ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Platforma pro mikromanipulaci se vzorky kapalných látek**
Jméno autora:	**Jakub Drs**
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Jiří Zemánek
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra řídicí techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání — **náročnější**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Cílem práce byla realizace experimentálního zařízení, ke kterému bylo ovšem jen málo výchozích informací. K vyřešení zadaného problému bylo tedy nutné jednak najít vhodné fyzické uspořádání pro manipulaci s mikrokapičkami pomocí elektrického pole a následně zvládnout všechny potřebné výrobní postupy pro stavbu experimentálního zařízení.

Splnění zadání — **splněno s menšími výhradami**

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.

Zadání bylo splněno až na sestavení funkčního systému, který by umožňoval manipulaci se dvěma různými kapičkami. Práce nicméně prezentuje řadu dílčích výsledků, které jsou pro tuto stavbu nutné. Realizace systému byla časově náročná, neboť vyžadovala nejprve navrhnout, odladit a experimentálně otestovat základní stavební prvky a vedle toho zvládnout a optimalizovat také výrobní postupy pro mikrosystémy.

Aktivita a samostatnost při zpracování práce — **A - výborně**

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 samostatné tvůrčí práce.

Jakub Drs se práci věnoval s vysokou mírou samostatnosti, iniciativy a tvořivosti a to především v prakticky orientovaných dílčích úkolech, kdy realizoval velké množství různých experimentů, učil se a vymýšlel nové výrobní postupy a prokázal také schopnost improvizovat s dostupnými prostředky. V průběhu práce strávil také nějaký čas u projektových partnerů z ÚIACH AV ČR, který využil, aby získal zkušenosti v oblasti instrumentace pro analytickou chemii. Konzultace se mnou probíhaly průběžně podle potřeby, neboť jsme sdíleli stejnou pracovní místnost.

Odborná úroveň — **A - výborně**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Student prokázal řadu teoretických znalostí a praktických dovedností např.: principy elektrokinetických jevů (dielektroforéza, elektroosmóza), optimalizace v diskrétním stavovém prostoru, základy počítačového vidění, návrh a realizace elektronických obvodů (vícekanálový generátor), programování mikroprocesoru, návrh a realizace řídicích systémů v prostředí Matlab/Simulink, výrobní postupy pro mikrosystémy.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce — **B - velmi dobře**

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

Po formální stránce je práce na dobré úrovni – text je vysázen systémem LaTeX a doplněn kvalitně zpracovanými ilustracemi. Po jazykové stránce jsem k práci měl pouze drobné stylistické a gramatické výhrady. Rozsah textu dle mého názoru odpovídá diplomové práci. Práce je sice spíše stručná, považuji to ale za kladnou stránku, jelikož se autor vyhýbá zbytečnému natahování textu.

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 využil předloženou literaturu a samostatně si vyhledal další relevantní zdroje, které jsou v práci odkazovány podle standardních zvyklostí. Zasazení práce do kontextu výsledků jiných výzkumných skupin je dostatečné, nicméně přehled a srovnání s výsledky prezentovanými v literatuře by mohlo být širší.	

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.
Výstupem práce Jakuba Drse je navržený algoritmus řízení pro dielektroforézu na čtyřsektorovém poli. Vedle toho Jakub Drs otestoval a odladil postup pro výrobu elektrodových polí vhodný pro naše podmínky, navrhl a realizoval vícekanálových zesilovač, realizoval několik předběžných experimentálních sestav a provedl s nimi řadu experimentů. Tyto výsledky budou využity v další výzkumné práci v naší skupině v oblasti řízení diekeltroforézy.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.
Jakub Drs ve své diplomové práci prokázal, že zvládne řešit komplexní technický problém, který vedle využití dosavadních znalostí vyžaduje schopnost naučit se nové věci a postupy, kterou jsou i z oborů mimo kybernetiku a robotiku. Pozitivně hodnotím hlavně vysokou míru samostatnosti a tvořivosti, kterou Jakub Drs v průběhu práce projevil, a také schopnost nejen zařízení teoreticky navrhnout, naprogramovat řídicí systém, ale také navržené systémy realizovat a provádět s nimi experimenty.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně.**

Datum: 26.5.2015

Podpis:

ČVUT v Praze - Fakulta elektrotechnická
Praha 6 - Dejvice, Technická 2, 166 27

Posudek oponenta diplomové práce

Název diplomové práce:

Platforma pro mikromanipulaci se vzorky kapalných látek

Jméno a příjmení studenta:

Bc. Jakub Drs

Jméno a příjmení vedoucího diplomové práce včetně titulů a pracoviště:

Doc. Ing. Jiří Jakovenko, Ph.D., katedra mikroelektroniky ČVUT-FEL

1) Náročnost zadání:
__ velmi vysoká
_X_ vysoká
__ průměrná
__ podprůměrná

2) Zvolené metody a postupy při řešení práce:
_X_ výborné
__ velmi dobré
__ dobré
__ uspokojivé
__ dostatečné
__ nedostatečné

3) Správnost názvosloví:
__ výborná
_X_ velmi dobrá
__ dobrá
__ uspokojivá
__ dostatečná
__ nedostatečná

4) Správnost předložených výsledků:
__ výborná
_X_ velmi dobrá
__ dobrá
__ uspokojivá
__ dostatečná
__ nedostatečná

5) Odborná úroveň:
_X_ výborná
__ velmi dobrá
__ dobrá
__ uspokojivá
__ dostatečná
__ nedostatečná

6) Jazyková a textová úroveň:
_X_ výborná
__ velmi dobrá
__ dobrá
__ uspokojivá
__ dostatečná
__ nedostatečná

7) Grafická úprava:
_X_ výborná
__ velmi dobrá
__ dobrá
__ uspokojivá
__ dostatečná
__ nedostatečná

8) Student splnil zadání:
_X_ úplně
__ částečně
__ nesplnil

9) Dosažené výsledky, přístup diplomanta, vlastní přínos a praktická využitelnost práce:**

V dnešní době je tématika mikro fluidického autonomního manipulačního systému velmi aktuální, zejména jedná-li se o manipulace s velmi malým množstvím látek nebo s konkrétními buňkami.

Práce vychází a navazuje na diplomovou práci Ing. Jiřího Zemánka (v práci uvedeno jako reference [14]), jejímž úkolem bylo navrhnout automatický řídicí algoritmus schopný na základě obrazové zpětné vazby autonomně manipulovat s polystyrenovou kuličkou a plánovat vhodnou trajektorii mezi současnou a cílovou pozicí. Současně práce navazuje na bakalářskou práci diplomanta, která se zabývala experimentální platformou jevu dielektroforézy.

Hlavním cílem této diplomové práce je demonstrace použitého fyzikálního jevu dielektroforézy ve spojení s návrhem čtyř sektorového manipulačního pole a návrhu manipulačního algoritmu pro 48 diskrétních elektrod. Tato metoda byla úspěšně PPdemonstrována na manipulaci s polystyrenovými kuličkami. Další část práce rozšiřuje

__ zaškrtněte odpovídající odpověď
* vyplňte pouze při prakticky zaměřené práci

tuto metodu na manipulaci s vodními kapičkami. Původní čtyř sektorové elektrodové pole pro dielektroforézu bylo nahrazeno vhodnějším elektrodovým polem pro manipulaci s kapičkami fyziologického roztoku v oleji. Velmi oceňuji hloubavý přístup diplomanta, který nejdříve provedl simulaci dielektroforetické síly mezi jednotlivými elektrodami pomocí počítačového modelování v programu COMSOL. Realizované elektrodové pole propojil s navrženým mikro fluidickým systémem.
Hlavním přínosem práce je demonstrace manipulačního principu na navržené testovací platformě, která obsahuje návrh mikro fluidického manipulačního systému s elektrodovým polem a návrhem vysokonapěťového generátoru. Navržený mikro fluidický manipulační systém integruje elektrodové pole, manipulační komůrku a generátor kapiček na jeden čip. Manipulační čip se však diplomantovi nepodařilo technologicky vyrobit díky technologickým problémům. Zde bych však nedával hlavní vinu diplomantovi, který neměl k dispozici potřebné technologické nástroje. Navržený koncept manipulace byl však prokázán na navrženém čtyř sektorovém elektrodovém poli a dá se očekávat, že by s největší pravděpodobností fungoval i na navrženém manipulačním čipu. Proto považuji zadání za splněné.
Velice oceňuji praktické výstupy práce jako je návrh vysokonapěťového generátoru včetně jeho firmware.

10) Připomínky a otázky k práci:

Většina obrázků v práci má anglické popisky. Jelikož u obrázků nejsou uvedeny žádné odkazy na literaturu, tak předpokládám, že je diplomant vytvářel sám. Zjevně není důvod mít v česky psané práci obrázky s anglickými popisky.

Otázky:

Jaké jsou fyzikální limity (fyzikální vlastnosti látek) použití dielektroforézy pro manipulaci s biologickým materiálem, zejména z hlediska elektrických vlastností?

Jaký je rozdíl mezi pozitivní a negativní dielektroforézou?

Jak daleko od sebe je nutné udržet dvě kapičky vody, aby nedošlo ke koalescenci? Jaké faktory tento jev ovlivňují?

Práci doporučuji k obhajobě a hodnotím stupněm B.

Doporučení k obhajobě: X doporučuji _ nedoporučuji

Klasifikace diplomové práce:

_ A - výborně (1,0) _ C - dobře (2,0) _ E - dostatečně (3,0)
X B - velmi dobře (1,5) _ D - uspokojivě (2,5) _ F - nedostatečně (4,0)

Datum: **Podpis:**

_ zaškrtněte odpovídající odpověď
* vyplňte pouze při prakticky zaměřené práci