

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Systém pro lékařskou infračervenou termografii</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Tomáš Thoř</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra teorie obvodů
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Karel Fliegel, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	FEL ČVUT v Praze, Katedra radioelektroniky

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Problematika zadání bakalářské práce je zaměřena na bezkontaktní snímání teploty v medicíně s využitím přístupů infračervené termografie. Motivace pro toto zadání vychází také z iniciativy studenta s potenciálním využitím realizovaného řešení ve sportovní medicíně. V první části zadání vyžaduje podání přehledu současných snímacích a diagnostických metod založených na infračervené termografii na základě studia odborné literatury. V praktické části bylo úkolem nejprve analyzovat technické požadavky na termovizní kameru a podat přehled existujících algoritmů pro zpracování sejmutého obrazu. Hlavním úkolem pak bylo zvolit vhodné a cenově dostupné hardwarové prostředky, systém navrhnout, připravit programové vybavení a ověřit funkčnost realizovaného systému. Tato problematika byla pro studenta z velké části nová, zejména s ohledem na technickou realizaci vlastního zařízení a musel ji nejprve nastudovat. V této základní podobě lze zadání považovat za průměrně náročné.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
<p>Cílem zadání bylo na základě studia aktuální odborné literatury podat přehled poznatků z oblasti infračervené termografie a souvisejících aplikací v medicíně. V praktické části pak měly být vybrány vhodné hardwarové prostředky a realizováno programové vybavení, včetně ověření funkčnosti systému. Tyto základní úkoly zadání byly splněny. Byl realizován termovizní systém na platformě Raspberry Pi s cenově dostupnou termovizní kamerou. Realizované algoritmy umožňují provádět měření a vyhodnocení termovizního obrazu včetně prostorové interpolace s využitím pomocných obrazových dat ve viditelném a blízkém infračerveném spektru. Nebyla realizována automatická teplotní kalibrace systému s využitím externího teplotního čidla. Toto však nebylo v zadání explicitně požadováno a jde o vhodný námět na rozšíření této práce.</p>	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>C - dobře</b>
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
<p>Student navázal v rámci bakalářské práce na předcházející semestrální projekt a teoretická část byla zpracována efektivně v první fázi řešení projektu. Hlavní aktivity spojené s realizací systému, implementací a ověřováním funkčnosti se soustředily do poslední fáze těsně před termínem odevzdání. Toto v důsledku znemožnilo realizovat například automatickou teplotní kalibraci systému, což by výrazně posunulo možnosti využití navrženého řešení. Student byl aktivní s výhradou na nevhodné rozvržení času, pravidelně docházel na konzultace, na které byl dobře připraven. Student prokázal schopnost samostatné tvůrčí práce, zejména s ohledem na realizaci s pro něj neznámým hardwarem, což dokazují výsledky experimentální části.</p>	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>C - dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Teoretická část práce podává na základě studia odborné literatury přehled základních principů a metod pro využití infračervené termografie v medicíně. Je doplněn přehled komerčně dostupných řešení, včetně jejich parametrů. Vlastní systém je založen na nízkonákladovém mikropočítači Raspberry Pi s připojenou termovizní kamerou Pimoroni MLX90640</p>	

(rozlišení 32x24 pixelů) a kamerou Raspberry Pi NoIR V2 (rozlišení 3280x2464 pixelů) pracující ve viditelné a blízké infračervené oblasti. Jednotlivé metody byly implementovány s ohledem na algoritmy vycházející ze studia literatury. Jde zejména o jednu vybranou interpolační metodu a nebylo realizováno více přístupů pro možnost srovnání. V poslední fázi řešení projektu bylo nutno poněkud slevit z širších cílů, zejména s ohledem na automatickou kalibraci s externím teplotním čidlem. Byla však implementována podpora manuální kalibrace systému s využitím odporového teplotního čidla Pt1000. Funkčnost systému s ohledem na přesnost měření teploty byla následně ověřena pomocí profesionální termovizní kamery FLIR. Určitým nedostatkem zde je zejména horší opakovatelnost měření vzhledem k využití cenově dostupných komponent a s ohledem na chybějící automatickou externí kalibraci. Tato oblast však nebyla explicitně uvedena v zadání a je dobrým námětem na navazující práci.

### Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

**B - velmi dobře**

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Předložená práce je zpracována s dobrou jazykovou úrovní. Text práce obsahuje jen malé množství překlepů a dalších formálních nedostatků. Po typografické stránce, vzhledem k použitému editoru, je práce na dobré úrovni. Zpracování a popis experimentálních postupů umožňuje dobře na tuto práci navázat.

### Výběr zdrojů, korektnost citací

**B - velmi dobře**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

Student v rámci této závěrečné práce vycházel z relevantní odborné literatury, některé reference jsou však staršího vydání a celkově by bylo vhodné použít rozmanitější zdroje pro možnost objektivního srovnání přístupů a metod. Podrobné zpracování současného stavu v této oblasti by vyžadovalo zahrnutí většího množství referencí, což však přesahuje obvyklý rámec pro závěrečné práce tohoto typu. Převzaté prvky jsou řádně odlišeny od vlastních výsledků.

### Další komentáře a hodnocení

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Hlavním přínosem této práce je realizované řešení pro bezkontaktní měření teploty založené na termovizních principech s využitím cenově dostupných komponent. Praktické uplatnění tohoto cenově dostupného systému může být spíše v orientačních a srovnávacích měřeních, vzhledem k omezené přesnosti a opakovatelnosti měření. Byly implementovány základní nástroje a jejich funkčnost byla ověřena měřeními v rámci jednoduchých experimentů.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.*

Funkčnost navrženého řešení byla experimentálně ověřena, připravené implementace jsou prakticky použitelné a umožňují další rozvoj v rámci případných navazujících prací. Student byl v průběhu přípravy závěrečné práce aktivní a samostatně pracoval na vyřešení řady problémů, i když ne příliš průběžně. Přes výše uvedené nedostatky student prokázal schopnost samostatné odborné činnosti a předložená práce, podle mého názoru, splňuje požadavky na závěrečné práce tohoto typu.

Navržená klasifikace (C - dobře) vychází zejména z hodnocení nevhodného rozvržení času a tím i menšího rozsahu práce v oblasti experimentálního ověření navrženého řešení. Vedoucí práce by v případě kvalitní obhajoby souhlasil i s lepší výslednou klasifikací (B - velmi dobře).

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 5.6.2023

Podpis: Ing. Karel Fliegel, Ph.D.