**Semestrální práce**

FIT ČVUT

BI-ARD

**Zařízení pro ovládání zvuku v počítači**

Matěj Sobotka

LS 2023/2024

Obsah

[1. Specifikace zadání 3](#_Toc166232310)

[2. Teoretický rozbor 4](#_Toc166232311)

[2.1. Seznam součástek 4](#_Toc166232312)

[2.2. Popis zařízení 4](#_Toc166232313)

[2.3. Schéma zapojení 5](#_Toc166232314)

[2.3.1. Druhá verze 5](#_Toc166232315)

[2.4. Popis práce programu na Arduinu 6](#_Toc166232316)

[2.5. Popis práce programu na počítači 6](#_Toc166232317)

[2.5.1. Třída CSerial 7](#_Toc166232318)

[2.5.2. Třída CVolume 8](#_Toc166232319)

[3. Obal zařízení 9](#_Toc166232320)

[3.1. Krytky enkodérů 9](#_Toc166232321)

[3.2. Vrchní část 10](#_Toc166232322)

[3.3. Dolní část 11](#_Toc166232323)

[4. Uživatelská příručka 12](#_Toc166232324)

[4.1. Před spuštěním programu na počítači 12](#_Toc166232325)

[4.2. Spuštění programu na počítači 12](#_Toc166232326)

[4.3. Průvodce prvotním nastavením 12](#_Toc166232327)

[4.3.1. Výběr sériového portu 12](#_Toc166232328)

[4.3.2. Využití a konfigurace seznamů aplikací 13](#_Toc166232329)

[4.4. Používání zařízení 15](#_Toc166232330)

[4.5. Reset 15](#_Toc166232331)

[4.6. Řešení problémů 15](#_Toc166232332)

[4.6.1. Program nelze spustit 15](#_Toc166232333)

[4.6.2. Žádný sériový port nebo nenalezené Arduino 15](#_Toc166232334)

[4.6.3. Zařízení nereaguje, nerozsvítily se led kruhy 15](#_Toc166232335)

[5. Závěrečná zpráva 16](#_Toc166232336)

[6. Seznam obrázků a tabulek 17](#_Toc166232337)

[7. Seznam použité literatury 18](#_Toc166232338)

1. Specifikace zadání

Cílem projektu je tvorba univerzálního ovladače zvuku v počítači s OS Windows. Modul je opatřen několika ovládacími prvky, pomocí kterých lze ovládat libovolné zvukové kategorie (hry, prohlížeče, VoIP, …). Ovládání zvuku na hostitelském počítači zpracovává aplikace, která přijímá data od modulu a zároveň je v ní možné vytvořit vlastní kategorie a přiřadit je k jednotlivým ovládacím prvkům.

1. Teoretický rozbor
   1. Seznam součástek

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Název** | **Typ** | **Počet (ks)** |
| Arduino Nano | Arduino Nano ATmega328 CH340G | 1 |
| Rotační enkodér | KY-040 | 3 |
| Neopixel led ring | WS2812B | 3 |

Tabulka 1: Seznam použitých součástek

* 1. Popis zařízení

Zařízení je vybaveno třemi rotačními enkodéry (dále jen enkodér). Při otáčení ve směru hodinových ručiček dochází ke zvyšování hlasitosti, při otáčení v opačném směru pak k snížení hlasitosti. Tyto rotační enkodéry jsou zároveň vybaveny tlačítkem, které zprostředkovává funkci okamžitého ztlumení. Kolem každého enkodéru je kruh led diod (dále jen led kruh), který signalizuje aktuální úroveň hlasitosti, případně červeně signalizuje, že je aktivováno ztlumení.

O komunikaci s hostitelským počítačem (dále jen počítač) se stará deska Arduino Nano (dále jen Arduino), ke které je připojeno 6 součástek (3x enkodér a 3x led kruh). Komunikace mezi počítačem a Arduinem probíhá přes integrovaný USB port na Arduinu a využívá sériovou linku.

Celé zařízení je uložené v plastové schránce a tisknutelné modely budou volně dostupné se stažení.

* 1. A diagram of a circuit board

     Description automatically generatedSchéma zapojení

Obrázek 1: Schéma zapojení

Piny A a B na všech enkodérech vyžadují pull-up rezistory, které budou řešeny interně v Arduinu, a proto nejsou v schématu zakresleny.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Arduino PIN** | **Součástka PIN** | **Součástka** | **Arduino PIN** | **Součástka PIN** | **Součástka** |
| D7 | 4 (BTN) | Enkodér 0 | D12 | 4 (BTN) | Enkodér 2 |
| D2 | A | Enkodér 0 | D4 | A | Enkodér 2 |
| D5 | B | Enkodér 0 | D13 D10 | B | Enkodér 2 |
| D8 | 4 (BTN) | Enkodér 1 | D9 | IN | Led kruh 0 |
| D3 | A | Enkodér 1 | D10 | IN | Led kruh 1 |
| D6 | B | Enkodér 1 | D11 | IN | Led kruh 2 |

Tabulka 2: Zapojení pinů

* + 1. Druhá verze

Oproti prvnímu schématu došlo k drobné změně z důvodu usnadnění práce s drátky v tisknutelné krabičce. Led kruhy jsou nově zapojené sériově a využívají pouze jeden drát pro připojení k Arduinu. Tímto pinem je pin D9, led kruh 1 má napojený pin IN na pin OUT led kruhu 0 (analogicky pro led kruh 2 a 1). Druhou změnou je využití obou GND pinu Arduina. Do jednoho jsou svedené GND piny od led kruhů, do druhého pak GND piny enkodérů. Nevyužité piny a změny jsou vyznačeny červenou barvou v tabulce.

* 1. Popis práce programu na Arduinu

Celý program je napsaný v jazyce C++ pomocí Arduino IDE. Důležitou součástí je knihovna *Adafruit Neopixel[[1]](#footnote-1)*, která se umožňuje ovládat led kruhy pomocí jednoho drátu. Kód bude dostupný na mém osobním GitHubu[[2]](#footnote-2).

Program pracuje s informacemi získanými z enkodérů. Pokud dojde ke změně, tj. uživatel otočí enkodérem nebo zmáčkne odpovídající tlačítko program vyšle přes sériovou linku příkaz ve formátu *ID:CH:BTN*, kde *ID* značí identifikační číslo enkodéru (0, 1, 2), *CH* značí změnu, neboli pokyn na zvýšení, či snížení hlasitosti (+/-) a *BTN* značí, zda-li došlo ke stisku tlačítka enkodéru, které vyvolá funkci mute. Otočení enkodérem je detekováno přes změnu stavu z HIGH na LOW na pinu A, směr otáčení je pak detekováno pomocí hodnoty na pinu B (pokud je HIGH, hlasitost se zvýší, v opačném případě se sníží). Stisk tlačítka je pak detekován změnou stavu z HIGH na LOW na pinu 4 enkodéru.

Zároveň program zobrazuje informace o aktuální úrovni hlasitosti pomocí led kruhů kolem jednotlivých enkodérů (prvotní informace při zapnutí/připojení získá od počítače). Pokud je aktivována funkce mute, všech 8 led diod svítí červeně. Led diody se rozsvěcují postupně, ale skokově po 6 bodech hlasitosti a to následujícím způsobem: 1-6 = 50% jas, 7-12 = 100% jas. Pokud hlasitost přesáhne násobek 12, rozsvítí se další led dioda.

* 1. Popis práce programu na počítači

Program je psaný v jazyce Python a rozdělen do několika souborů pro možnou modularitu. Důležitou součástí jsou knihovny *comtypes[[3]](#footnote-3)*, *pycaw[[4]](#footnote-4)*, *serial[[5]](#footnote-5)*.

Jelikož je program členěn do několika součástí, je možné v budoucnu přidat třídu CVolume pro linux a mac se stejným rozhraním jako CVolume pro Windows.

Zároveň je možné nahradit třídu CSerial jinou, která bude například zprostředkovávat bezdrátovou komunikaci nebo koumunikaci přes jiný protokol. Celý kód bude také dostupný na mém osobním GitHubu[[6]](#footnote-6).

Uživatel nastavuje program v příkazové řádce, příkazy budou uvedeny v uživatelské dokumentaci.

V případě OS Windows program modifikuje vestavěný volume mixer, pomocí kterého je možné ovládat jednotlivé aplikace, které přehrávají zvuk. V programu se konfiguruje, jaký enkodér přísluší jaké aplikace nebo aplikacím a je ošetřeno, že pokud nakonfigurovaná aplikace zrovna neběží, program nespadne. Zároveň je umožněno měnit hlasitost hlavního zvukového výstupu.

Pokud dojde k odpojení zařízení, program tuto skutečnost pouze konstatuje a pokusí se o znovunavázaní spojení, případně má uživatel možnost spojení inicializovat znova. Při úspěšném navázaní spojen í dochází k synchronizaci s Arduinem pomocí příkazů ve formátu *ID:VOL*, kde *ID* značí číslo enkodéru a *VOL* aktuálně nastavenou úrověň zvuku v počítači.

Hlavní část programu pouze rozděluje příchozí příkazy a o samotnou konfiguraci se starají jednotlivé třídy. V třídě CVolume jsou předdefinované seznamy aplikací, ale uživatel si přirozeně může vytvořit svoje, a to opět přes příkazovou řádku. V budoucnu je plánované udělat grafickou nadstavbu, která bude uživatelsky přívětivější.

* + 1. Třída CSerial

Třída s jednoduchým rozhraním, při inicializaci se specifikuje sériový port, na který je zařízení připojeno (opět pomocí výběru skrze příkazovou řádku).

Třída dále obsahuje metody *readData()* a *writeData(data)*. Při čtení dat jsou návratovou hodnotou samotná data uložená jako string, v případě posílání dat jsou data konvertována na string a následně odeslána.

* + 1. Třída CVolume

Tato třída má již složitější rozhraní a stará se o samotnou úpravu nativního volume mixeru v OS Windows. Při inicializaci se pouze načte aktuální výstupní zařízení a jsou funkční metody *getMasterState()*, *toggleMasterState()*, *setMasterState(int)*, *getMasterVolume()*, *setMasterVolume(int)*, *setMasterVolumeNative(int)*, *setMasterVolumeIncNative(int)*, *setMasterVolumeDecNative(int)*. State zde reprezentuje funkci mute. Pokud je state nastaven do úrovně 1, zařízení nebo aplikace jsou ztlumeny.

Poslední tři metody jsou obzvláště důležité, jelikož v základu je úroveň hlasitosti reprezentována jako hodnota z intervalu a škála není lineární. Tyto metody pak zaručují, že dochází ke správnému zvýšení nebo snížení hlasitosti v souladu s otáčením enkodéru.

Metody pro práci se seznamy aplikací jsou analogické k metodám pro práci s výchozím zvukovým výstupem. Jediným rozdílem je, že metody pro aplikace nastavují a vracení úroveň hlasitosti v procentech vůči hlavnímu zvukovému výstupu.

Všechny metody mají ošetřené vstupy tak, aby program nespadl, ale případně vyvolal výjimku nebo nesprávný vstup ignoroval. Vlastní popis metod se nachází přímo v kódu, a proto je zde nebudu popisovat.

1. Obal zařízení

Volně dostupné jsou také 3D modely krabičky zařízení, které lze vytisknout na 3D tiskárně. Dále jsou k dispozici tisknutelné krytky enkodérů.

Krabička se skládá ze dvou část popsaných níže. Ke spojení dochází zasunutím podlouhlých „pinů“, které se zasunou do připravených otvorů a krabička tak drží pohromadě pomocí třecí síly. Díky tomuto přístupu odpadá nutnost využití lepidla.

Všechny části jsou tisknutelné bez podpěr a z libovolného plastu. V mém případě jsem využil PLA plast, pro dlouhodobější životnost výtisku doporučuji tisknout z PETG, který tak významně nepodléhá mechanickému napětí a je stabilní po delší dobu (nestane se tak, že po několika oddělení krabičky nebude krabička držet pohromadě).

* 1. Krytky enkodérů

A group of white objects on a checkered surface

Description automatically generatedKrytky enkodérů jsou pouze nasunuté na hřídele. Aby nedocházelo k nechtěným pohybům na hřídelích, je využito rozpojení uprostřed hřídele *viz obrázek 2*. Pro zajištění pohodlného otáčení enkodérem mají tyto krytky texturu a nejsou hladké (podobně jako ovládání zvuku v automobilech).

Obrázek 2: krytky enkodérů

* 1. Vrchní část

A white rectangular object with holes

Description automatically generatedVrchní část obsahuje tři větší díry sloužící k vsunutí jednotlivých enkodérů, které jsou z vrchu upevnění pomocí obyčejných matek dodávaných společně se součástkami. Zároveň tato část obsahuje po osmi menších dírách kolem jednotlivých enkodérů, přes které svítí led diody. Jelikož led diody svítí velmi jasně i při malé úrovni jasu, je mezi led kruh a horní desku vložen led difuzér vytištěný z průsvitného PLA plastu, který zjemňuje světlo.

Obrázek 3: vrchní část krabičky

A blueprint of a machine

Description automatically generated

Obrázek 4: vrchní část krabičky – rozměry

A circle with lights on it

Description automatically generatedDifuzér i samotné led kruhy drží na svých místech pomocí pinů vyvedených z horní desky a ze spodu je drží enkodéry.

Obrázek 5: průsvitný difuzér

* 1. Dolní část

A white rectangular object with a white stripe

Description automatically generatedDolní část obsahuje na horní straně otvory, do kterých se zasune část horní, otvor ze zadní strany pro USB kabel sloužící k napájení Arduina a ke komunikaci s počítačem a sérii drážek, které drží Arduino ve správné pozici. Krabička je zároveň nakloněna pod úhlem 15° směrem k uživateli.

Obrázek 6: dolní část krabičky

1. Uživatelská příručka
   1. Před spuštěním programu na počítači

Před spuštěním programu je nutné připojit Arduino pomocí USB portu k počítači. Pro zajištění optimální funkcionality je doporučeno nepoužívat USB huby, rozbočovače a extendery, ale připojit Arduino přímo do počítače (je možné využít jak přední, tak zadní USB porty).

Před postupem k dalšímu kroku je doporučeno počkat několik sekund než dojde ke spuštění Arduina.

* 1. Spuštění programu na počítači

Program je možné spustit buď jako Python script v adresáři *src* příkazem *python3* *./main.py*. Předpokládá se správná konfigurace systémové proměnné PATH.

Je nezbytné mít nainstalované moduly *pycaw*, *serial* a *comtypes*. Předpokládá se nainstalovaný Python 3 verze alespoň 3.8, další moduly se nainstalují například pomocí příkazu *pip install pyserial pycaw comtypes* v příkazové řádce.

* 1. Průvodce prvotním nastavením
     1. Výběr sériového portu

A screenshot of a computer

Description automatically generatedPo spuštění se zobrazí menu vyzívající k výběru sériové linky. Typicky se jedná o název sériového převodníku, které umožňuje komunikaci s Arduinem.

Obrázek 7: Výběr sériového portu

* + 1. Využití a konfigurace seznamů aplikací

A screenshot of a computer

Description automatically generatedNásleduje dotaz, zda-li budou využité seznamy aplikací. V případě nevyužití tímto konfigurace končí a spustí se hlavní program. Po rozsvícení led kruhu na ovladači je zařízení připraveno k použití.

V případě využití seznamu aplikací konfigurace pokračuje nabídkou využití předdefinovaných seznamů aplikací, případně volba vytvoření vlastních seznamů.

Obrázek 8: Nevyužítí seznamu aplikací, volba N

A screenshot of a computer

Description automatically generatedPři výběru předdefinovaných seznamů aplikací zde konfigurace končí a po rozsvícení led kruhů na ovladači je zařízení připraveno k použití.

Obrázek 9: Využití předdefinovaných seznamů aplikací

A screenshot of a computer

Description automatically generatedPokud je zvolena možnost vytvoření vlastních seznamů aplikací, konfigurace pokračuje a zobrazí se aktuálně spuštěné aplikace a program nás vyzve k zadání pořadových čísel. Zobrazí se pouze aplikace, které mají aktivovaný zvukový výstup.

Obrázek 10: Přídání aplikací do seznamu

Následuje dotaz na vytvoření dalšího seznamu. Maximálně můžou být vytvořené 3 seznamy aplikací. Při dosažení maximálního počtu nebo při rozhodnutí nevytvářet další seznamy následuje konfigurace přiřazení enkodérů.

A screenshot of a computer

Description automatically generatedProgram se dotáže na nové přiřazení, přiřazení se následně vytvoří pomocí spojení čísla enkodéru a seznamu aplikací a celý proces se opakuje. K ukončení procesu přiřazování dojde rozhodnutím se nenastavit další přiřazení. Konfigurace je tímto dokončena.

Obrázek 11: Přiřazení seznamu aplikací k enkodéru

* 1. Používání zařízení

Po dokončení prvotního nastavení je program a zařízení připraveno k použití. Pokud nebylo nastaveno žádné přiřazení enkodéru k aplikacím, je nastaven a zapnut pouze první enkodér (z leva), který ovládá hlavní zvukový výstup.

Pokud byla zvolena volba použití již předdefinovaných seznamů, první enkodér ovládá komunikační aplikace, druhý aplikace pro poslech hudby a třetí internetové prohlížeče.

Pokud byly vytvořeny vlastní seznamy aplikací, jsou aktivní pouze ty enkodéry, ke kterým byly tyto seznamy přiřazeny.

U všech těchto případů platí, že otočení enkodéru ve směru hodinových ručiček zvýší hlasitost, otočení proti směru hlasitost sníží a stisknutí tlačítka enkodéru vyvolá funkci ztlumení.

* 1. Reset

Pro reset zařízení stačí restartovat spuštěný program a projít prvotní konfigurací.

* 1. Řešení problémů
     1. Program nelze spustit

Zkontrolujte, zda v počítači je nainstalován Python 3 verze alespoň 3.8 a jsou nainstalované veškeré potřebné moduly *pyserial*, *pycaw*, *comtypes*.

Zkontrolujte, že máte stažené všechny *.py* soubory, jsou umístěné ve stejné složce a že spouštíte *main.py* a ne jiný soubor.

* + 1. Žádný sériový port nebo nenalezené Arduino

Zkontrolujte, jestli máte v počítači nainstalované správné ovladače pro zvolené Arduino (stáhnutelné ze stránek výrobce).

* + 1. Zařízení nereaguje, nerozsvítily se led kruhy

Zkuste Arduino odpojit a znovu připojit, několik sekund počkat a pak spustit program.

1. Závěrečná zpráva

Jelikož Arduino Nano má pouze 2 interrupt piny, nemohl jsem tuto funkcionalitu použít, a proto byl kladen důraz na jednoduchost a efektivitu psaného kódu. Při delším zpracování samotných funkcí by totiž mohlo dojít k nežádoucímu ignorování vstupu z enkodérů.

Co se týče samotné počítačové aplikace, byl kladen důraz na možnou rozšiřitelnost na jiné operační systémy a možnost využití jiných komunikačních protokolů, než je sériová linka za předpokladu dodržení stanovených rozhraní implementovaných tříd.

Hlavním problémem, na který jsem při práci narazil, je nekonzistence v minimální úrovni zvuku v různých počítačích. Tuto odchylku jsem se pokusil minimalizovat pomocí vhodné aproximace použitých logaritmických a exponenciálních funkcí při přepočtu hodnot zvuku v dB na hodnoty v procentech. Bohužel jsem ale mírné odchylky zaznamenal i na malém vzorku 3 počítačů s OS Windows. V tomto případě byla odchylka zhruba 1 %.

Z časových důvodu není ke dni odevzdání implementováno uložení a načtení nastavení, které bude implementováno později a není připraven spustitelný *exe* soubor.

V ostatních částech semestrální práce jsem na problémy nenarazil a tímto považuji základní verzi tohoto projektu za dokončenou. Všechny následující úpravy budou publikovány na GitHubu, kde budu rád za veškeré podněty ke zlepšení a vylepšení tohoto projektu.

1. Seznam obrázků a tabulek

[Obrázek 1: Schéma zapojení 5](#_Toc166232339)

[Obrázek 2: krytky enkodérů 9](#_Toc166232340)

[Obrázek 3: vrchní část krabičky 10](#_Toc166232341)

[Obrázek 4: vrchní část krabičky – rozměry 10](#_Toc166232342)

[Obrázek 5: průsvitný difuzér 11](#_Toc166232343)

[Obrázek 6: dolní část krabičky 11](#_Toc166232344)

[Obrázek 7: Výběr sériového portu 12](#_Toc166232345)

[Obrázek 8: Nevyužítí seznamu aplikací, volba N 13](#_Toc166232346)

[Obrázek 9: Využití předdefinovaných seznamů aplikací 13](#_Toc166232347)

[Obrázek 10: Přídání aplikací do seznamu 14](#_Toc166232348)

[Obrázek 11: Přiřazení seznamu aplikací k enkodéru 14](#_Toc166232349)

[Tabulka 1: Seznam použitých součástek 4](#_Toc166232350)

[Tabulka 2: Zapojení pinů 5](#_Toc166232351)

1. Seznam použité literatury

(https://www.arduino.cc/reference/en/, nedatováno)

(https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/serial/, nedatováno)

(https://github.com/pyserial/pyserial, nedatováno)

(https://github.com/AndreMiras/pycaw, nedatováno)

(https://github.com/enthought/comtypes, nedatováno)

(https://github.com/adafruit/Adafruit\_NeoPixel, nedatováno)

1. <https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoPixel> [↑](#footnote-ref-1)
2. <https://github.com/CZMates00/volumeControlArd> [↑](#footnote-ref-2)
3. <https://github.com/enthought/comtypes> [↑](#footnote-ref-3)
4. <https://github.com/AndreMiras/pycaw> [↑](#footnote-ref-4)
5. <https://github.com/pyserial/pyserial> [↑](#footnote-ref-5)
6. <https://github.com/CZMates00/volumeControlArd> [↑](#footnote-ref-6)