

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor: 10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Laserový projektor

Šimon Hrouda

Brno 2024

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

LASEROVÝ PROJEKTOR

LASER PROJECTOR

AUTOR	Šimon Hrouda
ŠKOLA	Gymnázium Brno-Řečkovice
KRAJ	Jihomoravský
INTERNÍ KONZULTANT	Mgr. Kateřina Vídenková
EXTERNÍ KONZULTANT	Tomáš Rohlínek
OBOR	10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Brno 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že svou práci na téma *Laserový projektor* jsem vypracoval/a samostatně pod vedením Tomáše Rohlíka a Mgr. Kateřiny Vídenkové a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Dále prohlašuji, že tištěná i elektronická verze práce SOČ jsou shodné a nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Brně dne: _____

Šimon Hrouda

Poděkování

Děkuji svému externímu konzultantovi Tomáši Rohlínkovi a své interní konzultantce Mgr. Kateřině Vídenkové za obětavou pomoc, podnětné připomínky a nekonečnou trpělivost, kterou mi během práce poskytovali.

Tato práce byla provedena za finanční podpory Jihomoravského kraje.



Anotace

Klíčová slova

Annotation

Keywords

Obsah

Úvod	9
1 hardware	11
1.1 Raspberry Pi	11
1.2 Galvanometr a zrcátko	11
1.3 hlavice	13
1.4 řídicí deska galv	14
1.5 moje deska na napětí	14
1.5.1 dac	15
1.5.2 amps	15
1.6 laser	15
1.7 if rgb: 3 dacs	15
1.8 napájení	15
2 software	16
2.1 komunikace mezi programy	16
2.2 lasershow exec	17
2.2.1 ILDA soubory	19
2.3 UI	19
2.4 web ui	19
2.5 discord bot	19
2.6 HOTSPOT	19

3 Diskuze	20
3.1 další zpracování tématu	20
Závěr	22
Literatura	23
Seznam obrázků	24
Seznam tabulek	25

<https://www.sciencedirect.com/search?qs=galvanometer> muzu rict, ze jsem
neco nezvladl dohledat :)

Úvod

V této práci se zaměřuji na návrh a výrobu laserového projektoru, který za bude za pomoci páru zrcátek připevněných na galvanometrech rychle měnit směr laserového paprsku a tím vykreslovat obraz na promítací plochu.

Laser scanning je využíván v mnoha oblastech, například v brýlích pro míšenou realitu nebo v Heads Up Displejích pro piloty. V této práci jsem se proto rozhodl tuto technologii využít ve vlastním projektu a vytvořit prostředí, ve kterém si i začínající kutil může vyzkoušet jak tato technologie funguje.

definice pojmů a zkratk

CLGS	Closed Loop Galvanometer System	system galvanometru se zpětnou vazbou
OLGS	Open Loop Galvanometer System	system galvanometru bez zpětné vazby
SPI	Serial Peripheral Interface	sériové periferní rozhraní

Kapitola 1

hardware

1.1 Raspberry Pi

1.2 Galvanometr a zrcátko

- Galvanometry, často nazývané galva, jsou elektronické součástky používané k měření intenzity a směru elektrického proudu. [1]

Můžeme je rozdělit mezi galvanometry s uzavřenou smyčkou zpětné vazby (CLGS) a galvanometry bez uzavřené smyčky zpětné vazby (OLGS). [2]

[3] ale postupně nachází uplatnění ve více a více odvětvích práce s lasery. Oproti jiným možnostem nabízí flexibilitu, rychlost a přesnost za nízkou cenu.

V této práci jsou ale využívány CLGS, které jsou lépe zdokumentované.

V CLGS jsou potřeba 3 hlavní prvky,

Nejmodernější galvanometrové polohovací systémy jsou založené na principech elektromotorů s permanentními magnety, kde [3]

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Galvanometer>
https://en.wikipedia.org/wiki/Laser_scanning
https://en.wikipedia.org/wiki/Mirror_galvanometer
https://en.wikipedia.org/wiki/Laser_lighting_display

A mirror galvanometer is an ammeter that indicates it has sensed an electric current by deflecting a light beam with a mirror. The mirror galvanometer consists of a long fine coil of silk-covered copper wire. In the heart of that coil, within a little air-chamber, a small round mirror is hung by a single fibre of floss silk, with four tiny magnets cemented to its back. The small weight of the mirror and magnets which form the moving part of this instrument, and the range to which the minute motions of the mirror can be magnified on the screen by the reflected beam of light, which acts as a long impalpable hand or pointer, render the mirror galvanometer marvellously sensitive to the current, especially when compared with other forms of receiving instruments.

Zrcadlový galvanometr je měřič proudu, který reaguje na měřený proud vychýlením světelného paprsku zrcátkem připevněným na jeho konci.

Skládá se z cívky a [4]

- following text generated by ai (google bard) on 2023-10-20

popiš mi jak je sestaven a jak funguje galvanometr se zrcátkem k odrazení světelného paprsku

Galvanometr se zrcátkem je sestaven z následujících komponent:
 * **Cívka:** Cívka je navinuta na jádře z feromagnetického materiálu, jako je železo nebo nikl. Cívkou prochází elektrický proud, který vytváří magnetické pole.
 * **Ukazatel:** Ukazatel je připojen k cívce a je vyroben z lehkého materiálu, jako

je hliník nebo plast. Ukazatel je vychýlen magnetickým polem vytvářeným cívkou. * **Zrcátko:** Zrcátko je připojeno k ukazateli a odráží světelný paprsek. * **Okulár:** Okulár je umístěn tak, aby bylo možné pozorovat odraz světelného paprsku.

Jak funguje:

Když prochází cívkou elektrický proud, vytváří magnetické pole. Toto magnetické pole působí na ukazatel a vychýlí ho. Velikost výchylky ukazatele je přímo úměrná velikosti proudu procházejícího cívkou.

Zrcátko je připojeno k ukazateli a odráží světelný paprsek. Když se ukazatel vychýlí, odraz světelného paprsku se také vychýlí.

Okulár je umístěn tak, aby bylo možné pozorovat odraz světelného paprsku. Velikost vychýlení světelného paprsku je přímo úměrná velikosti proudu procházejícího cívkou.

Výhody:

* Galvanometr se zrcátkem je citlivější než galvanometr bez zrcátka. * Galvanometr se zrcátkem lze použít k měření velmi malých proudů.

Nevýhody:

* Galvanometr se zrcátkem je dražší než galvanometr bez zrcátka.

Použití:

Galvanometr se zrcátkem se používá k měření velmi malých proudů. Používá se například v elektrotechnice, lékařství a fyzice.

ovládá se variabilním proudem

1.3 hlavice

The mirrors, mounted perpendicularly on the engines, move the laser beam along the X and Y axes according to the input received from the motor. The

big advantage of these devices is that they can reach a very high acceleration and speed of movement.

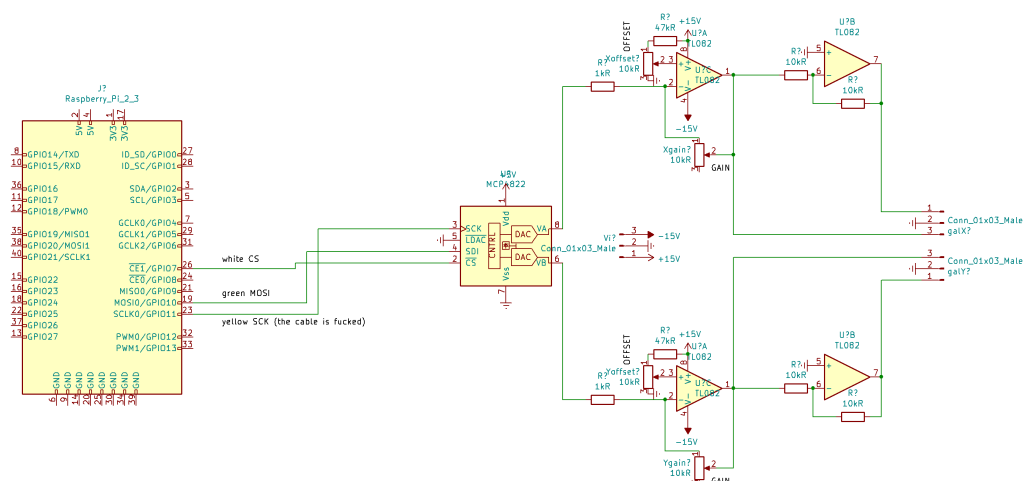
1.4 řídicí deska galv

well asi patří do sekce galvanometr

1.5 moje deska na napětí

Galvanometry v obou osách pohybu potřebuje analogový vstupní signál v rozpětí -15 až $+15$ V udávající vychýlení galvanometru v daném směru.

Vytváření tohoto signálu jsem rozdělil do dvou částí, nejdříve pomocí DAC (digital-to-analog converter, D/A převodník) připojeného k RPi vytvořím signál v rozpětí $0-5$ V a následně tento signál pomocí operačního zesilovače převedu na požadované rozpětí. Celé zapojení je vidět na obrázku 1.1



Obrázek 1.1: Zapojení DAC a zesilovačů k RPi a řídicí desce galvanometru

1.5.1 dac

K generování signálu v rozpětí 0–5 V jsem využil DAC MCP4822 od firmy [Microchip Technology Inc.](#) Tento čip podporuje komunikaci přes rozhraní SPI, pracuje s napájecím napětím 5 V a s 12bitovým rozlišením (je schopen vygenerovat 4096 různých napětí) na dvou kanálech.

Komunikace mezi RPi a čipem je zprostředkována rozhraním SPI, toto rozhraní využívám pomocí knihovny ze serveru <https://github.com>¹ Tato knihovna poskytuje funkce `bool mcp4822_initialize(); bool mcp4822_set_voltage(mcp4822_channel_t channel, uint16_t value_mV); mcp4822_deinitialize();`, se kterými pracuji v mém kódu.

1.5.2 amps

K rozšíření signálu z DAC jsem využil dva operační zesilovače TL082 od firmy [Texas Instruments Incorporated](#). Každý z nich je připojený na jeden kanál DAC čipu mcp4822. Tyto čipy mi napěťové rozpětí zvýší z 0–5 V na −15 až +15 V.

1.6 laser

1.7 if rgb: 3 dacs

1.8 napájení

¹<https://github.com/pawel-kusinski/mcp4822-linux>; staženo 28. 12. 2023

Kapitola 2

software

Tento laserový projektor využívá se skládá ze dvou částí, jednou je software pro řízení galvanometrů a druhou je software pro interakci s uživatelem.

O řízení galvanometrů se stará program lasershow, který je psaný v jazyce c++ pro maximální rychlost. Tento program běží na pozadí a čeká na příkazy od programů určených k interakci s uživatelem. Na tento program je zaměřená kapitola lasershow.

O interakci s uživatelem se starají programy UI, který spravuje OLED displej a je psaný v c++ pro jednodušší interakci s hardwarem, web_ui využívající runtime Nodejs, ve kterém je jednoduché vytvořit http server, který je dostupný z lokální sítě a nakonec také discord_bot také využívající Nodejs, který přijímá příkazy z chatovací aplikace discord a je přístupný i přes internet.

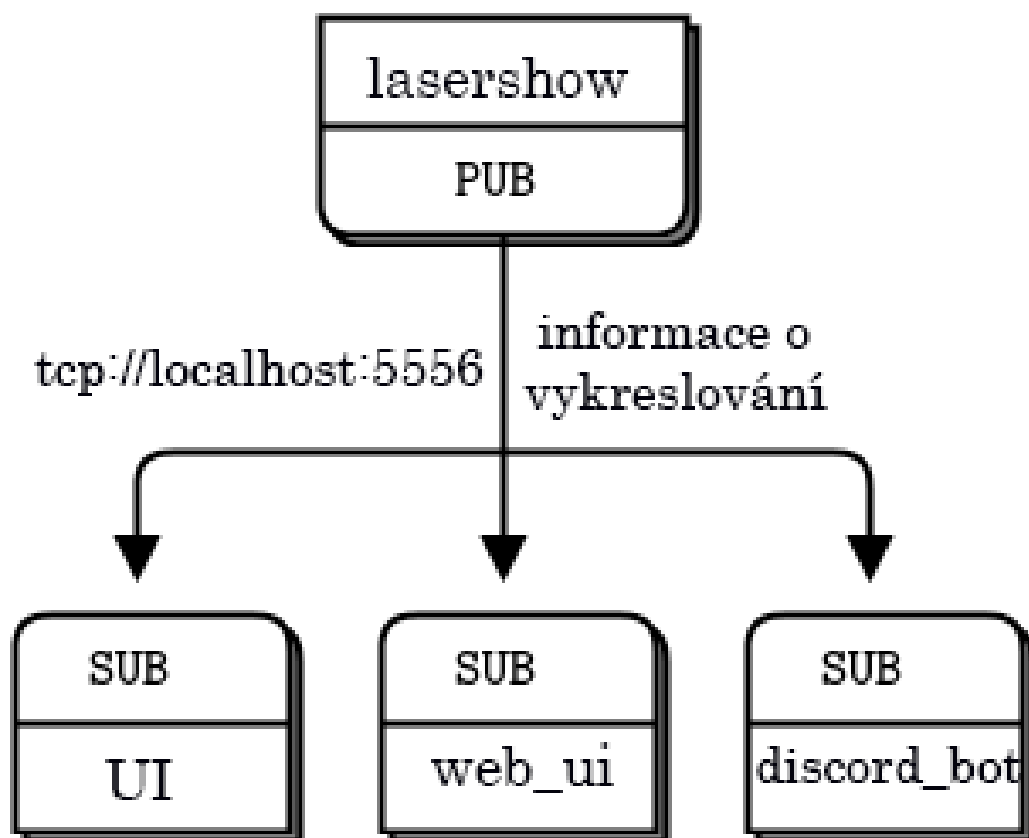
2.1 komunikace mezi programy

Všechny tyto programy jsou propojeny síťovými sockety zprostředkovyvanými knihovnou ZeroMQ, která nabízí ¹zprávy jsou v ní seřazeny od té nejdříve

¹frontu

odeslané zpráv, bez potřeby samostatně běžícího brokeru.

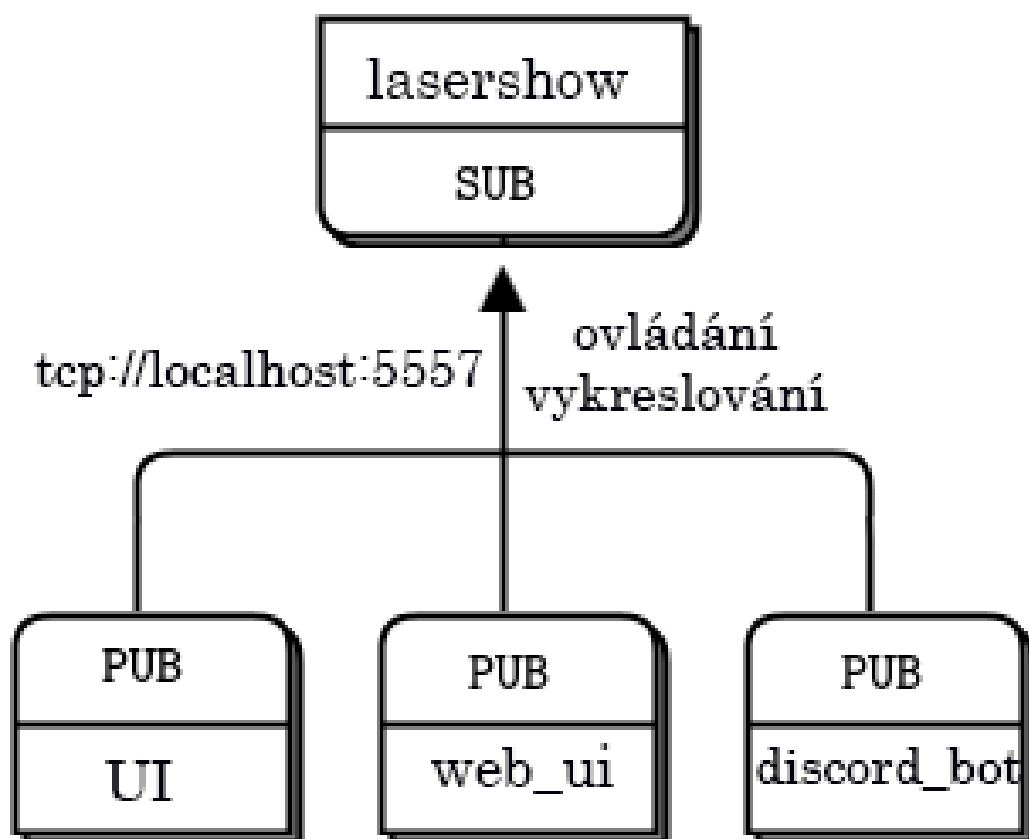
Tato knihovna je využita k vytvoření dvou socketů, jedním lasershow přijímá příkazy od ostatních programů a do druhého posílá informace ostatním programům, aby je zprostředkovaly uživateli. K prvnímu socketu



Obrázek 2.1: komunikace mezi programy socketem na portu 5556

2.2 lasershow exec

Program lasershow je psaný v jazyce c++, který je kompilovaný a obecně považovaný za jeden z nejrychlejších jazyků. Druhé zmíněné se hodí, jelikož chceme vykreslovat co možná nejrychleji.



Obrázek 2.2: komunikace mezi programy socketem na portu 5557

Tento program zaregistruje TCP socket na portu 5556 a knihovnou ZeroMQ se na něm přihlásí k odběru zpráv, které do něj publikují ostatní programy. Zároveň podobně zaregistruje socket na portu 5557, do kterého později bude posílat zprávy pro programy, které interagují s uživatelem.

Následně se připojí k DAC a čeká na zprávy od ostatních programů. Jakmile zprávu obdrží, zpracuje ji a pokud je požadována změna nastavení, okamžitě ji provede a aktuální nastavení si uloží do souboru, jestliže je požadováno vykreslení obrazu ze souboru, začne obraz vykreslovat. Při tom průběžně posílá informace o stavu vykreslování do socketu na portu 5557. I při vykreslování obrazu tento program zpracovává zprávy a pokyny ze socketu s portem 5556.

Část tohoto programu, která komunikuje s DAC, je převzatá z projektu <https://github.com/tteskac/rpi-lasershow>², z tohoto projektu je převzatá i část, která čte ILDA soubory, ale ta byla v rámci této práce upravena, pro podporu barevných obrazů.

2.2.1 ILDA soubory

2.3 UI

Program UI je také psaný v jazyce c++, a využívá knihovnu WiringPi, která umožňuje jednoduchou komunikaci s GPIO piny Raspberry Pi. Tento program ovládá OLED displej, který je připojený na Raspberry Pi pomocí rozhraní I2C, a přijímá vstup od uživatele čtením rotačního enkodéru s tlačítkem.

Program při začátku exekuce pomocí knihovny ZeroMQ přihlásí k odběru zpráv z TCP socketu na portu 5557, kam publikuje zprávy o stavu vykreslování program lasershow. Dále si pomocí knihovny wiringPi zaregistruje zpracovávání přerušení z enkodéru a tlačítka na něm a čeká buď na interakci s uživatelem, který by skrz něj poslal zprávy programu lasershow, nebo na zprávy od lasershow, které by zobrazil uživateli.

2.4 web ui

2.5 discord bot

2.6 HOTSPOT

²staženo 28. 12. 2023

Kapitola 3

Diskuze

3.1 další zpracování tématu

udělal jsem to dobře? vybral jsem si dobré techniky? like byl by lepší ten harddrive z yt? nebo fakt to mělo být napájeny z baterek a ne ze zásuvky?

že hej ze [typek z vut](#) udělal kindu kurva podobnej HW jak ja, ale ja to mam trochu jinak, cuz jsem o tom nevěděl, ale ofc moje je lepší :)) also to dělala hromada dalších lidí na internetu ten hw, also od [gh.com/tteskac](#) mam executable, kterou jsem ale totalně ze rozšířil a taky jsem přidal všechno moje genialní ui muhahahah

ze este dalsi zpracovani: (19.10.2023 vsechny dostupne)

1. used/modified code

- <https://github.com/marcan/openlase/blob/master/tools/svg2ild.py>
- <https://github.com/tteskac/rpi-lasershow>
- <https://github.com/sabhiram/raspberry-wifi-conf/blob/master/>

`app/wifi_manager.js`

- http://www.electronicayciencia.com/wPi_soft_lcd/
- typek z vut

2. dalsi zpracovani stejny projekty

- <https://www.instructables.com/Arduino-Laser-Show-With-Real-Galvos/>
- <https://github.com/tteskac/rpi-lasershow>
- <https://www.instructables.com/DIY-STEPDIR-LASER-GALVO-CONTROLLER/>
- borec na yt hard-drive text gut

3. other useful thingies

- <https://hackaday.io/project/172284-galvo-laser-cutterengraver>
- <https://hackaday.io/project/172284/instructions>
- <https://learn.adafruit.com/mcp4725-12-bit-dac-with-raspberry-pi/hooking-it-up>
- https://www.ilda.com/resources/StandardsDocs/ILDA_IDTF14_rev011.pdf
- cool demos <https://marcan.st/projects/openlase/>
- https://www.youtube.com/watch?v=u9TpJ-_hBR8

4. read

- <https://www.laserworld.com/en/glossary-definitions/90-t/2797-ttl-modulation-en.html>

Závěr

proc vsichni maji zaver v obsahu jako section, kdyz pak vypada, ze je pod posledni kapitolou

Literatura

1. FERROVIAL. *What is a galvanometer?* [online]. [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: <https://www.ferrovial.com/en/stem/galvanometer>.
2. LASERFX. *How Laser Shows Work - Scanning System* [online]. [cit. 2023-10-19]. Dostupné z: <http://www.laserfx.com/Works/Works3S.html>.
3. AYLWARD, Redmond P. Advanced galvanometer-based optical scanner design. *Sensor Review*. Září 2003, roč. 23, č. 3, s. 216–222. Dostupné z DOI: [10.1108/02602280310481968](https://doi.org/10.1108/02602280310481968).
4. WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Mirror galvanometer* [online]. [cit. 2023-10-19]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Mirror_galvanometer&oldid=1170954323.

Seznam obrázků

1.1	Zapojení DAC a zesilovačů k RPi a řídicí desce galvanometrů .	14
2.1	komunikace mezi programy socketem na portu 5556	17
2.2	komunikace mezi programy socketem na portu 5556	18

Seznam tabulek