

IR THERMOMETER WITH AUTOMATIC EMISSIVITY CORRECTION

Aleš Dobesch

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xdobes05@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Juraj Poliak

E-mail: xpolia00@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: The paper describes the design and the implementation of the infrared (IR) thermometer with an automatic emissivity correction. Temperature measurement is carried out by the MLX90614 sensor. The emissivity correction is based on benefits of diffuse reflecting materials. Moreover, the paper includes design of the interface and the power supply stage.

Keywords: Temperature, non-contact temperature measuring, emissivity, reflectivity.

1. ÚVOD

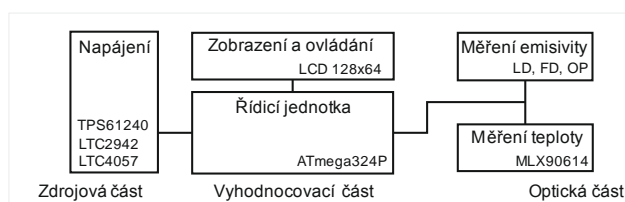
Bezkontaktní měření teploty je již dlouhou dobu známá a využívaná metoda a v posledních letech nachází v praxi stále větší uplatnění. Výhody této měřicí metody oproti kontaktním metodám spočívají především ve vysoké rychlosti odezvy měření, v relativně velkém rozsahu měřených teplot a v možnosti měření pohyblivých se předmětů.

Cílem této práce je navrhnout, zkonstruovat a naprogramovat zařízení, které umožní uživateli vybrat hodnotu emisivity z vnitřní knihovny zařízení podle typu materiálu, nastavit emisivitu klasicky číselně podle tabulek nebo použít funkci automatické korekce emisivity. Poslední zmíněná možnost představuje vlastní unikátní přínos v řešení tohoto bezdotykového IR teploměru.

Předpokladem je použití na trhu běžně dostupných elektronických součástek a integrovaného infra-termočláňkového senzoru pro bezdotykové měření teploty. Ke korekci emisivity měřeného objektu lze použít metodu měření odrazivosti pomocí stabilizované laserové diody. Pro komunikaci, vyhodnocení a zobrazení naměřených dat je možné použít řídicí mikrokontrolér spolu s grafickým LCD displejem a ovládacím rozhraním [1].

2. ROZBOR PRÁCE

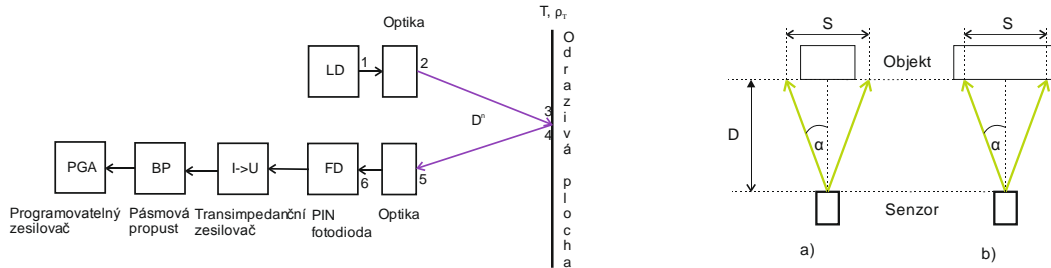
Na obrázku 1 je celkové blokové schéma navrženého IR teploměru s automatickou korekcí emisivity. Hardware teploměru je rozdělen do tří funkčních částí – optické (senzor teploty a emisivity), vyhodnocovací zajišťující komunikaci a vyhodnocení dat a části zdrojové. Řídicím prvkem teploměru je mikrokontrolér ATmega324P. Měření teploty zajišťuje integrovaný senzor MLX 90614. Měření emisivity obstarává laserová dioda spolu se selektivním optickým přijímačem. Napájení je realizováno Lithium-iontovým (Li-ion) článkem spolu se specializovanými obvody pro napájení, monitorování úrovně nabití a dobíjení.



Obrázek 1: Blokové schéma.

2.1. OPTICKÁ ČÁST

Na základě Kirchhoffova zákona pro tepelné záření a Lambertova zákona pro difúzní povrchy je možné u povrchů s difúzními vlastnostmi stanovit emisivitu ϵ , definovanou vztahem (1), pomocí měření odrazivosti povrchu objektu ρ_T . Na následujícím obrázku 2 vlevo je blokové schéma měření odrazivosti.



Obrázek 2: Blokové schéma měření emisivity a zorné pole MLX90614.

Odráživost je měřena kalibrační metodou podle vztahu (2), kde přijímač je nejprve kalibrován povrchem s definovanou hodnotou odrazivosti. Následně je možné měřit odrazivost předmětů ρ_T s difúzním charakterem povrchu.

$$\epsilon = \frac{H_{ET}}{H_{0ET}}[-], \quad (1)$$

kde ϵ je emisivita [-], H_{ET} je intenzita vyzařování reálného tělesa [W/m^2], H_{0ET} je intenzita vyzařování absolutně černého tělesa [W/m^2].

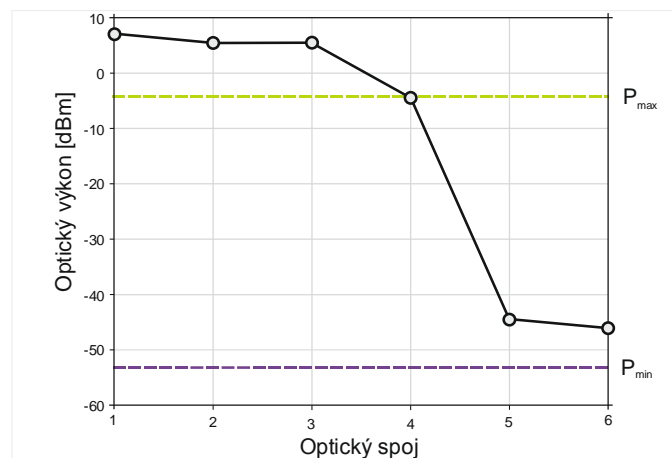
$$\rho_T = \frac{4 \cdot U_{\text{det}} \cdot D^n}{S_U \cdot P_L \cdot d^2} \cdot \eta_{\text{sys}}[-], \quad (2)$$

kde ρ_T je odrazivost [-], U_{det} je detekované napětí na přijímači [V], D je vzdálenost objektu [m], S_U je napěťová citlivost optického přijímače [V/W], d je průměr aktivní plochy přijímače [mm], η_{sys} je systémová konstanta [-][2].

$$S = 2 \cdot D \cdot \tan(\alpha)[\text{m}], \quad (3)$$

kde S je průměr zorného pole [m], α je poloviční zorný úhel senzoru[°].

Ze vztahu (2) plyne, že je potřeba znát vzdálenost měřeného objektu. To zajišťuje integrovaný senzor firmy SHARP. Z tohoto důvodu plyne vzdálenostní omezení měření odrazivosti objektu, konkrétně v rozmezí 0,2 m – 1,5 m. Měření je také omezeno zorným polem senzoru MLX90614 S dle vztahu (3). Obrázek 2b vpravo ilustruje podmínku pro přesné měření teploty objektu. Obrázek 2a vpravo zobrazuje chybné měření teploty objektu.



Obrázek 3: Energetická bilance optického spoje.

Ke stanovení potřebného dynamického rozsahu optického přijímače byla vypočtena energetická bilance optického spoje, která je na obrázku 3. Bilance znázorňuje jednotlivé body na trase optického svazku od vysílače k přijímači. Tyto body jsou také zaznačené na obrázku 2 vlevo[3].

V tabulce 1 je porovnání tabulkových hodnot emisivity materiálů s experimentálně stanovenými hodnotami s přesností 2 %. Některé hodnoty se liší z důvodu nedokonalé připravenosti povrchu měřených vzorků.

	Reference	Křída	Omítka	Polystyren	Černý papír
Tabulková emisivita	0,68	0,70	0,80	0,64	0,94
Naměřená emisivita	0,68	0,70	0,76	0,70	0,94

Tabulka 1: Hodnoty emisivity měřených materiálů.

2.2. VYHODNOCOVACÍ ČÁST

Jádem celého zařízení je mikrokontrolér ATmega324 firmy Atmel. Zajišťuje komunikaci se senzorem pro bezdotykové měření teploty MLX90614 po sběrnici SMBus. Na stejné sběrnici je kontrolován stav Li-ion článku. Mikrokontrolér dále zajišťuje modulaci signálu pro laserovou diodu. Na vstupy A/D převodníku mikrokontroléru jsou přivedeny signály ze selektivního optického přijímače a ze vzdálenostního senzoru firmy SHARP. Zpracování naměřených a vypočtených dat zobrazuje grafický LCD displej připojený přes 8bitovou paralelní sběrnici.

2.3. ZDROJOVÁ ČÁST

Jako zdroj energie je použit Li-ion článek o nominální hodnotě napětí 3,7 V. Vzhledem k faktu, že napětí článku se pohybuje v rozmezí 2,8-3,7 V, je k získání potřebného napětí 5 V pro obvody IR teploměru použit step-up měnič TPS61240 s účinností až 90 % a s maximálním výstupním proudem 450 mA. K monitorování aktuální teploty a stavu nabití článku je použit integrovaný obvod LTC2942. Nabíjení Li-ion článku zajišťuje integrovaný obvod LT4057-4,2.

3. ZÁVĚR

Cílem práce je kompletně navrhnout a realizovat IR bezdotykový teploměr s uživatelsky pohodlným ovládacím rozhraním. Klíčovou částí této práce je část automatické korekce emisivity pomocí měření odrazivosti, která je unikátní a na trhu běžně nedostupná. Důležitým aspektem je mimo jiné cena realizace.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vzniknul za podpory projektu CZ.1.07/2.3.00/20.0007 WICOMT, financovaného z operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.

Dále patří poděkování firmě Melexis Semiconductors, Mouser Electronics, Linear Technology a Texas Instruments za poskytnutí dílčích vzorků.

REFERENCE

- [1] KREIDL, Marcel. Měření teploty: senzory a měřicí obvody [online]. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 239 s. [cit. 2012-11-27]. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-730-0145-4.
- [2] JENN, David C. Radar and laser cross section engineering. 2nd ed. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2005, xxi, 505 s. ISBN 15-634-7702-5.
- [3] HOTTEL, Hoyt C. Přenos tepla zářením. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979, 499 s.