

# DESIGN OF FLOW, TEMPERATURE AND PRESSURE MEASURING SYSTEM

Ondřej Macíček

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xmacic01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Sekora

E-mail: sekora@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This project deals with complex measuring system of temperature, flow and pressure. Measuring of physical quantities related to biological experiment with rabbit's heart. Temperatures of saline are measured in two places (above and under the heart). There is also recorded flow of the saline and pressure in the left ventricle. Whole system is based on AVR microcontroller and LabVIEW environment.

**Keywords:** temperature, flow, pressure, measuring, AVR, LabVIEW

## 1 ÚVOD

Tato práce se zabývá kompletním návrhem a realizací měřicího systému, který bude použit pro měření na izolovaných zvířecích srdcích, zejména na srdci králičím. Měřenými veličinami jsou teplota, průtok perfuzního roztoku a tlak v levé komoře srdce. Tyto veličiny jsou snímány pomocí termistorů NTC, průtokoměru a senzoru tlaku. Hodnoty veličin jsou zpracovány v mikrokontroléru, odeslány do PC a zobrazeny v prostředí LabVIEW, které umožňuje i export naměřených dat.

## 2 MĚŘENÍ TEPLoty

Požadavek na přesnost měření teploty je  $\pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$  v rozsahu  $30\text{--}45\text{ }^\circ\text{C}$ . Pro tento úzký rozsah teplot je velice důležitá citlivost snímacího elementu - z tohoto hlediska vykazují nejlepší vlastnosti termistory, které ale vykazují například oproti Pt článkům značnou nelinearitu. U přesných termistorových elementů výrobce většinou udává matematický předpis aproximačního polynomu, takže je možné provést pomocí výpočetní jednotky linearizaci čidla. Snímací element je zapojen třívodičově do Wheatstoneova můstku. Můstek je napájen proudovým zdrojem, protože výrobcem termistoru je udán požadavek na velice nízké měřicí proudy snímacím čidlem, které se pohybují v řádu mikroampérů. Můstková metoda má další výhodu, která spočívá v eliminaci vlivu odporu přívodních vodičů a v ideálním přizpůsobení výstupního signálu (napětí) pro AD převodník. Vyváženému můstku odpovídá nulové napětí, které nastane při jedné mezní teplotě (cca  $30\text{ }^\circ\text{C}$ ). Druhou mezní hodnotu získáme nastavením zesílení můstkového napětí tak, aby při maximální teplotě (můstek je v tomto případě rozvážený) bylo na výstupu maximální napětí, které odpovídá napětí napěťové reference pro analogově-digitální převodník. Tímto nastavením využijeme celý rozsah převodníku. Pro zesilování můstkového napětí je použit přístrojový zesilovač TI INA114 se symetrickým napájením. Pro snímání teploty bude použit přesný termistorový element s hodnotou odporu  $R=10\text{ k}\Omega$  při  $t=25\text{ }^\circ\text{C}$  a přesností  $\pm 0,1\text{ }^\circ\text{C}$ . Čidlo je nutné kalibrovat minimálně na dvou teplotách a to v intervalech  $34,5\text{--}35,5\text{ }^\circ\text{C}$  a  $39,5\text{--}40,5\text{ }^\circ\text{C}$  z důvodu zpracování, numerické linearizace a eliminace nelinearity můstku.

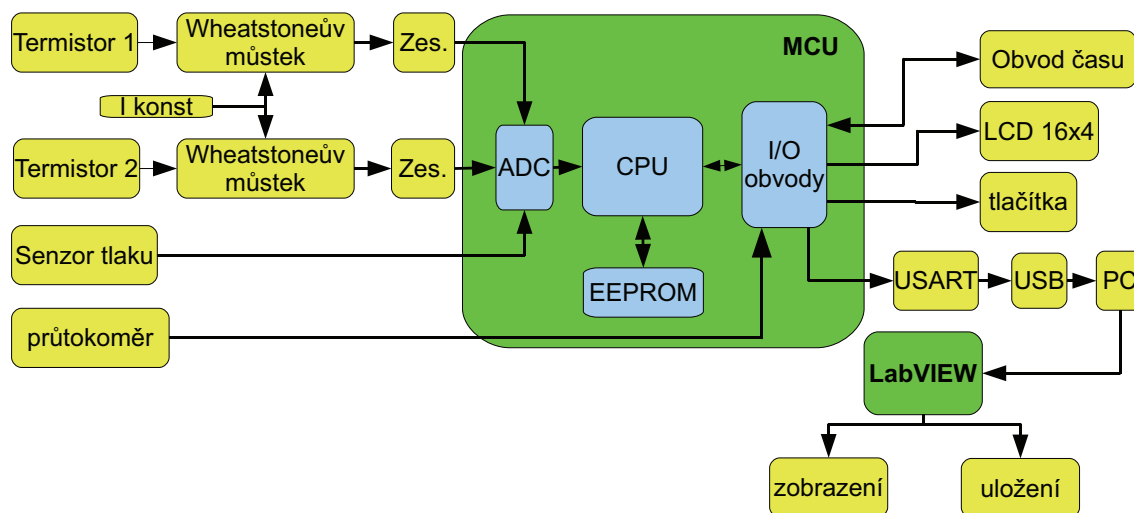
### 3 MĚŘENÍ PRŮTOKU

Měření průtoku je realizováno objemovým průtokoměrem s oválnými koly firmy Badger Meter. Jedná se o model MN05 z nerezové oceli, který odměřuje dávky proteklé kapaliny. Jeho impulsní číslo je 1552 PPL, tedy jednomu impulsu odpovídá 0,644 ml. To znamená, že je možné splnit požadavky zadání: měřit průtok od 5 ml/min. Tento průtokoměr je volitelně vybaven Hallovou sondou s TTL napět'ovým výstupem, který umožňuje přímé propojení s mikropočítačem. Výstupní signál Hallovy sondy je přiveden na pin čítače, jehož datový registr je těmito impulsy inkrementován. Celkový počet impulsů udává celkový proteklý objem perfuzního roztoku. Průtok je vypočítán pomocí plovoucího časového okna (samotný výpočet je proveden na PC v prostředí LabVIEW) [1].

### 4 MĚŘENÍ TLAKU

Tlak v levé komoře izolovaného srdce je měřen pomocí balonku umístěného v srdci. Z balonku ústí hadička, která je připojena na diferenciální senzor tlaku. Referenčním tlakem je, stejně jako v případě měření krevního tlaku, atmosferický tlak. Senzorem tlaku je snímač firmy Freescale MPX5050DP. Jeho výhodou je implementovaná teplotní stabilizace a napět'ový výstup v rozsahu 0,2–4,7 V. Rozsah tlaků, který je senzor schopen měřit je 0–50 kPa (0–375 mmHg), což je pro pokusy s izolovanými srdci dostatečná hodnota. Sensor je nutné, stejně jako teplotní čidla, před měřením kalibrovat například pomocí rtuť'ového manometru, který je i dnes etalonem pro měření tlaku krve. [2].

### 5 HARDWAROVÉ A SOFTWAREVÉ ŘEŠENÍ SYSTÉMU

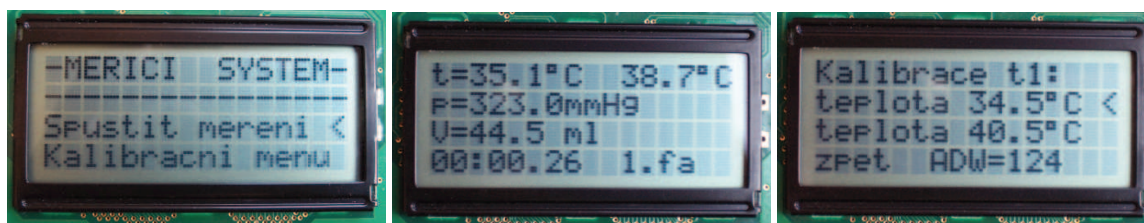


Obrázek 1: Blokové schéma měřicího systému

Celý systém se stává z mikropočítače, periferních obvodů a PC. Propojení a přenos dat zajišťuje USB kabel, který z USB portu PC napájí obvody na plošném spoji. Komunikačním protokolem je USART (UniverSal Asynchronous Receiver Transmitter), který je hardwarově i softwarově implementován v mikropočítači Atmel ATmega644P. USART je rozhraním na bázi TTL logiky, pro přenos dat do PC je využito čipu FT232RL, který převádí USART na USB a na PC vytváří virtuální sériový COM port.

Mezi periferní obvody patří mj. LCD displej se standardizovaným řadičem (Hitachi HD44780) pro zobrazení měřených hodnot a tlačítka pro ovládání mikropočítače. V systému je dále začleněn obvod reálného času PCF8583, komunikující po I<sup>2</sup>C sběrnici, který odměřuje čas jednotlivých fází pokusu. Blokové schéma zapojení systému je na Obrázku 1.

Software pro mikropočítač je tvořen ve vývojovém prostředí AVR Studio v jazyce C. Program je členěn na dva celky. Jedna část zajišťuje obsluhu menu včetně kalibračních funkcí. Druhá část zpracovává měřená data, zobrazuje údaje o měření na LCD displeji a obsluhuje odeslání dat. Tok dat je jednosměrný (simplexní) - z mikrokontroléru do PC. Horní nibbl bajtového slova nese informaci o přenášené veličině, dolní nibbl obsahuje samotnou informaci (datový rámeček je mj. opatřen paritním bitem). Celkem lze takto přenášet až 16 nibblů dat. Pokud je celý tento soubor dat přijat do PC, dojde v LabVIEW ke zpracování a zobrazení na monitoru počítače. Program zpracovává data online a má implementován datový buffer, který zajišťuje i zpracování dat, která by při zatížení procesoru PC nebyla bez bufferu zpracována. V LabVIEW jsou data prezentována formou tabulky s automatickým scrollováním a formou grafů. Program umožňuje data během měření nebo před ukončením programu exportovat do textového souboru [3, 4].



**Obrázek 2:** Uživatelský interface na LCD, zleva: úvodní obrazovka, průběh měření a kalibrační menu

## 6 ZÁVĚR

Tento systém umožňuje automatické měření a záznam veličin důležitých při pokusech na izolovaných zvířecích srdcích. Mezi výhody tohoto zařízení patří především snadnost obsluhy - ovládání pomocí menu na displeji viz Obrázek 2. a nenáročnost na napájení - zařízení je napájeno pouze z USB portu, který je využit i pro přenos dat.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla částečně podpořena projekty GAČR 102/07/1473 a MSM0021630513.

## REFERENCE

- [1] Badger Meter : Měřidla s oválnými koly [online]. 2010 [cit.2010-03-05]. Dostupné z WWW: <http://www.badgermeter.cz/produkty/mechanicke-prutokomery/meridla-sovalnymi-koly/>.
- [2] Freescale MPX5050 datasheet [online]. [s.l.] : Freescale, 2010 [cit. 2011-03-02]. Dostupné z WWW: [http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPX5050.pdf?fpsp=1](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX5050.pdf?fpsp=1) .
- [3] Auto-Scroll to show last row of Table Data. NI Developer Community [online]. 2006, v. 3, [cit. 2011-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://decibel.ni.com/content/docs/DOC-1258>>.
- [4] FRÝZA, Tomáš. LCD a I2C knihovna [online]. 2010 [cit. 2011-02-28]. Mikroprocesorová technika a embedded systémy. Dostupné z WWW: <http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/>