



Vyšší odborná škola
a Střední průmyslová škola
elektrotechnická
Plzeň, Koterovská 85

ROČNÍKOVÁ PRÁCE S OBHAJOBOU

Téma: Synchronizace světla a hudby
frekvenční analýzou

Autor práce: Marek Vácal
Třída: 3.M
Vedoucí práce: Ing. Pavel JEDLIČKA
Dne: 30.4.2024

Hodnocení:



**Vyšší odborná škola a
Střední průmyslová škola elektrotechnická Plzeň,
Koterovská 85**

ZADÁNÍ ROČNÍKOVÉ PRÁCE	
Školní rok	2023/ 2024
Studijní obor	78-42-M/01 Technické lyceum
Jméno a příjmení	Marek Vácal
Třída	3.M
Předmět	Kybernetika
Hodnoceno v předmětu	Kybernetika
Téma	Synchronizace Světla a Hudby Frekvenční Analýzou
Obsah práce	<ul style="list-style-type: none">• návrh a realizace hardwaru• software a řízení osvětlení• prozkoumání možností získávání zdrojových dat• frekvenční analýza• převod frekvence na barevné světlo
Zadávací učitel Příjmení, jméno	Ing. Pavel Jedlička
Podpis zadávajícího učitele	
Termín odevzdání	30. dubna 2024

Anotace

Jednalo by se o válcovou krabičku, na kterou by byl připojen barevný LED pásek, který by měnil svou barvu a intenzitu svitu podle hudby a jednotlivých frekvencí obsažené v ní. Pro získání audio vstupu by byl použit mikrofon připojený přímo k ovládací části zařízení.

„Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil(a) literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.“
„Souhlasím s využitím mé práce učiteli VOŠ a SPŠE Plzeň k výuce.“

V Plzni dne:

Podpis:

Obsah

1	Úvod	5
2	Plán fungování	5
3	Hardware	6
3.1	Raspberry pi zero WH	6
3.2	Mikrofon	7
3.3	LED pásek Neopixel WS2812B	8
3.4	Schéma zapojení	9
3.5	Design	9
4	Datová analýza	10
4.1	Sběr dat	11
4.2	Rychlá Fourierova transformace	11
4.3	HSL	12
5	Závěr	13

1 Úvod

Jako vášnivý fanoušek fantasy a her se pravidelně setkávám s přáteli k hraní Dračího doupěte. Tato desková hra vás vtáhne do světa, kde jeden vypráví příběh a ostatní ho prožívají prostřednictvím svých postav. V naší skupině často využíváme hudební doprovod, který pomáhá vytvářet atmosféru scén a bojů, jež se odehrávají v příběhu.

Napadlo mě, že bychom mohli ještě více prohloubit atmosféru pomocí technologie. Chtěl bych vytvořit systém, který by dokázal převádět zvuk v reálném čase na barevný signál. Tento signál by se následně přenášel do LED pásky, která by se podle něj rozsvěcovala a pomáhala tak vizuálně ilustrovat události a emoce probíhající ve hře. Tím by se naše hraní stalo ještě více ponořujícím zážitkem.

2 Plán fungování

Program, je napsán v programovacím jazyce Python. Python je programovací jazyk založený na programovacím jazyce C. Vybral jsem si jej pro tento projekt, protože je vcelku intuitivní a mám s ním již předchozí zkušenosti.

Jako první součástka bude mikrofón připojený k Raspberry pi. Ten se bude ideálně nacházet u reproduktoru, ze kterého bude vycházet zvuk potřebný k frekvenční analýze. Důvod, proč data nejsou brána rovnou z prohlížeče je takový, že stránky bývají chráněny před braním dat zvenčí. Další důvod je univerzaličnost. Přístroj by měl být použitelný bez ohledu, na to, co je zdroj zvuku (počítač, mobilní telefon, apod.). Jediné co potřebuje by měl být zdroj energie nejen pro sebe, ale i pro LED pásek a zdroj zvuku na frekvenční analýzu.

Zvuková data budou sbírána v reálném čase a současně na nich bude prováděna Fourierova transformace. Výsledná data z Fourierovy transformace se převedou na barvu v RGB podle předem určené stupnice v závislosti na nejvýznamější frekvencím která nám výjde z Fourierovy transformace. Získaná barva se následně pošle do LED pásky a k barvě se přidá i intenzita svitu, která se také získá z výsledků Fourierovy transformace.

Samotný LED pásek je jednometrový a nejlépe potřebuje vlastní napájení. Bylo by sice možné ho napájet i skrze Raspberry pi, ale proud, který by procházel by mohl Raspberry pi poškozovat, a snižovat jeho životnost, zároveň by se mohla snižovat efektivita přenosu energie a vznikalo by tak zbytečně přebitečné teplo.

Ve výsledku to má fungovat tak, že zdroj, bude zároveň napájet Raspberry Pi i samotný LED pásek. Kód pro datovou analýzu by se měl automaticky spustit po připojení ke zdroji, čímž by měl celý přístroj fungovat bez vnějšího zásahu.

3 Hardware

3.1 Raspberry pi zero WH

Raspberry pi zero WH je jeden z nízkonákladových minipočítačů od Britské společnosti Raspberry Pi Foundation viz obr. 1. Tento model jsem vybral z několika důvodů. Je poměrně malý a levnější než jiné varianty. Má Wi-Fi a Bluetooth, což v tomto projektu nemá využití, ale jedná se o dobré funkce, které by se dala využít, ale jedná se o dobrou věc, která se dá využít do budoucna. Nachází se na něm model procesoru Broadcom BCM2835, který by měl zvládat počítat Fourierovu transformaci. Také se na něm nachází dva microUSB porty, jeden na napájení a druhý na datový vztup a jeden miniHDMI konektor. Jako uležiště je zde microSD slot, ve kterém používám 16GB microSD kartu, ale je možno využít microSD kartu jakékoliv velikosti. Asi největší problémem je absence jacku, takže pro audio vztup je třeba zvuková karta. Na raspberry pi se nachází příslušný operační systém Raspberry Pi OS Lite (32-bit) nainstalovaný pomocí Raspberry Pi Imager v1.8.5. Pro práci s ním je na něm povolen vzdálený přístup pomocí SSH.

(*Raspberry Pi Zero Dokumentace* 2012)



Obrázek 1: Raspberry pi zero WH

3.2 Mikrofon

Pro použití mikrofonu je třeba použít zvukovou kartu s redukcí na microUSB pro převodění analogového signálu na signál digitální, se kterým pracuje raspberry pi.

Při testování jsem využíval mikrofon na herních sluchátkách Razer BlackShark V2 X s jack konektorem viz obr. 2.

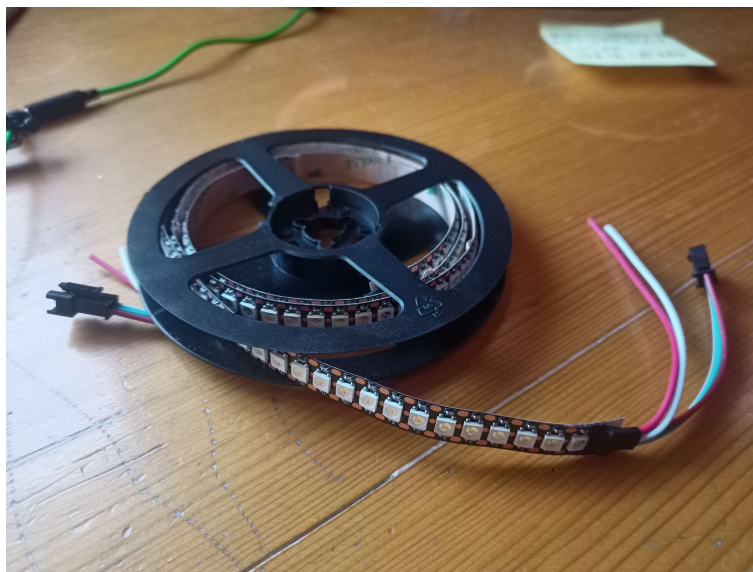


Obrázek 2: Razer BlackShark V2 X

3.3 LED pásek Neopixel WS2812B

WS2812B viz obr. 3 je typ LED pásku, který obsahuje integrované ovládání pro každou jednotlivou LED. Takto se dá ovládat každá LED individuálně, což poskytuje velkou volnost. Každá jednotlivá LED je schopna vytvářet barvu podle RGB, neboli 16777216 různých odstínů barev, s tím, že jde nastavit i svítivost celého pásku. Těchto vlastností budeme využívat při nastavování jednotlivých částí pásku a jeho svítivosti, podle zvukové analýzy.

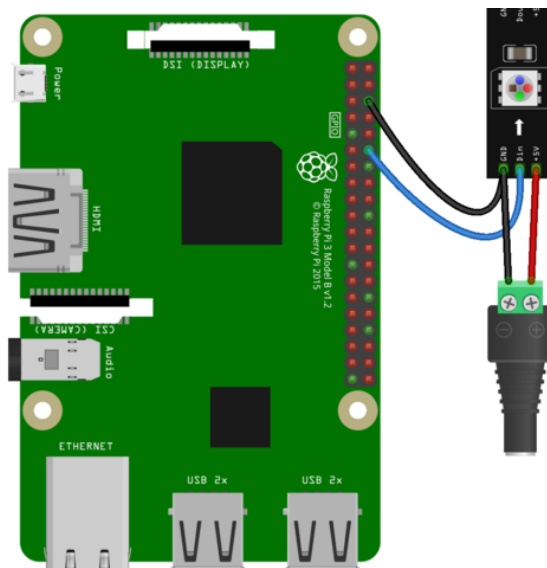
(Python & CircuitPython 2013-08-30)



Obrázek 3: Led pásek Neopixel WS2812B 144led/m IP30 1m černý

3.4 Schéma zapojení

Schéma je přispůsobeno tak, aby LED páska mohla jít na plný výkon a nemusel být omezen vlastnostmi raspberry pi pomocí externího zdroje.



Obrázek 4: Schéma zapojení

3.5 Design

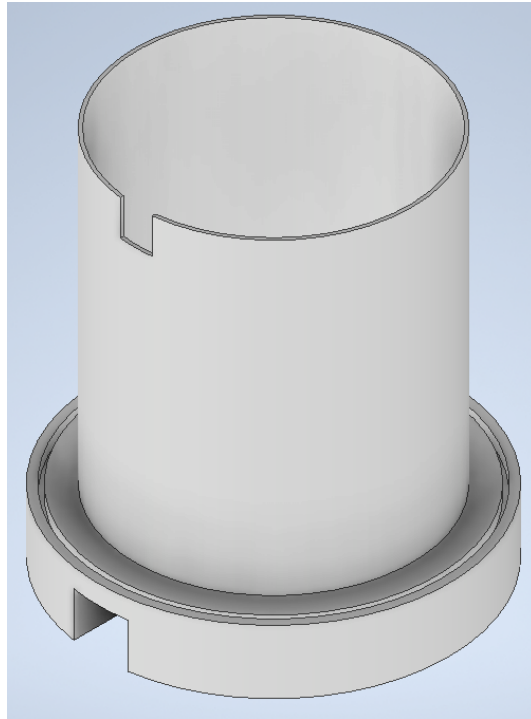
Krabička je dost velká pro umístění všech částí LED pásku po jejím obvodu. Je na ní drážka pro rozptylku. Zespoda je vytvořené místo pro vztup napájení raspberry pi a LED pásku. Vevnitř je připravené místo pro uložení raspberry pi.

Víčko je vytvořené, aby pasovalo ze shora na krabičku. Víčko má také drážku na rozptylku stejně jako krabička a navíc má i díru pro kabel od mikrofону.

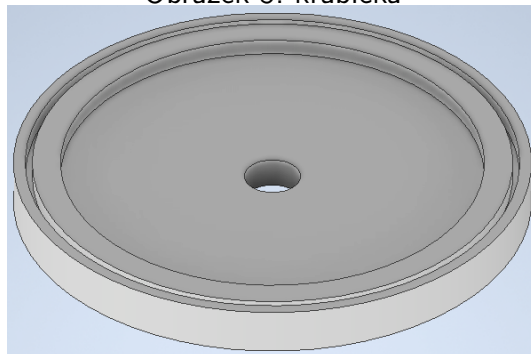
Modely byly vytvořeny pomocí aplikace Autodesk Inventor. Odkaz na github s 3D modely: https://github.com/gemegoCZ/RP_vacal/tree/main/inventor

Jako výrobní techniku jsem zvolil 3D tisk

- Slicer: PrusaSlicer
- Tiskárna: Tronxy X8
- Typ plastu: Generic PLA
- Kvalita vrstvy: 0.2mm



Obrázek 5: krabíčka



Obrázek 6: víčko

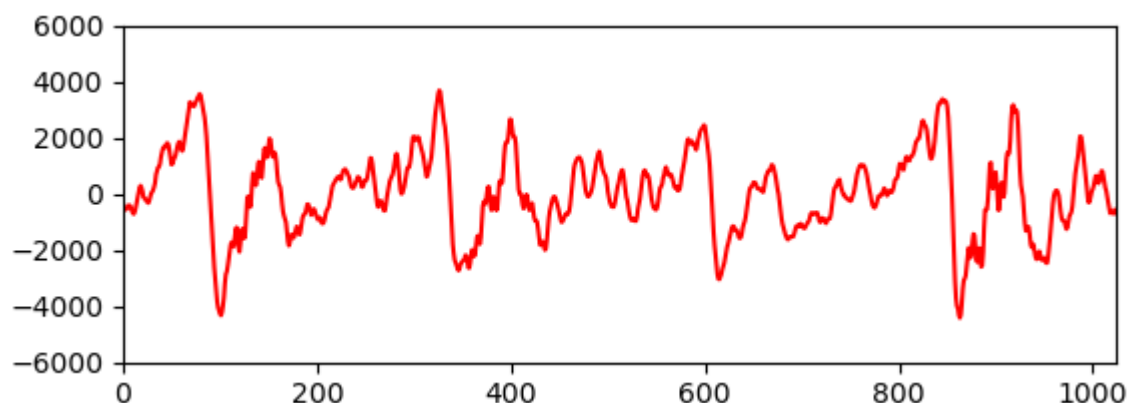
4 Datová analýza

Využité knihovny

```
import numpy as np
import pyaudio as pa
import struct
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.fft import rfft
from colorsys import hls_to_rgb
import board
import neopixel
```

4.1 Sběr dat

Na sběr dat využívám již zmíněný mikrofon společně s python knihovnu PyAudio, která nám dovolí pracovat se zvukem. Vstupní data musíme ještě převést do správného tvaru pro použití ve Fourierově transformaci. Příklad vstupních dat z mikrofonu viz obr. 7.



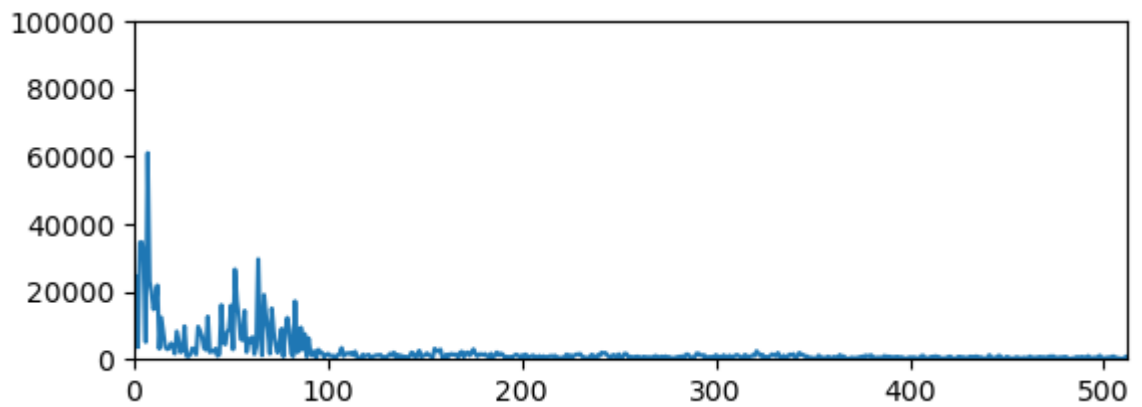
Obrázek 7: Zobrazení dat z mikrofonu

4.2 Rychlá Fourierova transformace

Pomocí Fourierovy transformace jsme schopni zjistit jaké, a jak intenzivní frekvence se nachází v dané zvukové stopě. Na to jsem využil rychlou Fourierovu transformaci v reálných číslech z python knihovny scipy pro co nejrychlejší průběh. Příklad výstupních dat z rychlé Fourierovy transformace viz obr. 8.

(*Fourier Transforms With scipy.fft: Python Signal Processing* 2012)

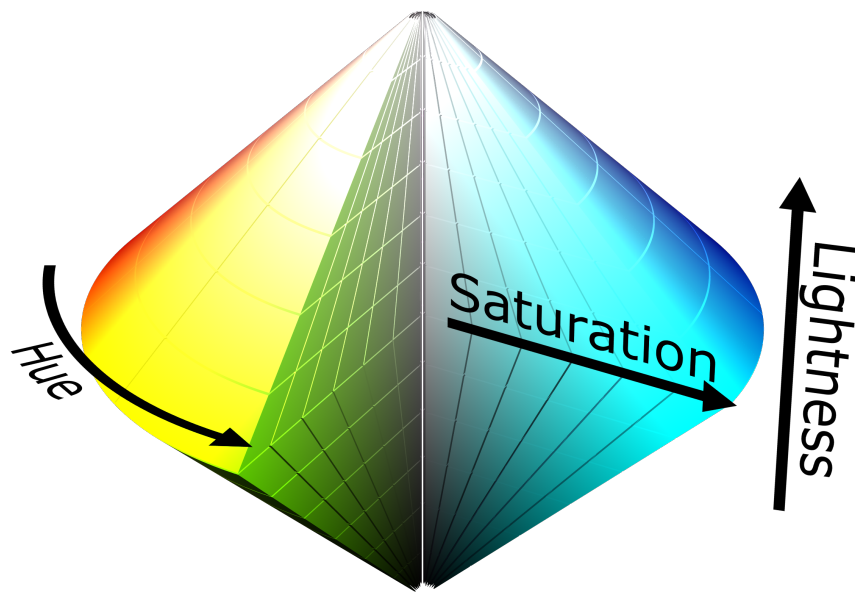
$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cdot e^{-i2\pi kn/N}$$
$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k \cdot e^{i2\pi kn/N}$$



Obrázek 8: Zobrazení dat z Fourierovi transformace

4.3 HSL

HSL (hue, saturation, lightness) je barevný model, který popisuje barvu pomocí tří parametrů: odstín, sytost a světlost. V kódu jsou zafixovány sytost a světlost, a odstín se mění podle dat z Fourierovy transformace. Následně se ještě převádí na RGB, které se vpisuje na LED pásek.



Obrázek 9: HSL

5 Závěr

Ve výsledku se jednalo o složitější věc než jsem očekával. I když výsledek je velice podobný očekávání, neobešlo se to bez komplikací. První větší problém byl špatný mikrofon s microUSB konektorem, kterého raspberry pi nebylo schopno nalést. Musel jsem tedy místo toho využít příslušnou zvukovou kartu.

Další komplikací byla python knihovna neopixel určená k ovládání LED pásky, kterou se mi nedařilo na raspberry pi stáhnout. To mě velice zpomalilo, protože jsem neočekával, že nahávání kódu na raspberry pi, a jeho následné spouštění bude takový veliký problém. Potíže byli i s jinými knihovnami, ale ani zdaleka tak velké jako u neopixel knihovny.

Seznam použité literatury a zdrojů informací

- Fourier Transforms With scipy.fft: Python Signal Processing* (2012). URL: <https://realpython.com/python-scipy-fft/> (cit. 30.04.2024).
- Python & CircuitPython* (2013-08-30). URL: <https://learn.adafruit.com/adafruit-neopixel-uberguide/python-circuitpython> (cit. 30.04.2024).
- Raspberry Pi Zero Dokumentace* (2012). URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html%5C#raspberry-pi-zero-w> (cit. 30.04.2024).