



**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

F3

**Fakulta elektrotechnická
Katedra počítačů**

Bakalářská práce

Využití robota LEGO Mindstorms EV3 - návrh robota hrajícího na kytaru pro propagaci FEL

Veronika Petrčková
Otevřená informatika, Software

Květen 2022

Vedoucí práce: Ing. Martin Hlinovský, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Petrčková** Jméno: **Veronika** Osobní číslo: **492151**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra počítačů**
Studijní program: **Otevřená informatika**
Specializace: **Software**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Využití robota LEGO Mindstorms EV3 - návrh robota hrajícího na kytaru pro propagaci FEL

Název bakalářské práce anglicky:

Usage of the LEGO Mindstorms EV3 - Design of the Guitar Playing Robot for Promotion of the Faculty

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s možnostmi robota Lego Mindstorms EV3 (současný stav, HW a SW vybavení).
2. Proveďte a realizujte návrh robota hrajícího na kytaru pro propagační účely FEL (např. <https://www.youtube.com/watch∇v=cXgB3llvPHI>)
3. Vytvořte webové stránky k realizovanému projektu (popis, princip činnosti (ovládání), vysvětlení navrženého softwaru, fotogalerii a popřípadě návod na stavbu robota).

Seznam doporučené literatury:

- [1] James Floyd Kelly - LEGO MINDSTORMS NXT-G programming Guide, Second Edition
- [2] Daniele Benedettelli - Programming LEGO NXT Robots using NXC
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=cXgB3llvPHI>
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=EN-7cMjmFv0>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Martin Hlinovský, Ph.D. katedra řídicí techniky FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **07.02.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

Ing. Martin Hlinovský, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Poděkování / Prohlášení

Chtěla bych poděkovat mému vedoucímu a konzultantovi, Ing. Martinu Hlinovskému, Ph.D za odborné vedení, ochotu, čas a pozornost které mi věnoval. Stejně tak za poskytnutí dílků stavebnice a hudebního nástroje které jsem využila při praktické části.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 20. 5. 2022

.....

Abstrakt / Abstract

Práce se zabývá teoretickým popisem základního principu akordické hry na akustickou kytaru. Tento princip demonstruji na postaveném robotovi, který simuluje kytaristu. Je sestavený ze stavebnice LEGO Mindstorms EV3 ve variantě Education a naprogramovaný v jazyce MicroPython.

Klíčová slova: kytara, robot, LEGO Mindstorms EV3, MicroPython

The thesis describes the basic theoretical principle of playing chords on acoustic guitar. I demonstrate this principle on an assembled robot that simulates a guitarist. It consists of a LEGO Mindstorms EV3 Education kit and is programmed in the MicroPython language.

Keywords: guitar, robot, LEGO Mindstorms EV3, MicroPython

Title translation: Usage of the LEGO Mindstorms EV3 - Design of the Guitar Playing Robot for Promotion of the Faculty

Obsah /

1 Úvod	1
2 Popis kytary	2
2.1 Části klasické kytary	2
2.2 Kytara použitá v projektu	3
3 Způsob hry na kytaru	4
3.1 Tón	4
3.1.1 Co je to tón?	4
3.1.2 Noty	5
3.1.3 Jak vzniká tón na kytaře ..	5
3.2 Pravá ruka	6
3.3 Levá ruka	7
3.4 Rozbor akordů	7
3.4.1 Značení prstů	7
3.4.2 Značení kytarových doprovodů	7
3.4.3 Příklad zápisu	8
4 Stavba robota	9
4.1 Robotické rameno s trsátkem ...	9
4.1.1 Hlavní konstrukce	10
4.1.2 Rameno s trsátkem	10
4.1.3 Mechanismus zvedající trsátko	12
4.1.4 Mechanismus ozube- ných koleček	13
4.1.5 Mechanismus otáčející konstrukcí	14
4.2 Mechanismus držící akordy	15
4.2.1 Základ konstrukce	16
4.2.2 Závaží stlačující struny ..	17
4.2.3 Princip ozubených ko- leček	17
4.3 Synchronizace obou částí	19
5 Programování robota	20
5.1 Organizace souborů	20
5.2 Adresáře se zdrojovými kódy ..	21
5.2.1 Adresář source	21
5.2.2 Adresář documentation ..	21
5.3 Doprovodné adresáře	21
5.3.1 Adresář photos a videos .	21
5.3.2 Adresář pdf files	22
5.4 Program	22
5.4.1 Spouštění programu z EV3 Kostky	22
5.4.2 Spouštění programu z počítače	22
5.4.3 Nastavení hry	24
5.4.4 Vlastní hra robota	26
6 Závěr	27
A Obsah přiloženého archivu	29
Literatura	30

Tabulky / Obrázky

2.1. Tabulka s technickými parametry kytary Blond CL-34	3
2.1. Části klasické akustické kytary ..	2
2.2. Kytara Blond.....	3
3.1. Ukázka druhů not	5
3.2. Tóny a půltóny	6
3.3. Reuleauxův trojúhelník	7
3.4. Úchop trsátka	7
3.5. Akord A s doprovodem	8
4.1. Celý robot shora	9
4.2. Základ konstrukce.....	10
4.3. Celá konstrukce	10
4.4. Hrot trsátka	11
4.5. Pohled shora.....	12
4.6. Poloha slzy směrem nahoru....	13
4.7. Poloha slzy směrem dolů.....	13
4.8. Mechanismus koleček 1	14
4.9. Mechanismus koleček 2	14
4.10. Mechanismus otáčející konstrukcí	15
4.11. Mechanismus držící akordy z boku	16
4.12. Mechanismus držící akordy shora	16
4.13. Základ konstrukce - dolní pohled	16
4.14. Závaží.....	18
4.15. Ozubená kola.....	18
4.16. Celý robot z boku.....	19
5.1. Výchozí obrázek na obrazovce .	26
5.2. Vzhled EV3 Kostky během	26
5.3. Vzhled EV3 Kostky během pomlky.....	26

Kapitola 1

Úvod

Ve své bakalářské práci jsem se věnovala návrhu a následně i stavbě robotického kytaristy. Jedná se o mechanismus simulující akordickou hru na akustickou kytaru, umožňuje zastoupit obě ruce kytaristy a zahrát tak doprovod k vybraným skladbám na reálný nástroj. Pravou ruku hráče přejíždějící buď trsátkem, nebo čistě jen hrstkou z prstů přes struny napodobuje robotické trsátko. Jde o malé rameno pohybující se přes struny zakončené pevným hrotem. Naopak, ruku levou - neboli tu, která drží akordy na hmatníku zastupuje mechanismus ozubených koleček a závaží umístěný kolem prvních tří pražců kytary. Má vize je taková, že realizace návrhu zvládá synchronizovaný pohyb trsátka a otáčení ozubených koleček tak, aby kytara zahrála čistý akordický doprovod. Doprovod by se různil podle potřeb hrané písničky, lišilo by se tempo, typ akordu, vzorec pohybu trsátkem apod.. Výsledkem tedy bude kompletní robot-kytarista schopný zahrát celý akordický doprovod předem zvolené písničky bez nutnosti pomoci hráče zcela sám.

Tímto tématem jsem se rozhodla zabývat, protože je mi osobně blízké. Sama jsem nadšená kytaristka, stejně tak jako i programátorka a toto téma krásně spojuje tyto dvě zdánlivě nepropojitelné oblasti. Ukázky hry robota v praxi bude možné použít na propagaci Fakulty elektrotechnické ČVUT či oboru v rámci Dnů otevřených dveří, nebo akcí jim podobným. Popis robota s příloženými fotografiemi bude také vystaven na oficiálních webových stránkách Robosoutěže.

Ke konstrukci těla robota jsem použila stavebnici LEGO Mindstorms EV3 ve variantě Education. Využívala jsem jak základní Core Set, tak i rozšíření Expansion Set. Díky jsem ovšem potřebovala podstatně více ve srovnání s tím, kolik jich je poskytnuto v těchto dvou sadách. Tudíž většina je zastoupena ve větším počtu než v originálních setech. A některé jsou ještě i doplněny z jiných setů či rozšíření, ovšem vždy se jedná o LEGO dílky. Stavebnice obsahuje i inteligentní EV3 Kostku, střední a velké motory, které byly při stavbě použity také. Připojení motorů k EV3 Kostce je provedeno pomocí plochých kabelů zakončenými konektorem RJ12. Po softwarové stránce je robot naprogramovaný v tzv. Micropythonu. Jedná se o ztenčenou variantu programovacího jazyka Python3 která obsahuje pouze malé množství standardních knihoven Pythonu. Velikou výhodou je však fakt, že je navržen přesně pro běh na mikrokontrolérech.

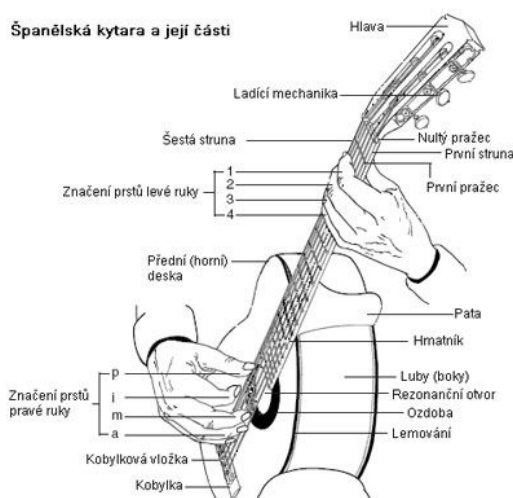
Kytaru jsem pro tento účel zvolila klasickou, akustickou, též známou jako "Španělka" v menší, tříčtvrteční variantě. Tento rozměr odpovídá 3/4 normální kytary. Menší kytaru jsem využila čistě z praktického důvodu - má lepší proporce vzhledem k velikostem LEGO dílků, což značně usnadní návrh a stavbu mechanismu držícího akordy.

Samotná práce je rozdělena do několika kapitol. Nejprve se zaměřuji na popis kytary jako nástroje, uvádím z jakých částí se skládá a k čemu která slouží. Nastíním i základní princip akordické hry a vzniku tónů. Nejdříve teoreticky, a posléze i na detailněji popsaných příkladech ukazující způsoby jak se na kytaru dá zahrát. Postupně se zvláště zaměřím na akordickou hru pravé i levé ruky, kterou bude umět i postavený robot. Toho samotného popíšu v závěrečných kapitolách. Začnu principem jeho fungování, následně konstrukcí, a poté i způsobem jakým je naprogramován.

Kapitola 2

Popis kytary

2.1 Části klasické kytary



Obrázek 2.1. Části klasické akustické kytary [1]

Klasická akustická kytara je strunný, drnkací hudební nástroj. Její vzhled s popisem nejdůležitějších částí ukazuje obrázek 2.1.

Skládá se ze tří hlavních částí (hlavy, krku, těla) a tradičně šesti strun naladěných na tóny E0, A0, D1, G1, H1 a E2. Na hlavové části se nachází dva podlouhlé otvory ve kterých je umístěna ladící mechanika - šest kolíků sloužících k ladění nástroje, každý pro jednu strunu. Mechanika struny drží a zároveň umožňuje zvyšovat či snižovat jejich napětí - což je přesně princip ladění nástroje. Při otočení kolíkem doprava¹ se struna utáhne, tudíž se vydávaný tón zvýší. Naopak, při otočení kolíkem doleva se struna povolí a výsledný tón sníží.

Hlavu od krku odděluje tzv. ořech, čili nulý pražec. Jedná se o zesílený kus materiálu který zajišťuje, že všechny struny budou nad hmatníkem ve stejné výšce a se stejnými rozestupy. Hmatníkem se myslí plocha vrchní strany krku, na které jsou rozmístěny jednotlivé pražce. Jejich počet se může lišit, obvykle však na kytarách najdeme kolem dvaceti pražců. Rozmístění není dáno náhodně, pražce začínají se širšími rozestupy a postupně se jeden k druhému přibližují. To je proto, aby strunu při zmáčknutí zkrátily v požadovaném poměru a kytara vydala čistý tón. Pražec vždy zvýší daný tón o půltón, takže pokud víme, na jaký tón je struna naladěná, snadno si můžeme tón na daném pražci dopočítat. Více o tónech a půltónech uvádím v části 3.1.3.

Samotné tělo je složeno z ozvučné a spodní desky. Jejich spojení nazýváme luby. Krk je ve své dolní spodní části spojen s luby zesílením pojmenovaným pata. Zatímco spodní

¹ Doprava z pohledu hráče v pozici naznačené také na obrázku 2.1.

deska je celistvá, ozvučná má v sobě vyřízlý rezonanční otvor. Přes něj vedou napnuté struny až na kobylkový pražec. Za ním jsou na samotné kobylce uchyceny. Od nultého pražce až po pražec kobylkový je struna napnutá v celé své délce. Tato vzdálenost se též nazývá **menzura**.

2.2 Kytara použitá v projektu

Pro potřeby projektu jsem použila 3/4 klasickou kytaru značky Blond CL-34 se šesti nylonovými strunami. Označení 3/4 znamená, že kytara má menší tělo a krk. Jejich rozměr odpovídá třem čtvrtinám klasické velké kytary. Nástroj má 19 pražců, tělo a luby jsou vyrobené z lipového dřeva, krk ze dřeva nato. Na krku je umístěn ebonizovaný hmatník s celkem devatenácti pražci. Všechny technické parametry jako menzura nebo šířka nultého pražce jsou pak uvedeny v následující tabulce 2.1.

název parametru	hodnota parametru
velikost	3/4
počet strun	6
počet pražců	19
šířka nultého pražce	44 mm
menzura	590 mm

Tabulka 2.1. Technické parametry kytary Blond CL-34

Menší variantu kytary jsem volila čistě z praktického důvodu. Na rozdíl od 4/4 kytary (neboli “celé”) jsou struny napnuty blíže u sebe. Tato výhoda je zásadní pro návrh a pozdější stavbu mechanismu držícího akordy. Vzdálenosti mezi strunami na této kytare totiž téměř dokonale odpovídají šířce lego dílků. Malinká závaží, která se budou starat o mačkání strun, jsou složena z menších lego dílků. Pokud tedy vedle sebe budou dvě závaží (mačkající sousední struny), nebudou si nijak překážet či se překrývat. V poměru velikostí lego dílků jsou i vzdálenosti mezi jednotlivými pražci na hmatníku (především mezi mezi nultým až třetím pražcem - na těchto místech bude robot akordy před pražci držet).



Obrázek 2.2. Kytara Blond CL-34

Kapitola 3

Způsob hry na kytaru

V následující kapitole bych ráda nastínila princip hry na kytaru. Pro pochopení mechanismu robotického kytaristy je potřeba se alespoň zběžně orientovat v technice hry. Kytara je poměrně komplexní nástroj s všestranným využitím. Existuje proto plno možností a technik, jak na kytaru hrát. Ať už akordický doprovod, melodie, dvojhlasy... já se ale budu věnovat pouze nejrozšířenějším způsobům hry.

Ke těm známějším způsobům patří tzv. technika **vybrnkávání**. Jednotlivé prsty pravé ruky rozeznívají kytarové struny. Hráč může rozeznít pouze jednu strunu, nebo hned několik strun současně. Palec tradičně hraje na spodních strunách E, A, D. Zbylé G, H, E případnou ukazováčku, prostředníčku a prsteníčku. A to obvykle přesně v tomto pořadí. Do hry je samozřejmě možné zapojit i malíček. To vyžaduje už více cviku a hráči to otevírá další možnosti. Levá ruka mačká struny před jednotlivými pražci na hmatníku a spolu s pravou rukou vytváří tóny a melodie.

Nejrozšířenějším a dle mého názoru i nejnámějším způsobem hry je však doprovod na **akordy**. Zde má pravá ruka práci oproti vybrnkávání zdánlivě technicky ulehčenou, “pouze” přes struny přejíždí. Akordy samozřejmě lze i vybrnkávat, ale častěji se využívá pravá ruka jako trsátko. Z prstů se vytvoří tzv. špetka: prsty hráče jsou v podobné pozici jako například u držení tužky (obrázek 3.4). Druhou možností je trsátko přímo použít. Právě tuto techniku hry bude můj robotický kytarista simulovat, více se o ní rozeplši v následujících kapitolách. Nyní ale k teorii.

3.1 Tón

3.1.1 Co je to tón?

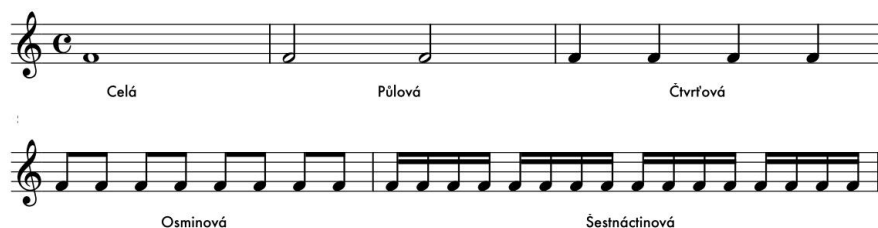
Tónem se rozumí zvuk, který má následující vlastnosti:

- **Výška:** Výšku udává frekvence (jednotka Hz), která značí počet kmitů za vteřinu. Výšku tónu rozeznáme pomocí přístrojů či sluchu: tóny s vyšší výškou slyšíme jako vyšší, s nižší výškou jako hlubší.
- **Síla:** Sílu udává amplituda, která značí rozkmit tělesa. Rozdílnou sílu snadno rozpoznáme pomocí sluchu, tóny s nižší amplitudou slyšíme jako tišší a naopak.
- **Délka:** Délka závisí na tom, jak dlouho se těleso chvěje, a tudíž po jakou dobu daný tón slyšíme.
- **Barva:** Barvu tónu ovlivňuje nástroj, který ho vydává. Uvedu příklad: pokud zahráme tón “a” na kytaru a poté i na klavír, tóny se budou lišit v barvě.

Ještě bych chtěla dodat, že tón se liší od prostého šumu i tím, že má frekvenci pravidelnou, zatímco šum nepravidelnou.

3.1.2 Noty

Grafickou reprezentací tónu je nota. Hodnota noty určuje pouze relativní délku trvání tónu (počet dob). Absolutní délku trvání noty (délku trvání jedné doby vynásobené hodnotou noty) udává až délka taktu. Nejdelší notou je nota celá, která trvá čtyři doby, po ní následuje nota půlová na dvě doby, dále nota čtvrtová na jednu dobu, osminová na půl doby atd.. Každá následující trvá poloviční délku své předchůdkyně a její název zároveň určuje délku vzhledem k notě nejdelší, celé.



Obrázek 3.1. Ukázka druhů not

3.1.3 Jak vzniká tón na kytarě

Kytara vydává tóny na základě kmitání svých strun a šíření zvuku přes tělo nástroje.

Každá struna je natažená mezi nultým a kobylkovým pražcem. Úder prstem či trsátkem potom napnutou strunu rozkmitá. Frekvence, jakou bude struna kmitat, se odvíjí primárně od toho, o kterou strunu jde a jak je nástroj naladěný.

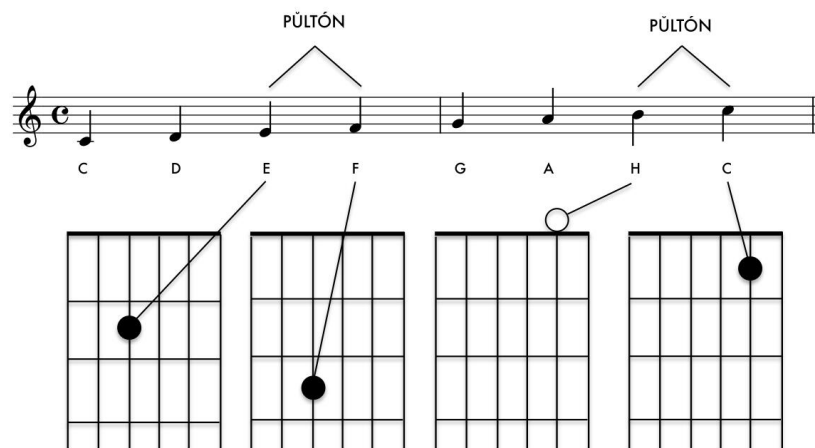
Kytara má 6 strun pojmenovaných podle tónů, které vydávají: E, A, D, G, H, E. Také se používá označení první až šestá, kde první strunou se rozumí vyšší E (E, A, D, G, H, **E**) a šestou nižší E (**E**, A, D, G, H, E). Poslední dvě struny E, A hrají tóny v malé oktávě (a, e), prostřední D, G, H v jednočárkované (d^1 , g^1 , h^1) a první struna E v dvoučárkované oktávě (e^2). Celkem máme pouze sedm písmen pro značení tónů: C, D, E, F, G, A a H. Ale tónů, které lze zahrát je mnohem více, proto se používá číselné označení oktáv. Pokud vyčerpáme všechna písmenka z jednočárkované oktávy (tóny c^1 , d^1 atd.) další tón c bude už dvoučárkovaný (c^2 , d^2 , atd.).

Typicky se nástroj ladí na 440 Hz. To znamená, že tón a (tzv. komorní a^1) je určen frekvencí právě 440 Hz a od něj se odvodí ostatní tóny.

Platí jednoduché pravidlo: čím rychleji struna kmitá, tím vyšší tón vydává. Rychlost kmitání ovlivňuje hned několik faktorů. Prvním z nich je napnutí struny. Čím napnutější strunu máme, tím rychleji kmitá a tím vyšší tón vydává. Napnutí struny se upravuje pomocí kolíků na ladící mechanice. Druhým faktorem je délka kmitající struny. Zde platí, že čím kratší struna je, tím kmitá rychleji a vydává vyšší tón. Takže pokud strunu zkrátíme položením prstu na pražec, bude hrát tón vyšší. Každý pražec zvýší tón na předchozím o nejmenší vzdálenost mezi dvěma sousedními tóny, tzv. půltón.

Uvedu příklad: Pokud čtvrtou strunu zmáčkneme před pátým pražcem a zahrajeme, jaký tón dostaneme? Čtvrtá struna je naladěná na tón d^1 , takže pokud tón zvýšíme o pět půltónů (každý pražec jeden půltón), dostaneme tón g^1 ($d^1 \rightarrow dis^1 \rightarrow e^1 \rightarrow f^1 \rightarrow fis^1 \rightarrow g^1$). Zde je důležité znát mezi jakými tóny existuje ještě půltón, a které už

¹ Komorním a se rozumí tón a^1 , nikoliv tón malé a, který hraje struna A.



Obrázek 3.2. Tóny a půltóny

půltónem jsou. Protože, jak můžeme vidět na obrázku 3.2, mezi e^1 a f^1 zrovna už žádný půltón není. Nejlépe je to vidět na klaviatuře, pokud mezi bílými klávesami není černá, jedná se už o půltón. Na kytáře to není tolik očividné, proto uvádím vyznačení půltónů na stupnici 3.2. Vidíme, že půltón už je mezi notami E a F stejně tak jako H a C. Mezi všemi ostatními je ještě jeden půltón, který značíme buďto jako tón předchozí s příponou -is nebo jako tón následující s příponou -es. Například půltón mezi c^1 a d^1 můžeme nazývat cis^1 nebo des^1 , jedná se o tentýž tón.

Kombinací těchto faktorů lze vyvodit následující závěr. Vyšší frekvenci (tudíž vyšší tóny) získáme na vyšších strunách a vyšších pražcích - těch umístěných blíže ke kobylice. Naopak nižší tóny s nižší frekvencí hrajeme na nižších strunách a nižších pražcích (blíže u nultého pražce).

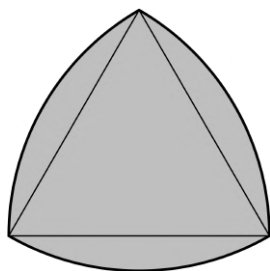
3.2 Pravá ruka

Technik pohybu pravé ruky při hraní akordů existuje nespočet. Pro hru bez trsátka je nejlepší technika vybrnkávání různých rytmů. Palec se opírá o strunu E a ukazováčkem, prostředníčkem a prsteníčkem hrajeme na tři vrchní struny. Alternativně můžeme přidat i basové tóny na spodních třech strunách E, A a D. Na tyto struny se pro hru používá ve většině případů pouze palec pravé ruky.

Při technice, kdy se přes struny přejíždí, je vhodné použít trsátko, což je malý plátek ve tvaru přibližně Reuleauxova trojúhelníku 3.3 se zaoblenými rohy vyrobený z plastu či podobného materiálu. Hráč drží trsátko mezi dvěma prsty, palcem a ukazováčkem pravé ruky, jak je naznačeno na obrázku 3.4.

Hráč s takto uchopeným trsátkem přejíždí přes kytarové struny. Přes kolik strun přejede předepisuje hraný akord. Typicky je to přes všech šest nebo jen pět strun. Rytmus bývá také různý, dá se přejíždět po strunách jen směrem dolů/nahoru nebo tyto dva způsoby kombinovat. Nejčastěji se setkáme s úhazem dolů nebo dolů-nahoru. V akordickém zápisu je většinou uvedeno, jak a na jakou dobu se trsátkem pohybuje. Pohyb nahoru značí šipka směřující nahoru, pohyb dolů šipka opačná.

Pravou ruku hráče na kytaru zastupuje vytvořené robotické rameno s trsátkem a tedy simuluje techniku používající trsátko pro přejíždění přes struny.



Obrázek 3.3. Reuleauxův trojúhelník [2]



Obrázek 3.4. Úchop trsátka [3]

3.3 Levá ruka

Levou ruku hráče bude zastupovat mechanismus závaží držící akordy a sled ozubených koleček měnící druh akordu.

Levá ruka kytaristy je v klasickém držení umístěna pod hmatníkem. Palec se opírá o kytarový krk zezadu a zbylé prsty jsou ohnuty nad hmatník tak, aby mohly mačkat struny před jednotlivými pražci. Struna se musí držet před pražcem, nikoliv na něm. To je proto, aby se měla o co opřít a mohla zkrátit svou kmitající délku. Na jakých místech struny mačkat a jaké prsty k tomu používat určuje daný akord. Prsty je však vždy nutné ohnout tak, aby hráč mohl akordy držet jen bříškem prstu za nehtem a jeho prst se nedotkl žádné jiné struny a neutlumil ji. Výjimku tvoří tzv. barré, kdy hráč položí propnutý natažený prst hned přes několik strun a mačká je současně. Ale i zde je třeba dávat pozor na tlumení ostatních strun.

3.4 Rozbor akordů

V následující části bych chtěla na příkladu podrobněji rozebrat zavedené akordické značení.

3.4.1 Značení prstů

Prsty levé ruky se značí 1-4. Číslo 1 je označení pro ukazováček, 2 pro prostředníček, 3 pro prsteníček a 4 pro malíček. Pro prsty pravé ruky je zavedeno označení odvozené z italštiny:

- **p**: pollice (palec)
- **i**: indice (ukazováček)
- **m**: mediatore (prostředníček)
- **a**: anulare (prsteníček)

Malíček nemá žádné zavedené označení, protože se při hře moc často nevyužívá. Ale lze ho zapojit samozřejmě také.

3.4.2 Značení kytarových doprovodů

Neboli také rytmů. Prsty pravé ruky přejíždí po strunách za pomoci trsátka, či špetky. Na rozdíl od držení akordů, které je pevně dané, má hráč v pravé ruce mnohem svobodnější volbu. Musí se držet jen tempem a taktem.

Takt je nejmenší celek, ze kterých se celá píseň skládá. Značí se zlomkem, kde čitatel udává z kolika dob se bude jeden takt skládat. Jmenovatel říká která nota se počítá jako jedna doba. Setkáme-li se s 3/4 taktem, víme, že v něm budou pouze 3 doby (každá doba bude reprezentovaná čtvrtovou notou) a musíme použít třídobý rytmus. Stejně

jako u 4/4 taktu musíme použít rytmus čtyřdobý. Délky trvání jednotlivých not byly již popsány v sekci 3.1.2.

Tempo je rychlost v jaké se píseň hraje. Nejčastěji je měřena v počtu dob za minutu, nebo pomocí italských názvů (seřazeno od nejpomalejšího k nejrychlejšímu): lento, andante, moderato, allegro, presto... a plno dalších.

Úhozy se hrají tradičně na celou dobu nebo půldobu. Je možné hrát na všechny, hrát na každou druhou atd. to vše záleží na hráčově vkusu. K písni většinou ale existuje doporučené schéma, ve kterém jsou úhozy dolů označeny šipkou dolů a naopak, úhozy nahoru označeny šipkou nahoru.

3.4.3 Příklad zápisu

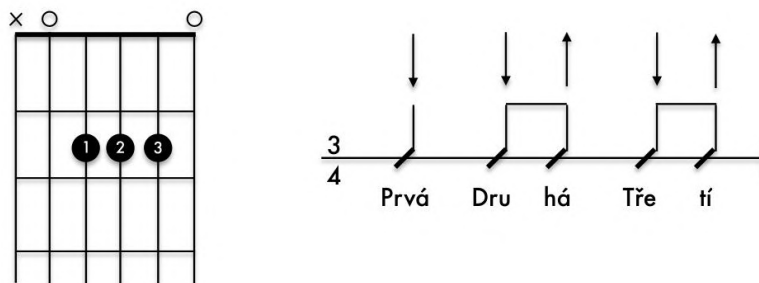
Jako ukázkou jsem zvolila akord A, který patří mezi ty nejpoužívanější a dají se na něm ukázat nejzákladnější značky. Jako ukázkou rytmu jsem vybrala 3/4 doprovod 3.5. Sám robotický kytarista má tento akord implementovaný.

Značení akordu připomíná hmatník. Silně je vyznačen nultý pražec. Kolmo na něj vede všech šest strun. Mezi jednotlivými pražci se na naznačených strunách nacházejí očíslovaná plná kolečka. Pokud je na struně umístěno kolečko, znamená to, že strunu musí hráč zmáčknout. Kde ji bude mačkat udává pozice kolečka a jakým prstem zase číselné označení.

V akordu A na obrázku 3.5 je to následovně: ukazováček levé ruky (1) drží čtvrtou strunu před druhým pražcem, prostředníček (2) třetí strunu též před druhým pražcem a prsteníček (3) strunu druhou opět před stejným pražcem.

Ještě stojí za zmínku symboly uvedené nad naznačeným nultým pražcem. To je informace pro pravou ruku. Pokud nad strunou vidíme prázdné kolečko, struna bude znít aniž bychom ji mačkali přes nějakým pražcem. Když křížek, strunu hrát nebudeme. V tomto případě bude hrát strun jen pět - první až pátá, protože nad šestou je uveden onen křížek.

Značení doprovodu zase připomíná zjednodušenou notovou osnovu a na ní naznačené noty - každá pro jeden úhoz ruky. 3/4 takt má tři doby (a každá doba se skládá ze dvou půldob). První nota je zde čtvrtová, ta značí celou jednu dobu. Po ní následují čtyři osminové noty (každá osminová nota trvá půl doby)¹. Nad notami jsou již zmíněné šipky. Kytarový doprovod tudíž budeme hrát následovně: první doba bude úhoz směrem dolů, protože šipka také směřuje dolů. Druhá doba bude rozpůlená, první půldoba bude úhoz dolů a druhá zpátky nahoru. Třetí doba je totožná s druhou.



Obrázek 3.5. Akord A s doprovodem

¹ Délky trvání jednotlivých not jsou podrobněji popsány v sekci 3.1.2.

Kapitola 4

Stavba robota

V následující kapitole přejdu od teoretické části mé bakalářské práce k praktické - stavbě a principu fungování robota jako takového. Robot rozdělený na dva větší celky (robotické trsátko a mechanismus držící akordy). Obou částem se budu věnovat nejprve zvlášť a posléze popíšu jejich propojení do jednoho celku.

Pro stavbu robota jsem využila stavebnici LEGO Mindstorms EV3 ve variantě Education. Tento druh stavebnice nabízí široké spektrum dílků už v základním setu, od každého vždy v několika velikostech. Rozšířeními a speciálními díly, kterých je na trhu dostatek, se set dá ještě rozšiřovat. Takže stavebnice nabízí široké možnosti, co postavit - ukázkou je i tento projekt. Kromě dílků obsahuje i EV3 Zařízení. Jedná se o různé motory, spoustu druhů senzorů, vstupních a výstupních zařízení a samozřejmě programovatelné EV3 Kostky. Já jsem při stavbě použila dva velké motory, jeden střední a EV3 Kostku.

Jak už jsem zmínila, robot se skládá ze dvou samostatných celků viditelných na obrázku 4.1. Robotické rameno je umístěno v zadní části kytary, kolem kobylky a za ní. Kdežto mechanismus držící akordy se nachází kolem hmatníku nad prvními třemi pražci. Oba celky se dále dají rozdělit na několik menších částí. Těm se budu individuálně věnovat v následujících podkapitolách. Následně nastíním princip jejich synchronizace přes EV3 Kostku. Návrhem robota jsem se inspirovala v YouTube videích na kanálu TECHNICally Possible [4] [5].



Obrázek 4.1. Celý robot shora

4.1 Robotické rameno s trsátkem

Robotické rameno s trsátkem zastupuje hráčovu pravou ruku, tudíž umožňuje hrát úhozy přes kytarové struny. Nastavit se dá jak rychlost úhozů, jejich rytmus nebo

počet strun které budou znít. Můj návrh se dá rozdělit na čtyři menší celky, kterým se dále detailněji věnuji.

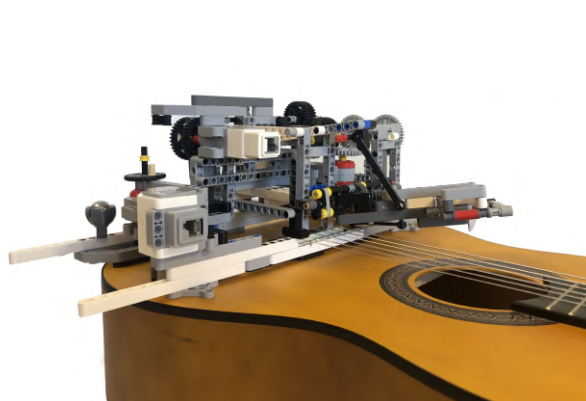
4.1.1 Hlavní konstrukce

Základ hlavní konstrukce, tedy té, na které vše drží, je napevno umístěn na zadní části ozvučné desky, viz obrázek 4.2. Skládá se ze dvou řad dlouhých lego dílků, které se táhnou napříč deskou až za její okraje. Na konci každé řady jsou umístěna drobná závaží. Ty jsou zde proto, aby konstrukci zatížily a dalo se s ní hůře manipulovat. Jedna řada je umístěna těsně před kytarovou kobyolkou a pod strunami kytary, druhá až téměř u konce ozvučné desky. Tyto řady jsou navzájem spojeny tak, že ohraničují velký obdélník, ve kterém se nachází kobyłka. Na kratší straně pomyslného obdélníku je napevno přichycený velký motor.

Pod celou touto konstrukcí se nachází několik lego dílků poloviční velikosti (tj. dílků stavebnice, které mají poloviční výšku oproti běžným). Na těchto dílcích stojí celá konstrukce. V původním návrhu jsem s nimi nepočítala, ale ukázalo se, že celá konstrukce musí být o něco málo zvednutá, aby se trsátka mohlo správně dotýkat strun. Pokud by konstrukce nebyla takto nadzvednutá, mechanika trsátka by se zasekávala o struny, což by byl jednak rušivý element pro poslech výsledné písničky a zároveň by se mohlo lehce stát, že by se v konstrukci nahromadil tlak. Ten by se později najednou uvolnil a mohl tak konstrukci rozbít.



Obrázek 4.2. Základ konstrukce



Obrázek 4.3. Celá konstrukce

Na tomto samostatném základu leží největší a nejmohutnější část návrhu. Dalo by se říci, že se jedná o nosnou kostru, na kterou jsou následně přidávány další části umožňující hru robota. Na spodní konstrukci je jen položena, propojena je s ní pouze v jednom bodě. Důvod podrobně rozepisují až v části 4.1.5.

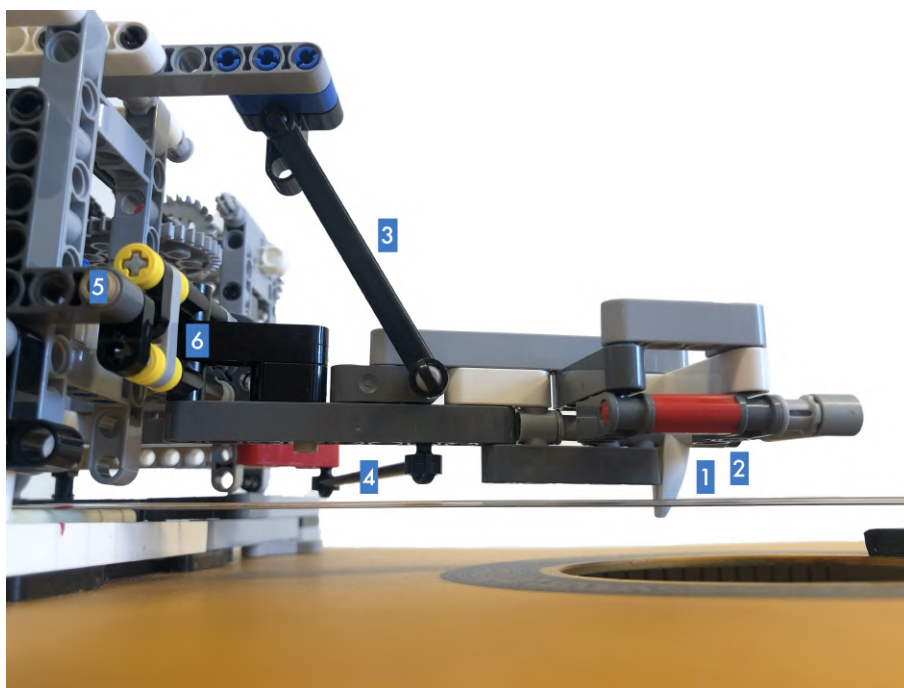
4.1.2 Rameno s trsátkem

Nejvýraznějším prvkem je rameno pohybující se přes struny zakončené malým hrotem - trsátkem (viz obrázek 4.4). Hrot se nachází jen pár milimetrů pod napnutými strunami (1), což je ideální vzdálenost. Kdyby byla menší, hrot by se strun dotkl jen zlehka a nerozkmital by je. Naopak, kdyby se nacházel o něco níže, přejet přes struny by motor stálo větší práci, vznikalo by napětí v ozubených kolečkách a ta by na sebe nemusela správně doléhat. Robot by zkrátka nemohl fungovat tak, jak má.

Tuto správnou pozici zajišťuje tyč, která je uchycena jak k boku ramene, tak i ke konstrukci shora (3). Spojení je provedeno přes speciální lego dílky. Na místa, kde bude

tyč z obou stran přichycena, se zasune propojovací dílek zakončený kuličkou. Samotná tyč má na svých koncích inverzní zakončení - vypouklé místo, do kterého kuličkové zakončení snadno zapadne. Tento spoj není nijak pevný, tyč se může po kulatém zakončení lehce pohybovat. Takové propojení zajistí potřebný rozsah pro pohyb trsátka tam a zpět přes struny.

Rameno je k hlavní konstrukci uchyceno ještě na dvou dalších místech. Konstrukce vpředu obsahuje vnější, volně se pohybující část (5) ukotvenou pomocí tyčí, nikoliv pevných spojení. Proto se může lehce pohupovat dopředu/dozadu, čehož se při hře využívá k vstřebávání napětí generované trsátkem přejíždějícím přes struny. Na tuto konstrukci je (taktéž volně přes tyče) napojeno rameno s trsátkem (6). Na toto spojení je možné nahlížet jako na kloub, který trsátku umožňuje se pohybovat lehce tam a zpět přes struny. Posledním bodem spojení je připojení na dílek generující pohyb (4). Tento červený dílek je připojený na motor a dává do pohybu celé trsátko (více v části 4.1.5). Toto propojení je vytvořeno volně přes tyč stejným způsobem jako tomu bylo u pohyblivého kulatého spojení použitého k připojení ramena ke konstrukci shora.



Obrázek 4.4. Rameno s trsátkem

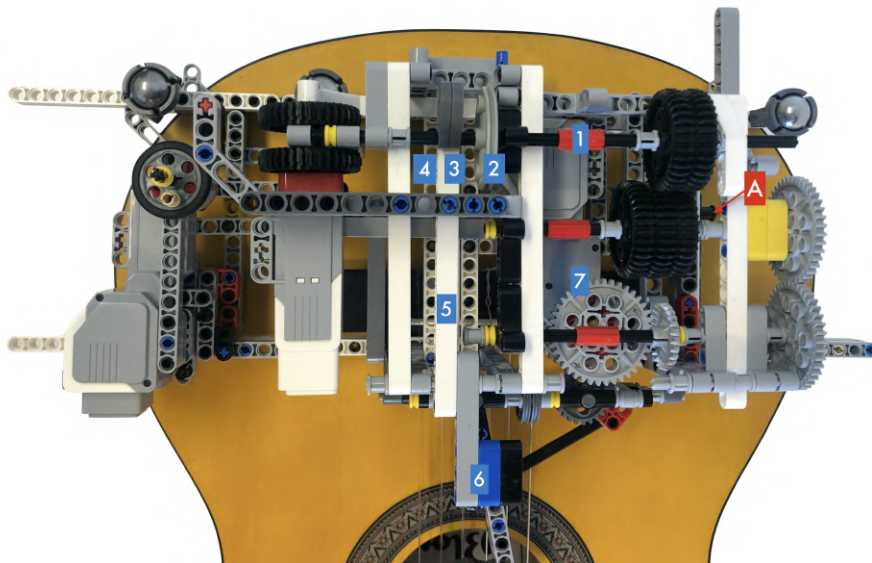
Rameno samotné je postaveno ze základních kratších lego dílků a je zakončeno jejich rozložením do obvodu čtverce. Samotný hrot (1) je pevně navléknutý na tyč, která vytváří jednu stranu pomyslného čtverce. Tudíž, pokud se bude otáčet tyč, naklopí se i trsátko. A jak je možné s tyčí otočit? K tomu slouží malá pružina v přední části ramene (2). Jeden její konec je pevně uchycený k ramenu, zatímco druhý je propojen s tyčí a dá se lehce stlačit (tato akce tyč otočí). Stlačování je v praxi způsobeno právě strunami, které kladou na trsátko lehký odpor, to se lehce natočí a přejezd přes struny je mnohem plynulejší, přesto stále dostačující a vydávající hezký zvuk. Na hezkém zvuku se taktéž podílí jeho poloha v rámci kytary - trsátko přejíždí přes struny zhruba v polovině rezonančního otvoru, což umožňuje využít plný potenciál nástroje.

4.1.3 Mechanismus zvedající trsátko

Jak je trsátku umožněn pohyb přes struny tam a zpět už jsem popsala, jak se hrot pohybuje nad a lehce pod úroveň strun vysvětlím v následujících odstavcích. Pohybem nad a pod úroveň strun myslím pohyb svislý. Na různé doprovody je potřeba úhoz jen na určité doby a na jiné zase pomlka¹. Pomlka reprezentované jako pohyb trsátka tam a zpět aniž by se dotklo jakékoliv struny nebo jako čekání trsátka ve výchozí poloze.

O pohyb tam a zpět se stará rameno s trsátkem a jeho napojení na velký motor, tento mechanismus zaručí, že se trsátko nebude dotýkat strun a bude se pohybovat nad nimi. Stejně tak pokud bychom chtěli, aby akord zněl, mechanismus posune trsátko zpět dolů aby se mohlo dotýkat strun.

Konstrukce byla navržena tak, že robot bude umět úhozy dolů-nahoru a opačně, stejně tak jako úhoz jen dolů nebo jen nahoru či úplné ticho. Všechny tyto styly robot umí, ale je potřeba se pro některý rozhodnou ještě před začátkem hry, protože v průběhu hry ho nelze měnit. Na tento mechanismus je v konstrukci připraven střední motor i napojení na rameno, ale bohužel jsem počítala s delší tyčí (která je pro mechanismus klíčová) než jsem měla ve skutečnosti k dispozici. S delší tyčí jde projekt rozšířit i o tuto funkcionalitu. Nicméně já pro hru používám výchozí nastavení: dolů úhoz, nahoru pomlka, který se vyskytuje v nejběžnějších kytarových doprovodech.



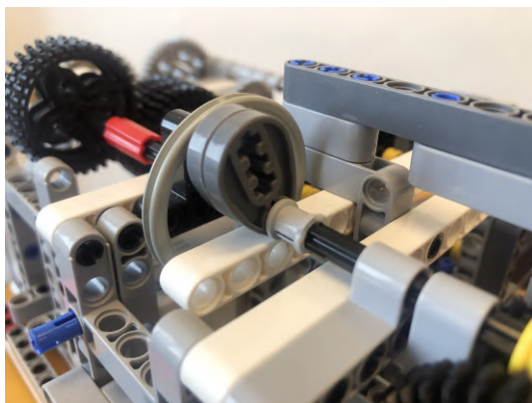
Obrázek 4.5. Pohled shora

Mechanismus se nachází v horní a zadní části robota ve které se táhne jedna dlouhá tyč (tato tyč se ve skutečnosti skládá ze spojení dvou menších, jejich spojení je vidět na obrázku 4.5² jako nejvýše položený sytý červený dílek (1)). Na tyči jsou umístěny dva dílky - každý pro jeden druh pohybu. Souvislé kolečko (2) a dílek ve tvaru slzy (3). Potom je tu i prázdné místo (4). Jak se tyč (1) bude otáčet, budou se s ní otáčet i všechny

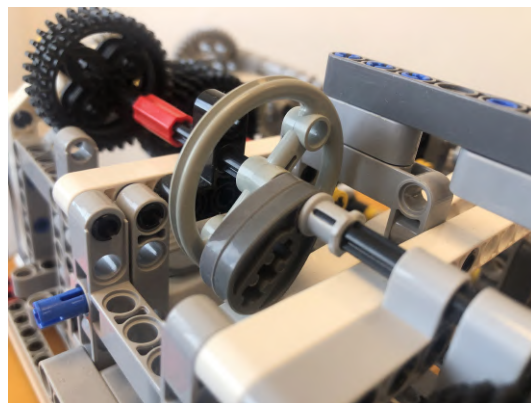
¹ Obdoba noty, která značí pauzu. Existují opět celé, půlové, čtvrtové, atd. pomlky.

² Červeně je na tomto obrázku vyznačeno místo jediného spoje základu konstrukce a kostry, více v sekci 4.1.5

tyto dílky. O tom, který pohyb trsátka se bude používat, rozhoduje typ dílku umístěný nad bílým dlouhým lego dílkem (5). Tento dílek není součástí základní konstrukce, ale je umístěný volně na tyči a tudíž se může naklánět. Zároveň je k němu připojené i horní spojení ramena s trsátkem (6). Tedy pokud se tento dílek nakloní směrem dozadu, přední část se zvedne. S tou se nad struny zvedne i samotné trsátko. Z této úvahy vyplývají funkce jednotlivých druhů dílků na otočné tyči. Pokud by nad ní nebyl žádný, tedy jen prázdné místo, bude trsátko přejíždět po strunách dolů i nahoru. Souvislé kolečko slouží pro odmlku (pokud bychom nad bílý dílek umístily jen to, trsátko nikdy nic nezahraje). Nakonec, dílek ve tvaru slzy je používán pro pohyby: dolů úhoz, nahoru pomlka nebo opačně. Pokud bude slza natočená směrem nahoru (viz obrázek 4.6), trsátko bude v poloze lehce pod strunami a kytara bude vydávat tóny. Pokud ale bude natočený směrem dolů (viz obrázek 4.7), rameno s trsátkem se zvedne do pozice nad struny a my neuslyšíme žádný tón. Tím, jak se tyč (1) otáčí, otáčí se i pozice slzy. Při správném nastavení tedy dokážeme vytvořit pohyb přes struny směrem dolů a pohyb nad struny směrem nahoru.



Obrázek 4.6. Poloha slzy směrem nahoru



Obrázek 4.7. Poloha slzy směrem dolů

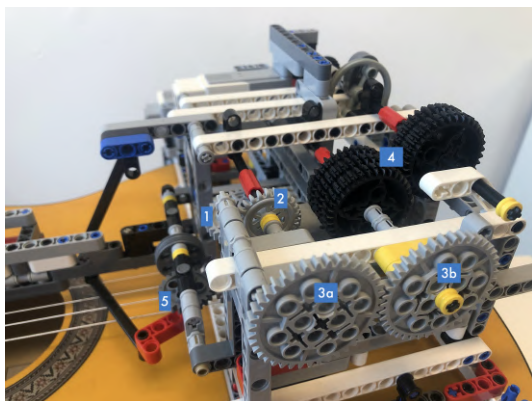
Ještě zbývá dodat, jakým způsobem se tyč otáčí. Roztáčí ji stejný motor, který pohybuje i trsátkem, a tak jsou tyto dva pohyby naprosto synchronizované. Velký motor má na sobě navázané ještě jedno velké ozubené kolo (7), které roztáčí celý mechanismus menších koleček sloužící k roztáčení tyče (ten je vidět na obrázcích 4.8 a 4.9) a v následující sekci jeho princip podrobněji vysvětlím.

■ 4.1.4 Mechanismus ozubených koleček

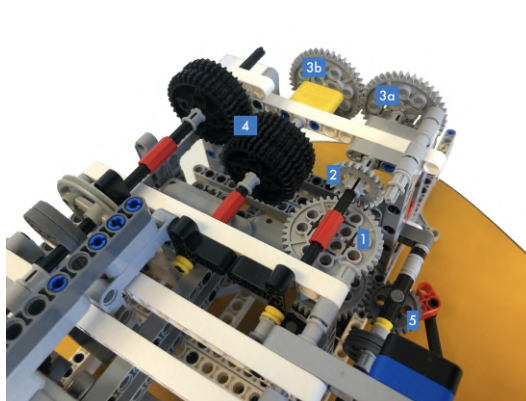
Dlouhý sled jedenácti na sebe navazujících ozubených koleček je pomyslným srdcem celého trsátka, protože je napojený na velký motor, který svým otáčivým pohybem dává do pohybu jednak robotické rameno, tak i mechanismus zvedající trsátko. To zaručí, že obě tyto části budou navzájem synchronizované a nemůže se tak stát, že by pohyb trsátka byl pomalejší či rychlejší než jeho zvedání.

Pro popis budu využívat obrázků 4.8 a 4.9. Na nich vidíme ozubená kolečka pro lepší pochopení hned ze dvou úhlů. Pohyb generuje hlavní velký motor (1) napevno umístěný do kostry konstrukce. Na něj jsou z horní i ze spodní strany připojená velká kolečka se čtyřiceti zuby. To spodní slouží k rozpohybování robotického ramena (pohyb tam a zpět přes struny), kdežto horní ke zvedání trsátka (pohybu nahoru a dolů).

Jako první popíšu složitější a propracovanější pohyb zvedání trsátka. Jak už bylo řečeno v předchozí sekci, pro pohyb trsátka je nejdůležitější otáčení tyče, na které je umístěný dílek ve tvaru slzy. Tento pohyb generuje velký motor a přes sled ozubených



Obrázek 4.8. Mechanismus koleček 1



Obrázek 4.9. Mechanismus koleček 2

koleček se převádí až na tuto tyč. Na velké kolečko je kolmo připojené menší (2), které má své zuby uzpůsobeny tak, aby přesně zapadly do velkého. Skrz toto kolečko prochází dlouhá tyč, která je s ním napevno spojena. Spolu s kolečkem se tudíž otáčí i tato tyč. Na pohledu shora 4.9 si můžeme všimnout, že takové tyče jsou tam celkem tři. Z té první se pohyb přenáší pomocí dvou velkých kol z boku konstrukce (3a a 3b) na prostřední. Mezi prostřední a zadní je pohyb přenesen pomocí pěti černých koleček (4). Na prostřední tyči jsou umístěná tři, na zadní jen dvě. Kolečka jsou na tyčích pevně ukotvená, vzdálenost mezi tyčemi je zase zvolená tak, aby do sebe zoubky koleček zapadly. Tímto je otáčivý pohyb přenesen až na nejbližší tyč, na které je umístěný i dílek tvaru slzy.

Druhý pohyb, zvedání trsátka vyvolává také velký motor, tentokrát se do mechanismu zapojuje velké kolečko připojené k jeho spodní části (vidíme ho především na obrázku 4.9). Do jeho zoubků zapadají zoubky menšího ozubeného kolečka s čtyřia dvaceti zuby (5), které je pevně připojené na volně pohyblivé se část vepředu před konstrukcí. Tato volně pohyblivá se část má samozřejmě své opodstatnění. Pokud se trsátko pomocí tyče zvedne do pozice nad struny, tato pohyblivá část se lehce naklopí nahoru a nikde nevzniká tlak, který by konstrukci mohl poničit. Na menší kolečko (5) je ze spodní strany přichycen dílek ve tvaru písmene "L" a v jeho pomyslném kloubu je připojen právě dílek se zakončením koule na který je vsunuta tyč propojující motor s trsátkem (zmněno v podkapitole 4.1.3). Přes tuto tyč se pohyb přenáší na trsátko, které se začne pohybovat přes struny tam a zpět.

4.1.5 Mechanismus otáčející konstrukcí

Poslední částí robotického trsátka je mechanismus umístěný na boku celé konstrukce. Ten umožňuje hraní pouze přes pět strun, jak je tomu potřeba u některých akordů (ve výchozím nastavení robot přejíždí svým trsátkem přes všech šest strun).

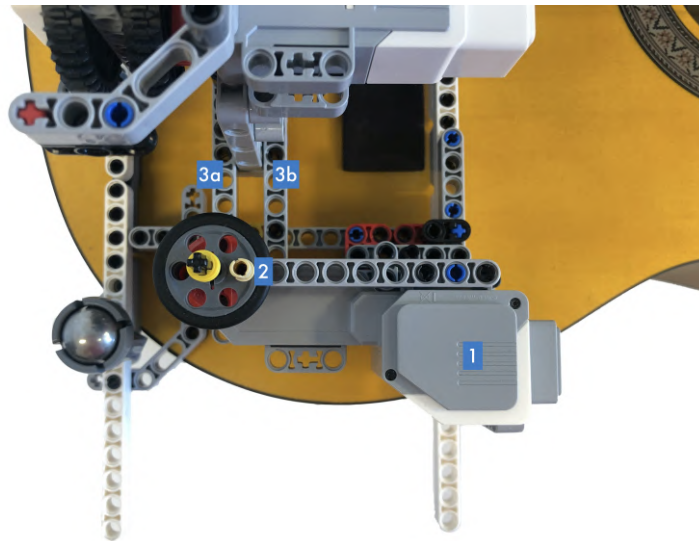
Zde pohyb generuje velký motor pevně spojený se základem konstrukce (viz obrázek 4.2). Také ho můžeme vidět v detailním obrázku 4.10 jako číslo (1).

Princip hraní přes pět strun je vymyšlený a zkonstruovaný tak, že se celá kostra o pár stupňů natočí. Tudíž první struna, které se trsátko dotkne, bude až pátá.

Pro natočení celé kostry konstrukce je potřeba splnit několik podmínek.

Kostra nesmí být se základem konstrukce, který je napevno umístěný na kytaře, jinak pevně spojena.

Existuje tu jediné místo spojení, které je umístěno až na druhé straně nástroje než na které se nachází velký motor. Toto místo je vyznačeno červeně, písmenem A na obrázku 4.5. Ale ani toto spojení není pevné, jde pouze o osu, která je vložena do



Obrázek 4.10. Mechanismus otáčející konstrukci - detail

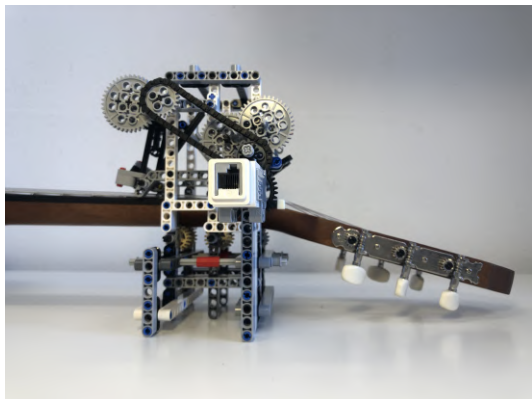
základu konstrukce a kostra se kolem ní může otáčet - v tomto případě jen natáčet tam a zpět.

Z kostry také vybíhají dva dlouhé lego dílky (3a a 3b), které jsou o základ konstrukce jen opřené. Mezi ně je umístěna malá tyčka (2). Tato tyčka je spojená s kolečkem, které je napojené na velký motor. Tedy, pokud se velký motor otočí, otočí se kolečko, které je na něj vloženo a tudíž se otočí i tyčka. Protože vzdálenost mezi vyčnívajícími dílky (3a a 3b) je pouze malá mezera, tyčka svým pohybem na jednu z nich zatlačí a natočí tak konstrukci (díky propojovacímu dílku z druhé strany). Motor je naprogramován tak, že se otáčí pouze o 180° tam a zpět. Tento úhel konstrukci otočí přesně do požadované pozice pro hraní na pěti strunách.

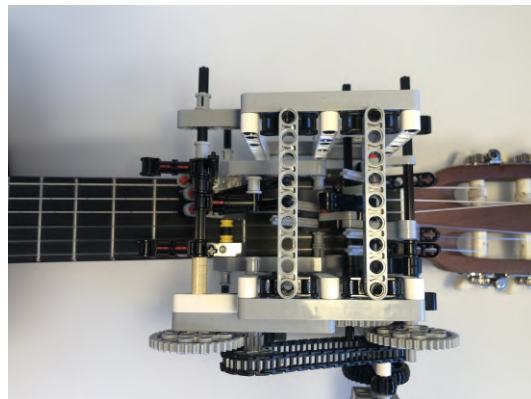
4.2 Mechanismus držící akordy

Mechanismus držící akordy umožňuje stlačovat jednotlivé struny těsně před pražci a vytvářet tak různá uspořádání - neboli akordy. Na strunu se před pražcem zatlačí pomocí malého závaží složeného z drobných lego kostiček. Struna se tímto pohybem opře o předešlý pražec, zkrátí tak svou délku a umožní zahrát vyšší tón. V jednom okamžiku může být stlačeno až všech šest strun před různými pražci - jejich kombinace vytváří příslušný akord. Každé z těchto malých závaží je umístěno lehce nad strunou a pouze stačením se jí dotkne. Zatlačení na strunu probíhá nikoliv pomocí prstů, jak je tomu u klasické hry, ale pomocí malých lego dílků umístěných na otočných tyčích ukotvených na konstrukci nad strunami. Jak se tyč otočí, natočí se i vyčnívající lego dílky a zatlačí na závaží tak, aby se dotklo strun. O tuto změnu mezi akordy se stará soubor zřetězených ozubených koleček, který končí nad každou otočnou tyčí. Pokud se otočí mechanismus, otočí zároveň i tyčemi. Princip závaží i ozubených koleček podrobněji vysvětlím.

Robot je nastavený tak, aby dokázal zahrát nejběžnější akordy vyskytující se v plno doprovodech. Jedná se o akordy A moll, C dur, G dur a F dur.



Obrázek 4.11. Mechanismus držící akordy z boku

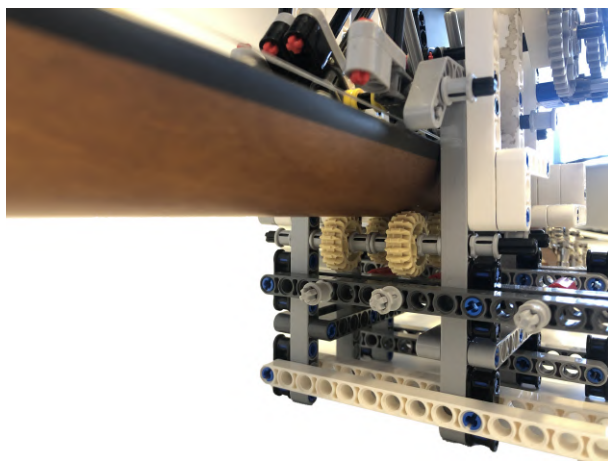


Obrázek 4.12. Mechanismus držící akordy shora

4.2.1 Základ konstrukce

Nejprve se zaměřím na kostru konstrukce. Ta se nachází na pevném místě kolem celého obvodu hmatníku nad prvními třemi pražci. Kostra se opírá o stejný podklad na kterém leží kytara (stůl, deska apod.) a zvedá se z obou stran až do výšky asi deseti centimetrů nad hmatník. Nad hmatníkem se obě části opět spojují horizontálním přepažením. To je důležité pro zachování stejné vzdálenosti mezi oběma stranami po celé výšce (přepažení je možné vidět na obrázku 4.12). Bez tohoto spojení by se od sebe obě strany s narůstající výškou postupně oddalovaly, protože při podkladu jsou k sobě lehkým tlakem pevně připojené.

Pod hmatníkem je spojení nejstabilnější - o to se starají tři tyče s ozubenými kolečky, každá přibližně pod jedním pražcem (prvním, druhým a třetím). Ozubená kolečka jsou velice pevně zapřena o krk kytary. To má své opodstatnění při hře, pohyb motoru bude generovat energii, která se bude vstřebávat do tohoto základu konstrukce a pokud by nebyl dostatečně pevný a stabilní, mohlo by se stát, že se bude přes hmatník pohybovat nahoru nebo dolů a tudíž akordy budou znít falešně nebo nebudou znít vůbec. Ozubená kolečka také poskytují oporu hmatníku pro závaží (více v kapitole 4.2.2). Na boční straně kostry se nachází mechanismus ozubených koleček na který je kolmo je připojený střední motor.



Obrázek 4.13. Základ konstrukce - dolní pohled

■ 4.2.2 Závaží stlačující struny

Následující sekce se bude věnovat principu, jakým se kytarové struny stlačují. Mechanismus, který se stará přímo o správné mačkání strun je vyobrazen na obrázku 4.14, stěžejní části jsou pro lepší přehlednost očíslovány. Pár centimetrů nad hmatníkem je umístěna dlouhá tyč, z obou stran ukotvená do boků základní konstrukce (3). Na ní jsou navlečena malá závaží (1). Každé z nich je volně navlečené, ale zafixované na místě přesně nad strunou. Jinak řečeno, závaží se v rámci tyče nemůže pohybovat ze strany na stranu, ale zvládá pohyb kolem tyče (dopředu/dozadu). Samotné závaží je složeno z několika malých lego kostiček, které jsou také detailněji vidět na obrázku (1). Do každého závaží je ze shora vsunuta delší tyč, která se ve výchozí pozici opírá o další tyč umístěnou v horní části základní konstrukce (5), rovnoběžně s tyčí (3). Takto opřená tyč se závažím se nachází ve výchozí pozici několik málo milimetrů nad strunami hmatníku. Strun se nedotýká a tudíž je ani jinak netlumí. Pokud by se ovšem naklopila kolem osy dozadu, na strunu by vyvinula tlak a zmáčkla by jí. Při zatlačení na strunu je samozřejmě vyvinut určitý tlak na hmatník. Tento tlak je kompenzován slabým tlakem ozubených koleček pod hmatníkem (4.13) a proto stisknutí strun probíhá hladce a bez komplikací. To je přesně princip, kterého se robot snaží dosáhnout. O toto naklopení tyče se závažím má co do činění právě tyč ukotvená do horní části konstrukce (5). Na ní si můžeme všimnout vyčnívajících lego dílků. Ty slouží k naklápění závaží, tj. mačkání strun. Tyč (5) je z obou stran volně připojená k hlavní konstrukci a na konci napojená na motorem poháněné ozubené kolo. Když se kolo otočí, otočí se s ním současně i tyč s vyčnívajícím dílkem a naklopí příslušné závaží, které stisknou struny. Velké ozubené kolo je naprogramované tak, že se otáčí vždy o 90° (více v následující kapitole 4.2.3). Vyčnívajícím dílkem jsou poskládané také v rozestupech 90° aby se při každém otočení zmáčkly jen požadované struny.

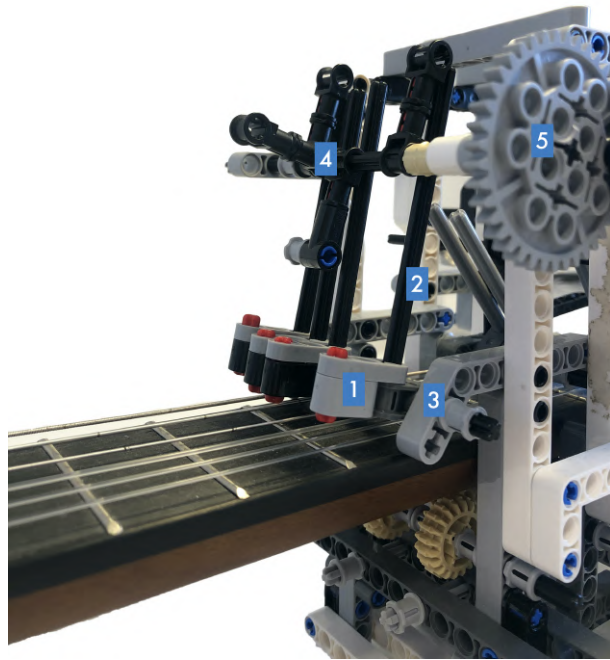
Tento mechanismus je aplikován celkem 3x nad každým z prvních tří pračců. Liší se vždy jen typ a pozice vyčnívajících dílků. Tyto mechanismy jsou navzájem seřizeny (a následně i naprogramovány) tak, aby se při každém otočení zmáčkly struny na takových pozicích, které vytváří požadované akordy A moll, F dur, C dur i G dur (přímo v tomto pořadí).

■ 4.2.3 Princip ozubených koleček

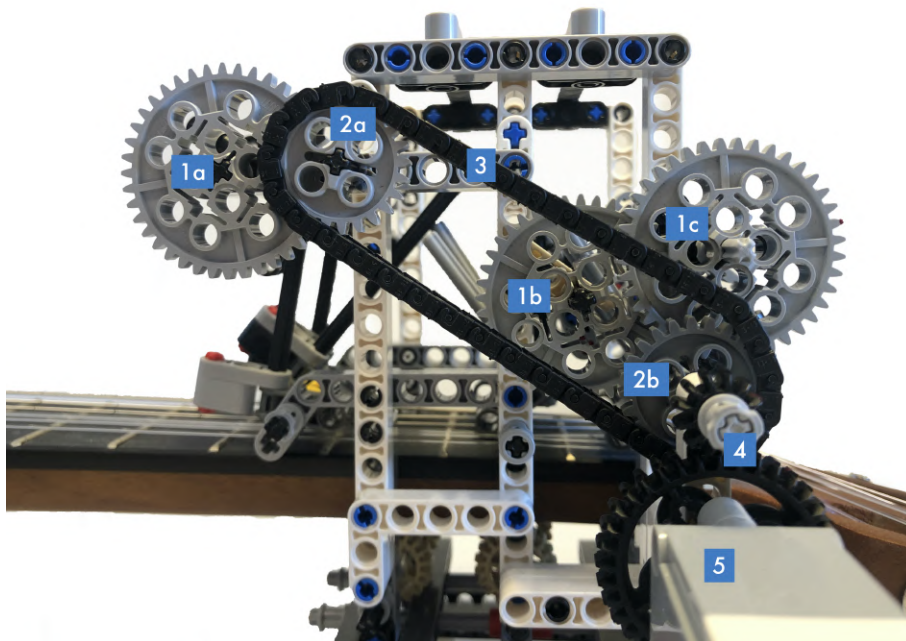
Z boku hlavní konstrukce se nachází systém na sebe navazujících ozubených koleček. Pro stavbu jsem použila celkem deset ozubených koleček, nejmenší má pět zubů, největší čtyřicet.

Použití třech největších (čtyřicet zubů) jsem již nastínila v předchozí sekci. Každé jedno je umístěné na konci otočné tyče s vyčnívajícím dílkem a stará se o její správné natočení. Pro hru je velice důležité, aby se všechna tři velká kola byla synchronizovaná a tudíž se otáčela stejně. Pro popis tentokrát budu používat obrázek 4.15, kde jsou zmíněná velká ozubená kola vyznačena symboly 1a, 1b a 1c. Kola 1b a 1c se synchronizují snadněji, protože jsou blíže u sebe než kolo 1a. Po obvodu jsou do jejich zoubků zaráženy zoubky malých, pětizubých koleček, které jsou zase napojené na jednu společnou hlavní tyč (4). Otočení tyče způsobí otočení těchto malých a následně i velkých kol.

Kolo 1a se synchronizuje obtížněji, protože neexistuje žádná propojovací tyč jako tomu bylo v předchozím příkladu. Ovšem již zmíněná tyč (4) hraje velkou roli i v této synchronizaci. Přímo na ní je navlečené střední ozubené kolečko obsahující dvacet čtyři zubů (2b). Úplně stejné najdeme i vedle velkého ozubeného kola (2a), to je připevněné k hlavní konstrukci. Zuby těchto dvou kol jsou propojeny opět pomocí malého, pětizubého. Takže poměry tímto zůstávají stejné. Poslední co zbývá, je propojit kola 2a



Obrázek 4.14. Závaží



Obrázek 4.15. Ozubená kola

a 2b. Tohoto propojení je docíleno pomocí lego řetězu, který do zubů přesně zapadá (3). V tuto chvíli otočení libovolného kola způsobí otočení všech ostatních ve stejném poměru. Otáčení není ovšem prováděno pomocí lidského faktoru, ale opět se o něj stará motor. Pro mechanismus koleček jsem využila středního motoru, který je napojený přes spoj černých ozubených koleček na hlavní tyč (4). Samotný software je naprogramovaný

tak, aby se jedno otočení tohoto motoru rovnalo otočení velkých kol (1a, 1b a 1c) přesně o 90° .

4.3 Synchronizace obou částí

Propojovacím prvkem mezi robotickým trsátkem a mechanismem držícím akordy je EV3 Kostka. Ta je napojená na všechny tři motory (zapojení je vidět na obrázku 4.16). Obsahuje celkem 4 porty (označené písmeny A,B,C a D) a zapojení je intuitivní vzhledem k pozicím motorů. Do portů A a B jsou zapojeny motory z robotického trsátka. Velký motor sloužící k rozpohybování celého ramene je zapojen do portu A, druhý velký motor starající se o naklánění celé konstrukce při hře přes pět strun do portu B. Do portu D je zapojen střední motor sloužící k držení a střídání akordů. Pro zapojení byly použity dlouhé kabely zakončené konektorem RJ12.

Do EV3 Kostky je nahrán program pro výslednou hru. Samotnému programování a popisu programu jsem věnovala následující kapitolu.



Obrázek 4.16. Celý robot z boku

Kapitola 5

Programování robota

Tato kapitola uzavírá celou praktickou část této bakalářské práce. V tento moment už je statické tělo robota postaveno a zbývá už jen rozpohybovat a synchronizovat jeho obě části pomocí programu.

Stavebnice LEGO Mindstorms EV3 nabízí k programování oficiálně dvě možnosti. První z nich je grafické prostředí LEGO® MINDSTORMS® EV3 firmware. Zde se program vytváří pomocí blokového rozhraní. V rámci menu jsou zde před připravené logické celky a řídicí struktury znázorněné jako grafické bloky barevně odlišené podle toho, k čemu slouží. Najdeme tu dílek sloužící například k otáčení motoru, k vykreslování na display nebo k přehrávání zvuků. Z řídicích struktur nechybí možnost vytvořit cyklus o určitém počtu opakování (for/while) nebo rozhodovací body (if, else, switch). Uživatel má k dispozici pracovní plochu, na které z menu může bloky přetahovat a napojovat za sebe a tím vytvářet spustitelný program. Druhou možností je kód, který se bude na robotovi vykonávat, přímo ručně naprogramovat. Použít lze speciální rozšíření programovacího jazyka Python3 postavené na jeho principech. Já jsem se pro tento projekt rozhodla použít možnost druhou a vyhnout se omezeným možnostem grafického programovacího prostředí.

Program robota je tedy napsaný v jazyce EV3 MicroPython version v2.0, konkrétně ve variantě Pybricks která je uzpůsobená přímo LEGO® MINDSTORMS® stavebnicím¹. Jedná se o ztenčenou variantu programovacího jazyka Python3, která obsahuje pouze malé množství standardních knihoven Pythonu. Velikou výhodou je však fakt, že je navržen přesně pro běh na mikrokontrolérech. Stejně jako Python, MicroPython je interpretovaný jazyk, který se ale nejprve zkompiluje do tzv. MicroPython bajtkódu (přípona .mpy) a ten je následně vykonáván virtuálním strojem.

MicroPython se spouští na inteligentní EV3 Kostce. Ta mimo jiné obsahuje ARM9 mikrokontrolér, 16MB flash paměti a 64MB RAM (která se dá ještě rozšířit pomocí SD slotu). Na této kostce se také nachází operační systém na bázi Debian Linux, ev3.dev. Ten můžeme nalézt na několika LEGO® MINDSTORMS kompatibilních platformách zahrnující i LEGO® MINDSTORMS EV3. (Dále jsou to například Raspberry Pi a BrickPi.) [6]

Program napsaný v MicroPython jazyce se potom nahraje do EV3 Kostky pomocí microSDHC karty s minimální kapacitou 4GB. Na tuto kartu je zapotřebí nahrát (například pomocí počítače se slotem na SD karty) EV3 MicroPython microSD obraz. Takto nachystaná microSDHC karta je už připravená k použití v EV3 Kostce.

5.1 Organizace souborů

Celý zdrojový kód je dostupný na mém školním GitLabu². Hlavní adresář obsahuje pět podadresářů, které jednotlivě popíšu v následujících odstavcích. V některých se nachází přímo spustitelný kód, v jiných dokumentace, přiložené obrázky, videa atd..

¹ Dále v textu budu tento název zkracovat jen na MicroPython.

² <https://gitlab.fel.cvut.cz/petrctver/bakalarska-prace>

5.2 Adresáře se zdrojovými kódy

5.2.1 Adresář source

Nejpodstatnějším adresářem je adresář **source**. V něm se nachází zdrojové kódy v jazyce MicroPython (přípony .py) a obrázky, které program umí vykreslit na display EV3 Kostky. Tato složka je jako jediná nahraná v EV3 Kostce, protože obsahuje vše potřebné ke správnému vykonání programu na robotovi. Hlavní program (ten, který se spustí) se nachází v souborech main.py, main1.py a main2.py. Soubory pojmenované main1 a main2 jsou nastavené přesně pro příslušnou písničku (main1 obsahuje Hey, Soul Sister a main2 Castle of Glass). Soubor main.py je vhodný k editování a testování, uživatel si může skrz něj vyzkoušet a spustit různé písničky, upravit si je atd.

Dále adresář source obsahuje podadresáře functions a songs. Ve složce songs se nacházejí python soubory s písničkami, které robot umí zahrát. Konkrétně jsou to **Hey, Soul Sister** od skupiny Train a **Castle of Glass** od Linkin Park. Písničky jsou označené názvem Song1.py a Song2.py. Každý soubor reprezentuje jednu písničku a skládá se z předem určené struktury. Tuto strukturu určuje třída Song.py, který slouží jako nadřazená třída, ze které konkrétní implementace písniček dědí. Do této složky je možné přidat další písničky, které budou naprogramovány na stejném principu jako tyto dvě předchozí.

Složka functions slouží jako knihovna, nachází se v ní 3 soubory s implementací funkcí (pro trsátko, pro akordy a pro vykreslování na display EV3 Kostky). Tyto funkce zde nebudu dopodrobna popisovat, protože jsou popsány v dokumentaci, viz 5.2.2. Ale ve zkratce se jedná především o funkce, které využívá program k manipulaci s robotickým ramenem, mechanismem držícím akordy nebo vykreslují obsah na display EV3 Kostky. Zároveň se zde nachází i soubor se všemi konstantami používanými napříč kódem.

Spolu s těmito dvěma složkami a souborem main.py se v adresáři nachází i složka s názvem images. V té jsou umístěny obrázky, které se mohou vykreslit (také pomocí funkcí ve složce functions) na obrazovku EV3 Kostky.

5.2.2 Adresář documentation

V tomto adresáři se nachází dokumentace kódu vygenerovaná ze zdrojových souborů v .html souborech. Dokumentace zatím není umístěná nikde na internetu, proto je pro zobrazení nutné otevřít soubor index.html a zobrazit obsah lokálně.

Zdokumentované jsou především knihovní funkce a konstanty ve složce functions. U každé funkce jsou popsány parametry, které přijímá, jestli něco vrací - pokud ano, tak typ návratové hodnoty a jakou může vyvolat výjimku (pokud nějakou).

Dokumentaci jsem ze zdrojových kódů vygenerovala za použití nástroje Shpinx¹ a šablony Read the Docs².

5.3 Doprovodné adresáře

5.3.1 Adresář photos a videos

V adresáři photos se nachází fotografie výsledného robota nafoceného ze všech možných úhlů a obrázky, které byly použity v této práci. Naopak, v adresáři videos se nachází dvě videa ukazující hru robotického kytaristy. Jsou tu demonstrovány obě písničky (Hey, Soul Sister a Castle of Glass).

¹ <https://www.sphinx-doc.org/en/master/>

² <https://readthedocs.org/>

■ 5.3.2 Adresář pdf files

Zde se nachází elektronická verze této bakalářské práce spolu s výslednou prezentací projektu.

■ 5.4 Program

Jak už jsem zmínila, hlavní program je umístěn v souboru `main.py` (potažmo `main1.py`, `main2.py`). V něm se nachází jediná třída s názvem `Robot` reprezentující samotného robota. Její atributy jsou uvedeny v následujícím seznamu:

- **ev3**: reprezentuje chytrou EV3 Kostku
- **mainMotor**: reprezentuje velký motor, který pohybuje ramenem s trsátkem
- **sideMotor**: reprezentuje velký motor, který pohybuje s celou konstrukcí a umožňuje hru jen přes 5 strun
- **chordMotor**: reprezentuje střední motor, který pohybuje s celou konstrukcí a umožňuje hru jen přes 5 strun
- **pickMotors**: pole motorů obsahující všechny dostupné motory pro pohyb robotického trsátka (`mainMotor` a `sideMotor`)
- **song**: písnička, která se bude hrát

■ 5.4.1 Spouštění programu z EV3 Kostky

V samotné EV3 Kostce je již program nahrán se třemi soubory `main.py` (`main.py`, `main1.py` a `main2.py`). První z nich obsahuje písničku *Hey, Soul Sister* a druhý *Castle of Glass*. Uživatel tak nejprve zajistí, že jsou všechny motory zapojeny do správných portů a posléze v souborovém systému EV3 Kostky klikne na požadovanou třídu. Robot začne hrát doprovod k příslušné písničce.

■ 5.4.2 Spouštění programu z počítače

Druhý způsob, jak program spustit, je přímo z počítače. Tento způsob je vhodný, pokud by uživatel chtěl program dále upravovat. O tom, jak se dá program upravit pojednává samostatná sekce 5.4.3. Zde je kromě správného zapojení motorů důležité propoji EV3 Kostku přímo s počítačem pomocí kabelu zakončeného USB konektorem (počítač) a Micro USB konektorem (EV3 Kostka). Hodí se na to rozšíření Visual Studio Code LEGO® MINDSTORMS® EV3 MicroPython, které poskytuje rozhraní pro programování v MicroPythonu¹. Spuštěný program (`main.py`) vykoná kód uvedený v bloku `if __name__ == '__main__':`, tedy spustí konstruktor objektu `Robot`. Všechny motory, pole, písnička a kostka se inicializují při jeho vytváření. Všechny tři motory se namapují z portů v EV3 Kostce. `MainMotor` je namapovaný na port A, `sideMotor` je namapovaný na port B a `chordMotor` na port označený písmenem D (v momentě spuštění programu je důležité mít každý z motorů dobře zapojený do správných portů!). Zároveň se také vytvoří pole motorů používaných na pohyb trsátkem (`pickMotors`). Nakonec se inicializuje písnička, kterou bude robot hrát.

Po vytvoření objektu `Robot` se spustí jeho metoda `screenSaver`. Na obrazovce EV3 Kostky se objeví výchozí obrázek s kytarou, viz obrázek EV3 Kostky 5.1. Následně se na písničce zavolá metoda `play`. Pak už se začne vykonávat kód uvedený v části programu písničky a kytara začne hrát. Po ukončení hry se opět zavolá metoda `screenSaver` a na

¹ <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=lego-education.ev3-micropython>

obrazovce EV3 Kostky se znovu objeví výchozí obrázek s kytarou. Pro ukázkou uvádím okomentovaný fragment hlavního kódu.

```
class Robot:
# Konstruktor
def __init__(self):
    # Inicializace EV3 Kostky a motorů z příslušných portů.
    self.ev3 = EV3Brick()
    self.mainMotor = Motor(Port.A, Direction.CLOCKWISE, [40, 24])
    self.sideMotor = Motor(Port.B, Direction.CLOCKWISE)
    self.chordMotor = Motor(Port.D, Direction.CLOCKWISE,
                             [[36, 12], [8, 40]])
    self.pickMotors = [self.mainMotor, self.sideMotor]

    # Písnička, která se bude hrát.
    self.song = Song2(self)

if __name__ == '__main__':
    robot = Robot() <- spustí se konstruktor, namapují se motory
    robot.screenSaver() <- na display se vykreslí výchozí obrázek

    robot.song.play() <- spustí metodu play na vybrané písničce

    robot.screenSaver() <- na display se vykreslí výchozí obrázek
```

Vybraná písnička se inicializuje v konstruktoru, na výběr jsou již zmíněné dvě písničky. Spojuje je to, že obě dědí od třídy Song a přepisují její metody play a playChord. Při spuštění main.py se volá metoda play na vybrané písničce a tímto je zaručeno, že daná metoda existuje. Stručně řečeno, metoda play volá několikrát metodu playChord vždy s typem akordu, který se bude následně hrát a aktuální pozici natočení ozubených koleček v části mechanismu držícího akordu. Tyto dvě metody bych ráda podrobněji rozepsala.

```
#Přepsaná metoda play zděděná od hlavní třídy Song.py
def play(self):
    self.playChord(am, self.currentPosition)
    self.playChord(c, self.currentPosition)
    reset(self.robot.pickMotors)
    self.playChord(g, self.currentPosition)
    self.playChord(am, self.currentPosition)
    reset(self.robot.pickMotors)
```

Úryvek kódu popisuje metodu play, zděděnou od hlavní třídy Song.py. Tuto metodu musí implementovat každá vytvořená písnička. Jak můžeme vidět, obsahuje volání dvou funkcí. První z nich je funkce playChord. Ta nastaví polohu závaží na mechanismu držícím akordu do pozice předaného akordu a přejede trsátkem přes struny. Druhá z volaných funkcí má název reset. Slouží jen k resetování pozic trsátka/akordů. Při otáčení se motory nezastaví na daném stupni, o který se mají otočit, úplně přesně, ale někdy o pár stupňů více či méně. Tato funkce slouží k resetování motorů do výchozí pozice a k

odstranění těchto odchylek. Metoda `playChord` je více popsána v následujícím úryvku kódu.

```
def playChord(self, chord, currentPosition):
    # Tento úsek kódu zvolí počet strun, které budou znít,
    # výchozí hodnota je šest. Akordy Am A C vyžadují
    # pouze hru na pěti strunách. Tudiž, pokud se má zahrát
    # jeden z těchto akordů, hodnota se nastaví na pět.
    numOfStrings = 6
    if((chord.__name__ == 'am') or (chord.__name__ == 'c')):
        numOfStrings = 5

    # Vytvoří nové vlákno, ve kterém pošle signál mechanismu, který drží
    # akordy. Spustí funkci příslušného akordu a jako argumenty předá
    # aktuální pozici ozubených koleček a velký motor.
    threading
        .Thread(target=chord, args=(currentPosition, self.chordMotor))
        .start()

    # V aktuálním vlákně zavolá funkci pro příslušný rytmus trsátka
    # (na výběr je z pěti předdefinovaných - v souboru pickFuntions.py
    # nebo je možné napsat si i vlastní rytmus).
    basicPattern1(self.timeSiganture, 1,
        self.tempo, numOfStrings, self.robot)

    # Zvýší se aktuální pozice podle akordu, který se zahrál.
    self.currentPosition = getNextPosition(chord.__name__)
```

Je možné libovolně přidávat své vlastní písničky do nových tříd, ale je nutné zaručit, že tato nová třída bude také dědit od třídy `Song` a přepíše její dvě metody (`play`, `playChord`) obdobně jako u stávajících dvou písniček.

■ 5.4.3 Nastavení hry

Pro vlastní nastavení hry je zapotřebí upravit soubor `main.py`. V konstruktoru do atributu `self.song` přiřadit konkrétní třídu písničky, která se následně na robotovi přehraje. Zde je možné vybírat mezi písničkami ve složce `songs` (kromě nadřazené třídy `Song.py`), alternativně vytvořit svou vlastní dle jejich vzoru. Je důležité se držet následující struktury:

- Třída musí dědit od třídy `Song` a ve svém konstruktoru zavolat konstruktor rodiče - `super().__init__(robot)`.
- Atribut `timeSiganture`: předznamenání, neboli rytmus, ve kterém se akord bude hrát, lze měnit v průběhu písničky dle potřeby (lze využít konstant, viz dokumentace).
- Atribut `tempo`: tempo písničky v BPM (lze využít konstant, viz dokumentace).
- Třída musí přepsat metodu `playChord` dle vzoru již implementovaných písniček (vypočítat počet strun, vytvořit nové vlákno pro pohyb mechanismu držícího akordy, po dokončení změnit aktuální pozici). Změnit je možné rytmus `trsátka`, zde je výhodné použít již implementované funkce v souboru `pickFunctions` (`basicPatternX`).
- Volání metody `playChord` (vícenásobné) musí být provedeno v těle metody `play`, kterou spouští hlavní skript. Doporučuji po každém druhém až třetím volání zavolat

funkci `reset(self.robot.pickMotors)`, která resetuje pozice motorů ovládající trsátka pro hladší průběh hry.

Funkce `basicPatternX` Robot má připravených pět kytarových doprovodů, ale uživatel si může napsat podle potřeby i svůj vlastní. Dopodrobna jsou doprovody okomentované také v dokumentaci uvedené v sekci 5.2.2. Každé volání funkcí `basic_patternX` obsahuje pět argumentů, ty si uživatel může přepsat dle potřeb (jaké má možnosti uvádí také zmíněná dokumentace). První argument udává tempo, ve kterém bude robot hrát (typicky 3/4 nebo 4/4). Druhý uvádí počet taktů, které má robot zahrát. Třetí tempo, ve kterém robot hraje v BPM¹. Tento argument má předdefinované konstanty, ale lze si zvolit i své vlastní tempo. Předposledním argumentem je počet strun, zde je možné uvést pouze 5 nebo 6. Pokud by byl zadán jiný počet, program vyhodí výjimku. Posledním argumentem je třída `Robot`, reprezentující konkrétního robota - zde nemáme na výběr.

Pro vlastní rytmus je připravená funkce `play` z knihovny `chordFunctions` (nejedná se o metodu `play`, kterou implementují příslušné písničky), která uvádí rameno s trsátkem do pohybu (volání této funkce je skryté i ve funkcích `basic_patternX`). Pro úpravu je možné buď změnit počet volání funkce nebo její argumenty. Argumenty má tato funkce 4: první udává počet strun přes které se bude hrát (opět je možné zadat pouze číslo 5 nebo 6), druhý udává počet celých cyklů trsátka (neboli počet úhozů dolů i nahoru). Třetím argumentem je tempo, tentokrát v jednotkách deg/s^2 . Ty z konstant definující tempo dostaneme vynásobením 6, protože platí vztah, že $1\text{BPM} = 6 \text{ deg/s}$. Posledním argumentem je pole obsahující oba motory. Získáme ho z objektu `robot` pomocí tečkové notace: `robot.motors`. Po ukončení hry opět doporučuji motory resetovat.

Funkce akordu V souboru `chordFunctions` jsou uvedené metody pro každý implementovaný akord. Pro ulehčení mají stejný název jako jméno akordu (Am, C, F a G). Každá má 2 parametry - `currentPosition` a `chordMotor`. `CurrentPosition` je aktuální pozice ozubených koleček používaných k držení akordu. Funkce na základně aktuální pozice a požadovaného akordu umí spočítat, jak moc se mají ozubená kolečka natočit. Celkem existují 4 možnosti natočení (pro každý akord jedna). Kolečka se vzhledem ke konstrukci otáčejí pouze jedním směrem, proto se po zahrání požadovaného akordu otočí pokaždé jinak (dle aktuálního akordu).

Pro hru musíme nastavit nejen program, ale i fyzického robota. Před hraním je nutné zkontrolovat, jestli je EV3 Kostka zapnutá a všechny motory jsou zapojeny do správných portů.

Trsátka se musí nacházet ve správné pozici uvedené na obrázku 4.5. Zároveň nastavíme i mechanismus zvedající trsátka. Pod hlavní bílý dílek umístíme díl tvaru kapky a to přesně v pozici, která je zobrazená na obrázku 4.7. Na závěr je nutné ověřit poslední detaily: všechna ozubená kolečka do sebe přesně zapadají, poloha robota je srovnaná kolem kobyly, struny nic netlumí atd..

Mechanismus držící akordy musí být nastavený v pozici akordu C. Tato pozice je vidět na obrázku 4.14. Je potřeba zkontrolovat, že jednotlivá závaží jsou umístěna na správných místech nad hmatníkem, tedy před prvními třemi pražci. Řetěz musí správně doléhat do zubů příslušných ozubených koleček.

Takto nastavený robot už je připravený na hru.

¹ Beats per minute, úderů za minutu, nebo také počet čtvrtových not za minutu.

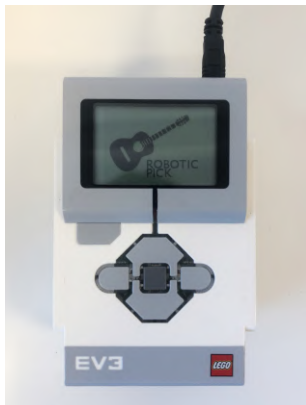
² Degree per second, stupně za minutu.

5.4.4 Vlastní hra robota

Po všech nastaveních je možné program spustit.

Pro spuštění z počítače musíme pomocí USB kabelu nahrát program do EV3 Kostky, pro variantu spuštění přímo z EV3 Kostky tento krok můžeme přeskočit. Program se spustí buď manuálně kliknutím na příslušnou main metodu v souborovém systému EV3 Kostky nebo přímo z počítače - pokud ho máme stále připojený USB kabelem.

Po spuštění se na obrazovce objeví obrázek kytary a na EV3 Kostce zhasnou všechna světla 5.1. V momentě kdy začne robot hrát, obrázek kytary zmizí. Podle toho, jestli trsátko zrovna hraje (nebo nehraje) se změní i stav EV3 Kostky. V momentě, kdy se trsátko pohybuje a kytara vydává zvuk se na obrazovce objeví noty a rozsvítí se zelená dioda (viz obrázek 5.2). Když se trsátko nachází v pomlce, obrazovka zůstane prázdná a rozsvítí se červené světlo (viz obrázek 5.3). Po dohrání se obrazovka uvede do výchozího režimu, světla zhasnou a na obrazovce se opět vykreslí obrázek kytary. Ukázky hry robota jsou zdokumentovány na videích přiložených k této práci.



Obrázek 5.1. Výchozí obrázek na obrazovce



Obrázek 5.2. Vzhled EV3 Kostky během hry



Obrázek 5.3. Vzhled EV3 Kostky během pomlky

Kapitola 6

Závěr

Bakalářskou práci bych zhodnotila jako úspěšnou, povedlo se mi úspěšně splnit předem stanovený cíl, tedy zkonstruovat robota umožňujícího zahrát doprovod k předem zvoleným písničkám (Hey, Soul Sister od skupiny Train a Castle of Glass od Imagine Dragons) na klasickou kytaru. Robotický kytarista také zvládá zahrát čtyři druhy akordů (A moll, C dur, G dur a F dur) a nepřeborné množství stylů doprovodů pravou rukou/trsátkem. Výsledky jsou prezentovány v mé práci a přílohách (zdrojové kódy, fotky robota a demonstrační videa). Robot je připravený k propagačním účelům fakulty, článek o něm lze nalézt na oficiálních webových stránkách Robosouteže. Zdrojové kódy jsou k dispozici na mém školním GitLabu.

Práce na bakalářské práci mě těšila a naplňovala. Jsem ráda za možnost vyzkoušet si samostatnou práci s programovatelnou stavebnicí LEGO® MINDSTORMS®.

Při stavbě robota jsem se potýkala s několika problémy, které celý proces prodloužily. Většina problémů byla způsobena tím, že rozměry kytary a lego dílků si neodpovídaly (například umístění trsátka do ideální pozice vůči strunám, či přichycení podkladu konstrukce ke kytaře). Musela jsem vyzkoušet a otestovat různé možnosti návrhu. Některé byly úspěšné více, jiné méně. Ve finále se podařilo zkonstruovat fungujícího robota. Při psaní programu jsem nenarazila na žádné větší komplikace.

Na projekt je možné dále navázat a rozšířit ho o další nadstavbové funkcionality. Například dodat mechanismus umožňující měnit styl zvedání trsátka během hry. Dále je možné upravit program tak, aby zvládal písničky parsovat z předem domluveného formátu dat, program by tak mohl vytvářet i uživatel, který nemá s programováním žádné zkušenosti. Je také možné upravit mechanismus držící akordy tak, aby zvládal zahrát jiné rozložení akordů, než které používám já.

Příloha **A**

Obsah přiloženého archivu

prilohy.zip

_ documentation	Vygenerovaná dokumentace zdrojového kódu.
_ source	Zdrojové kódy.
_ functions	Knihovna s funkcemi.
_ images	Obrázky použité na obrazovce EV3 Kostky.
_ songs	Zdrojové kódy skladeb.



Literatura

- [1] Zdeněk Větrovec. *Druhy kytar*.
<https://www.zdenekvetrovec.cz/stranka-o-kytare/druhy-kytar>.
- [2] Geoff Richards. *Reuleaux triangle*. 2008.
https://en.wikipedia.org/wiki/Reuleaux_triangle.
- [3] *Beginners Lessons for Guitar*.
<https://www.8notes.com/school/lessons/guitar/beginners.asp>.
- [4] TECHNICally Possible. *Little Talks Guitar Cover by Lego Mindstorms EV3*.
<https://www.youtube.com/watch?v=cXgB3lIvPHI>.
- [5] TECHNICally Possible. *Lego Guitar Robot: A Closer Look*.
<https://www.youtube.com/watch?v=EN-7cMjmFv0>.
- [6] *Technické parametry EV3 Kostky*.
<https://www.generationrobots.com>.