



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

IMPLEMENTACE ZÁKLADNÍ INFRASTRUKTURY PRO STREAMING ZVUKU Z MIKROFONU DO CLOUDU

IMPLEMENTATION OF THE INFRASTRUCTURE FOR MICROPHONE AUDIO STREAMING INTO THE CLOUD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Dvořák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vojtěch Zvončák, Ph.D.

BRNO 2023



Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Audio inženýrství**
specializace Zvuková produkce a nahrávání
Ústav telekomunikací

Student: Petr Dvořák

ID: 221465

Ročník: 3

Akademický rok: 2022/23

NÁZEV TÉMATU:

Implementace základní infrastruktury pro streaming zvuku z mikrofону do cloudu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Práce si dává za cíl uskutečnit real-time přenos zvukového signálu zachyceného pomocí mikrofónu a platformy Raspberry Pi do cloudu. V cloudu budou zvukové nahrávky dále vhodně uloženy pro další zpracování. Cílem práce je navrhnout a otestovat prototyp, který bude brát v úvahu výběr mikrofónu a předzpracování zvuku, bateriové napájení a výdrž, typ síťové technologie a nakonec nastavení infrastruktury cloudu. Důležitým faktorem je co možná nejnižší komplexita řešení (hardware) a efektivní využití stávajících služeb s ohledem na cenu (cloud). Poslední částí práce je srovnání zhotoveného řešení s nabídkami na trhu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] HALFACREE, Gareth, 2020. The Official Raspberry Pi Beginner's Guide 2020: How to use your new computer. 4. Cambridge, England: Raspberry Pi Press. ISBN 9781912047734
- [2] BRIKMAN, Yevgeniy, 2019. Terraform: Up & running: Writing infrastructure as code. 2. Sebastopol, CA: O'Reilly Media. ISBN 9781492046905

Termín zadání: 6.2.2023

Termín odevzdání: 26.5.2023

Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Zvončák, Ph.D.

doc. Ing. Jiří Schimmel, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce má za úkol vytvořit funkční základní infrastrukturu pro přenos zvukového záznamu zachyceného mikrofonom, dále zpracovávaného mikropočítačem Raspberry Pi a následně zaslaného na cloudové úložiště. Cílem práce je vytvořit prototyp schopný zpracovat zvukovou nahrávku do požadovaného formátu a s vhodnou kvalitou. Práce má brát v potaz možnost napájení baterií, výdrž zařízení připojeného na baterii, typ síťové technologie a možnosti v nastavení cloudového úložiště. Je kladen důraz na jednoduchost, funkčnost a porovnání s nabídkou podobných zařízení na trhu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mikrofon, technika, systém, Raspberry Pi, infrastruktura, databáze, záznam, AWS, kód, knihovna, Python, skript.

ABSTRACT

The task of this bachelor's thesis is creation of simple and functional infrastructure designated for recording and transmission of an audio recording captured by microphone and processed by Raspberry Pi. Final output file is then transferred to cloud storage. The goal of the thesis is making a prototype capable of processing a sound recording into required format and with suitable quality. The work should consider possibility of charging the system with battery, type of used network technology and setup of the cloud storage. Prototype should be simple and functional. Importance is comparing the infrastructure with similar devices on the market.

KEYWORDS

Microphone, technique, system, Raspberry Pi, infrastructure, database, recording, AWS, code, library, Python, script.

DVOŘÁK, Petr. *Implementace základní infrastruktury pro streaming zvuku z mikrofonu do cloudu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2022, 66 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Zvončák, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení autora: Petr Dvořák
VUT ID autora: 221465
Typ práce: Bakalářská práce
Akademický rok: 2022/23
Téma závěrečné práce: Implementace základní infrastruktury pro streaming zvuku z mikrofonu do cloudu

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora*

*Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing.Vojtěchu Zvončákovi, Ph.D. za směrování v dalším postupu v práci, trpělivost a za jeho drahocenný čas.

Obsah

Úvod	19
1 Základní problematika a principy snímání zvuku dvěma mikrofony	21
1.1 Stereofonní záznam	21
1.1.1 Šíření zvuku, lokalizace a práce s prostorem	21
1.1.2 Šíření zvuku venku	22
1.1.3 Rušení nahrávky	22
1.2 Mikrofony	23
1.2.1 Referenční bod a osa	23
1.2.2 Citlivost a směrová charakteristika	23
1.2.3 Vlastní šum mikrofону a ekvivalentní hladina šumu	24
1.2.4 Výsledný dojem	24
1.2.5 Příslušenství	25
1.2.6 Konstrukce mikrofونů	26
1.3 Mikrofonní techniky	27
1.4 Mikrofonní techniky používající dva mikrofony	27
1.4.1 Systém XY	27
1.4.2 Systém AB	28
1.4.3 Systém ORTF	29
1.4.4 Systém MS	29
1.4.5 Systém OSS	30
1.5 Mikrofonní techniky používající tři a více mikrofونů	31
1.5.1 Systém Decca tree	31
1.5.2 Systém OCT Surround	32
2 Jednodeskový počítač Raspberry Pi a jak s ním pracovat	33
2.1 Co je to Raspberry Pi	33
2.2 Historie Raspberry Pi	34
2.3 Čím disponuje Raspberry Pi	35
2.3.1 Software	35
2.3.2 Hardware	35
2.3.3 Konektory	37
2.4 Příslušenství a rozšiřující desky	38
2.4.1 Kamera	38
2.4.2 Displej	39
2.4.3 HAT	39
2.4.4 Gertboard	40

3	Základní infrastruktura pro streaming zvuku mikrofonu do cloudu	41
3.1	Podoba streamovací infrastruktury	41
3.2	Mikrofony použité pro streaming	42
3.3	USB zvuková karta	42
3.4	Raspberry Pi	42
3.4.1	Skript po spuštění, Cron úkon, systemd	43
3.4.2	Kód nahrávací sekvence	44
3.4.3	Databáze Raspberry Pi	44
3.5	Cloudová platforma AWS	44
3.5.1	Credentials	45
3.5.2	API Gateway	45
3.5.3	Lambda	45
3.5.4	S3	45
4	Řešení infrastruktury a získané výsledky	47
4.1	Instalace operačního systému a nástrojů potřebných k vytvoření in- frastruktury	47
4.2	Řešení kódu nahrávajícího a zpracovávajícího zvukový záznam	48
4.2.1	Kód zpracovávající vstupní podmínku	48
4.2.2	Kód nahrávání do audio souboru	49
4.2.3	Kód pro uložení souboru do databáze	49
4.2.4	Kód spouštěcí zálohování na cloudové platformě	50
4.2.5	Kód pro samostatné zpracování do nahrávky	51
4.3	Automatizace kódu a zkoumání možnosti překrývajícího nahrávání	51
4.4	Vnitřní struktura na cloudové platformě AWS	51
4.5	Možnosti zařízení a porovnání s podobnými přístroji	52
4.6	Zhodnocení nahrávací infrastruktury	53
	Závěr	55
	Literatura	57
	Seznam symbolů a zkratk	61
	Seznam příloh	63
A	Soubory obsažené v zip příloze	65
A.1	Kód infrastruktury	65
A.2	Printscreeny a log proběhlých skriptů	65
A.3	Příklad zvukových nahrávek a soubor databáze	66
A.4	Konfigurační soubory systemd	66

Seznam obrázků

1.1	Vybrané směrové charakteristiky mikrofonů	24
1.2	System XY	28
1.3	System AB	28
1.4	System ORTF	29
1.5	System MS	30
1.6	System OSS	30
1.7	System Decca tree	31
1.8	System OCT Surround	32
2.1	Raspberry Pi 400	37
2.2	Raspberry Pi Zero	37
2.3	Raspberry Pi Pico	37
2.4	Popis konektorů Raspberry Pi 2B	38
3.1	Diagram streamovací infrastruktury	41
4.1	Schéma nahrávacího kódu	48
4.2	Návrh request požadavku na API	50
4.3	Návrh AWS infrastruktury	52

Seznam tabulek

1.1	Porovnání konstrukce mikrofonů	26
2.1	Porovnání modelů Raspberry Pi	36

Úvod

Úspora času, práce a energie je v dnešní době více než vítaná. Systémy se zjednodušují, vynechávají se nepotřebné a někdy i méně potřebné kroky, které jinak stojí hodně úsilí a času. V nedávné historii se data často zálohovala na kompaktní disky, diskety nebo například na VHS kazety. Později jsme se přesunuli k technologiím menším, spolehlivějším a také rychlejším, jako jsou například USB flash paměti, pevné disky, a ještě rychlejší SSD disky. Tyto technologie používáme do dnes, avšak v nedávné době začali lidé dávat přednost cloudovým úložištím. Cloudová úložiště zasahují do našich životů a přináší nám zjednodušení ve formě automatické či manuální zálohy osobních i uživatelských dat, a to vše se děje v reálném čase. Takže jediné co potřebujete, je zařízení připojené k internetu, které Vámi vybrané data zálohuje.

Výstupem semestrální práce bylo prozkoumání teorie přenosu zvukové nahrávky ambietního zvuku pořízeného dvojicí mikrofónů ve venkovních prostorách a to za pomoci malého jednodeskového počítače Raspberry Pi.

Tato bakalářská práce má za úkol navázat na semestrální práci a vytvořit fungující infrastrukturu, která manipuluje s nahraným záznamem a pomocí internetové sítě přenese nahrávku na platformu AWS. Dalším cílem této práce je posouzení daného systému a jeho použitelnost v porovnání s podobnými zařízeními.

Výstupem bakalářské práce je infrastruktura pro nahrávání, která pracuje pomocí python kódů nahrávací sekvence v Raspberry Pi, jež je nahrávána díky mikrofónu připojenému k USB zvukové kartě, která je zapojena na přímo do mikropočítače. Následně je nahrávka skriptem uložena do databáze v Raspberry Pi a odtud přemístěna na cloudovou platformu Amazon Web Services. Uložená data v Raspberry Pi jsou po přenosu vymazána.

1 Základní problematika a principy snímání zvuku dvěma mikrofony

1.1 Stereofonní záznam

Stereofonní či také binaurální záznam je součástí života každého člověka. Konkrétně taková dokonalá stereofonní mikrofonní soustava jsou lidské uši a sluchový nerv přenášející informace k zpracování do mozku. Tento systém se stará nejen o předávání cenných informací o prostoru kolem jedince, ale také dokáže určit, odkud a kam se zvuk v prostoru šíří a díky tomu je člověk schopen lokalizovat zdroj zvuku. Podtématem této práce je ambientní stereofonní nahrávání, a tak je důležité zmínit jak se zvuk v prostorech šíří a jak s ním pracovat.

1.1.1 Šíření zvuku, lokalizace a práce s prostorem

Jelikož každodenní život člověka doprovází vzduch, tak základní vlastností šíření zvuku je jeho rychlost šíření v plynech, která se vypočítá pomocí přibližného vztahu jako:

$$c_0 = 331,6 + 0,61\vartheta \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}], \quad (1.1)$$

kde ϑ je teplota vzduchu ve stupních Celsia. Uvažovaný barometrický tlak je $p_{00} = 1013 \text{ hPa}$.

Určování směru odkud zvuk přichází, je možné díky pozorování rozdílů v úrovni, fázi a spektrálním složení zvuku. Důležitým faktorem, který tento směr určuje, je časové zpoždění, jež se dá také vyjádřit jako závislost uražené dráhy ku rychlosti šíření zvuku.

Pokud dojde k dopadu zvuku na jedno ucho o více než 15 ms dříve než na ucho druhé, dokáže mozek rozlišit, na které ucho zvuk dopadl jako první, a tím také ze kterého směru zvuk přichází.

Co se týká rozpoznání směru v prostoru, hrají zde velkou roli dva stěžejní parametry místnosti. Prvním z nich je velikost místnosti a druhým z nich je pohltivost stěn popřípadě vybavení umístěné v místnosti.

V malé místnosti zvuk urazí krátkou vzdálenost, a tak je i jeho doba přenosu kratší. K člověku je doručen čistý signál, a díky tomu je snazší podrobnější lokalizace zdroje zvuku. Ve velké místnosti se zpoždění navraceného zvuku zvětšuje a je jednoduché určit ze které strany zvuk přichází, avšak jeho přesná lokalizace nemusí být možná.

Pohltivost zvuku v místnosti závisí nejvíce na povrchu stěn a na množství překážek, jež zvukové vlně stojí v cestě. Pokud je místnost vyplněna nerovnými překážkami nebo je odhlučněna, k posluchači se vrátí čistý signál o menší intenzitě, a tak je snadné určit polohu zdroje zvuku, avšak pouze orientačně. Naopak, když je místnost úplně prázdná a zdi nepokrývá pohltivý materiál, tak pak dochází k odrazům a znásobení původního signálu a zvuk ztrácí svoji intenzitu pomaleji. Vrácení znásobeného signálu pak posluchači způsobuje obtíže i s rozeznáním směru, ze kterého zvuk přichází.

K vytvoření této podkapitoly byl převzat a upraven text z [1, 2, 3, 4].

1.1.2 Šíření zvuku venku

Jelikož bude teorie navazující bakalářská práce zaměřená na zpracování ambientních nahrávek ve venkovním terénu, je vhodné se zmínit o šíření zvuku ve venkovních prostorech.

Ideálním případem je šíření zvuku na otevřeném prostranství, třeba na poli, kde nedochází takřka vůbec k žádným odrazům, a tak je zaznamenáván pouze čistý signál zdroje. Oproti tomu velké vodní plochy, či skalní útvary fungují jako hladké zdi místnosti, po kterých se zvuk nese a odráží, a tak dochází k vytvoření ozvěn a znásobení signálu.

1.1.3 Rušení nahrávky

Rušení záznamu může být různého typu. Může se jednat o rušení frekvenčním zkreslením, maskováním zvuků, fázovým zkreslením nebo třeba ozvěnou.

V rámci nahrávání v uzavřených nebo i venkovních prostorech pak může vznikat parazitické rušení, jež bývá způsobováno dalším zdrojem zvuku. Takové rušení je nazýváno jako hluk pozadí a většinou se jedná o rušivý vliv způsobený prostředím.

V uzavřených místech to může být například rušení hlukem klimatizace, či stropních větráků. V případě záznamu například více než jednoho hudebního nástroje, je nutno dbát na případné přeslechy nebo na odposlechy umělců, aby mezi jejich odposlechem a mikrofonem, nevznikla rušivá vazba.

Co se pak týká venkovních prostorů, zde jsou hlukem pozadí vlivy, jako je doprava nebo přírodní jevy.

Ne vždy je ale rušení závadné. Příkladem je tato bakalářská práce, která bude teoreticky věnována ambientnímu nahrávání pomocí infrastruktury používající Raspberry Pi a cloudové úložiště. Ambientní nahrávání má za úkol zachytit prostor se všemi zvuky, které tento prostor naplňují a vytváří tak jeho charakter.

Informace pro tuto podkapitolu byly získány z [2, 3, 4].

1.2 Mikrofony

V dnešní době existuje mnoho různých mikrofonů, ze kterých se dá pro potřeby nahrávání vybírat. Kromě kvality jejich zvuku je tu však ještě několik podstatných vlastností, o kterých by i běžní uživatelé před nákupem měli vědět. Těmito vlastnostmi jsou:

- Referenční bod a osa
- Citlivost a směrová charakteristika
- Vlastní šum mikrofonu a ekvivalentní hladina šumu
- Výsledný dojem
- Příslušenství
- Konstrukce mikrofonů

1.2.1 Referenční bod a osa

Vlastnost referenčního bodu udává střed hlavního vstupu mikrofonu a referenční osa je přímka definovaná výrobcem, procházející přes referenční bod, která ukazuje správný směr dopadu zvuku pro co nejčistší a nejsilnější zachycení signálu. Převzato a upraveno z [6].

1.2.2 Citlivost a směrová charakteristika

Citlivost mikrofonu je jedním z nejdůležitějších parametrů a zjišťuje se zavřením mikrofonu do zvukotěsné komory a měřením výstupní hodnoty napětí ku akustickému tlaku působícímu na mikrofon.

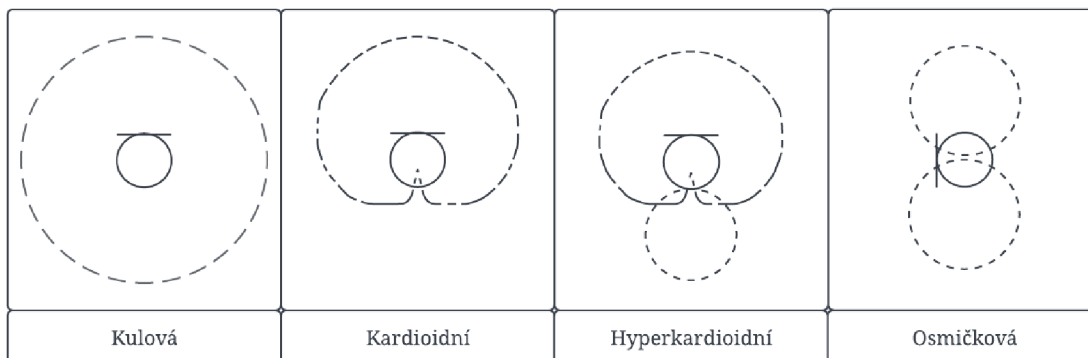
$$\begin{aligned}\eta &= \frac{|u|}{|p|} \quad [\text{V/Pa}] \\ \eta &= 20 \log \frac{\eta}{\eta_0} \quad [\text{dBV/Pa}]\end{aligned}\tag{1.2}$$

Podle velikosti citlivosti pak lze určit zdali je mikrofon málo či hodně citlivý. Výběr mikrofonu podle citlivosti se pak odvíjí od zdroje, který je plánován nahrávat. Pokud je nahráván tichý zdroj, je nutné, aby byl mikrofon co nejcitlivější, a pokud se jedná o hlasitý zdroj, tak je možné použít mikrofon méně citlivý.

Druhou vlastností, která je s citlivostí mikrofonu úzce spjata je směrová charakteristika. Jedná se o závislost citlivosti mikrofonu na směru, ve kterém dopadá zvuková vlna na membránu. Charakteristika mikrofonu tak může být například:

- kulová – taktéž nazývaný jako „tlakový“ mikrofon. Charakteristika má tvar koule a tak je zvuk přicházející z každé strany zaznamenáván stejně.
- kardioidní – Lalok směrové charakteristiky mikrofonu má tvar ledviny, výhodou je potlačení zvuků přicházejících ze zadní strany mikrofonu.

- hyperkardioidní – Kromě čelního ledvinového laloku se zde vyskytuje ještě lalok menších rozměrů, k ledvinovému laloku protilehlý.
- osmičková – Zvuk je snímán rovnoměrně předním a zadním kulovým lalokem, strany mikrofonů s osmičkovou charakteristikou jsou necitlivé.



Obr. 1.1: Vybrané směrové charakteristiky mikrofonů

Zdrojem této podkapitoly byly zdroje [1, 3, 6].

1.2.3 Vlastní šum mikrofonu a ekvivalentní hladina šumu

Jedním z dalších důležitých parametrů každého mikrofonu je jeho vlastní šum, který vzniká působením proudu v elektrických obvodech mikrofonu. Tento šum se podobá svými vlastnostmi bílému šumu, neboť se jedná o širokopásmový šum, jenž má stejné množství energie na všech jeho frekvencích.

Druhým parametrem, který s vlastním šumem mikrofonu úzce souvisí je ekvivalentní hladina šumu. Jedná se o hladinu akustického tlaku která by na výstupních svorkách mikrofonu vytvořila stejné výstupní napětí, jako tvoří sám vlastní šum mikrofonu. K jeho výpočtu lze použít vzorec:

$$L_{EN} = 20 \log \frac{U_n}{\eta p_0} \quad [\text{dB(A)}], \quad (1.3)$$

kde η je citlivost mikrofonu, U_n je efektivní hodnota napětí šumu mikrofonu a $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$. Informace byly převzaty z [3, 6].

1.2.4 Výsledný dojem

O termín výsledného dojmu se zajímá teorie, která tvrdí, že každý mikrofon má svůj vlastní charakteristický zvuk. Toho se využívá například při snímání nástrojů, kde jsou některé mikrofony díky svému charakteru pro záznam daného nástroje více

vhodné než jiné. Některé společnosti zabývající se výrobou mikrofonů vyrábí modely, jež se přímo zaměřují na dané nástroje či nástrojové sekce. Výrobci jsou nám také schopni doporučit model určený k jiným aktivitám, jako je například zpěv, mluvené slovo, a nebo třeba ambientní nahrávání. Tento text byl převzat a upraven z [3].

1.2.5 Příslušenství

Vyjma dobrých vlastností mikrofonu samotného může také tele zaujmout jeho nabídka příslušenství. Pro nahrávání v uzavřených místnostech, kde nehrozí přílišnému vystavení rušivým vlivům, je nejdůležitějším příslušenstvím mikrofonu stojan, potažmo mikrofonní rameno. Ať už se jedná o podporu stojící či přichycenou závitem k nábytku, dodává toto příslušenství mikrofonu oporu a možnost jej nasměrovat a posouvat po vertikální i horizontální ose. Dalším stabilizátorem nahrávacího zařízení je pak samotný držák, který může mít podobu jednoduchého plastového uchycení. Lepší variantou je však držák označovaný jako shockmount nebo hovorově „spider“, jenž tvoří objímka, ve které mikrofon drží. Tato objímka je pružně přichycena na konstrukci, a díky tomu se menší otřesy anulují a nevstupují jako rušivý signál do záznamu.

Proti rušivému signálu vystupuje také nástroj pop filter, jehož úkolem je předejít rázům v signálu, jež jsou způsobeny raženými souhláskami „p“ a „b“. Náraz vzduchu vycházející z úst se při těchto souhláskách o pop filter zpomalí a nedojde tak k rušivému lupnutí. Pop filter může mít podobu molitanového krytu nebo útvaru připomínajícího sítko z dámských silonek.

Z hlediska této bakalářské práce je třeba zmínit exteriérovou výbavu mikrofonu. Nejvíce rušivým vlivem, který dokáže zcela znehodnotit záznam, je vítr. Pokud je jeho intenzita nízká, dostává se nám do nahrávky pouze šum, ale pokud je jeho intenzita vysoká, tak může docházet k lupnutím v záznamu, nebo úplnému znehodnocení signálu.

První ochranou proti větru, která se na mikrofon nasazuje, je kryt s názvem windshield také nazývaný jako „Zeppelin“, který zvládá zabránit mírnému větru díky akustickému labyrintu. Pokud tento kryt na intenzivní vítr nestačí, tak je na windshield natažen druhý kryt s ochlupením, který větru vytváří odpor a tak zmírňuje intenzitu dopadajícího rušivého signálu na mikrofon.

Co se týká stabilizace mikrofonu, tak lze použít klasický stojan se shock mount držákem, ale také existuje alternativa, kterou je takzvaný pistol grip držák, do kterého se mikrofon nasadí a může být nošen v ruce a směřován manuálně. Toho se dá využít, pokud není kam umístit stojan, a nebo při nahrávání zvuku mikrofonem v pohybu. Informace pro tuto podkapitolu byly přejaty a upraveny z [1, 3, 6].

1.2.6 Konstrukce mikrofonů

Poslední velmi důležitou vlastností mikrofonu je jeho konstrukce, díky které uživatel posoudí, jak a při jakých příležitostech je vhodné přístroj použít. Kromě vedlejších parametrů konstrukce mikrofonu jako je třeba výsledná cena zařízení či jeho mechanická odolnost, je třeba znát „jak a z čeho je tento přístroj vytvořen. Mikrofony jsou z hlediska konstrukce děleny do několika skupin, z nichž nejběžnější a nejznámější jsou:

- elektrodynamické – také známé jako dynamické mikrofony, jsou levné, odolné mikrofony zvládající vysoký akustický tlak. Na druhou stranu tyto mikrofony dodávají nízký výstupní signál, který musí být zesilován, a pak také roste vlastní šum mikrofonu. Také jsou to mikrofony s nízkou citlivostí a proto jsou určeny k nahrávání hlasitých zvuků z blízké vzdálenosti.
- kontaktní – jsou mikrofony určené pro ignorování zpětná akustické vazby. Piezoelektrické snímače, které jsou hlavní součástí kontaktních mikrofonů fungují na principu snímání vibrací z povrchu nahrávaného subjektu. Nacházejí tak využití při snímání velmi tichých zvuků či nástrojů. Piezoelektrické snímače bývají přímou součástí nástrojů, jako je například elektrická kytara. Nevýhodou těchto mikrofonů je špatné zachycení skutečného zvuku nástroje.
- páskové – jedná se o mikrofony, jež jsou svojí konstrukcí podobné dynamickým. Nevýhodou je nízká citlivost a velmi nízké výstupní napětí, které přizpůsobuje tranzistor. Výhodou pak je velice stabilní frekvenční průběh a široký frekvenční rozsah, jenž mnohdy přesahuje 20 kHz. Díky těmto vlastnostem podávají dobré výsledky a mají příjemnější zvuk než ostatní typy.
- kondenzátorové – známé také jako kapacitní, jsou mikrofony vyžadující fantomové napájení. Díky složitější konstrukci jsou dražším typem mikrofonů a také jsou méně odolné než již zmíněné dynamické mikrofony. Pochlubit se však mohou svojí vysokou citlivostí a nízkým vlastním šumem. Používají se při nahrávání tichých zvuků. Kromě toho se dají použít také v exteriéru pro nahrávání ambientních zvuků i na větší vzdálenosti.

Typ konstrukce	Citlivost	Výstupní Impedance
Elektrodynamický	do 5 mV/Pa	150–200 Ω
Kontaktní	10 mV/Pa	až několik k Ω
Páskový	do 3 mV/Pa	250 Ω
Kondenzátorový	8–32 mV/Pa	200 Ω

Tab. 1.1: Porovnání konstrukce mikrofonů

Zdrojem pro tuto kapitolu byly [1, 3, 6].

1.3 Mikrofonní techniky

Dalším důležitým faktorem při vytváření kvalitního stereofonního záznamu je použití některé ze snímacích technik. Tyto techniky jsou základem pro každé nahrávání a je jen na uživateli, kterou z technik si vybere, jelikož každý ze způsobů záznamu nám dokáže doručit zvuk, jenž je bohatý v prostorovém vyjádření a v drtivé většině zní živěji, než nahrávky zaznamenané jedním mikrofonem.

Mikrofonní techniky lze díky jejich odlišnostem rozdělovat do několika skupin. Většinou jsou to rozdíly ve směřování a umístování mikrofonů v určité vzdálenosti a v určitém úhlu od sebe, ale mohou to být i další odlišnosti jako jsou třeba použitý typ konstrukce mikrofonu nebo jeho směrová charakteristika.

Poslední důležitý parametr je počet použitých mikrofonů, neboť kromě klasických mikrofonních technik které používají záznam pomocí dvou mikrofonů, také existují techniky, jenž využívají ještě bohatšího záznamu a to zásluhou tří a více mikrofonů.

1.4 Mikrofonní techniky používající dva mikrofony

K vytvoření kvalitního stereo obrazu je vždy zapotřebí minimálně dvou mikrofonů, jež uživateli na rozdíl od jednoho mikrofonu doplní záznam o potřebnou hloubku, a při poslechu záznamu na stereofonních sluchátkách vyvolávají přesnou představu umístění nahrávaného subjektu v prostoru.

V dnešní době také převládá snaha o co nejdokonalejší záznam, který je uzpůsobený tak, aby se co nejvíce podobal lidskému vnímání zvuku, a to jak ve sluchátkách, tak v prostoru určeném pro poslech.

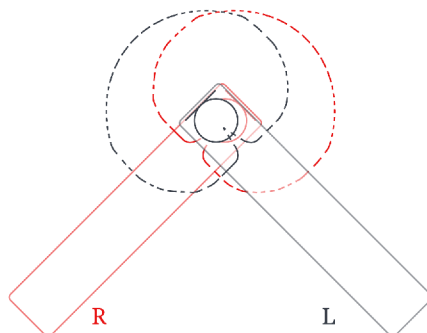
Mezi nejznámější a nejvíce úspěšné techniky stereofonního snímání zvuku, které využívá dva mikrofony, patří:

- Systém XY
- Systém AB
- Systém ORTF
- Systém MS
- Systém OSS

1.4.1 Systém XY

Systém XY je často používaná mikrofonní technika založená na užití koincidenčního páru mikrofonů, tedy mikrofonů v časové shodě. Tato technika využívá dvou kardioidních mikrofonů stejného typu, přičemž nejlepší výsledky podávají totožné mikrofony a důležitým faktorem je přiložení kapslí mikrofonu co nejbližší k sobě. Úhel mezi kapslemi mikrofonů je 90°.

Systém XY byl využit ke tvorbě mikrofonní techniky Blumlein, kde je ale namísto kardioidních mikrofonů použito dvou mikrofonů osmičkové směrové charakteristiky.

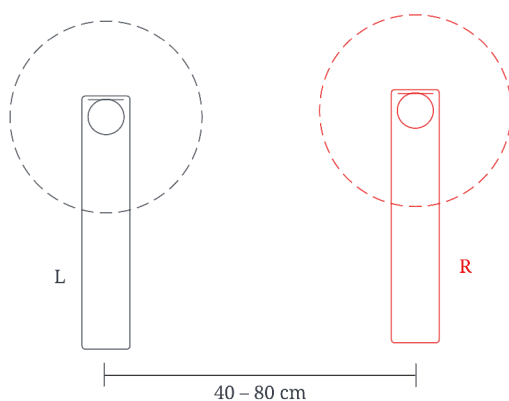


Obr. 1.2: Systém XY

1.4.2 Systém AB

Systém AB je mikrofonní technikou zakládající si na dvou vzdálených mikrofonech. Jsou použity mikrofony s kulovou charakteristikou, známé také jako všesměrové.

Odstup mezi mikrofony, také nazývaný jako báze je předem určený a v průběhu neměnný. Tato vzdálenost se pohybuje v rozmezí 40 – 80 cm, ale lze ji použít i pro odstup větší, a to až několik metrů. Mikrofony jsou směřovány stejným směrem, tudíž úhel mezi nimi je 0° .

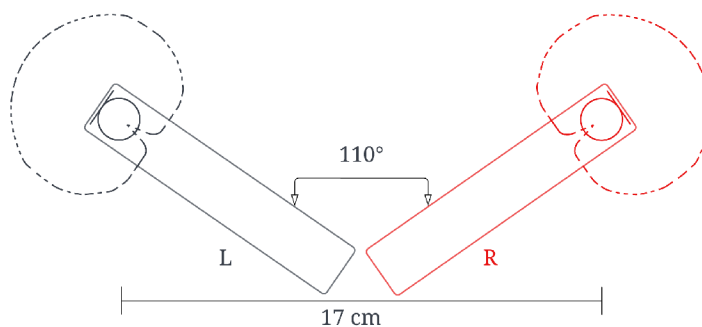


Obr. 1.3: Systém AB

1.4.3 Systém ORTF

často používanou technikou je také systém ORTF, který představuje kombinaci systému AB a XY. Ze systému AB používá ORTF oddělení mikrofonů od sebe a ze systému XY přebírá ORTF použití mikrofonů s kardioidní směrovou charakteristikou. Vzdálenost kapslí mikrofonů od sebe činí 17cm a úhel který mikrofony svírají je 110°.

Systém velmi dobře zachycuje prostor nahrávky, avšak může způsobit potíže v mono kompatibilitě. Systémy které jsou obdobné ORTF, jsou systémy NOS a DIN. Všechny tři systémy využívají kardioidní charakteristiku mikrofonů, avšak vzdálenost kapslí mikrofonů a úhel, jenž mikrofony svírají, je v každém ze systémů mírně jiný.



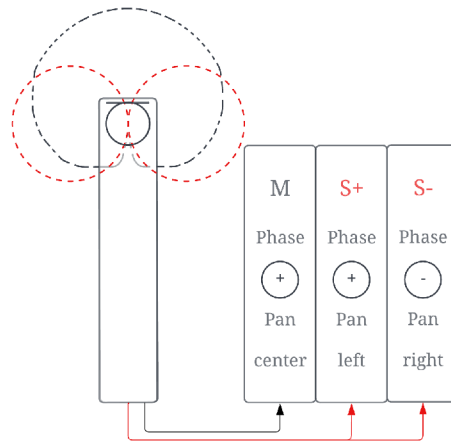
Obr. 1.4: Systém ORTF

1.4.4 Systém MS

Stejně jako systém XY, využívá systém MS koincidence mikrofonů. Na rozdíl od předchozích systémů využívá MS technika mikrofony s rozdílnou směrovou charakteristikou, a to jeden mikrofon s osmičkovou charakteristikou a druhý s kardioidní nebo kulovou charakteristikou.

Mikrofony jsou na sebe umístěné kolmo tak, že mikrofon s osmičkovou charakteristikou snímá strany a kardioidní mikrofon snímá střed. V zájmu zachování koincidence jsou kapsle mikrofonů umístěné velmi blízko u sebe.

V rámci zpracování se stopa osmičkového mikrofonu duplikuje a v jedné z jeho stop je převrácena fáze. Následuje posunutí jednoho mikrofonu v panoramě doleva a druhého doprava.

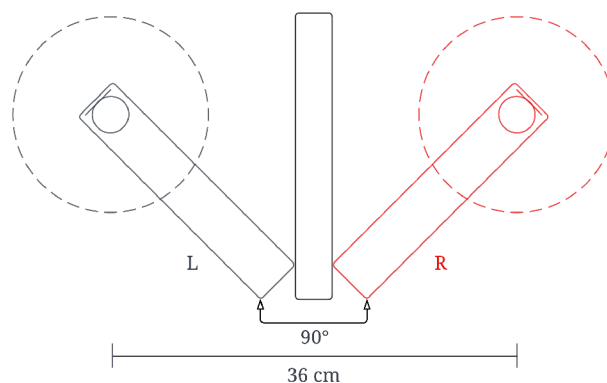


Obr. 1.5: Systém MS

1.4.5 Systém OSS

OSS systém, jenž je také známý jako Jacklin disc, je jeden ze systémů, které nejsou příliš časté a známé, za to je však unikátní. Jedná se o modifikaci již známých systémů a využívá principů nahrávání s umělou hlavou. Rozdílem je, že mezi mikrofony není celý model hlavy, ale pouze kruhová deska vytvořená z pohltivého materiálu a dosahující rozměrů 30 – 35cm v průměru. Deska stejně jako model hlavy tvoří akustický stín, a tak výsledná nahrávka vytváří dojem poslechu lidským sluchem.

Mikrofony mají kulovou charakteristiku a jsou umístěné 36cm od sebe. Úhel, jenž tyto mikrofony svírají je 90°.



Obr. 1.6: Systém OSS

K získání dat pro podkapitolu 1.4 byly použity zdroje [1, 3, 7, 9, 10].

1.5 Mikrofonní techniky používající tři a více mikrofonů

Dnešní doba je známá svojí tendencí posouvat věci dopředu a chtít více od již používaných technologií. Stejně tomu je u mikrofonních technik, kde se projevuje snaha posunout kvalitu záznamu zvýšením snímání prvků, a tak se dostávají ke slovu mikrofonní techniky, jenž používají tři a více mikrofonů. Příkladem nám mohou být mikrofonní techniky:

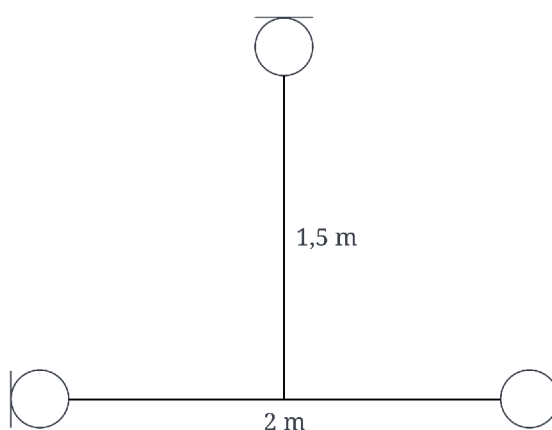
- Systém Decca tree
- Systém OCT Surround

1.5.1 Systém Decca tree

Tento systém vznikl jako modifikace systému AB a to přidáním mikrofonu, jehož funkce byla lépe zachycovat střed stereo báze. Jak již název napovídá, jedná se o „strom“ sestavený z hlavní větve a dvou větví postranních, kde je na konci každé větve upevněn všesměrový mikrofon.

Konstrukce má tvar písmene T, kde šířka mezi dvěma postranními mikrofony měří 2 metry a hlavní větev je 1,5 metru dlouhá.

Tato konstrukce bývá umístěna 3–3,5 metru nad zemí a bývá používána k zachycování pěveckých sborů nebo orchestrálních uskupení. Decca tree technika bývá také používána k zachycování zvuku místnosti, avšak je vhodná pouze pro záznam větších prostor.



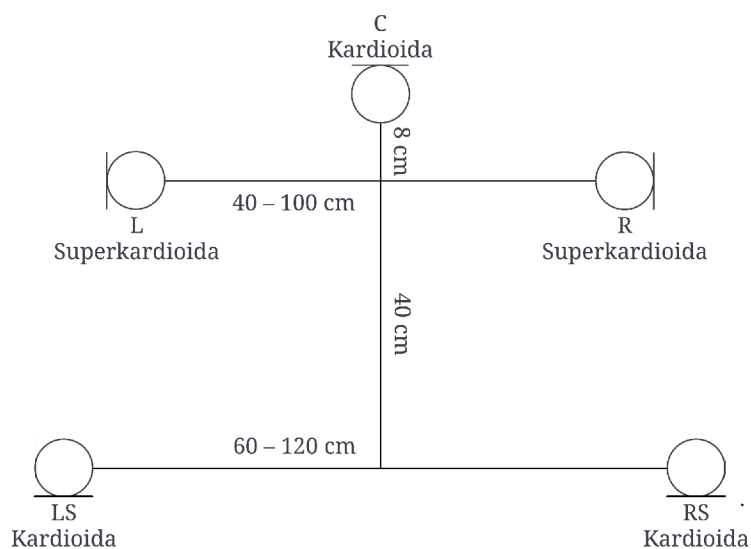
Obr. 1.7: Systém Decca tree

1.5.2 Systém OCT Surround

Poněkud speciálními mikrofonními technikami, které využívají tři a více mikrofonů jsou techniky typu surround. Tyto systémy si zakládají na živějších a zvukově zajímavějších nahrávkách a to díky snímání více mikrofony, které směřují rozdílnými směry.

Systém OCT Surround využívá konstrukci tvaru písmene H, na které je připevněno pět mikrofonů, z nichž dva se superkardioidní charakteristikou směřují do stran, dva s kardioidní charakteristikou směřují dozadu a poslední mikrofon také s kardioidní charakteristikou směřuje dopředu.

Podle velikosti prostoru bývají mikrofony umísťovány blíže či dále od sebe, aby došlo k nejkvalitnějšímu zachycení dané místnosti. Využití surround záznamu spočívá v následné reprodukci, a to většinou v kinech nebo domácích kinech za pomoci 5.1 a 7.1 ozvučení.



Obr. 1.8: Systém OCT Surround

Informace pro podkapitolu 1.5 byly převzaty z [8].

2 Jednodeskový počítač Raspberry Pi a jak s ním pracovat

2.1 Co je to Raspberry Pi

Jedná se o malý počítač, tvořený jednou deskou, který měl svým vznikem rozšířit povědomí mladých lidí o počítačových systémech používaných v reálném životě a zvýšit zájem o studium informačních a komunikačních technologií.

Díky jeho skladnosti je Raspberry Pi mezi komunitou označováno jako mini či mikropočítač. Toto přívlastko dokonale vystihuje již zmíněné zařízení, které se svojí velikostí podobá platební kartě. Otázkou je, zdali takto malé zařízení může sloužit k většímu užítku.

Záležitost užitečnosti tohoto zařízení už byla zodpovězena nesčetněkrát a to díky šikovnosti a tvořivosti lidí, jejichž zásluhou vdechlo Raspberry Pi život každodenně používaným systémům, jako jsou pohybové senzory, meteostanice, senzory proti krádeži nebo třeba servery a datová úložiště. A to vše zásluhou spolupráce komponentů a jednoho z operačních systémů. Možnost použití různých operačních systémů je přidanou hodnotou, která člověku dává flexibilitu, přičemž většina použitelných operačních systémů vychází z jednoho mateřského, kterým je svobodný operační systém Linux OS.

Kromě široké škály použitelnosti tohoto přístroje a jeho velikosti jeho síla tkví v nízké ceně, a díky tomu je tento aparát dostupný takřka pro každého.

Mnohé jeho potenciální uživatele by mohl vyděsit fakt, že ke správnému naprogramování musí člověk dokonale ovládat práci s programovacími jazyky, a že musí vytvořit program od základu sám. Jedná se o jednu možnou cestu k vysněnému cíli, avšak díky ohromně velké komunitě, která se činností využívající Raspberry Pi věnuje, nemusí být tato cesta natolik strastiplná, neboť je časté, že se někdo podobnou problematikou již před uživatelem zabýval.

V základu zařízení Raspberry Pi podporuje programování v jazycích Python, C, C++ a Scratch, ale díky přizpůsobitelnosti operačních systémů Linux lze doinstalovat téměř každý ze známých programovacích jazyků.

Text pro tuto kapitolu byl převzat a upraven z [11, 12, 17].

2.2 Historie Raspberry Pi

V roce 2006 se britský počítačový inženýr a fyzik Eben Upton rozhodl zaměřit na způsob, jakým by studentům zajistil počítačové vzdělání, aniž by školy utrácely velké množství peněz na klasických počítačích.

K inspiraci použil mikropočítač BBC micro, jehož cena se v této době pohybovala kolem 350£. Aby bylo jeho zařízení volně dostupné i pro méně majetné školy a studenty, snažil se tuto cenu co nejvíce snížit, a to až na konečných \$30.

Zařízení pojmenoval Raspberry Pi, přičemž Raspberry nebo také česky „malina“ bylo pojmenování odkázané na dřívější výrobce počítačů, kteří své výrobky také označovali jako ovoce. Jednalo se o počítače Apple, Apricot a Accorn. Druhá část názvu, tedy Pi, odkazovala na programovací jazyk použitý v původních Raspberry zařízeních. Tímto programovacím jazykem byl Python.

Po pěti letech, tedy v roce 2011, vznikl první prototyp Raspberry Pi Model B Beta, který měl pevně daný operační systém Debian. Při představení veřejnosti bylo ukázáno spuštění operačního systému a následně bylo plynule přehráno Full HD video, pro demonstraci výkonu tohoto kapesního zařízení.

Prvním sériově vyráběným modelem se po Modelu B Beta stal Raspberry Pi 1 Model B a to v roce 2012.

V průběhu dalších let došlo k modifikacím Raspberry Pi, a to za účelem zvýšení výkonu, ještě menších rozměrů, nižší ceny a jednoduššího používání.

Zdrojem pro tuto podkapitulu byla literatura [17, 14, 15].

Generační vývoj mikropočítačů Raspberry Pi je následující:

- Raspberry Pi 1 Model B (2012)
- Raspberry Pi 1 Model A (2013)
- Raspberry Pi 1 Model B+ (2014)
- Raspberry Pi 1 Model A+ (2014)
- Raspberry Pi 2 Model B (2015)
- Raspberry Pi Zero (2015)
- Raspberry Pi 3 Model B (2016)
- Raspberry Pi Zero W (2017)
- Raspberry Pi 3 Model B+ (2018)
- Raspberry Pi 3 Model A+ (2019)
- Raspberry Pi 4 Model A (2019)
- Raspberry Pi 4 Model B (2020)
- Raspberry Pi 400 (2021)
- Raspberry Pi Pico (2021)
- Raspberry Pi Pico W (2022)

2.3 Čím disponuje Raspberry Pi

V rámci práce s Raspberry Pi zajímá každého uživatele mnoho parametrů, díky kterým je schopen svůj projekt uskutečnit. Podle těchto parametrů si tak uživatel volí, který model ze série těchto mikropočítačů mu bude vyhovovat a hlavně, který bude mít dostatečný výkon. Parametry lze rozdělovat do několika skupin, kterými jsou:

- Software
- Hardware
- Konektory

2.3.1 Software

Hlavním operačním systémem Raspberry Pi je Raspberry Pi OS, také nazývaný jako Raspbian. Tento název je odvozen z operačního systému Debian, na němž Raspbian staví.

Kromě tohoto systému však nabízí Raspberry Pi vysokou přizpůsobitelnost, díky které majitel dokáže na svoje zařízení implementovat různé operační systémy, a to i takové, jenž nestaví na systému Linux. Příkladem jsou operační systémy Helen OS, RISC OS a Windows 10 IoT Core.

Z operačních systémů, které si zakládají na platformě Linux vyjma Debianu je pak třeba uvést Fedora Linux, Android Things, nebo třeba Ark OS.

Informace získány z [11, 12, 13].

2.3.2 Hardware

Od představení modelu Raspberry Pi B Beta uplynulo mnoho let. V období mezi roky 2011 a letošním rokem se hardware tohoto kapesního počítače posunul natolik, že se již nejedná pouze o mikropočítač určený k mírné zátěži, ale může být používán každodenně stejně jako každý osobní počítač.

Stejně jako osobnímu počítači nechybí Raspberry Pi důležitá vlastnost, kterou je připojení k internetu. Už od prvního vydaného modelu Raspberry Pi B obsahovalo toto zařízení možnost internetového připojení za pomoci USB Ethernet adaptéru, který měl rychlost přenosu 10/100 Mbps. S příchodem třetí generace Raspberry Pi získalo možnost bezdrátového připojení k internetu, Bluetooth 4.2, a také gigabitový Ethernet, který byl ovšem limitován staršími součástkami. Čtvrtá generace přístrojů Raspberry Pi již přinesla nelimitovaný gigabitový Ethernet.

V případě modelů typu A nebylo internetové připojení možné až do třetí generace, neboť tyto modely neměli USB Ethernet adaptér, a možnost využití síťového připojení se jim naskytla, až s příchodem bezdrátového připojení.

Mimo možnosti používání sítě je třeba zmínit hardware připojitelný k Raspberry Pi. Jedná se především o klávesnici a myš, ale také to mohou být USB flash paměti, wifi adaptéry, nebo dokonce zvukové karty.

Jedním ze zvláštních modelů, který nepotřebuje přídatnou klávesnici, je Raspberry Pi 400, jelikož tělo tohoto přístroje je z části tvořeno právě klávesami a deska tohoto počítače je uschována v těle samotné klávesnice.

Kromě modelů Raspberry Pi, které se vlastnostmi podobají osobním počítačům, je také třeba zmínit modely rodiny Raspberry Pi Zero a Raspberry Pi Pico. Tyto dvě rodiny modelů jsou hardwarově slabší, avšak mají k tomu pádný důvod, kterým je jejich rozměr, výkon a cena. Raspberry Pi Zero je větším ze zařízení a měří 66 mm na délku a 30,5 mm na šířku. O něco menší Raspberry Pi Pico dosahuje 51 mm na délku a 21 mm na šířku. Obě dvě tyto rodiny modelů tak svojí velikostí připomínají USB flash paměť. Text pro tuto podkapitolu byl převzat z [12, 16, 14].

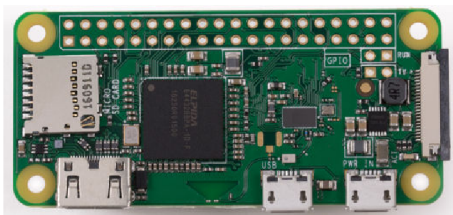
Základní parametry jednotlivých modelů jsou viditelné v Tab 2.1.

Model	Paměť	Velikost	Ethernet	Wireless	Vydáno	Cena
B	256/512 MB	Standardní	Ano	Ne	2012	\$35
A	256 MB	Standardní	Ne	Ne	2013	\$25
B+	512 MB	Standardní	Ano	Ne	2014	\$25
A+	512 MB	Kompaktní	Ne	Ne	2014	\$20
2B	1 GB	Standardní	Ano	Ne	2015	\$35
Zero	512 MB	Ultra kompaktní	Ne	Ne	2015	\$5
Zero W	512 MB	Ultra kompaktní	Ne	Ano	2017	\$10
Zero 2 W	512 MB	Ultra kompaktní	Ne	Ano	2021	\$15
3B	1 GB	Standardní	Ano	Ano	2016	\$35
3B+	1 GB	Standardní	Ano	Ano	2018	\$35
3A+	512 MB	Kompaktní	Ne	Ano	2018	\$25
4B	1 GB	Standardní	Ano	Ano	2019	\$35
4B	2 GB	Standardní	Ano	Ano	2019	\$45
4B	4 GB	Standardní	Ano	Ano	2019	\$55
4B	8 GB	Standardní	Ano	Ano	2020	\$75
400	4 GB	Klávesnice	Ano	Ano	2020	\$70
Pico	264 KB	21mm × 51mm	Ne	Ne	2021	\$4
Pico W	264 KB	21mm × 51mm	Ne	Ano	2022	\$6

Tab. 2.1: Porovnání modelů Raspberry Pi



Obr. 2.1: Raspberry Pi 400



Obr. 2.2: Raspberry Pi Zero



Obr. 2.3: Raspberry Pi Pico

Fotografie zařízení jsou dostupné z:

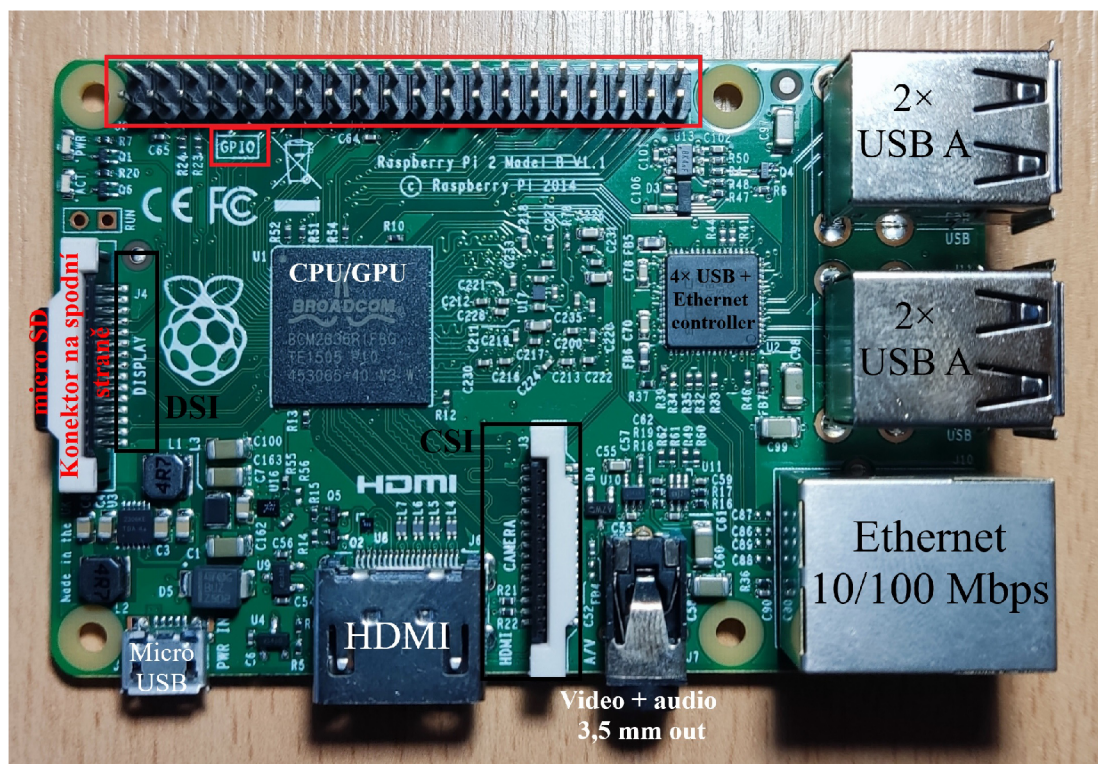
- Raspberry Pi 400 : <https://shorturl.at/emJT1>
- Raspberry Pi Zero : <https://shorturl.at/bcdeQ>
- Raspberry Pi Pico : <https://shorturl.at/bivy9>

2.3.3 Konektory

Postupem času se na trhu začali objevovat nové konektory a tak se s každým modelem Raspberry přizpůsobovalo novým standardům. Například napájení přešlo ze standartu micro USB na USB C a HDMI konektory byly nahrazeny micro HDMI.

Jelikož bude tato bakalářská práce zpracovávána za pomoci modelu Raspberry Pi 2 B, popíšu toto zařízení v rámci konektorů podrobněji.

Raspberry Pi 2B disponuje čtyřmi USB A konektory, Ethernet LAN konektorem 10/100 Mbps, video konektorem HDMI out, napájecím konektorem micro USB, 3,5 mm jack pro audio+video out a nakonec slotem pro micro SD kartu. Dále obsahuje 15-pin CSI konektor určený kameře a DSI konektor pro displej. Posledními, leč neméně důležitými konektory jsou GPIO konektory sloužící k přijímání a posílání informací mimo Raspberry Pi. Tyto konektory je možné využít při ovládání jiných zařízení či pro připojení k elektronickým obvodům. Popis konektorů zařízení vychází z Obr. 2.4.



Obr. 2.4: Popis konektorů Raspberry Pi 2B

2.4 Příslušenství a rozšiřující desky

Z minulosti je známo, že každé zařízení lze vylepšovat pomocí různých příslušenství a rozšiřovat tak funkce, které daný přístroj nabízí. Kromě typických příslušenství, které lze na desku Raspberry Pi připojit pomocí USB A konektorů, také existují vylepšení, která byla vytvořena speciálně pro Raspberry Pi, jež se připojují pomocí dalších dříve zmíněných konektorů.

2.4.1 Kamera

Prvním z těchto zařízení je kamera. Tento nástroj, jenž lidé v dnešní době používají každým den byl pro Raspberry Pi vyvinut v roce 2013 a jeho cena se pohybovala na rozmezí \$20 – \$30. Jedná se o malou přídatnou desku o velikosti 25 mm na délku a 20 mm na šířku s plochým konektorem, jenž je připojován na CSI piny, které mají všechny modely Raspberry Pi kromě původní Raspberry Pi Zero, Raspberry Pi Pico a Raspberry Pi Pico W. Tato kamera má pevně zaostřený objektiv a je schopná vytvořit video s rozlišením 1080p, 720p a 480p.

Text převzat a upraven z [11, 12].

2.4.2 Displej

Dalším z vylepšení přístroje Raspberry Pi je displej. Problémy využití klasických monitorů mohou být různé, a to například jejich špatná skladnost nebo vysoké nároky na napájení.

V tomto případě na scénu nastupují LCD dotykové displeje, jež jsou snadno připojitelné a ovladatelné. Faktorů výběru displeje je více, avšak nelze zapomenout, že čím větší a kvalitnější displej uživatel pořídí, tím bude samotný displej i jeho provoz dražší. Jednou ze zajímavějších vlastností samotné dotykové plochy je způsob vnímání podnětu.

Plochy lze dělit na odporové a kapacitní. Odporové displeje využívají jako vstupní hodnotu tlak, který se přes druhou vrstvu displeje přenáší jako informace o místě stisku o určité síle. Tyto obrazovky jsou odolné, levné a k jejich ovládání může sloužit samotný dotek nebo speciální pero. Nevýhodou je potřeba silnějšího stisku na ploše a jeho mírná nepřesnost. Kapacitní displeje vnímají jako vstupní hodnotu přenos elektrického impulzu skrz lidské tělo na místo stisku. Na rozdíl od odporových displejů je dotyk na kapacitních displejích více přesný a tyto obrazovky dokáží snímat dotyk více prsty najednou. Zde je nevýhodou menší odolnost a vyšší cena.

V roce 2015 přišlo Raspberry Pi s oficiálním displejem Raspberry Pi Touch display 7". Původní cena této obrazovky se pohybovala kolem \$60 – \$70 a jednalo se o displej s kapacitním snímáním. Tato dotyková plocha je zapojována na DSI piny a tím lze připojit na kterékoliv zařízení Raspberry Pi kromě modelů rodin Raspberry Pi Zero a Raspberry Pi Pico, které tyto piny nemají.

Informace pro tuto podkapitulu byly čerpány z [11, 12, 18].

2.4.3 HAT

Dalšími nástroji, které mohou být připojeny na mikropočítač majitele jsou desky nazvané Hardware Attached on Top, zkráceně HAT, které se připojují na GPIO piny. Zařízení jsou díky těmto deskám přidány či zlepšeny funkce, a díky tomu se zařízení stává využitelnějším. U starších verzí Raspberry Pi vznikal problém, jelikož tyto přístroje neměli implementované identifikační piny, a tak přístroj nedokázal rozoznat, jaká deska k němu byla připojena, a jaký je její účel. S nástupem novějších verzí byly k GPIO pinům přidány dva identifikační piny, díky kterým zařízení poznalo druh i účel desky, a tak bylo schopno využít příslušné ovladače pro správné používání dané HAT desky.

Pro ilustraci funkcí, které by mohla tato přídatná deska obsahovat, bude zmíněna deska Raspberry Pi Sense HAT. Tato sensorová karta se stává základním stavebním blokem pro takřka každého uživatele, který si chce ze svého zařízení vytvořit meteorostanici, neboť obsahuje funkce jako jsou teploměr, tlakoměr nebo třeba vlhkoměr.

Navíc také obsahuje ovládací prvek v podobě joysticku s pěti polohami a zobrazovací matici tvořenou RGB LED diodami v matici 8×8 .

Lze se ale také setkat s takřka prázdnými HAT deskami, jež bývají používány fanoušky a vývojáři, kteří si chtějí vyrobit HAT desku s vlastními funkcemi a parametry. Pro podkapitolu bylo využito zdroje [12].

2.4.4 Gertboard

Jednou ze známých a hojně používaných HAT desek je Gertboard, jenž je často používán k vzdělávacím účelům. Tato přídatná karta funguje jako převodník mezi Raspberry Pi a externími podněty tak, že detekuje události jako jsou stisklý spínač nebo napětí na vstupu a mění je na reakci, kterou může být například rozsvícení LED diody. Další informace dostupné ze zdroje [19].

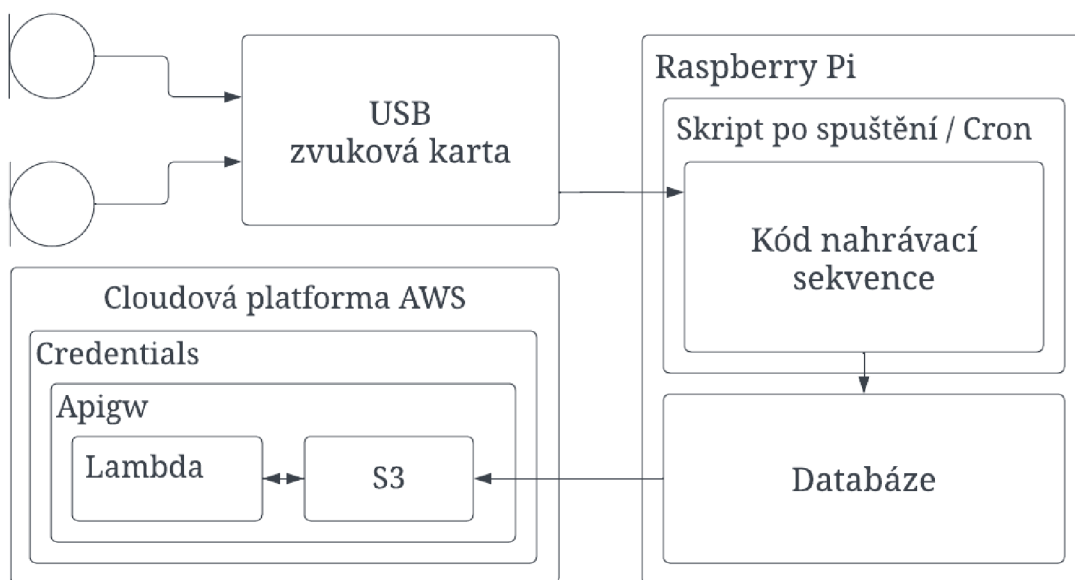
3 Základní infrastruktura pro streaming zvuku mikrofonu do cloudu

3.1 Podoba streamovací infrastruktury

Hlavním tématem této bakalářské práce je navrhnout infrastrukturu schopnou zaznamenat zvukové nahrávky, provést jejich primární zpracování a pomocí internetové sítě je přemístit na cloudovou platformu, kde dojde k jejich uložení. Samotné Raspberry Pi bude v tomto systému sloužit jako přenosový most, na kterém budou data zůstat pouze do doby, než dojde k jejich přesunu do cloudového úložiště. Tato struktura má několik částí, z nichž každá má svoji specifickou funkci a díky kterým je systém schopen bezchybně fungovat.

Hlavními částmi streamovací infrastruktury, jak je uvedeno v Obr. 3.1, jsou:

- Mikrofony
- USB zvuková karta
- Raspberry Pi
- Cloudová platforma – V tomto případě se bude jednat o platformu Amazon Web Services, která je nazývána zkratkou „AWS“



Obr. 3.1: Diagram streamovací infrastruktury

3.2 Mikrofony použité pro streaming

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2, tak pro vytvoření nahrávky mohou sloužit různé typy mikrofonů s různými vlastnostmi a příslušenstvím.

Navazující bakalářská práce bude v rámci teorie věnována ambientnímu stereofonnímu nahrávání ve venkovních prostorech, a proto je třeba omezit možnosti výběru správných mikrofonů a použití vhodné techniky záznamu.

Z důvodu ambientního nahrávání, jež se vyznačuje zaznamenáním hluku pozadí, je nutno uvažovat o mikrofonech s vysokou citlivostí a nízkým šumem, a proto budou použity kondenzátorové mikrofony, které v těchto parametrech excelují.

V rámci výběru vhodné mikrofonní techniky, které byly popsány v kapitole 1.4, závisí na směrové charakteristice vybraných mikrofonů. Pokud se bude jednat o mikrofony s kulovou charakteristikou, tak bude pro tuto práci využit systém AB nebo OSS, a pokud bude charakteristika mikrofonů kardioidního typu, bude použita technika ORTF nebo XY.

Pro tuto podkapitolu bylo využito zdrojů uvedených v kapitolách 1.2 a 1.4.

3.3 USB zvuková karta

Jako převodník mezi rozhraním XLR a USB bude použita zvuková karta M-Audio MobilePre USB s dvěma analogovými vstupy XLR a vlastností fantomového napájení, potřebného k napájení kondenzátorových mikrofonů. Karta dále disponuje ovládním zesílení a indikací stavu signálu pomocí LED diod, a to pro každý kanál zvlášť. V neposlední řadě karta disponuje sluchátkovým výstupem a LED signalizací spuštěného fantomového napájení. Další informace dostupné z [20].

3.4 Raspberry Pi

Úkolu zpracování vstupních signálů doručených skrze zvukovou kartu se ujme jednodeskový počítač Raspberry Pi 2 B, představený v kapitole 2 a popsáný v rámci konektorů v kapitole 2.3.3. Důležitými procesy zobrazenými v Obr. 3.1 a prováděnými na tomto zařízení pro streamovací infrastrukturu budou:

- Skript po spuštění, Cron úkon, systemd
- Kód nahrávací sekvence
- Databáze Raspberry Pi

3.4.1 Skript po spuštění, Cron úkon, systemd

Důvodem obsazení jednoho z těchto tří procesů v infrastruktuře je skutečnost, při které nebude k dispozici ve venkovních prostorech monitor či displej připojený k Raspberry Pi a nebude tak možno Raspberry ovládat pomocí klávesnice a myši. Tyto tři úkony zajišťují automatické spuštění a průběh nastaveného skriptu, kde tímto skriptem bude samotný kód nahrávací sekvence.

Skript po spuštění je úkon, kdy se zvolený skript naváže na soubor `rc.local`. Tento soubor je uveden do provozu se spuštěním systému a jeho funkcí je ovládat dané skripty. Pro spuštění je důležité udat souboru `rc.local` programovací jazyk skriptu

a jeho přesné umístění na pevném disku. Před prvním restartem zařízení je doporučeno provést kontrolu proveditelnosti daného úkonu. Text převzat a upraven z [21].

Cron úkon je obdobou skriptu po spuštění, avšak spouští se odlišně. Po každém startu zařízení dojde k jeho iniciaci pomocí hodin zařízení. Na rozdíl od skriptu po spuštění může být cron spouštěn vícekrát za sebou s určitými časovými mezerami, a tak se jedná o užitečný nástroj určený pro opakující se práci. Do nastavení parametrů cronu se zadává pět časových údajů, kterými jsou:

- Minuta (0-59)
- Hodina (0-23)
- Den v měsíci (0-31)
- Měsíc (1-12)
- Den v týdnu (0-6; Dnem číslo 0 je neděle)

Pokud je do parametru zadána místo hodnoty hvězdička „*“ jedná se o opakování parametru při každé jeho změně. Do parametru může být zadána konkrétní hodnota z pole hodnot, ale také třeba zápis „*/10“, který umožňuje spouštět skript každou desátou pozici parametru (například každých 10 dní). Stejně jako u skriptu po spuštění je druhou vstupní hodnotou cron úkonu přesné umístění prováděného souboru na disku. Převzato a upraveno z [22].

Poslední z výše zmiňovaných nástrojů `systemd`, je systém určený ke spravování procesů a služeb v operačním systému Linux. Úkony přiřazené službě `systemd`, tento systém pozoruje a v případě potřeby a nastavení parametrů spouští, zastavuje či jinak ovlivňuje probíhající vývoj akce. V případě spuštění skriptu `systemd` disponuje několika opatřeními. Jedná se například o spuštění až v momentě, kdy služba zjistí, že jsou všechny vnější podmínky splněny, a tak může dojít ke spuštění skriptu bez rizika zhroucení, jenž by jinak mohlo nastat. Pokud by k pádu procesu došlo, je možné nastavit prostřednictvím `systemd` automatický restart, který při zjištěné chybě restartuje skript. Pro nastavení služby jsou důležité konfigurační soubory `service`

a `timer`, jenž mají specifické vlastnosti. Soubory s příponou `service` popisují službu, se kterou systemd operuje. Jedná se o základní vlastnosti jako popis služby nebo odkud se služba spouští, ale také o podrobnější parametry jako je například, spuštění až po aktivaci zvukové karty nebo poté co je funkční připojení k internetu. `service` soubor také obsahuje informace o restartu služby. Konfigurační soubor `timer` pak řídí celý proces a dodává souboru `service` informace o tom, jak často, jak dlouho po startu nebo v jaké určité časy se má služba spustit. K manuálnímu ovládní a uvedení do provozu procesu jsou používány příkazy vepsané do terminálu zařízení. Informace získány a upraveny z [23] [24].

3.4.2 Kód nahrávací sekvence

Funkční částí infrastruktury je kód, napsaný v jazyku Python, zajišťující průběh a uložení nahrávky o určitých parametrech, jako jsou čas nahrávky a vzorkovací frekvence. Za účelem nahrávání byly použity knihovny PyAudio a PortAudio jazyku Python zpracovávající přehrávání a nahrávání zvuku. Pro rozlišení nahrávaných souborů byly do kódu implementovány systémové hodiny, jejichž výstup při spuštění nahrávání byl použit jako pojmenování výstupního souboru záznamu. Výsledné soubory byly uloženy do formátu wav. Inspirace pro tvar kódu byla převzata z [25, 26]

3.4.3 Databáze Raspberry Pi

Tato součást funkčního systému je v infrastruktuře obsažena z pochopitelných důvodů, kterými jsou přijímání, uchování a ochrana dat nahrávky. Databáze na Raspberry Pi bude sloužit jako úložiště pro data zaznamenané nahrávky, které zatím nebyly přeneseny do databáze na cloudové platformě a po jejich přesunu bude databáze Raspberry Pi pročištěna pro data následující nahrávky. Data musí být promazávána až po dokončeném přesunutí nahrávky z důvodu možné ztráty dat.

3.5 Cloudová platforma AWS

Posledním článkem přenosové infrastruktury je cloudová platforma Amazon Web services, která zajišťuje možnost uchování osobních dat a dalších služeb. Pro úplnost je třeba zmínit procesy a prostředí zobrazené v Obr. 3.1, které na platformě fungují a se kterými se i tato infrastruktura dostane do kontaktu. Těmito procesy jsou:

- Credentials
- API Gateway
- Lambda
- S3

3.5.1 Credentials

AWS Credentials jsou formou zabezpečení umístěnou u vstupu do služeb AWS platformy. Tyto „klíče“ zajišťují zabezpečení před vniknutím cizího subjektu do služeb klienta. Forma těchto „klíčů“ závisí na použité platformě, avšak mohou jimi být i přihlašovací údaje klienta. Informace získány z [27].

3.5.2 API Gateway

AWS API Gateway nazývaná taky zkratkou „apigw“ je službou určenou pro vytváření, vydávání, uchovávání a monitorování aplikací označených zkratkou API neboli „Application Programming Interface“. Jedná se o bránu určenou pro komunikaci mezi klientem a službou, která podle zadaných příkazů směřuje procesy buďto do prostředí AWS služeb nebo naopak zpět do zařízení klienta. Další informace dostupné z [28].

3.5.3 Lambda

Služba AWS Lambda je početním rozhraním používaným ke spuštění kódu klienta, a to bez provozních a řídicích serverů. Uživatel tak může používat toto prostředí jako virtuální počítač, a tak se vyhnout zatížení vlastního zařízení. AWS Lambda se může pochlubit velkou kompatibilitou v oblasti používaných programovacích jazyků, a také možností zapsání kódu do funkcí Lambda, které se spouští vždy, kdy klient potřebuje, a to jak v případě několika požadavků denně, tak v případě až tisíců požadavků za sekundu. Text převzat a upraven z [29].

3.5.4 S3

Nástroj také známý jako Amazon Simple Storage Service funguje jako úložiště na cloudové platformě AWS. Jeho největší součástí jsou takzvané buckety neboli kyblíky, ve kterých se nacházejí objekty (soubory), jenž mají svoje specifické klíče, které slouží jako identifikátory. V rámci bucketů lze nastavit politiku, ve které může být dále specifikováno, kteří uživatelé mají k bucketu přístup, a jaké operace zde mohou provádět či naopak, které jsou jim zakázány. Dále je zde nastavení o zachování všech verzí objektů nebo třeba body přístupu, ze kterých lze do bucketu vstoupit. Bucket je vázaný na určitý region, ke kterému musí být připojen i samotný uživatel. Informace o podkapitole byly získány z [30]

V tomto úložišti má být umístěna databáze zmíněné infrastruktury, která bude uchovávat data k následnému zpracování a také výstupní audio soubory.

4 Řešení infrastruktury a získané výsledky

4.1 Instalace operačního systému a nástrojů potřebných k vytvoření infrastruktury

Prvním důležitým krokem, který tvorba infrastruktury požaduje je vytvoření prostředí k jejímu fungování. V rámci práce s Raspberry Pi je tímto myšlen výběr správného operačního systému, potřebných knihoven a nástrojů.

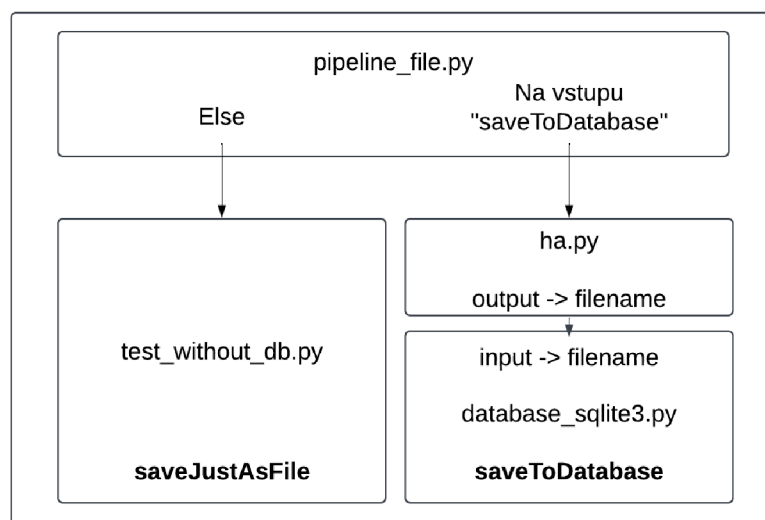
Jak bylo zmíněno v kapitole 2, tak je Raspberry schopno pracovat s velkým spektrem systémů založených na platformě Linux OS. Pro zařízení tak byl vybrán operační systém Raspberry Pi OS (32-bit), založený na systému Debian. Za pomoci imageru, což je nástroj určený k usnadnění přenosu dat na paměťové médium, byl operační systém přesunut z počítače na SD kartu, která byla následně vložena do samotného přístroje a při prvotním spuštění poskytla možnost nainstalování daného operačního systému. Za pomoci připojené klávesnice, myši a monitoru byla úvodní instalace spuštěna, proběhlo několik počátečních nastavení a zařízení bylo uvedeno do aktivního provozu. K mikropočítači byl následně připojen wi-fi přijímač a došlo k připojení k internetové síti nasdílené mobilním telefonem.

Dalším krokem při vytváření prostředí pro infrastrukturu byla ruční aktualizace softwaru za pomoci internetového připojení a příkazů v terminálu. Při tomto procesu bylo přidáno několik základních pracovních knihoven a funkcí. Poté bylo zařízení restartováno pro dokončení aktualizací.

Následovalo získání dalších nástrojů a knihoven, které nebyly v základním systému, ale byly potřebné k chodu infrastruktury. Jednalo se například o programovací jazyk Python, který byl v základu v přístroji obsažen, ale z hlediska kompatibility byla nainstalována specifická verze, a to za pomoci instalačních příkazů v terminálu. Podobně byly získány ostatní knihovny, jako byla například již zmíněná knihovna PyAudio, která umožňuje jednoduché nahrávání a přehrávání zvuku za pomoci mikrofonu, reproduktorů nebo zvukových karet. PyAudio také využívá knihovnu PortAudio, díky které je schopna pracovat s velkým spektrem formátů a nastavení hardwaru. Pro práci s argumenty v příkazech byla následovně stažena knihovna sys, díky které kód dokáže rozpoznat vstupní pokyn a směřovat skript k požadovanému cíli. Další získaná knihovna byla sqlite3, která sloužila k použití databázového systému SQLite, díky němuž byla vytvořena interní databáze, do které byly vkládány nahrávky v podobě dat nazývaných blob. Poslední z důležitých knihoven byla knihovna requests, které sloužila k posílání požadavků směřovaných na cloudové úložiště.

4.2 Řešení kódu nahrávajícího a zpracovávajícího zvukový záznam

Potom, co byly získány potřebné knihovny, funkce a nástroje byla pozornost zaměřena na vytváření kódu infrastruktury. Z hlediska přehlednosti a jednoduchosti bylo rozhodnuto zformovat několik jednodušších skriptů, které byly umístěny za sebou. Došlo k vytvoření dvou větví, kde v jedné byla nahrávka uložena pouze jako soubor na lokálním úložišti, a naopak ve druhé došlo k jejímu přepracování do databáze a k následnému zaslání na cloudovou platformu. Tento krok je graficky zobrazen v Obr. 4.1. Python skripty zmiňované v následujícím textu jsou součástí příloh vložených do systému.



Obr. 4.1: Schéma nahrávajícího kódu

Kód nahrávací sekvence lze rozdělit do nadcházejících skriptů:

- `pipeline_file.py` – Kód zpracovávající vstupní podmínku
- `ha.py` – Kód nahrávání do audio souboru
- `database_sqlite3.py` – Kód pro uložení souboru do databáze
- `upload_test.py` – Kód spouštěcí zálohování na cloudové platformě
- `test_without_db.py` - Kód pro samostatné zpracování do nahrávky

Tyto skripty lze najít v příloze.

4.2.1 Kód zpracovávající vstupní podmínku

První částí nahrávací sekvence je skript `pipeline_file.py` zajišťující správné směrování kódu. Jedná se o pomyslné rozcestí, na kterém je použito knihoven `os` a `sys`.

Kód vstupuje do podmínky, která má v sobě vstupní parametr „saveToDatabase“. Pokud byl tento parametr při spuštění skriptu zadán do terminálu podmínka vyústí v možnost, při které je kód směřován do skriptu `ha.py`.

Stane-li se, že vstupní parametr zadaný není, pak kód pokračuje do skriptu `test_without_db.py`.

4.2.2 Kód nahrávání do audio souboru

Při použití vstupního parametru přichází kód do nahrávací části obsažené ve skriptu `ha.py`. Nejprve jsou do kódu importovány použité knihovny. Kromě již zmíněných se zde objevují také knihovny `time`, `wave`, `os.path` a `fcntl`. Knihovna `time` pracuje s interním časem zařízení a zajišťuje služby jako například uspání kódu na určitý časový úsek. `Wave` dopomáhá knihovně `PyAudio` při zapsání dat do audio souboru. `Os.path` nabízí možnost spojení cesty souboru s jeho názvem a `fcntl` představuje zámek, který brání kódu pokračovat, dokud není zhotovena jeho specifická část. Hlavní částí kódu je třída `Recorder` která obsahuje následující funkce:

- `__init__` – Obsahuje vstupní hodnoty, jakými jsou třeba vzorkovací frekvence, počet nahrávaných sekund nebo počet kanálů.
- `start` – Zde je použita funkce z knihovny `PyAudio` a je vytvořen stream do kterého jsou zadány vstupní hodnoty a dochází k uložení do snímků.
- `stop` - Stream je uzavřen a proces zastaven.
- `save_to_file` - Dochází k vypsání dat ze snímků do wav audio souboru, kterému jsou přiřazeny vstupní hodnoty a s určitým názvem se soubor ukládá na lokální úložiště přístroje.
- `callback` - Funkce volaná každým blokem nahraných dat, slouží k předzpracování záznamu.

Nahrávka se ukládá s unikátním názvem, který odpovídá datu a času jejího pořízení. Poslední příkaz kódu slouží k zaslání informací o nahrávce do skriptu `database_sqlite3.py`.

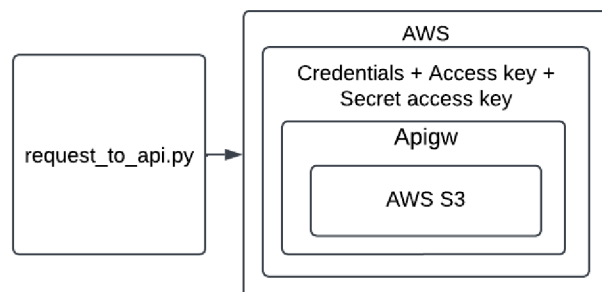
4.2.3 Kód pro uložení souboru do databáze

Informace o zpracované nahrávce přichází do kódu `database_sqlite3.py`, kde dochází k ukládání do databáze. Skript pracuje s již předem zmíněnými knihovnami `sys`, `time` a `sqlite3`. Dochází k připojení k databázi a vyhledání zaznamenaného audio souboru, jenž je následně převeden do blob dat, také nazývaných jako `Binary large object`. Poté je v databázi vytvořena a otevřena tabulka, do které je uložen název souboru jako textový řetězec a blob data jako celočíselné hodnoty. Následně je databáze odpojena. Dochází tak k přetvoření několika megabytové nahrávky v několik kilobytů databázového souboru.

4.2.4 Kód spouštěcí zálohování na cloudové platformě

Po uložení souboru do databáze následoval další postup, a to vytvoření skriptu, který by buď posílal json požadavek za pomoci knihovny requests nebo by ručně přesouval soubor pomocí knihovny boto3 a příkazu upload. Nejprve byl kladen důraz na vytvoření správného json požadavku. Tvorba těchto požadavků byla zkoušena na platformě Postman, která sloužila jako falešné API a vytvářela na používaném počítači, v našem případě na Raspberry, localhost port, kam byly dotazy zasílány. V tomto případě probíhalo vše bez problémů, a tak byla pozornost přesunuta přímo tvorbě request skriptu. Avšak při tvorbě se vyskytly komplikace v podobě nemožnosti připojení uživatele s přístupovými klíči k Amazon S3 úložišti. Přestože měl uživatel všechny potřebná povolení a úložiště bylo nastaveno tak, aby do něj bylo možné vkládat kýmkoliv, nebyl proces proveden a přístup byl odepřen. Byl tak zvolen druhý postup, který využíval knihovny boto3, který na přímo posílá soubory do Amazon S3. Avšak i při tomto postupu se objevila stejná nepochopitelná chyba, která způsobila zastavení postupu dalšího programování. Následným pokusem o řešení bylo použití služby Google Drive namísto AWS, kde by alespoň mohlo dojít k uložení databázového souboru a k jeho konverzi zpět na nahrávku by docházelo až po jeho stažení z disku zpět do počítače. Tento postup se jako jediný vydařil a byl uložen skript s obsaženým kódem `upload_test.py`, jenž dokázal přesunout po Google ověření databázi do zvolené složky a se zvoleným názvem. Při následném spuštění byl vytvořen nový soubor databáze vedle předchozího, jenž zůstal nedotčen. Kód také obsahuje funkci vymazání dat z lokální databáze k jejímu vyčištění.

V rámci nahrávání na Amazon S3 by akce ukládání souboru databáze měla být stejně jako nahrávací sekvence pouštěna periodicky, při spuštění by skript nejen zkopíroval soubor na platformu, ale také by vymazal stávající data v lokálním úložišti. Představu toho jak měla infrastruktura přenosu do úložiště S3 vypadat popisuje Obr. 4.2.



Obr. 4.2: Návrh request požadavku na API

4.2.5 Kód pro samostatné zpracování do nahrávky

Dostane-li se kód díky absenci parametru ze skriptu `pipeline_file.py` sem, dojde k vytvoření nahrávky stejně jako ve skriptu `ha.py`, avšak kód se po zhotovení ukončí.

4.3 Automatizace kódu a zkoumání možnosti překrývajícího nahrávání

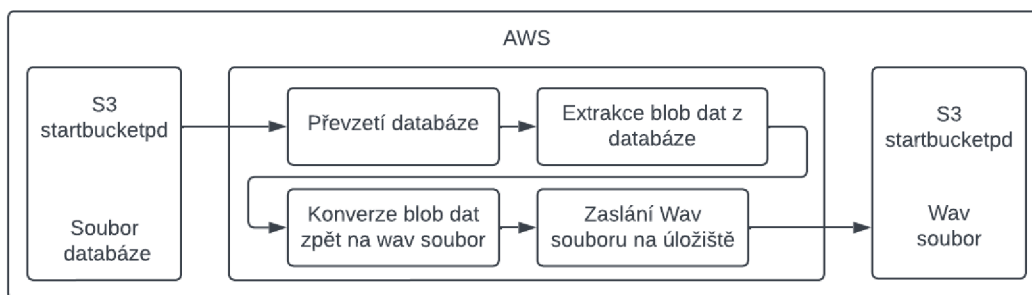
V kapitole 3.4.1 byly představeny možnosti automatizace nahrávacího kódu, jež byly prozkoumány a porovnány. Nejméně výhodnou volbou byl výběr skriptu po spuštění, neboť by probíhal pouze v momentu spuštění zařízení a navázání na `rc.local`. Možnost úkonu `cron` se zdála využitelnější díky jednoduchému nastavení, a také díky opakování v pravidelných intervalech. Později se však projevil komplikace v podobě sekajícího se audio záznamu a bylo zjištěno, že se `cron` pro zpracování zvuku v reálném čase nehodí. Navíc byl čas opakování fixní, a tak mohlo dojít k chybnému dřívějšímu spuštění nebo naopak k přílišnému čekání na další spuštění cyklu. Favoritem se tak stala služba `systemd`, jež si poradila se zpracováním zvuku v reálném čase a díky automatickému restartu po dokončení služby nemohlo dojít ke dřívějšímu spuštění ani velké prodlevě mezi nahrávkami. Konfigurační soubory procesů jsou dostupné v zip příloze jako `pipeline_file.service`, `pipeline_file.timer`, `upload_test.service` a `upload_test.timer`.

V rámci snahy vylepšit funkce zařízení bylo vyzkoušeno překrývající se nahrávání. Jednalo se o snahu vytvořit nahrávku, na jejímž konci by došlo k překrytí druhou nahrávkou, a tak by v postprodukci mohl vzniknout plynulý přechod mezi nahrávkami. Byl vytvořen simultánní proces posunutý tak, aby došlo ke správnému překrytí nahrávek, ale při jeho vyzkoušení nastaly potíže, neboť druhý proces nemohl použít stejný mikrofon, protože byl stále používán. Řešení překrývajícího se nahrávání tak bylo přerušeno a jedná se o možnost vylepšení zařízení do budoucna.

4.4 Vnitřní struktura na cloudové platformě AWS

Před tvorbou kódu vysílajícího požadavek byl na platformě AWS vytvořen S3 bucket `startbucketpd`, který sloužil jako úložiště na AWS. U tohoto bucketu byly nastaveny povolení pro všechny uživatele a byl uveden jako veřejný. Následně byl vytvořen uživatel AWS účtu, jež měl plné povolení pracovat se službou úložiště.

Vzhledem k nefunkčnímu skriptu, jež měl za úkol přenést soubor databáze do tohoto bucketu bude architektura AWS kódu alespoň vyobrazena za pomoci návrhu v Obr. 4.3.



Obr. 4.3: Návrh AWS infrastruktury

4.5 Možnosti zařízení a porovnání s podobnými přístroji

Před samotným zhodnocením výsledků je také třeba posoudit možnosti tohoto zařízení. Přístroj může být zcela mobilní za pomoci napájení z externí baterie. I přestože bychom brali v potaz baterii o nízké kapacitě jako je třeba 10 Ah můžeme se při průměrném zatížení bavit o funkčnosti zařízení kolem deseti hodin. Dále je také zařízení schopno pracovat s vysokou vzorkovací frekvencí v závislosti na použité zvukové kartě.

Důležité je také zmínit zařízení, jenž se svými vlastnostmi a funkcemi podobají našemu přístroji. Takovýmto zařízením může být například ruční záznamník Zoom H4n Pro. Za cenu 5599 Kč je možné získat kvalitní, malý záznamník, jenž je schopný nahrávat ve formátu WAV, MP3 a BWF, a to s bitovou hloubkou až 24 bitů a vzorkovací frekvencí 96 KHz s redukcí šumu při nízkých hlasitostech. Přístroj má navíc dva XLR mikrofonní vstupy s +24V a +48V fantomovým napájením. Dalším obdobným zařízením je záznamník Tascam Portacapture X8, jehož cena může vyšplhat až na 13790 Kč. Zařízení je schopné pracovat s bitovou hloubkou až 32 bit float a vzorkovací frekvencí 192 KHz. Stejně jako záznamník Zoom H4n Pro má Tascam Portacapture X8 možnost ukládat do formátů WAV, MP3 a BWF. Navíc disponuje dotykovým displejem a lze na něm nastavit pozice mikrofonů, které se dají odejmout i úplně. Na záznamníku lze také najít čtyři XLR/TRS vstupy. Také disponuje fantomovým napájením

Oproti těmto zařízením má infrastruktura využívající Raspberry Pi několik výhod, ale i nevýhod. Nevýhodami je větší velikost a přítomnost kabelů připojených k Raspberry Pi nebo třeba absence displeje, který však lze k Raspberry pořídit separátně. Výhodou pak je možnost zálohování dat pomocí internetového připojení, možnost velké kreativity uživatele v nastavení a funkcích zařízení nebo třeba fakt, že je Raspberry Pi levným přístrojem, a že jeho možnosti nejsou ještě zcela všechny

prozkoumány. Hodnota zařízení použitého v této práci se pohybuje blízko ceny zmíněného záznamníku Zoom H4n Pro a je dále popsána v následující kapitole.

4.6 Zhodnocení nahrávací infrastruktury

Výstupem této práce musí být zcela jistě i zhodnocení nahrávací infrastruktury jako celku. Cíle se z hlediska funkčnosti a nízké složitosti zařízení podařily splnit, avšak kvůli chybě při přesouvání databáze na AWS je nutno uznat chybu tohoto řešení. Pozdějším podařeným zálohování databáze na platformu Google Drive došlo alespoň k částečnému splnění požadavků práce.

Systémové procesy `systemd` bez obtíží spouští zaznamenávající skripty a výsledná nahrávka je zaznamenána, konvertována do databáze a na konci své cesty na AWS je jí vrácena podoba audio nahrávky ve formátu `wav`. Dále také `systemd` spouští kód pro uložení na Google Drive, kde je při každém jeho spuštění vytvořen nový soubor databáze a nedochází tak k vymazání dřívějších databází.

Spokojenost je i na místě ceny zařízení. V rámci střední třídy přístrojů Raspberry Pi se z druhé ruky může cena pohybovat okolo 1000,- až 2000,- Kč. Pokud je zvolena cestu levnějších mikrofونů střední kvality, jako tomu bylo v této práci, tak se lze pohybovat v rozmezí 800,- až 1500,- Kč za mikrofon. Následně vhodná základní USB zvuková karta vychází na 1500,- až 2000,- Kč. Ostatní drobnější položky, jako micro SD karta a wi-fi adaptér pak dohromady vyjdou na dalších 1500,- Kč.

Co se týká nedokonalostí či aspektů, které by v infrastruktuře mohly být vylepšeny, tak je jich zcela určitě velké množství. Ať už je to překrývající se nahrávání, kterému bylo při tvorbě této práce věnováno určité množství času, nebo třeba spojení záznamu zvuku s nějakou událostí, například spuštění tlačítkem či pohybovým senzorem. Hlavní nedokonalostí, která by se při příštím řešení podobného problému měla opravit je kompatibilita zařízení s AWS nebo oprava souborů, které s AWS pracují. Fantazii se meze nekladou a možnosti Raspberry Pi jsou ohromující.

Závěr

Důvodem vytvoření bakalářské práce bylo zdokonalení myšlenky předchozí semestrální práce a vytvoření fungujícího prototypu nahrávací infrastruktury složené z mikrofonů, usb zvukové karty, Raspberry Pi a cloudové platformy Amazon Web Services, konkrétně výpočetní části AWS Lambda a úložiště Amazon S3.

Ze semestrální práce byl převzat teoretický základ stereofonního nahrávání. Byly popsány vlastnosti a typy mikrofonů, jejich konstrukce, nejčastější použití a příslušnosti. Následně byly zkoumány mikrofonní techniky použitelné při stereofonním snímání, a to za přítomnosti dvou a více mikrofonů. Poté bylo představeno zařízení Raspberry Pi, byla shrnuta jeho krátká historie a vlastnosti kterými přístroj či jeho součásti disponují. Následně byla teoreticky popsána základní infrastruktura projektu.

K teoretickému základu bylo přidáno praktické řešení infrastruktury, kde při startu zařízení dochází ke spuštění systemd procesu, jenž spouští řetězovou sekvenci skriptů nahrávací infrastruktury. Po nahrání dojde k zpracování do podoby databázového souboru, který by měl být následně poslán do AWS. Avšak z důvodu chyby zařízení, jež se nepodařilo opravit k odesílání dochází pouze na cloudové úložiště Google Drive a byl tak pouze navržen postup, jakým by se měla infrastruktura využívat AWS řídit. Co se týká nahrávání, tak to je po zpracování dat na malý moment zastaveno a následně hned restartováno pro pokračování v nahrávání. Soubor databáze je díky systemd procesu periodicky posílán na Google Drive a následně v lokálním úložišti promazán.

Jak již bylo zmíněno, jedná se o prototyp zařízení, jenž má velkou šanci se s postupem času upravovat a zlepšovat. Byla dodržena jednoduchost a funkčnost nahrávání a ukládání do databáze. Nebylo splněno zálohování a zpracování na cloudové platformě AWS z důvodu chyby, která se nepodařilo opravit, avšak bylo zařízení vedlejší zálohování na Google Drive. Mimo jiné bylo zkoumáno překrývající se nahrávání a možnosti automatického spouštění kódu, dále způsob posílání json requestů na falešné API a také byla pozornost věnována virtuálnímu prostředí. Infrastruktura byla porovnána s handheld audio záznamníky z hlediska poměru ceny a výkon.

Literatura

- [1] VLACHÝ, V. *Praxe zvukové techniky*. 3. vyd., 300 stran, Muzikus, 2008. ISBN 80-86253-05-8
- [2] KADIS, J. *The science of sound recording* 1. vyd., 192 stran , Focal Press, 2012, ISBN 978-0240821542
- [3] JAROŠ, K. *Skripta Zvuková technika* 166 stran, MICHAEL Vyšší odborná škola umělecké a reklamní tvorby, 2011. ISBN 978-80-905074-5-6
- [4] SCHIMMEL, Jiří. Elektroakustika: Fyziologická a psychologická akustika [online]. In: . [cit. 2022-12-07]. Dostupné z: https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/144187/mod_resource/content/4/ELA_02_fyziologicka_akustika.pdf
- [5] SCHIMMEL, Jiří. Elektroakustika: Akustika uzavřených prostorů [online]. In: . [cit. 2022-12-07]. Dostupné z: https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/144209/mod_resource/content/6/ELA_05_akustika_prostoru.pdf
- [6] SCHIMMEL, Jiří. Elektroakustika: Mikrofony [online]. In: . [cit. 2022-12-07]. Dostupné z: https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/144225/mod_resource/content/7/ELA_08_mikrofony.pdf
- [7] Los Senderos studio. *Stereo Microphone Techniques* Poslední aktualizace 10.8.2018 Dostupné z URL: <https://lossenderosstudio.com/article.php?subject=11>
- [8] Los Senderos studio. *Surround and Spatial Sound Microphone Techniques* Poslední aktualizace 15.7.2022 Dostupné z URL: <https://lossenderosstudio.com/article.php?subject=17>
- [9] Shure Incorporated. *Microphone Techniques for Recording* Dostupné z URL: <https://shorturl.at/dzESY>
- [10] Shure Incorporated. *Microphone Techniques for Live Sound Reinforcement* Dostupné z URL: <https://shorturl.at/eNPQ7>
- [11] HALFACREE, Gareth. *The Official Raspberry Pi Beginner's Guide 2020: How to use your new computer*. 4. Cambridge, England: Raspberry Pi Press, 2020. ISBN 9781912047734

- [12] MOLLOY, Derek. *Exploring Raspberry Pi: Interfacing to the Real World with Embedded Linux* 1. vyd., 693 stran, John Wiley & Sons, 2016. ISB: 978-1-119-18868-1
- [13] ROBINSON, A.; COOK, M. *Raspberry Pi Projects* 1. vyd., 470 stran, John Wiley & Sons, 2014. ISBN 978-1-118-55543-9
- [14] Tom's Hardware *Raspberry Pi Should I Buy?* Dostupné z URL:
<<https://www.tomshardware.com/how-to/raspberry-pi-buying-guide>>
- [15] *What is a Raspberry Pi?* Dostupné z URL:
<<https://opensource.com/resources/raspberry-pi>>
- [16] *The Complete Raspberry Pi Manual*. 10.vydání [online]. Black Dog Media Limited, 2021/07/01 [cit. 2022-12-07]. Dostupné z URL:
<<https://app.blackhole.run/#Wk5Jpd2Taq1GnViStM2GLqw8wPrL6CzGHqsZRfqPTj1m>>
- [17] RaspberryTips. *The Epic Story of the Raspberry Pi* Dostupné z URL:
<<https://raspberrytips.com/raspberry-pi-history/>>
- [18] Raspberry Pi *The Eagerly Awaited Raspberry Pi Display* Dostupné z URL:
<<https://www.raspberrypi.com/news/the-eagerly-awaited-raspberry-pi-display/>>
- [19] van LOO, G.; VANINWEGEN, M. *Gertboard user manual* Dostupné z URL:
<https://www.farnell.com/datasheets/1683444.pdf>
- [20] M-Audio. *MobilePre USB User Guide* Dostupné z URL:
<<https://www.fullcompass.com/common/files/5529-MobilepreUSBManual.pdf>>
- [21] The Raspberry Pi Guide. *Run script on start-up with your Raspberry Pi* Dostupné z URL:
<<https://raspberrypi-guide.github.io/programming/run-script-on-boot>>
- [22] Codementor Community. *How to run and schedule Python scripts on Raspberry Pi* Dostupné z URL:
<<https://www.codementor.io/@gergelykovcs/how-to-run-and-schedule-python-scripts-on-raspberry-pi-n2clhe3kp>>
- [23] Codementor Community. *Systemctl, pracuje se službami z terminálu* Dostupné z URL:
<<https://ubunlog.com/cs/systemctl-trabaja-servicios-terminal/>>

- [24] Codementor Community. *systemd/Timers – ArchWiki* Dostupné z URL:
<<https://wiki.archlinux.org/title/systemd/Timers>>
- [25] Makers Portal. *Recording Audio on the Raspberry Pi with Python and a USB Microphone* Dostupné z URL:
<<https://makersportal.com/blog/2018/8/23/recording-audio-on-the-raspberry-pi-with-python-and-a-usb-microphone>>
- [26] Geeks for Geeks. *How to Play and Record Audio in Python?* Dostupné z URL:
<<https://www.geeksforgeeks.org/how-to-play-and-record-audio-in-python/>>
- [27] Amazon Web Services. *Configuration and credential file settings* 2022 Dostupné z URL (od strany 42):
<<https://docs.aws.amazon.com/pdfs/cli/latest/userguide/aws-cli.pdf#cli-configure-files>>
- [28] Amazon Web Services. *Amazon API Gateway Developer Guide* 2022 Dostupné z URL:
<<https://docs.aws.amazon.com/pdfs/apigateway/latest/developerguide/apigateway-dg.pdf#welcome>>
- [29] Amazon Web Services. *AWS Lambda Developer Guide* 2022 Dostupné z URL:
<<https://docs.aws.amazon.com/pdfs/lambda/latest/dg/lambda-dg.pdf>>
- [30] Amazon Web Services. *Amazon Simple Storage Service* 2022 Dostupné z URL:
<<https://docs.aws.amazon.com/pdfs/AmazonS3/latest/userguide/s3-userguide.pdf>>

Seznam symbolů a zkratek

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	Vysoké učení technické v Brně
VHS	systém domácího videa – Video Home System
SSD	polovodičový disk – solid-state drive
USB	universal serial bus
AWS	Webové služby Amazon – Amazon Web Services
c_0	rychlost šíření zvuku v plynech
ϑ	teplota v °C
η	citlivost mikrofonu
L_{EN}	vlastní šum mikrofonu
ORTF	Office de radiodiffusion-télévision française
MS	Mid/Side
OSS	Optimum Stereo Signal
OCT	Optimized Cardioid Triangle
OS	Operační systém – Operating System
BBC	britská vysílací korporace – British Broadcasting Corporation
HD	vysoké rozlišení – High-Definition
IoT	internet věcí – Internet of Things
HDMI	multimediální rozhraní s vysokým rozlišením – High-Definition Multimedia Interface
CSI	sériové rozhraní kamery – Camera Serial Interface
DSI	sériové rozhraní displeje – Display Serial Interface
GPIO	číslicové zpracování signálů – General Purpose Input/Output
CPU	centrální procesorová jednotka – Central Processing Unit

GPU	grafický procesor – Graphics Processing Unit
HAT	přídavná deska připojená na GPIO – Hardware Attached on Top
LCD	displej z tekutých krystalů – Liquid crystal display
RGB	barevný model založený na základních barvách (červená, zelená, modrá) – Red, Green, Blue
LED	elektroluminiscenční dioda – Light-emitting diode
XLR	External Line Return
API	rozhraní pro programování aplikací – Application programming interface
WAV	Waveform audio file format
MP3	MPEG Audio Layer III
BWF	Broadcast wave format

Seznam příloh

A	Soubory obsažené v zip příloze	65
A.1	Kód infrastruktury	65
A.2	Printscreeny a log proběhlých skriptů	65
A.3	Příklad zvukových nahrávek a soubor databáze	66
A.4	Konfigurační soubory systemd	66

A Soubory obsažené v zip příloze

A.1 Kód infrastruktury

V zip souboru nalezneme uložené kódy nahrávací infrastruktury. Jedná se o tyto skripty dále popsané v kapitole „Řešení kódu nahrávajícího a zpracovávajícího zvukový záznam“:

- `pipeline_file.py` – Kód zpracovávající vstupní podmínku.
- `ha.py` – Kód nahrávání do audio souboru.
- `database_sqlite3.py` – Kód pro uložení souboru do databáze.
- `upload_test.py` – Kód spouštěcí zálohování na google drive.
- `test_without_db.py` – Kód pro samostatné zpracování do nahrávky.
- `lock.txt` – Pomocný soubor pro zadržení kódu v `ha.py`.
- `request_json.py` – Soubor, jenž měl posílat requesty na AWS. Zmiňovaný kód generující chybu a odepření přístupu.

A.2 Printscreensy a log proběhlých skriptů

Dále jsou zde printscreensy a log provedných funkčních skriptů.

- `2023-04-30-134607_1920x1080.png` – Ukázka zadávání a funkčnost cron procesu. Ve výsledné infrastruktuře není použit.
- `saveJustAsFile3.png` – Ukázka průběhu infrastrukturou větví bez ukládání do databáze.
- `vysledky_saveToDatabase+log.png` – Ukázka průběhu infrastrukturou větví s uložením do databáze.
- `pipeline_file_2023_04_26-16_48_01.log` – Log ukazující výstup konzole po průchodu nahrávací infrastrukturou.

A.3 Příklad zvukových nahrávek a soubor databáze

V zip souboru, který je připojen k práci, můžeme také najít tři zkušební nahrávky infrastruktury. Jedná se o test kvality a zpracování zvuku mikrofonom, zvukovou kartou a kódem `ha.py`. Pro jednoduchost je použit pouze jeden mikrofon, a tak mají nahrávky data pouze v levém kanálu. Dále se zde objevuje soubor databáze obsahující jednu kratší nahrávku, která sloužila jako test pro uploadování na cloudová úložiště.

- `2023_05_01-18_59_58.wav`
- `2023_05_01-19_15_28.wav`
- `2023_05_01-19_54_12.wav`
- `mydatabase.db`

A.4 Konfigurační soubory systemd

Jako poslední jsou zde obsaženy konfigurační soubory nastavení procesů systemd s potřebnými nastaveními.

- `pipeline_file.service` - konfigurační soubor procesu pro skript
- `pipeline_file.timer` - spouštěč služby `pipeline_file.service`
- `upload_test.service` - konfigurační soubor procesu pro skript `upload_test.py`
- `upload_test.timer` - spouštěč služby `upload_test.service`