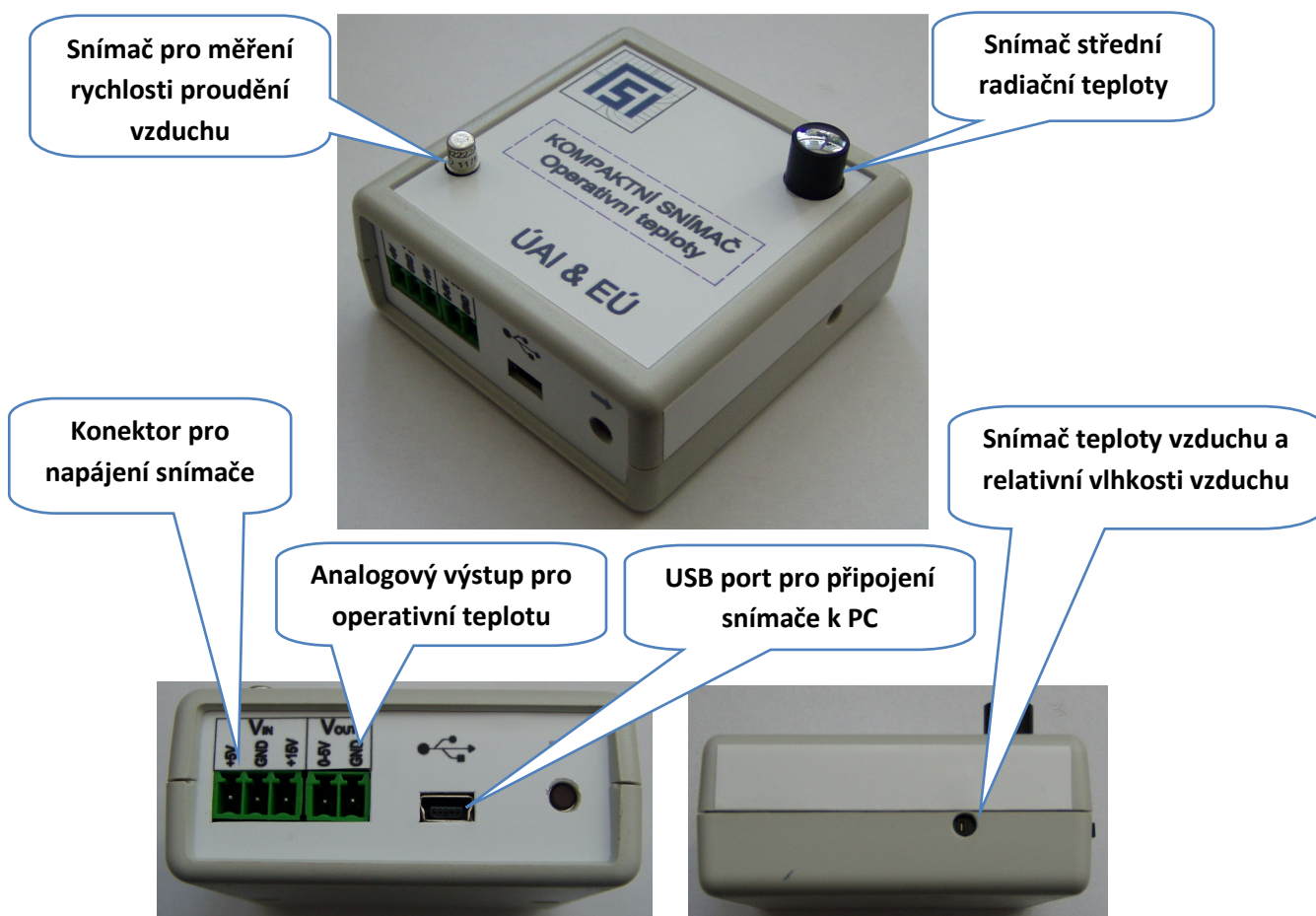


Vysoké učení technické v Brně
Fakulta strojního inženýrství

KOMPAKTNÍ SNÍMAČ OPERATIVNÍ TEPLoty

Apollo ID: 26068
Datum: 12.7.2012
Typ projektu: G – funkční vzorek
Autoři: Janečka, J.; Košíková, J.; Vdoleček, F.; Pavelek, M.



Obr. 1 Kompaktní snímač operativní teploty

Technický popis

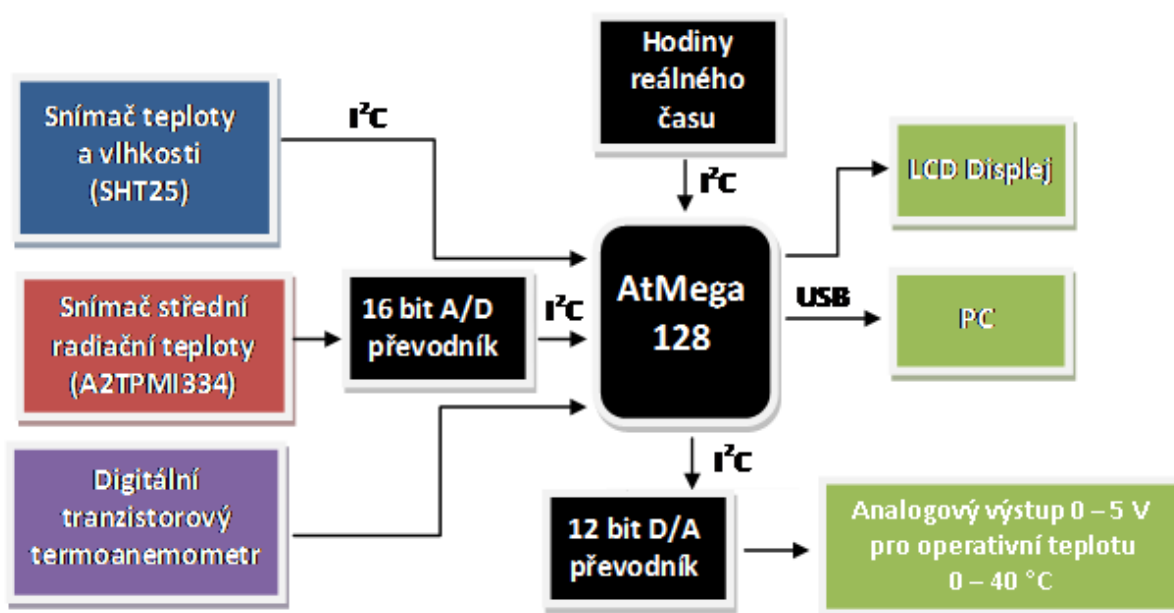
Vyvinutý kompaktní snímač operativní teploty je zařízení sloužící pro hodnocení tepelného stavu prostředí (obr. 1). Podobný snímač se v současné době na trhu nevyskytuje a byl vyvinut v rámci projektu GAČR. Tento snímač měří teplotu vzduchu, střední radiční teplotu, rychlost proudění vzduchu a relativní vlhkost vzduchu. Přesnost měření jednotlivých veličin a jejich rozsah odpovídá normě ČSN ISO 7726. Z uvedených veličin, též nazývaných parametry prostředí, je počítána operativní teplota. Hlavní částí tohoto senzoru je mikroprocesor Atmega128, který obsluhuje a řídí celý snímač.

Základní technické parametry

Rozměr snímače	65 x 65 x 30 mm
Napájecí napětí snímače	5 a 15 V DC
Rozsah měření teploty vzduchu	-40 až 125 °C
Přesnost měření teploty vzduchu	± 0,2°C
Opakovatelnost měření teploty vzduchu	± 0,1°C
Časová konstanta měření teploty vzduchu	5 s
Rozsah měření relativní vlhkosti vzduchu	0 až 100 %
Přesnost měření relativní vlhkosti vzduchu	± 1,8 %
Opakovatelnost měření relativní vlhkosti vzduchu	± 0,1%
Časová konstanta měření relativní vlhkosti vzduchu	8 s
Rozsah měření střední radiační teploty	- 20 až 180 °C
Přesnost měření střední radiační teploty	± 1 °C
Opakovatelnost měření střední radiační teploty	± 0,5 °C
Časová konstanta měření střední radiační teploty	max 150 ms
Zorný úhel pro měření radiační teploty	180 °
Rozsah měření rychlosti proudění vzduchu:	0 až 4 m.s ⁻¹
Přesnost měření rychlosti proudění vzduchu:	0,05 m.s ⁻¹
Opakovatelnost měření rychlosti proudění vzduchu	0,03 m.s ⁻¹
Časová konstanta měření rychlosti proudění vzduchu	max 30 s

Způsob realizace

Kompaktní snímač operativní teploty je založen na mikrokontroléru AVR AtMega128 s pokročilou RISC architekturou. Tento mikroprocesor je možné osadit externím krystalem s frekvencí až 16 MHz. Mikroprocesor se stará o komunikaci s jednotlivými snímači, provádí veškeré výpočty a



Obr. 2 Blokové schéma kompaktního snímače operativní teploty

zajišťuje komunikaci s PC pomocí sběrnice USB. Blokové schéma celého zařízení lze vidět na obr. 2.

Pro měření teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu je použit precizní snímač od firmy Sensirion SHT25 (obr. 3). Jedná se o miniaturní senzor o rozměrech 3x3 mm s velmi malou časovou konstantou. Tento senzor ve svém pouzdru již obsahuje obvody pro zpracování měřených veličin a je možné s ním komunikovat pomocí sériové sběrnice I²C. Teplotu snímač převádí pomocí A/D převodníku, který má rozlišení až 14 bitů. Pro měření relativní vlhkosti vzduchu je použit A/D převodník s rozlišením až 12 bitů.



Obr. 3 Snímač teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu

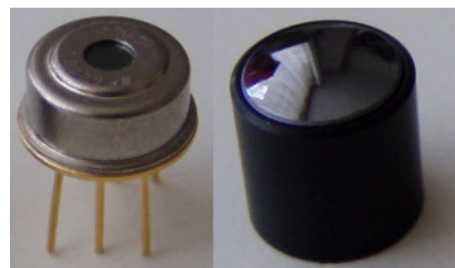
Pro měření radiační teploty je použit snímač A2TPMI334OAA180 od firmy PerkinElmer (obr. 4). Hlavním měřicím elementem je termočláneková baterie. Jedná se o sériové spojení několika desítek termočláneků. Teplota srovnávacího konce se měří pomocí termistoru, který je implementován v pouzdru snímače. Měřicí úhel původního snímače 60° byl rozšířen pomocí speciálně vyrobené čočky (obr. 4) na 180°, aby byl pokryt celý poloprostor. Čočka z křemíku se speciální antireflexní vrstvou se osazuje přímo na pouzdro snímače.

Poslední měřenou veličinou je rychlost proudění vzduchu. Pro měření byla zvolena termo-anemometrická metoda. Žhaveným elementem je tranzistor 2N222A v kovovém pouzdru. Pro eliminaci vlivu okolní teploty je tento tranzistor zapojen diferenciálně se stejným typem tranzistoru v zapojení diody. Žhavený tranzistor je udržován na konstantní teplotě. Výstupním signálem je frekvence, která je úměrná rychlosti proudění vzduchu.

Z uvedených měřených veličin nazývaných jako parametry prostředí se počítá operativní teplota dle vztahu:

$$t_o = t_r + 0,75 \cdot v_a^{0,16} \cdot (t_a - t_r)$$

kde t_o je operativní teplota [°C]
 t_a teplota vzduchu [°C]
 t_r střední radiační teplota [°C]
 v_a rychlost proudění vzduchu [m.s⁻¹]



Obr. 4 Snímač radiační teploty A2TPMI334 se speciální čočkou

Kompaktní snímač operativní teploty v sobě obsahuje funkci reálného času, pro který byl využit integrovaný obvod DS1307Z. Tento obvod pro svou funkci potřebuje pouze krystal s frekvencí 32,768 kHz a záložní baterii pro výpadek napájecího napětí.

Snímač disponuje analogovým výstupem 0 - 5 V generujícím operativní teplotu. Pro tuto funkci byl použit 12 bitový D/A převodník, se kterým komunikuje mikroprocesor pomocí sběrnice I²C. Pro výpočet operativní teploty t_o [°C] z analogového signálu lze použít lineární vztah:

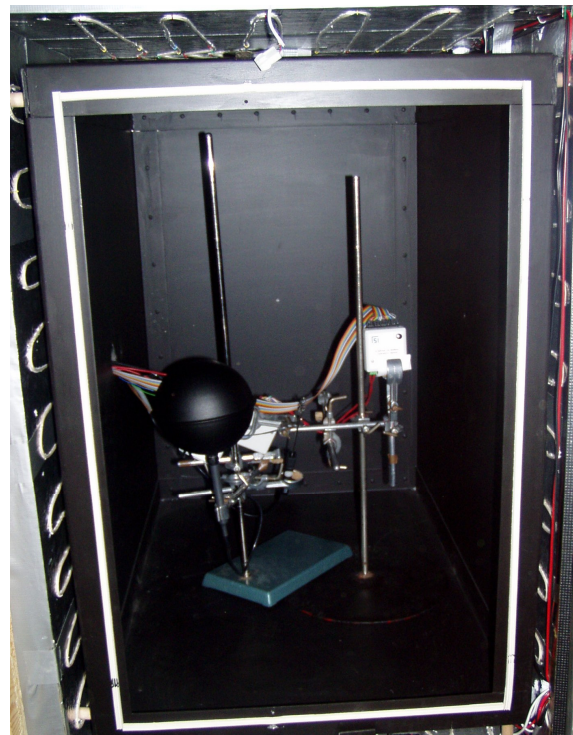
$$t_o = K \cdot \frac{V_{out}}{V_{ref}}$$

kde t_o je operativní teplota [°C]
 V_{out} výstupní napětí [V]
 V_{ref} referenční napětí ($V_{ref}=5V$) [V]
 K konstanta snímače ($K=40$) [°C]

Další funkcí kompaktního snímače operativní teploty je komunikace s PC pomocí rozhraní USB. Pro komunikaci byl použit velmi populární a oblíbený obvod FT232RL od firmy FTDI.

Výsledky zkoušek, použití

Ověřování snímače operativní teploty probíhalo v kalibrační komoře vyvinuté pro tyto účely v rámci projektu GAČR. Snímač byl umístěn do komory spolu se sadou pro hodnocení tepelného stavu prostředí od firmy TESTO (obr. 5). V této komoře byla ověřována přesnost měření teploty vzduchu a střední radiační teploty.



Obr. 5 Ověřování snímače v kalibrační komoře

Měření rychlosti proudění vzduchu bylo kalibrováno v tunelu, ve kterém je proud vzduchu usměrněn pomocí trubiček a tím vytvořeno laminární proudění. V tomto tunelu lze vytvořit proudění vzduchu o rychlosti $0 - 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Do tunelu byl vložen snímač operativní teploty a jako etalon byl použit přesný žárový anemometr s termickou sondou ve tvaru kuličky od firmy TESTO.

Vazba na projekt

GAČR 101/09/H050 Výzkum energeticky úsporných zařízení pro dosažení pohody vnitřního prostředí

Umístění

Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, Technická 2, Brno 616 69, místnost A4-603

Licenční podmínky

Využití výsledku jiným subjektem je možné po uzavření licenční smlouvy

Kontaktní osoba

Ing. Jan Janečka, tel: 541142202, y47509@stud.fme.vutbr.cz

Ing. František Vdoleček, CSc., tel: 541142202, vdolecek@fme.vutbr.cz

Prof. Ing. Milan Pavelek, CSc., tel: 541143272, pavelek@fme.vutbr.cz

Prohlašuji, že popsaný výsledek naplňuje definici uvedenou v Příloze č. 1 Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje v roce 2008 a že jsem si vědom důsledků plynoucích z porušení § 14 zákona č. 130/2002 Sb. (ve znění platném od 1. července 2009). Prohlašuji rovněž, že na požádání předložím technickou dokumentaci výsledku.

Ing. Jan Janečka