vzduchu [ $^{\circ}C$ ],

$p$  – je absolutní tlak [hPa],

$g$  – je tíhové zrychlení 9,80665 [ $m/s^2$ ],

$h_s$  – je nadmořská výška stanice [m].

## 2.2.3 Senzor teploty LM35

LM35 je integrovaný obvod, převodník teploty na napětí. Pracuje s maximální nelinearitou a příslušnou tolerancí  $\pm 0,75$  ° Celsia. Poskytuje přímo napětí dle teploty. Dalším faktorem přesnosti je v mikroprocesoru Atmega 8, který při převodu může snížit přesnost v měření dané teploty. Konkrétně se jedná o převod v ADC převodníku a vyhodnocení teploty (převod napětí - teplota).

### Pracovní podmínky

Senzor LM35 pracuje s teplotou již od  $-55^{\circ}$  až do  $150^{\circ}$  stupňů Celsia.

### Výhody LM35

- Obvod má velmi malý napájecí proud, jedná se o  $60 \mu\text{A}$ .
- Kvůli nízkému příkonu převodníku dochází k velmi malému ohřevu součástky, což je důležité z hlediska přesnosti měření.
- Výstupní impedanci  $0,1 \Omega$ .

### Specifikace – rozbor LM35

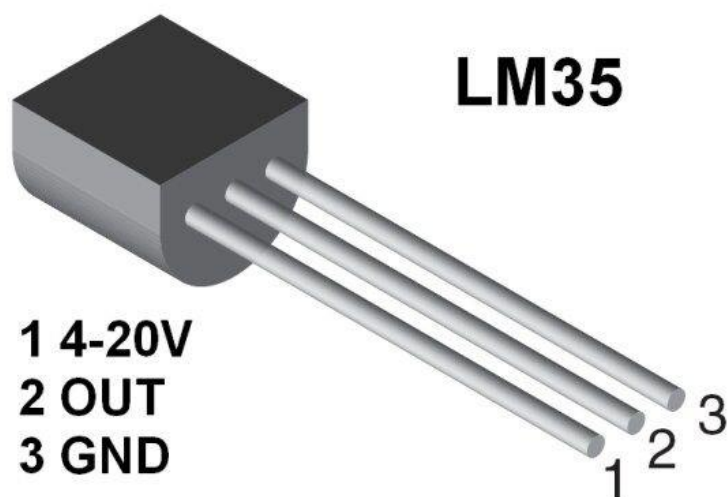
Protože převodní koeficient činí  $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ , objeví se např. při teplotě  $100^{\circ}\text{C}$  na výstupu napětí převodníku napětí  $1000 \text{ mV}$ . Bude-li měřená teplota záporná, např.  $-60^{\circ}\text{C}$ , bude i výstupní napětí záporné ( $-600 \text{ mV}$ ).

Napájecí napětí převodníku – pokud se pohybuje v rozsahu  $4 \text{ V}$  až  $20 \text{ V}$  – nemusí být stabilizované a převodník lze tudíž napájet přímo z baterie. V základním zapojení pro měření teploty je převodník připojen ke zdroji napětí, což může být např.  $9\text{V}$  destičková baterie, a na výstupu převodníku je voltmetr.

Pokud se mají měřit kladné i záporné teploty, vychází zapojení o něco složitější. Z hlediska rozlišovací schopnosti je vhodné připojit na výstup převodníku nikoliv analogový, ale digitální voltmetr, popř. digitální multimetr. LM35 se používá i jako převodník teplota/napětí pro Arduino.

## Konstrukční provedení LM35

V konstrukčním provedení - pouzdro TO – 92 na obr. č. 2.2.3



Obr. č. 2.2.3 Pouzdro TO – 92.

Přívod 1. je veden na napájecí napětí.

Přívod 2. je veden do mikroprocesoru ATMEGA 8.

Přívod 3. je veden na zem.

## 2.2.4 Senzor vlhkosti Honeywell HIH - 5031 – 001

Analogový senzor vlhkosti v uzavřeném krytu, téměř lineární výstupní signál, ideální k dalšímu zpracování pro mikrokontroléry nebo další obvody. Díky velmi malé spotřebě proudu jen 200  $\mu\text{A}$  je vhodný pro přístroje na bateriový provoz. Mezi další výhody patří: rychlá reakční doba, stabilní, velmi malý drift, laserem trimovaný.

Honeywell HIH – 5031 – 001 je vyroben technologií SMD. Jeho estetické provedení je vyobrazeno na obr. č. 2.2.4 a podrobnější informace v tabulce 2.2.4.1.



Obr. č. 2.2.4

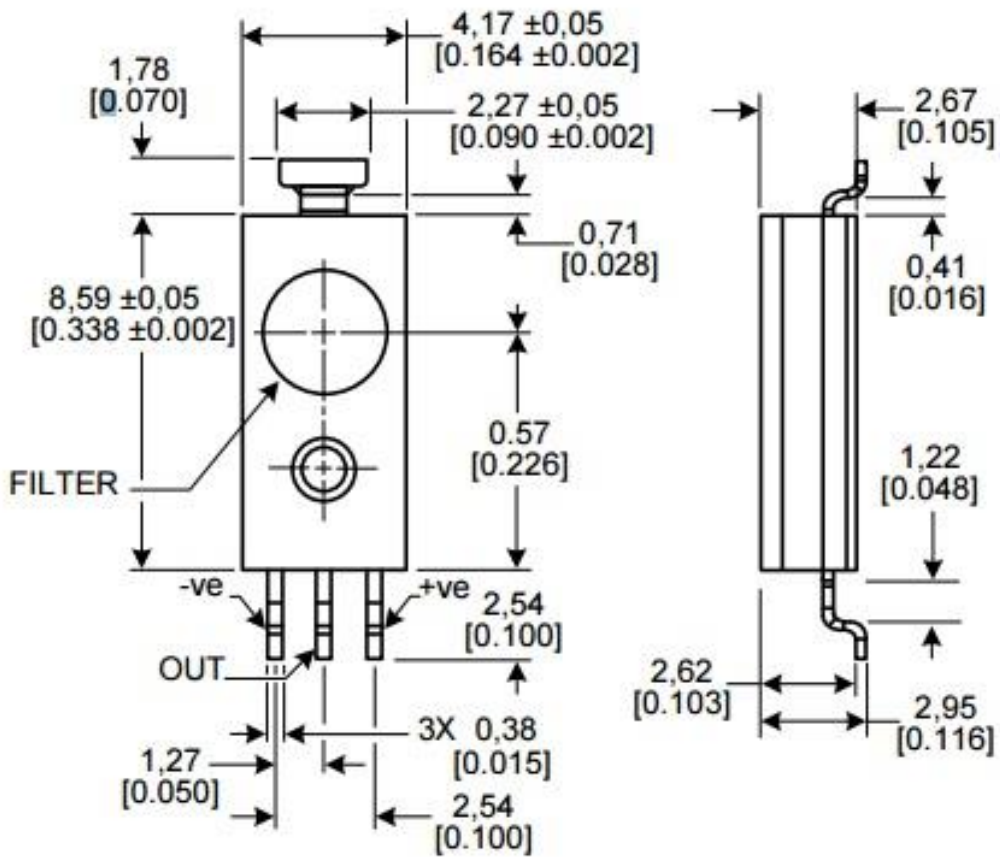
### Specifikace senzoru

<b>Typ</b>	HIH-5031-001
<b>Provedení</b>	S integrovaným filtrem
<b>Provozní napětí (text)</b>	2,7 V - 5,5 V
<b>Rozsah(y) měření</b>	0 - 100 % r
<b>Hystereze</b>	3 % r
<b>Připojení</b>	4pólový SMD
<b>Přesnost měření</b>	(11 - 89 % rF) $\pm 3$ %
<b>Teplotní rozsah</b>	-40 - 85 °C
<b>Doba odezvy</b>	5 s
<b>Odběr proudu</b>	typ. 200 $\mu\text{A}$

Tabulka 2.2.4.1 Podrobné informace o produktu Honeywell HIH – 5031 – 001.

# Konstrukční provedení Honeywell HIH - 5031 - 001

Konstrukční provedení senzoru tlaku HIH - 5031 - 001 dle obr. č. 2.2.4.2



Obr. č. 2.2.4.2 Konstrukční provedení senzoru vzduchu HIH - 5031 - 001.



## 2.2.5 Senzor tlaku MPXH6115AC6U

Tento senzor má plastové pouzdro a jsou teplotně kompenzované v rozsahu -40° až do 125° C. Je určený pro měření v rozsahu tlaku od 15 do 115kPa. Tento senzor patří ke skupině měřící absolutní tlak a je založen na principu změny odporu tenzometrů zapojených v můstku.

Důležité vlastnosti zvoleného tlakového senzoru jsou uvedeny v tabulce 2.2.5. Předpokládané napájecí napětí je 5V, teplota okolí 25°C. Vyobrazený senzor tlaku vzduchu na obr. 2.2.5.1

Rozsah měřitelného tlaku	15 - 115	kPa
Napájecí napětí	5	V
Napájecí proud	6	mA
Citlivost	45,0	mV/kPa
Doba reakce na změnu	1	ms
Pracovní teplota	-40 - 120	°C

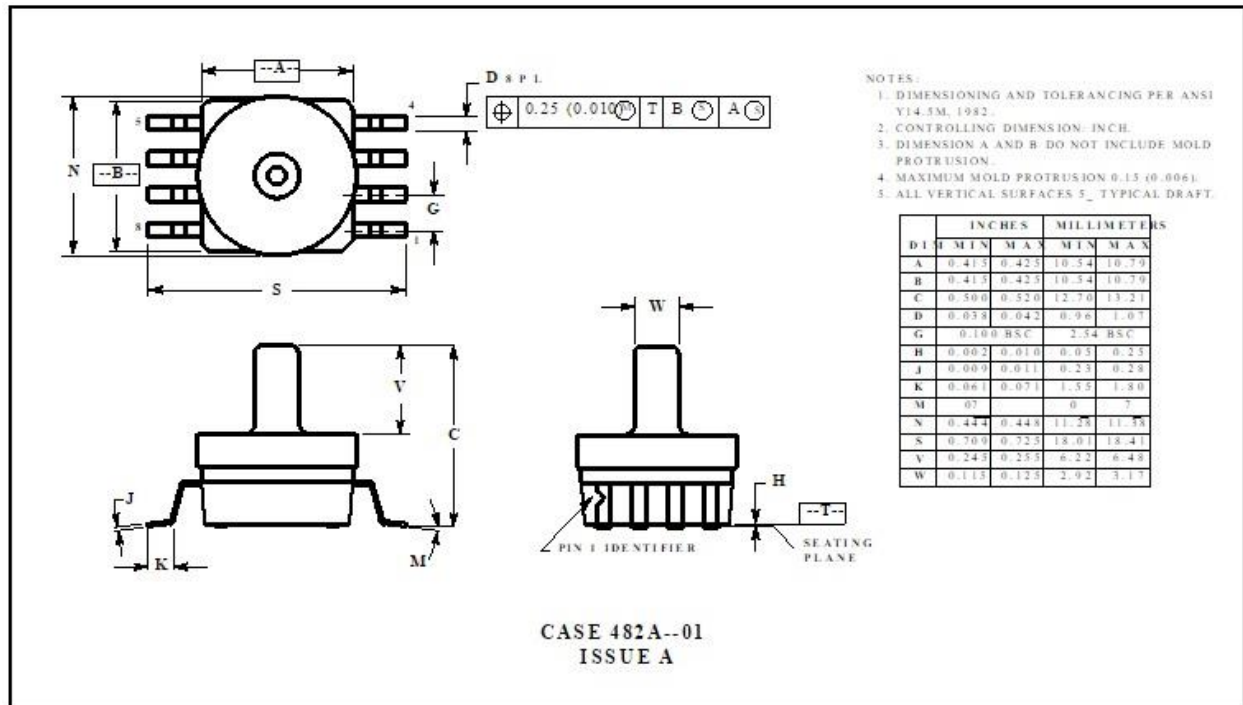
Tabulka 2.2.5 typických hodnot vlastnosti čidla MPXH61151C6U



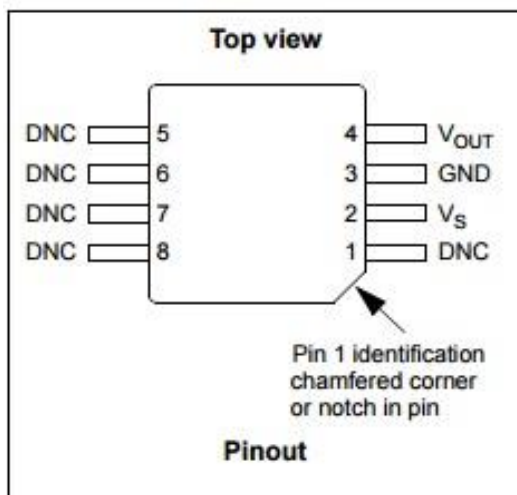
Obr. č. 2.2.5.1 Senzor tlaku vzduchu.

# Konstrukční provedení MPXH6115AC6U

Konstrukční provedení senzoru tlaku MPXH6115AC6U, který je vyobrazen na obr. č. 2.2.5.2



Obr. č. 2.2.5.2 Konstrukční ukázka senzoru tlaku vzduchu.



Obr. č. 2.2.5.3 značení přívodu senzoru tlaku

U senzoru tlaku byly využité jen příslušné 3 přívody. Na přívodu 2 je napájecí napětí. Přívod 3 je přiveden na zem a přívod 4 je veden do mikroprocesoru pro následné vyhodnocování měřící hodnoty. Značení přívodu je vyobrazeno na obr.č. 2.2.5.3.

# 3 Seznam součástek

**1x Atmega 8** – mikroprocesor, jednočipový počítač neboli mikrokontroler.

**1x Patice DILL 28** - elektrotechnická součástka, která slouží k mechanickému upevnění a elektrickému propojení jiných elektrotechnických součástek.

**8x R =150R** – Rezistor, který má svůj určený odpor v hodnotě 100  $\Omega$ .

**9x BC547** – Tranzistor NPN.

**1x C1,C2 = 100nF** – kondenzátor s kapacitou 100 nF.

**1x C3 = 200  $\mu$ F** – kondenzátor s kapacitou 200  $\mu$ F.

**2x Mikrospínač** – spínač pro určité funkce.

**1x MPXH6115A** – senzor tlaku vzduchu.

**1x Honeywell HIH – 5031- 01** – senzor vlhkosti vzduchu.

**1x LM35** – senzor teploty vzduchu.

**1x KW2-561ASA 14,22mm** – dvoumístný sedmisegmentový zobrazovací displej.

**1x KW3-562ASA 14,22mm** – třímístný sedmisegmentový zobrazovací displej.

**1x KW4-563ASA 14,22mm** – čtyřmístný sedmisegmentový zobrazovací displej.

**1x Konektor USB1X90B PCB** - konektor použit jako napájecí, který lze připojit snadno ke každému zařízení s integrovaným USB A, který je integrován např v počítači, notebooku atd.

**1x Dutinková lišta BL20G** – to jsou piny, které jsou využity k připojení mezi měřicí a řídicí jednotkou.

**1x Jednostranný laminát FR4 s rozměrem 125X75mm** – deska pro plošné spoje.

**1x Jednostranný laminát FR5 s rozměrem 135X75mm** - deska pro plošné spoje.

**1x Oboustranný kolík S1G20S 2,54mm** – kolíky pro propojení řídicí a měřicí jednotky.

**1x KP06 BEZ OTVORU (Z-4P)** – box pro vložení meteostanice, upevnění měřicí a řídicí jednotky.

**1x P-H8300JE-B** – tlačítko pro zapnutí a vypnutí zařízení.

## 3.1 Popis hlavních součástí

Srdcem celého systému je již zmiňovaná Atmega 8, která má za úkol zpracovávat podněty s měřicími veličinami. To se týká především analogových senzorů a přepočítání převodního poměru. Zaznamenává své údaje do paměti a porovnává, jestli jsou údaje měřících veličin skutečné nebo chybné. Atmega 8 je naprogramovaná, která bude rozvedena do podrobnějších specifikací. Rezistory mají důležitou funkci při omezování proudu do hlavních sedmissegmentových zobrazovacích displejů. Rezistory regulují svítivost sedmi-segmentových zobrazovacích displejů, především je to ochrana proti poškození při vyšším napětí či proudu.

Všech devět tranzistorů v tomto zapojení má za úkol spínat sedmissegmentové zobrazovací displeje. Každý jednotlivý tranzistor spíná svoje segmentové místo na displeji. Kondenzátory filtrují rozvlněné vstupní napětí, které je potřeba usměrnit a dát mu přesný průběh tak, aby nevznikaly komplikace při napájení dalších elektronických součástí, které bývají choulostivé na tyto průběhy napětí. Mikrospínače spínají dosavadní průběhy měřících veličin, což jsou např. relativní tlak vzduchu, teplota vzduchu či vlhkost vzduchu. Jsou použity dva pro zjištění minimálních naměřených hodnot a maximálních měřených hodnot. Při podržení funkcí dvou mikrospínačů lze celé zaznamenané hodnoty uložené v paměti smazat. Sensory tlaku vzduchu, vlhkosti vzduchu a teplota vzduchu mají za úkol měřit aktuální podmínky ovzduší. Sedmissegmentové zobrazovací displeje, kde první část displeje je určen pro senzor teploty, druhý pro vlhkost a třetí pro tlak. Displej pro teplotu je třímístný s desetinnou tečkou pro přesnější zobrazení aktuální teploty ovzduší. Druhý displej určený pro vlhkost je dvoumístný, a třetí displej je určen pro tlak a je čtyřmístný.

Konektor USB B je použit jako napájecí, který lze připojit snadno ke každému zařízení s integrovaným USB A, který je integrován např. v počítači, notebooku atd. Dutinková lišta slouží k využití připojení mezi řídicí jednotkou a měřicí jednotkou. Dutinková lišta slouží také k propojení mezi řídicí a měřicí jednotkou. Tlačítko pro zapnutí a vypnutí zařízení je využito z hlediska úspory elektrické energie.

# 4 Atmega 8

Atmega8 je tzv. jednočipový počítač, neboli mikrokontroler. V tomto jediném čipu jsou obsaženy všechny komponenty, které jsou potřeba pro běh počítače.

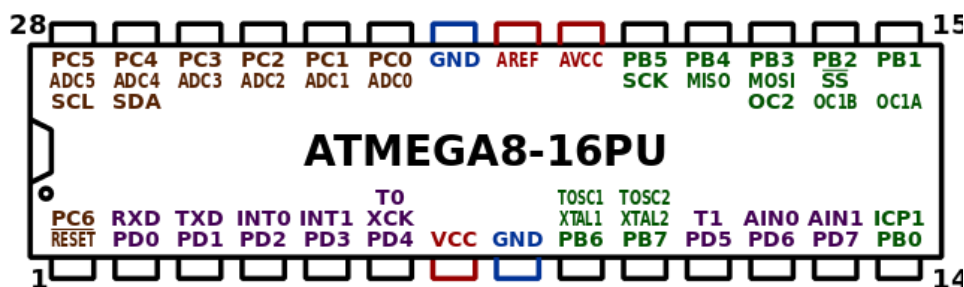
## mikroprocesor AVR:

- je osmibitový (běžný PC je 32bitový),
- má tzv. *RISC* architekturu, která je odlišná od architektury běžně používaných procesorů *Intel* nebo *AMD*,
- pracuje na frekvenci 1 MHz, ale lze jej přetaktovat až na 16 MHz.
- **8kB In-System-Programmed FLASH memory:**
  - tato paměť slouží k nahrání vlastního programu, zachová se i po vypnutí.
- **1kB RAM:**
  - volně přístupná paměť na provozní data (po vypnutí se smaže).
- **512B EEPROM:**
  - trvanlivá paměť na dlouhodobé ukládání provozních dat,
- další zabudované obvody,
  - 2x 8bit + 1x16bit **čítač**/časovač,
  - 3x **PWM** -- obvody pro střídovou modulaci (řízení stejnosměrných motorů apod.),
  - 4x 10bitový **A/D**, 2x 8bitový A/D -- 6 digitálních voltmetrů (rozdílení 1024, resp 256 hodnot),
  - **USART** -- komunikace přes sériový port,
  - vnitřní **oscilátor** 1 - 8 MHz -- slouží jako zdroj taktovací frekvence, pokud není čip přetaktován vnějším krystalem nebo RC obvodem,
  - **watchdog timer** -- automatický reset v případě zamrznutí programu.

Napájení celého jednočipového počítače je + 5 V. Spotřeba proudu je malá, při frekvenci 1 MHz je to řádově 3 mA. Spotřeba je úměrná frekvenci a lze ji tedy výrazně snížit podtaktováním např. na 1 kHz. Všimněte si, že 8 kB programové paměti je zcela oddělených od 1 kb RAM a za běhu Atmegy se do nich nezapisuje. To se označuje jako *Harvardská architektura*. V obvodech Atmegy je víc vstupů/výstupů, než je na čipu nožiček. Předpokládá se, že nikdy nevyužijeme všechny vnitřní vývody najednou. Jednotlivé nožičky lze během programování připojit k danému vnitřnímu vodiči a tím určit jejich funkci. V následujících kapitolách se blíže podíváme na vlastnosti a schopnosti čipu a výklad ilustrujeme funkčními návody.

## 4.1 Vstupně výstupní porty

Atmega8 má tři porty: dva osmibitové PORTB, PORTD a jeden šestibitový PORTC. Jejich jednotlivé piny mohou fungovat jako vstupní nebo výstupní. To se určí pro každý pin jednotlivě v registrech DDRA, DDRB, DDRC na obr.č4.1



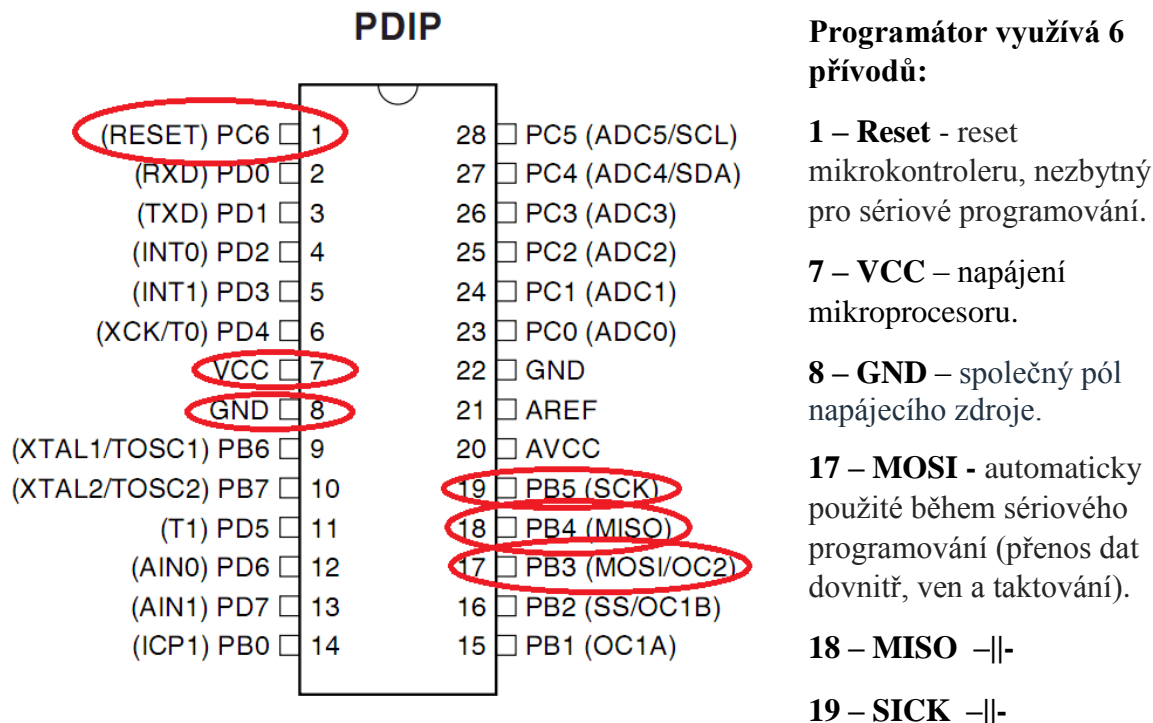
Obr. č. 4.1 Rozložení pinu Atmegy 8.

### Výčet speciálních funkcí:

- RESET - reset mikrokontroleru, nezbytný pro sériové programování,
- RXD, TXD - příjem a odesílání dat přes sériové rozhraní,
- INT0, INT1 - dva zdroje pro externí přerušení,
- T0, T1,
- XCK,
- TOSC1, TOSC2,
- XTAL1, XTAL2 - možnost připojit externí krystal,
- AIN0, AIN1 - vstupy analogového komparátoru,
- ICP1,
- OC1A, OC1B, OC2,
- MISO, MOSI, SCK - automaticky použité během sériového programování (přenos dat dovnitř, ven a taktování),
- SCL,
- SDA,
- ADC0, ADC1, ADC2, ADC3 - čtyři 10-bitové analogově-digitální převodníky (ADC),
- ADC4, ADC5 - dva 8-bitové ADC.

# 5 Programování ATMEGA 8

K celé realizaci naprogramování ATMEGA 8 je potřeba příslušný programátor, který je na obr. č. 5. na liště byla přiložena do pinů příslušná ATMEGA 8, do které se zapojilo 6 přívodů.



Obr. č. 5. Přehled specifikací pinů Atmegy 8.

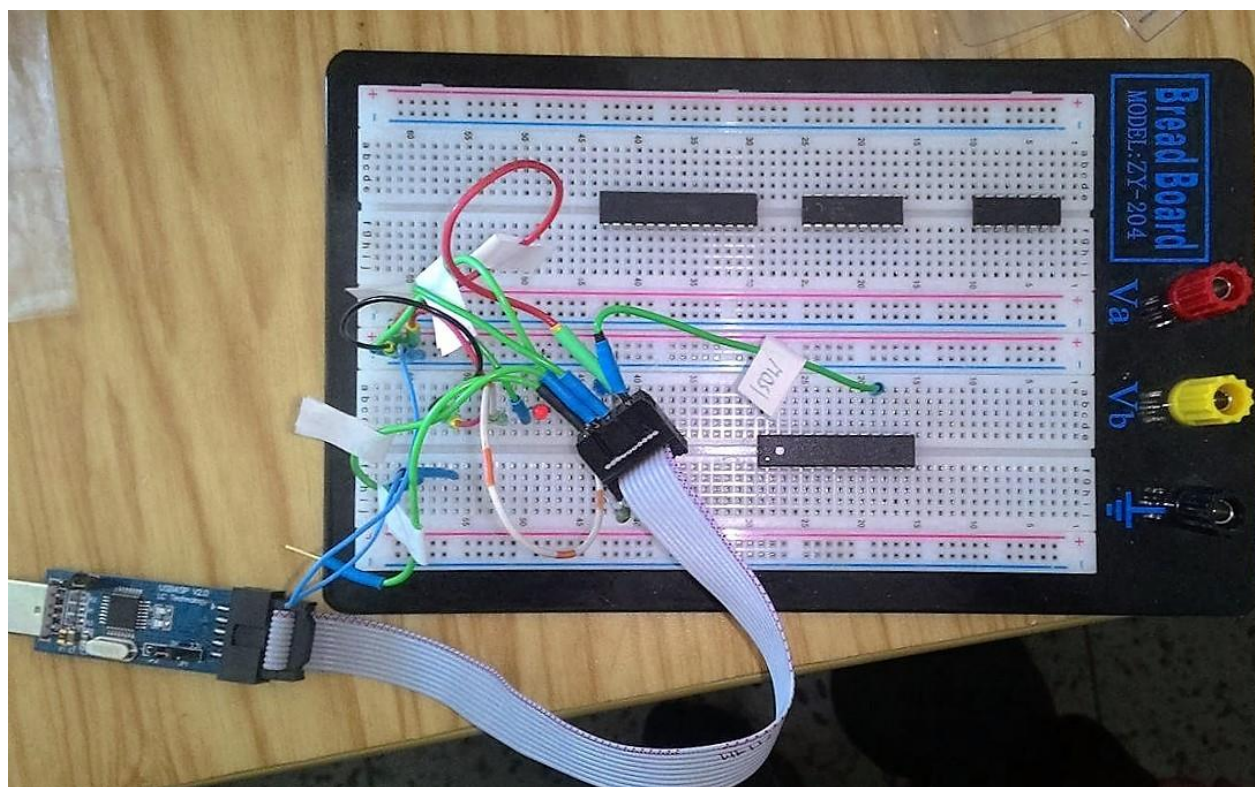
Do mikroprocesoru bylo potřeba nahrát soubor v HEX formátu. Zdrojový kód formátu byl vytvořen v jazyku C, který bylo možno stáhnout z příslušných webových stránek.

V dalším kroku bylo potřeba v softwaru USBASAP ATMEL nastavit následně:

- nastavení pojistek C= C9, H=HH,
- nahrání HEX soubor,
- zapsat pojistky a zobrazit,
- zapsat hex soubor na mikroprocesor.

## 5.1 Realizace programování pomocí nepájivého pole

K naprogramování mikroprocesoru byl potřeba programátor s volitelnou patičkou pro upevnění mikroprocesoru. Byla využita alternativa nepájivého pole na obr. č. 5.1, kde se umístil mikroprocesor a následně se připojily příslušné přívody z programátoru



Obr. č. 5.1 Nepájivé pole s programátorem a Atmegou 8.



# 6 Návrh měřicí centrály

Měřicí centrála byla nejprve částečně navržena a odzkoušena na nepájivém poli, z důvodu funkce el.obvodu, mikroprocesoru a funkce příslušných senzoru.

Pro měřicí jednotku jsem využil software Eagle.

Při návrhu elektrického obvodu jsem použil počítačový software od americké společnosti CadSoft. Návrh el.obvodu jsem vytvořil ve verzi Eagle 6.4.0.

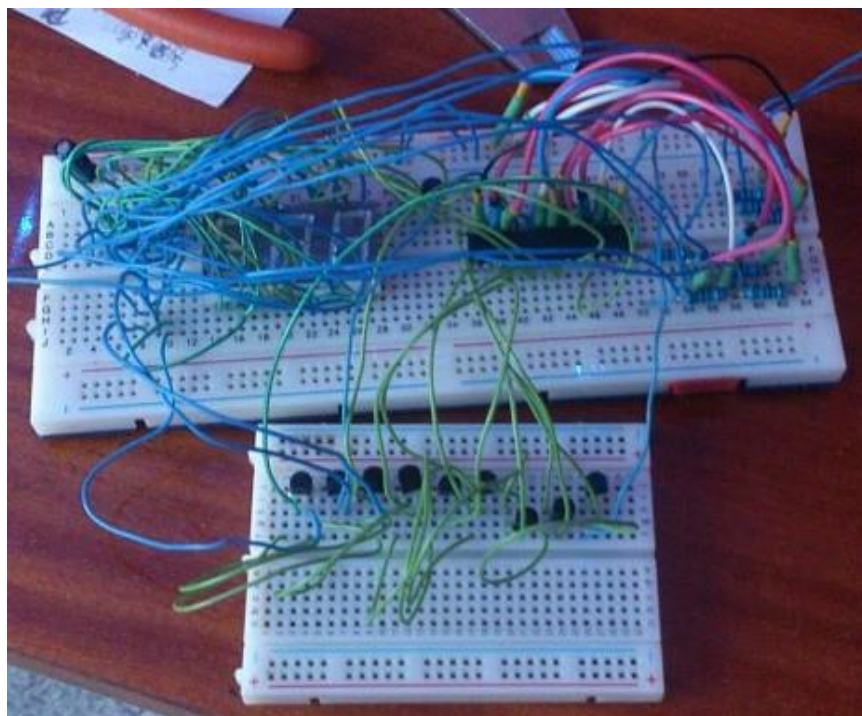
Pro zobrazovací jednotku jsem využil software Sprint Layout.

Při návrhu elektrického obvodu jsem použil počítačový software od německé společnosti [ABACOM Ingenieuresellschaft GbR](#). Návrh el.obvodu jsem vytvořil ve verzi Sprint layout 4.0

## 6.1 Kontrola funkce el. obvodu

Nepájivé pole s teplotním senzorem LM35 se zapojeným segmentovým zobrazovacím displejem.

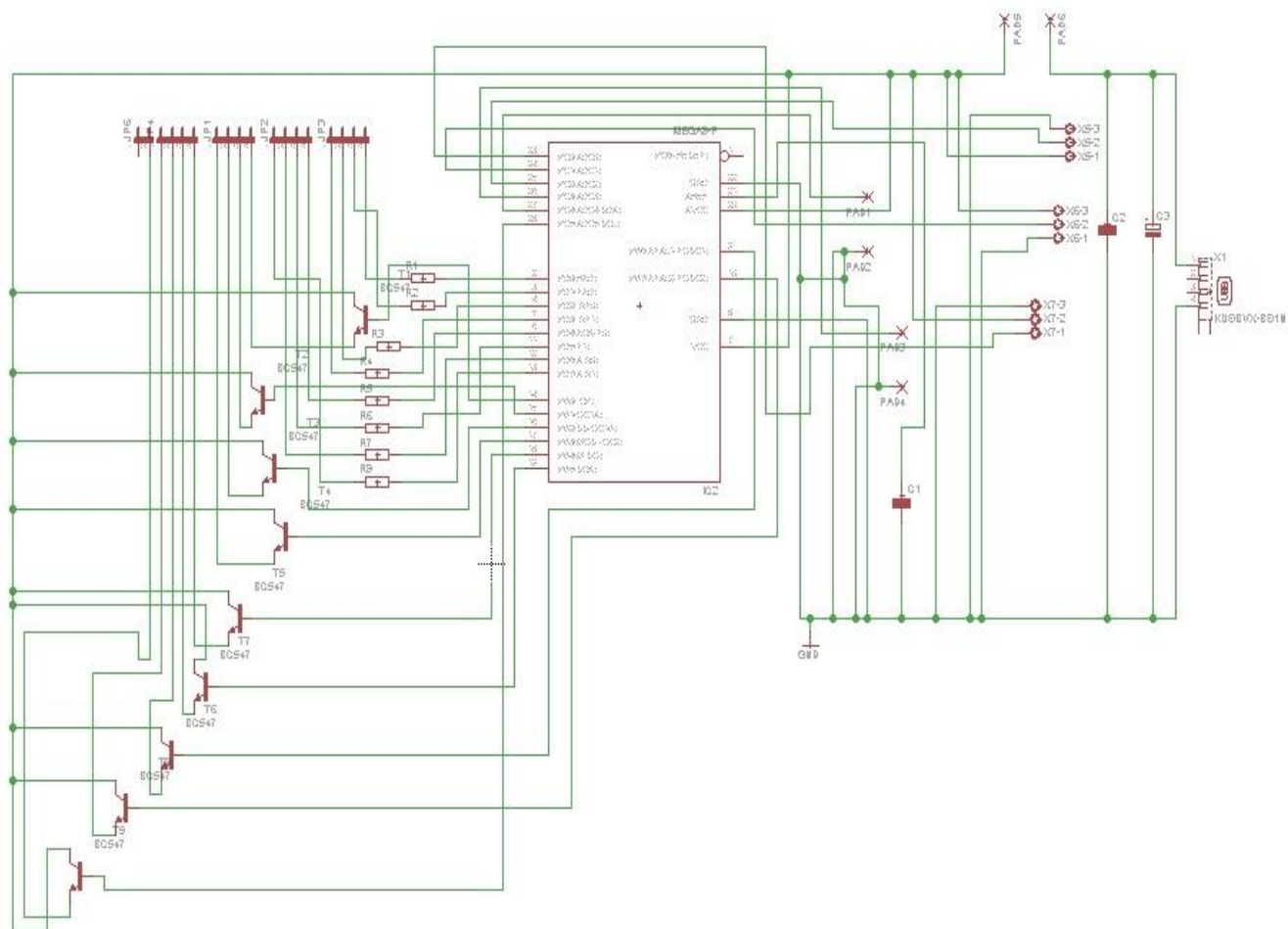
Kontrola funkce zapojení a měření hodnot teplotním senzorem s odchylkami na obr. č. 6.1.



Obr. č. 6.1 Kontrola zapojení na nepájivém poli.

## 6.2 Návrh schématu

Vytvořený návrh schématu v počítačovém softwaru Eagle 6.4.0 obr. č. 6.2



Obr. č. 6.2 Návrh elektrického schématu.

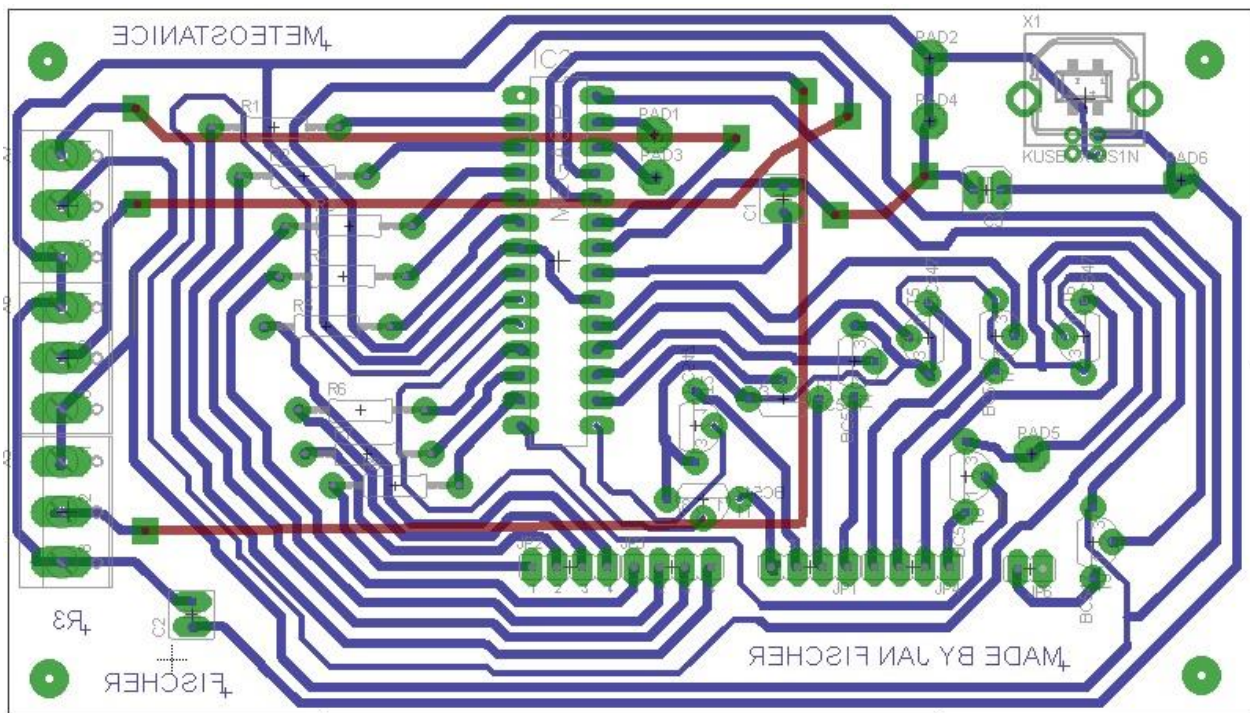
## 6.2.1 Návrh řídicí jednotky v editoru

Návrh řídicí jednotky v editoru plošných spojů v softwaru Eagle 6.4.0

Editor je navržen v hladině BOTTOM, na příslušném obr. č. 6.2.1 je vyobrazen modrou barvou. Silnější a výraznější spoje jsou navrženy 0.8mm a úzké spoje 0.6mm.

K výraznější složitosti zapojení byly bohužel použity propojovací kabely, které jednoduše odstranily nepropojené body mezi nimi. Propojovací kabely jsou navrženy ve hladině TOP, které je vyznačeno červenou barvou.

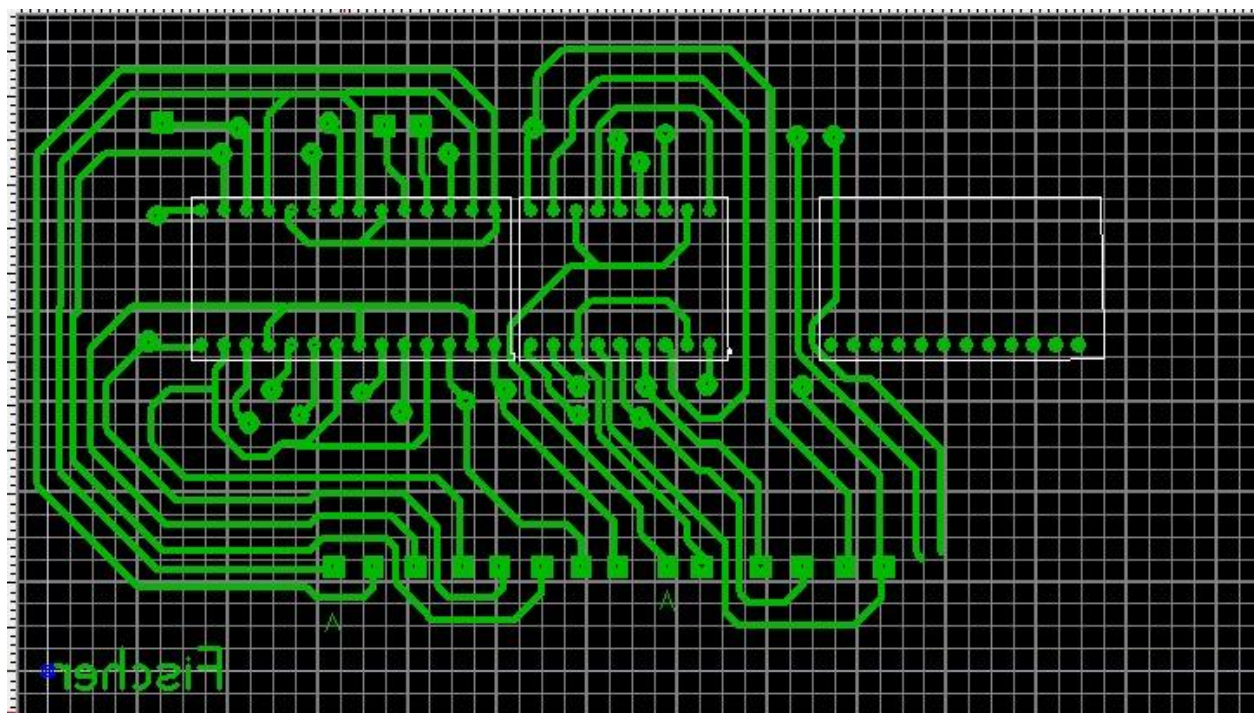
Pájecí body odpovídají všem elektronickým součástkám.



Obr. č. 6.2.1 Návrh schéma v Eagle 6.4.0.

## 6.3 Návrh měřicí jednotky v editoru

Rozpracovaný návrh měřicí jednotky, který byl navrhován v editoru Sprint layout 4.0. V editoru bylo navrženo uskupení jednotlivých sedmisegmentových zobrazovacích displejů. U displejů byly i uskupeny měřící senzory. Co se týče šířky spojů, velikost pájecích bodů či dodržování vzdálenosti mezi hladinami spojů a součástek, všechny příslušné pokyny byly dodržovány jako v editoru Eagle 6.4.0. Návrh editoru je vyobrazen na obr. č. 6.3



Obr. č. 6.3 Rozpracovaný editor ve Sprint Layout.



## 6.4 Frézování DPS

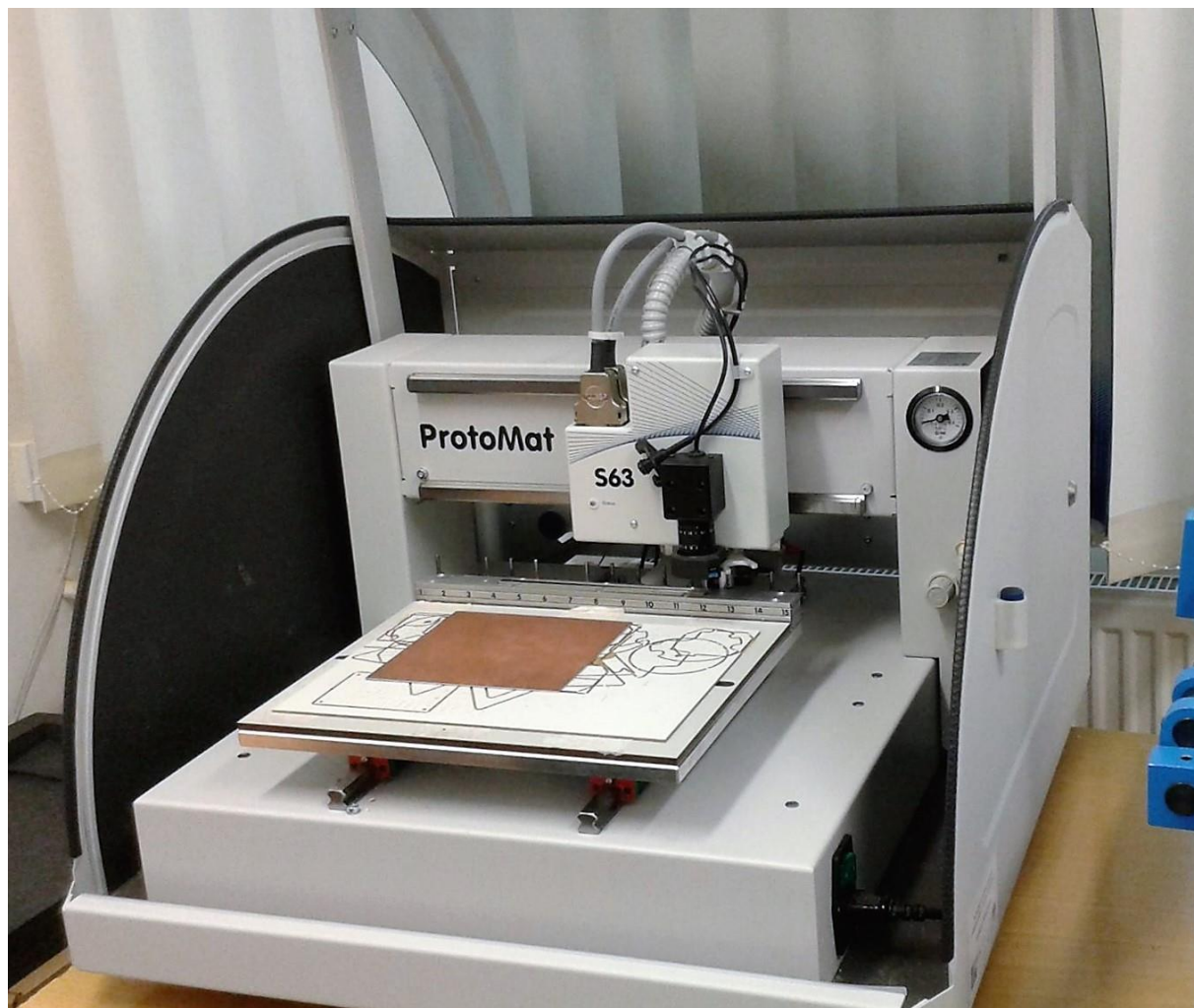
K vytvoření tištěného spoje byla potřeba fréza, která by dokázala vytvořit příslušné body a cesty. Další možnou alternativou mohla být fotocesta.

Řídicí a měřicí jednotky byly vytvořeny pomocí školní frézy, která dovede svoji kvalitou vytvořit i ty nejmenší možné cesty, při nichž nevznikaly žádné problematické otřepy.

Měřicí jednotka DPS bylo předvrtána a následovně vyvrtána vrtákem 0.8mm, a je zobrazena na obr. č. 6.4 Tištěné spoje byly frézovány konickou frézou 0,6mm.

Tištěný spoj byl projatý jehlou na spoje proti případným otřepům či zkratům při frézování.

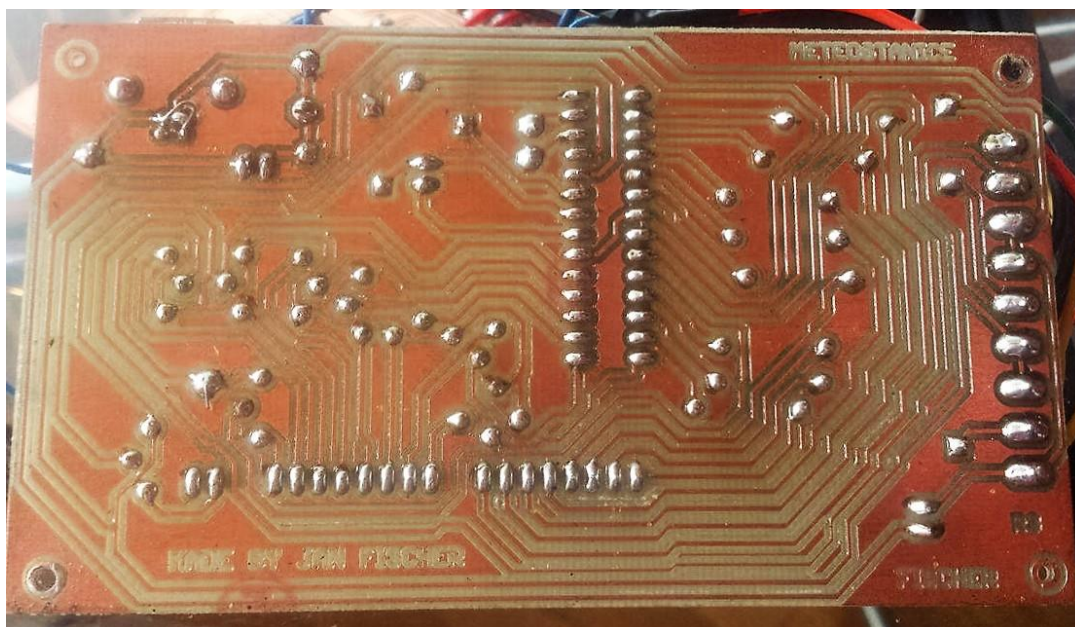
Následovně byl obroušen jemným smirkovým plátnem pro zahlázení. Nakonec byl ošetřen kalafunovým lakem proti korozi.



Obr. č. 6.4 Frézování tištěného spoje.

# 7 Osazení řídicí jednotky DPS

Osazení desky DPS probíhá následovně. Nejdříve se osadí malé el. součástky jako např. rezistory, kondenzátory a tranzistory na obr. č. 7.1 a obr. č. 7.2. Dále patice pro mikroprocesor, svorkovnice atd.



Obr. č. 7.1 Osazení ze spodní části DPS.



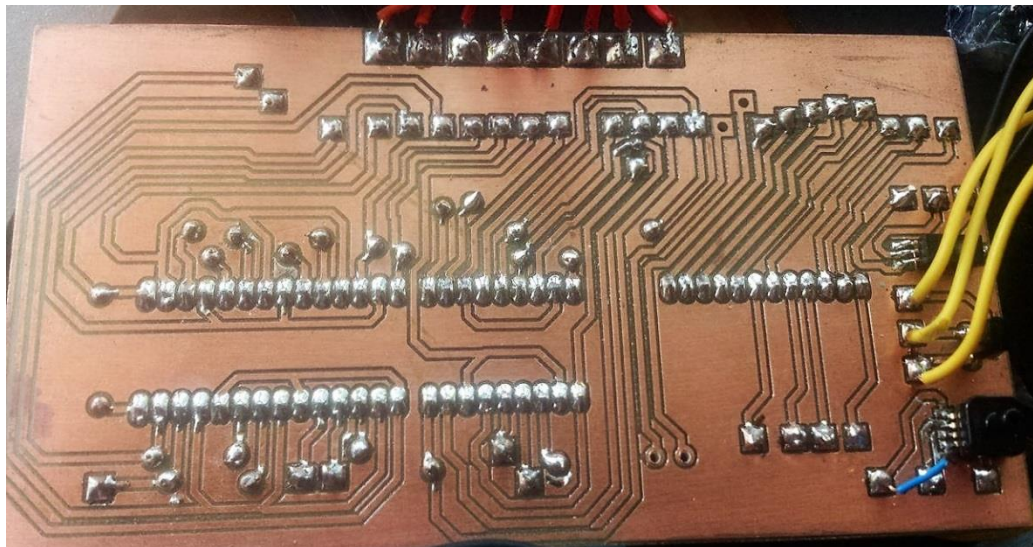
Obr. č. 7.2 Osazení z vrchní části DPS.



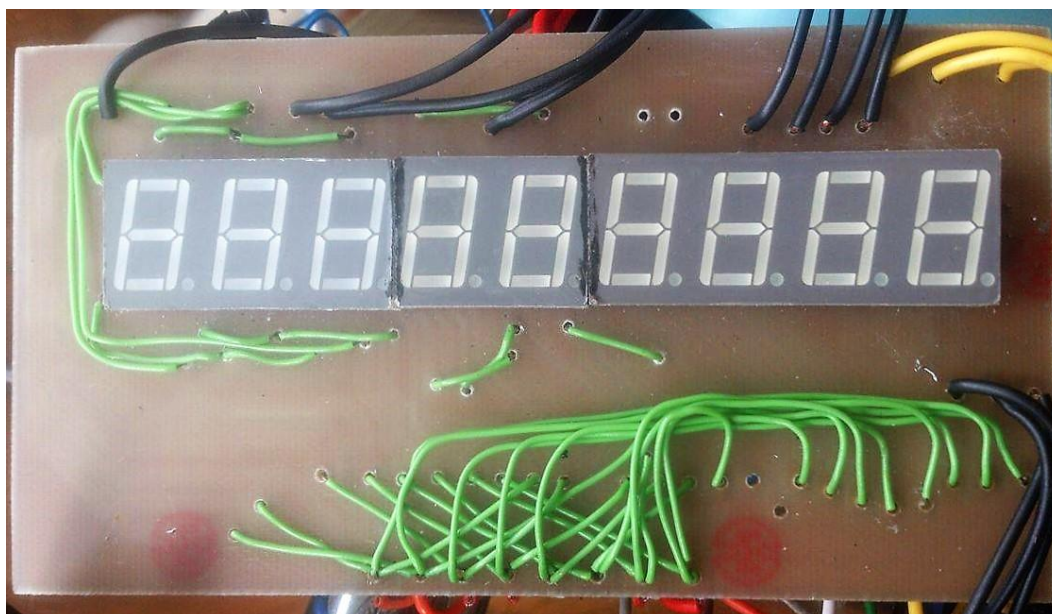
# 8 Osazení měřicí jednotky DPS

Osazení měřicí jednotky DPS, na které jsou umístěny sedmsegmentové zobrazovací displeje, které jsou vyobrazeny na obr. č. 8.1 a obr. č. 8.2

Nejdříve jsou spojeny propojovací kabely a následovně sedmsegmentové zobrazovací displeje.



Obr. č. 8.1 Osazení ze spodní části DPS.

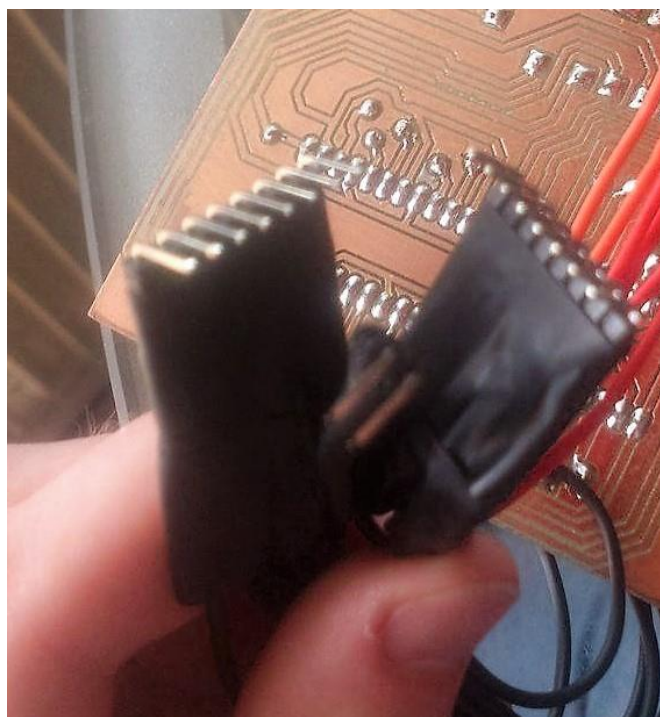


Obr. č. 8.2 Osazení z vrchní části DPS.

# 9 Komunikace s porty a konektory

## 9.1 Komunikace s porty

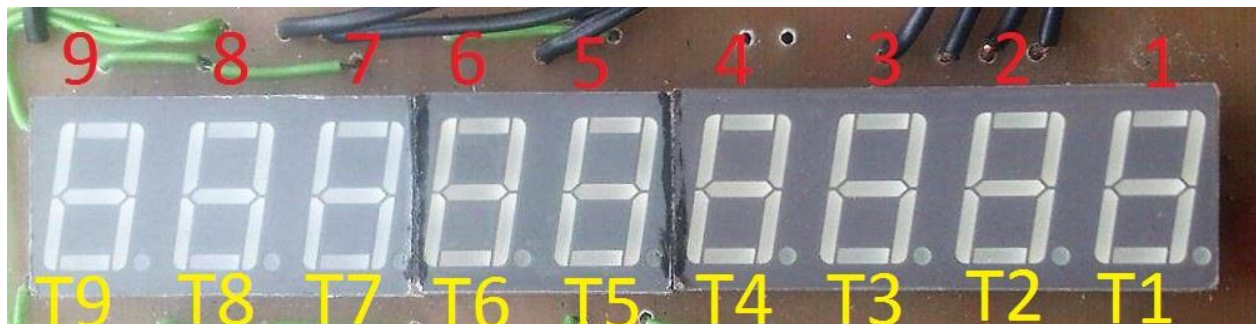
Sedmisegmentové zobrazovací displeje mají vyvedené porty s piny, které jsou připojeny do řídicí jednotky do DPS s panelovými piny. Displej se tímto způsobem připojí k mikroprocesoru Atmega 8, které jsou vedeny přes omezovací rezistory. Port s piny je vyobrazený na obrázku vpravo. Vlevo jsou zobrazeny porty, které se připojují na tranzistory. Všechny kompletně 9 tranzistorů má své místo na segmentovém zobrazovacím displeji obr. č. 9.1.



Tranzistory T1 až T9 jsou připojeny na katody jednotlivých segmentových zobrazovacích displejů. Obr. č. 9.2

- 1. = T1
- 2. = T2
- 3. = T3
- 4. = T4
- 5 = T5
- 6. = T6
- 7. = T7
- 8. = T8
- 9. = T9

Obr. č. 9.1 Porty pro připojení zobrazovací jednotky.



Obr. č. 9.2 Sedmi-segmentové zobrazovací displeje.



Zde je lišta s piny, kde lze připojit již zmiňovanou sedmissegmentovou zobrazovací jednotku na obr. č. 9.3



Obr. č. 9.3 Konektory pro připojení zobrazovací jednotky.

Zde jsou svorkovnice, na kterých jsou připojeny senzory na obr. č. 9.4.



Obr. č. 9.4 Svorkovnice pro dané senzory.

1. Tlak vzduchu
2. Vlhkost vzduchu
3. Teplota vzduchu

# 10 Oživení základní desky

K oživení desky DPS bylo potřeba připojit příslušné porty měřící jednotky do pinu na řídicí jednotce. Po dokončeném úkonu bylo potřeba připojit senzory do hlavní svorkovnice v řídicí jednotce. K napájení byl použit USB B konektor, který se využívá v tiskárnách či skenerech.

Napájecí napětí meteostanice je 5 V, tak byla možnost výrobek napájet např. z notebooku nebo klasické mobilní USB nabíječky. Když se meteostanice připojila napájecímu napětí, už byla možnost zapnout meteostanici pomocí tlačítka on/off, které je připevněn na pravé vrchní části.

Zapojená meteostanice v nějaké prodlevě zobrazovala měřící hodnoty na sedmsegmentové zobrazovací displeje na obr. č. 10.

První část displeje zobrazuje teplotu, druhá relativní vlhkost a třetí tlak. Pokud je hodnota mimo rozsah nebo došlo k závadě (neočekávané napětí na vstupu ADC0 až ADC2), zobrazí se symbol "\_\_" (hodnota nižší než povolený rozsah), nebo "- " (hodnota vyšší než povolený rozsah). Údaj se obnovuje cca každé 3-4s.

Z vrchní části byly připevněny 2 mikrospínače minimum a maximum. Z levé strany je mikrospínač pro zobrazení minima a zprava maxima měřené hodnoty.

Meteostanice sleduje a ukládá pro všechny měřené veličiny maximální a minimální hodnotu. Tu lze zobrazit stiskem tlačítek MIN a MAX. Chvilku po uvolnění tlačítka se opět zobrazí aktuální hodnoty. Paměť minima a maxima lze resetovat stisknutím obou tlačítek současně. Sledování minima a maxima začíná až po prodlevě 15s od zapnutí meteostanice, aby se předešlo uložení nesmyslných hodnot těsně po zapnutí, kdy obvod ještě není ustálen.



Obr. č. 10 Oživení meteostanice.

# 11 Designový box meteostanice

Box byl vybrán dle potřebných rozměrů DPS a sedmissegmentových zobrazovacích displejů.

Do spodní části boxu byly vyvrtány díry vrtákem 3,5mm pro upevnění řídicí jednotky.

Do vrchní části boxu byl vyříznut otvor pro vložení sedmissegmentových zobrazovacích displejů a další prvky jako např. dva mikrospínače a tlačítko pro vypnutí/zapnutí také byly vyříznuty do vrchní části boxu na obr. č. 11.1 a obr. č. 11.2 a do boční strany byly vyvrtány otvory pro průchod vzduchu k příslušným měřicím sensorům na obr. č. 11.3.

Z boční strany byl vyříznut otvor pro napájecí konektor.



Obr. č. 11.1 Funkce meteostanice s vyříznutým otvorem pro displej.



Obr. č. 11.2 Upevnění tlačítka spínačů.



Obr. č. 11.3 Průduchy pro senzory.

## 12 ZÁVĚR

Zapojení jako takové je celkem jednoduché, ale větší problémy nastaly při programování mikroprocesoru Atmega 8, kde bylo složité nastavování některých prvků jako např. nastavení pojistek, jejichž hodnota se zachovává při vypnutí obvodu a které určují, které piny mají jakou funkci, jaký zdroj taktovacího signálu Atmega8. Další utrpením bylo poškození senzoru LM35 a senzoru Honeyell HIH-5031-001, kde došlo při nedostatečném izolovaném vodiči ke zkratu. Tyto senzory jsou velice choulostivé a citlivé při takových dějích. Analogové senzory, se využívají v oblastech pro letecký průmysl, což se týkalo především sensorům tlaku, které se běžně využívají v nízkonákladových letadlech. Nabírání zkušeností i ohledně zapojování sedmi-segmentových zobrazovacích displejů, u kterých bylo důležité uskupení jednotlivých segmentů a kde jaká dioda má svůj potřebný vývod. Výrobek je vyhotoven na obr. č. 9.1, kde má své

příslušné popisky na vrchní části boxu. Meteostanice je funkční a která má za úkol měřit aktuální podmínky ovzduší. Teplotní senzor ukazuje opravdu skutečnou hodnotu ve srovnání s dalšími teploměry. Vlhkost také odpovídá svým hodnotám, nevykazuje žádné odchylky či chybné údaje. Atmosferický tlak odpovídá hodnotám, které byly doposud měřeny.

# 13 Seznam použitých zdrojů

„Na krabici bylo napsáno \”Vyzaduje Windows 98 a lepsi.\” Tak jsem nainstaloval Linux. “. *Martin VencI*. [online]. 11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

<http://martin.vancl.eu/AVR-2-Blikani-LED-na-ATmega-8>

MPXA6115A Datasheet(PDF) 8 Page – Motorola, Inc. *Electronic Components Datasheet Search*. [online]. 11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

<http://html.alldatasheet.com/html-pdf/96852/MOTOROLA/MPXA6115A/2619/8/MPXA6115A.html>

Vysoké technické učení v Brně. *Vysoké technické učení v Brně*. [online]. 11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=52874](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52874)

STRÁNKY O MIKROPROCESORECH ATMEL. *ZKUŠEBNÍ DESKA S PROGRAMÁTOREM PRO ATMEGA8, 48, 88, 168 A PŘÍKLADY PROGRAMOVÁNÍ V BASCOMU*. [online]. 11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

<http://www.mp222.wz.cz/>

Probe electronics for flight altitude measuring. *Elektronika sondy pro měření letu*. [online]. 11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

[http://147.32.193.19/cs/system/files/files/cs/vyuka/zaverecne\\_prace/BP\\_2008\\_Pokorny\\_Tomas\\_lock\\_ed.pdf](http://147.32.193.19/cs/system/files/files/cs/vyuka/zaverecne_prace/BP_2008_Pokorny_Tomas_lock_ed.pdf)

Jednoduchá meteostanice (teploměr + vlhkoměr + barometr). *Danyk.cz*. [online]. 11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://danyk.cz/avr\\_meteo.html&gws\\_rd=cr&ei=RN0wV93bLKr-6ASEgLfABw](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://danyk.cz/avr_meteo.html&gws_rd=cr&ei=RN0wV93bLKr-6ASEgLfABw)

Sensing Honeywell. *HIH-5031-001*. [online]. 11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

[http://sensing.honeywell.com/index.php?ci\\_id=49692](http://sensing.honeywell.com/index.php?ci_id=49692)

Alldatasheet. *LM35 Datasheet*. [online]. 11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

<http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Lm35%20datasheet>

Abacom-online. *Sprint-Layout 5.1 Russian*. [online]. 11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

<http://www.abacom-online.de/uk/html/sprint-layout.html>

传感器/变送器/仪表按厂商品品牌选用指南按种类分类选用指南按行业应用选用指南 模块模组  
隔离采集仪器仪表. 销售热线:TEL:0755-83387026 FAX:0755-83376489技术咨询热线. [online].  
11.5.2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z:

<http://web.sensor-ic.com:8000/yalizonghui/MOTOROLA6.htm>

Jednočipový počítač. *Wikipedia*. [online]. 12.5.2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z:

[https://cs.wikibooks.org/wiki/Programujeme\\_jedno%C4%8Dipy](https://cs.wikibooks.org/wiki/Programujeme_jedno%C4%8Dipy)