



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

INOVATIVNÍ NÁSTROJ PRO ODSTRANĚNÍ ŠPATNÉ VÝSLOVNOSTI HLÁSKY „R“

INNOVATIVE TOOL FOR REMOVING BAD PRONUNCIATION OF THE LETTER "R"

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Natálie Rexová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vratislav Harabiš, Ph.D.

BRNO 2017

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Biomedicínské a ekologické inženýrství**

Ústav biomedicínského inženýrství

Studentka: Bc. Natálie Rexová

ID: 147471

Ročník: 2

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Inovativní nástroj pro odstranění špatné výslovnosti hlásky „R“

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Seznamte se s postupem odstraňování špatné výslovnosti hlásek. 2) Vyberte nejběžnější pomůcky při špatné výslovnosti se zaměřením na hlásku „R“. 3) Zjistěte princip vyslovování hlásky „R“ a zda-li lze klasifikovat/změřit správné vyslovení hlásky. 4) Navrhněte pomůcku, která pomůže rozkmitat jazyk. 5) Sestavte prototyp pomůcky k nápravě špatné výslovnosti hlásky „R“. 6) Otestujte pomůcku a nastiňte další možný vývoj. 7) Vyhodnoťte výhody a nevýhody realizované pomůcky, popište dosažené výsledky. Zadáni práce bude realizováno ve spolupráci s občanským sdružením LOGO.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] ŠKODOVÁ, Eva, JEDLIČKA, Ivan a kol. Klinická logopedie. 2. vyd. Portál, 2007, 616 s. ISBN: 80-7367-340-1.

[2] KEJKLÍČKOVÁ, Ilona. Vady řeči u dětí: návody pro praxi. Praha: Grada, 2016, 224 s. ISBN 978-80-247-3-41-0.

Termín zadání: 6.2.2017

Termín odevzdání: 19.5.2017

Vedoucí práce: Ing. Vratislav Harabiš, Ph.D.

Konzultant: Ing. Tomáš Ostrý

prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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 diplomová práce je zaměřena na studium logopedie a na navržení logopedické pomůcky pro rozkmitání jazyka jako při hlásce r. Pro lepší pochopení problematiky je teoretická část věnována popisu vývoje řeči a narušeným komunikačním schopnostem. Dále jsou uvedeny logopedické metody, pomocí kterých se mohou problémy s artikulací napravovat. Praktická část se zabývá návrhem, sestavením a otestováním přístroje, který napomůže správně vyvodit problémovou hlásku r. Prototyp je založený na využití elektromotoru ovládaným platformou Arduino a na převodu jeho rotačního pohybu na pohyb přímočarý pomocí mechanické konstrukce simulující klikový mechanismus.

Abstract

The purpose of this final thesis is to find out about Speech Therapy and to design a device which would help with oscillation of human tongue when the sound r is pronounced. To better understand this subject first part of this thesis takes interest in evolution and physiology of human speech. Next the most common articulation disorder Dyslalia is named and methods for treating Dyslalia are described. In practical part the device for Speech Therapy is designed and created. It is based on frequency of human tongue oscillations and it helps to correct difficulties with sound r articulation. This prototype uses electric motor which is controlled by Arduino platform. Its rotational motion is converted to linear through mechanical construction simulating crank mechanism.

Klíčová slova

Logopedie, narušení komunikační schopnosti, Dyslalie, Arduino, klikový mechanismus, Eagle, Fusion 360

Keywords

Speech Therapy, articulation disorder, Dyslalia, Arduino, crank mechanism, Eagle, Fusion 360

REXOVÁ, N. *Inovativní nástroj pro odstranění špatné výslovnosti hlásky „R“*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 67 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Vratislav Harabiš, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci na téma Inovativní nástroj pro odstranění špatné výslovnosti hlásky r vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušila autorských práv třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobností a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně, dne 4.1.2017

.....

Podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Vratislavu Harabišovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a velkou trpělivost, kterými přispěl k vypracování této práce. Dále členům občanského sdružení Logo za jejich ochotu při konzultacích.

V Brně, dne 4.1.2017

.....

Podpis autora

Obsah

Úvod	11
1 Logopedie	12
1.1 Práce logopeda	12
1.2 Fyziologie řeči	14
1.3 Ontogeneze řeči	16
1.4 Slovní zásoba	18
2 Dyslalie hlásky r	19
2.1 Rozdělení dyslalie	19
2.2 Etiologie dyslalie	20
2.3 Metodika tvoření hlásky r	20
3 Korekce vadné výslovnosti	22
3.1 Substituční metoda	22
3.2 Mechanická metoda	23
3.3 IT podpora	24
3.4 Využití ultrazvuku	25
4 Návrh přístroje	26
4.1 Specifikace přístroje	26
4.2 Blokové schéma přístroje	27
4.3 Platforma Arduino	28
4.4 Zapojení elektromotorku	28
4.5 Napájení přístroje	31
4.6 Regulace	33
4.7 Zapojení LCD displeje	35
4.8 Převod rotačního pohybu na přímočarý	36
4.9 Připojení jazýčku a nastavení amplitudy kmitu	38
4.10 Nastavení frekvence kmitání	39
5 Sestrojení přístroje	40
5.1 Počítačový návrh desky	40
5.2 Osazení desky	42

5.3	Návrh a výroba pouzdra a mechanických částí	43
5.4	Fotodokumentace navržených komponentů	43
5.5	Kompletace dílů.....	48
6	Testování a zdokonalení prototypu	49
6.1	Návod na obsluhu přístroje.....	49
6.2	Testování v domácích podmínkách	50
6.3	Testování v občanském sdružení Logo.....	50
6.4	Miniaturizace	51
6.5	Možnosti dobíjení přístroje.....	52
7	Vyhodnocení výsledků	53
7.1	Hlavní funkce.....	53
7.2	Doplňkové funkce.....	53
7.3	Shrnutí.....	54
	Závěr	55
A	Seznam použitých součástek	61
B	Elektrické schéma zapojení přístroje	62
C	Obsah příloženého DVD	63
D	Technické výkresy	

Seznam obrázků

Obrázek 1	Komponenty podílející se na tvorbě hlasu [18]	14
Obrázek 2	Blokové schéma produkce řeči [18].....	15
Obrázek 3	Znázornění artikulace hlásky r [23]	20
Obrázek 4	Logopedická špátle [25].....	23
Obrázek 5	Rotavibrátor [26].....	24
Obrázek 6	Blokové schéma navrhnutého přístroje	27
Obrázek 7	Platforma Arduino NANO [3].....	28
Obrázek 8:	Elektromotor MIG 280 6 V [21]	29
Obrázek 9:	Zapojení kondenzátorového filtru	29
Obrázek 10	Elektrické schéma zapojení elektromotorku	30
Obrázek 11	PWM-konkrétní aplikace pro Arduino [2].....	31
Obrázek 12	Elektrické schéma zapojení Step-up měniče [31]	32
Obrázek 13	Komunikace Hallova senzoru s Arduinem [7].....	33
Obrázek 14	Hallův senzor TLE4905L [28]	34
Obrázek 15	Elektrické schéma zapojení displeje	36
Obrázek 16	Zkrácený klikový mechanismus [20]	37
Obrázek 17	Modifikovaný klikový mechanismus	37
Obrázek 18	Znázornění soustavy trojúhelníků ABC a ADE.....	38
Obrázek 19	Převodovka MP JET 8001 [22].....	39
Obrázek 20	Zapojení všech součástek v nepájivém poli	40
Obrázek 21	Elektrické schéma pro vytvoření desky plošných spojů	41
Obrázek 22	Deska plošných spojů.....	42
Obrázek 23	Deska osazená součástkami	42
Obrázek 24	Horní část úložného pouzdra navržená ve Fusion 360.....	44
Obrázek 25	Horní část úložného pouzdra 3D tisk	44
Obrázek 26	Spodní část úložného pouzdra navržená ve Fusion 360.....	45

Obrázek 27 Spodní část úložného pouzdra 3D tisk	45
Obrázek 28 Ojnice navržená ve Fusion 360	46
Obrázek 29 Ojnice připevněná na převodovku, 3D tisk	46
Obrázek 30 Ploška pro uchycení magnetku a kulového čepu, navržená ve Fusion 360	46
Obrázek 31 Jazyček, navržený ve Fusion 360	47
Obrázek 32 Jazyček, 3D tisk	47
Obrázek 33 Celkový vzhled prototypu, navržený ve Fusion 360	47
Obrázek 34 Vlevo uspořádání v horní části krytu, vpravo stav před uzavřením pouzdra	48
Obrázek 35 Vlevo finální vzhled prototypu, vpravo zobrazení displeje	48
Obrázek 36 Ovládací prvky přístroje	49
Obrázek 37 Využití prototypu v praxi	51
Obrázek 38 OLED displej	52
Obrázek 39 Úložné pouzdro baterie s USB portem	52

Seznam tabulek

Tabulka 1 Technické parametry motoru MIG 280 6 V [21].....	29
Tabulka 2 Technické parametry Step-up měniče [30].....	32
Tabulka 3 Naměřené hodnoty rychlosti elektromotorku přístrojem Lutron.....	39

Úvod

Korektní komunikace je důležitou podmínkou pro kvalitní život. Narušenou komunikační schopností se zabývá obor logopedie, který zkoumá příčiny postižení a hledá správné metody terapie. S rozvojem vědy a techniky se možnosti rozšiřují, terapeut se tak může v případě potřeby obrátit i na speciální logopedické pomůcky.

Tato práce je rozdělena do sedmi hlavních kapitol. První kapitola je zaměřena na obecný popis logopedické praxe a rozvoj řeči. Ten je uveden jak z fyziologického, tak vývojového hlediska. Druhá kapitola rozebírá téma dyslalie. Dyslalie se řadí mezi nejstarší a nejfrekventovanější poruchy řeči. Projevuje se chybovou výslovností jedné nebo více hlásek. Právě dyslalická porucha výslovnosti hlásky r je předmětem praktické části této práce. Poslední teoretická kapitola se zaměřuje na možnosti využívané u terapie dyslalie. Primárně je zde uvedena substituční a mechanická metoda. V následující kapitole je již popsán návrh přístroje, který rozkmitá jazyk podobně, jako tomu je při vyslovení souhlásky r. V kapitole jsou podrobněji popsány principy a komponenty využité k zprovoznění přístroje. Hlavními stavebními prvky přístroje jsou elektromotor ovládaný pomocí platformy Arduino a mechanická konstrukce pro převod rotačního pohybu na přímočarý. Samotné sestavení reálného prototypu je hlavním tématem páté kapitoly. Zaměřuje se na výrobu desky plošných spojů, návrh a 3D tisk úložného pouzdra i mechanických částí a následnou kompletaci všech dílčích částí. Poslední dvě kapitoly jsou věnovány otestování funkce prototypu, nastínění dalšího možného vývoje a zhodnocení dosažených výsledů.

Cílem této práce je seznámit se s logopedickou problematikou. Konkrétně s narušenou komunikační schopností v podobě dyslalie. Zaměřit se na metody, které se využívají pro vyvození problémových hlásek. V praktické práci pak navrhnout, sestavit a otestovat logopedickou pomůcku, která pomůže logopedovi u terapie nesprávné artikulace hlásky r.

1 Logopedie

Logopedie je odvětví speciální pedagogiky zabývající se péčí o osoby s narušenou komunikační schopností. Název logopedie se skládá z řeckých slov logos – slovo a paidea – výchova. Do češtiny se tedy logopedie může přeložit například jako slovní výchova. Tato disciplína se zabývá patologickou stránkou komunikace a původně byla samostatným lékařským oborem. Později se logopedie začala uplatňovat zejména ve školství pro úpravu výslovnosti. V dnešní době se logopedové zabývají jak klasickou úpravou řeči u mladších jedinců, tak i problémy s kompletní ztrátou řeči po poškození mozku. Logopedie je tedy v úzké vazbě s medicínou, kde zabíhá do lékařských oborů, jako je např. otorinolaryngologie, foniatrie, neurologie, stomatologie, plastická chirurgie, psychiatrie a další. [9][32]

1.1 Práce logopeda

Práci klinického logopeda může vykonávat absolvent magisterského studia oboru speciální pedagogiky uzavřeného státní závěrečnou zkouškou z logopedie a surdopedie¹ Také splněním specializačního kurzu klinické logopedie v délce trvání 3 let. Takový logoped má správné odborné vzdělání a je oprávněn spolupracovat s řadou dalších odborníků především z oblasti medicíny. [32]

Logopedické posouzení jedince se odborně nazývá logopedická intervence, tedy nějaký zákrok, který má způsobit změnu. Prvním úkolem logopeda je zjištění, jakou formou narušené komunikační schopnosti (dále jen NKS) pacient trpí. NKS je velice široký pojem, který může mít spoustu různých příčin např. vývojovou, fyziologickou, terapeutickou, lingvistickou nebo komunikační. U problému vývojového se posuzuje, zda pacientova řeč odpovídá normě v jeho věku. U fyziologického kritéria se kontroluje, zda je způsob mluvené řeči a artikulace adekvátní. Při diagnóze terapeutické příčiny se musí aplikovat specifický terapeutický zákrok. U lingvistického problému se kontrolují normy pro určitý jazyk. U problémů komunikačního rozměru se pak hodnotí celková komunikační schopnost pacienta, zda je schopen vyjádřit, co potřebuje. Pokud je NKS diagnostikována, hovoříme o tzv. diskrepantní komunikaci. Tedy nesoulad mezi

¹ Surdopedie je speciálně pedagogické odvětví zabývající se komplexní výchovou sluchově postiženého jedince.

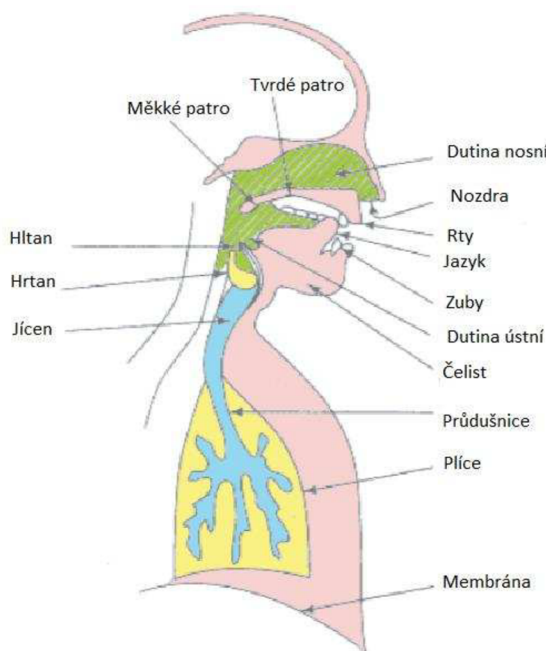
slovy na jedné straně a chápáním na straně druhé. Charakterizováno bylo 10 základních kategorií NKS: vývojová nemluvnost, získaná orgánová nemluvnost, získaná psychogenní nemluvnost, narušení zvuku řeči, narušení fluence řeči, narušení článkování řeči, narušení grafické stránky řeči, symptomatické poruchy řeči, poruchy hlasu, kombinované vady a poruchy řeči. Úkolem logopeda při diagnostice NKS je určit, zda je trvalá nebo přechodná, vrozená či získaná. Dále diagnostikovat, zdali je NKS hlavní příčinou problémů nebo je pouhým symptomem jiného postižení. V neposlední řadě určit stupeň a formu NKS a zjistit, jestli si pacient svoje postižení uvědomuje. Pro stanovení diagnózy existuje mnoho možných postupů. Může to být diagnostika podle hodnotící stupnice nebo řízený rozhovor, vyplněný dotazník. Dále vyšetření výslovnosti, artikulace nebo analýza školních výsledků. Na základě vědomostí získaných prostřednictvím těchto metod logoped navrhuje terapeutické opatření. [14][32]

Terapie je dalším krokem logopedické intervence. Jedná se o řízené učení probíhající pod odborným dohledem, usměrňováním a kontrolou logopeda. Metody logopedie se můžou rozdělit na stimulující opožděné a nerozvinuté řečové funkce, korigující vadné řečové funkce nebo obnovující zdánlivě ztracené řečové funkce. Tyto metody označují cestu k cíli, pomocí určitých technik je možno se k tomuto cíli dostat. Mezi techniky se řadí např. techniky substituční nebo mechanické a mnoho dalších. Rozlišují se také různé formy terapie. A to individuální nebo skupinová, ta bývá většinou pro 3 až 6 pacientů. Také intenzivní, která může být i několikrát denně nebo intervalová, kdy se střídá období i několika týdenní pauzy s obdobím intenzivní terapie. Je samozřejmostí, že se jednotlivé formy mohou kombinovat. Terapie může mít různá primární zaměření. Jedná se o zaměření kauzální, které se zabývá příčinami NKS. Zaměření symptomatické studující projevy NKS a celostní zaměření, tedy zkoumající biologické, psychologické, sociální a spirituální potřeby pacienta. [17][32]

Třetím krokem logopedické intervence je prevence. Aplikují se metody primární, sekundární a terciální prevence. Primární prevence se zaměřuje na předejití ohrožujících situací u celé populace. Např. propagování všeobecné správné péče o řeč dítěte. Sekundární prevence se orientuje na rizikovou skupinu zvláště ohroženou nějakým negativním jevem. Např. děti s vývojovou neplynulostí řeči, u kterých se může s větším rizikem rozvinout koktavost nebo retardace vývoje řeči u dětí v kojeneckých ústavech. Terciální prevence se snaží předejít dalšímu negativnímu vývoji řeči u osob, u kterých se NKS už projevila. Moderním trendem se stává model symetrického poradenství, kdy rodič, příbuzný nebo i samotný pacient jsou partnerem logopeda se všemi právy i povinnostmi. [8][32]

1.2 Fyziologie řeči

Za pomoci několika skupin orgánů, které spolu zdánlivě nesouvisí, může člověk vytvořit zvuk. Těmto orgánům se souhrnně říká mluvidla a rozdělují se do tří základních skupin: ústrojí respirační, ústrojí fonační a ústrojí artikulační.



Obrázek 1 Komponenty podílející se na tvorbě hlasu [18]

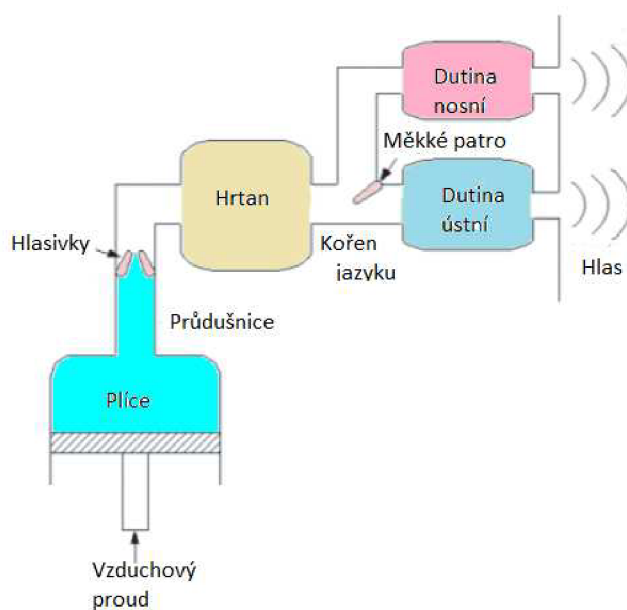
Dechové ústrojí poskytuje primární energii pro tvorbu zvuku. Za základní materiál pro řeč se může považovat vzduchový proud při výdechu. Pohyby různých částí mluvidel vytváří pro vzduchový proud překážky, které vzduchový proud modulují a vytváří se tak zvuk řeči. Respirační ústrojí se skládá z plic a přívodní dechové cesty. Spotřeba dechu při řeči se pohybuje mezi 0,75–1,25 l [23], velmi záleží na síle hlasu a emocionální situaci.

Ústrojí hlasové se skládá z hrtanu a nadhrtanové dutiny, přičemž hrtan je první orgán, ve kterém může vzniknout zvuk. Tomuto zvuku se říká základní tón. Je způsoben nárazem vzduchového proudu do hlasivek, které se rozkmitají a rozštěpí tak doposud homogenní proud vzduchu na řidší a hustší pulzy, ty dávají základ pro lidský hlas. Pohyby fonačního ústrojí mohou pak základní tón modifikovat v jeho výšce a šířce. Zjednodušeně můžeme děj vzniku hlasu popsat tak, že proud vzduchu narazí do hlasivek, které jsou momentálně staženy k sobě, ale pod vzniklým tlakem se na malou chvíli oddálí, přičemž vznikne malá štěrbina, kterou proud vzduchu pronikne ven, celý děj se následně opakuje s určitou frekvencí. Výše popsaným způsobem vznikají hlásky znělé např. v, z, h, b, d, ty jsou tvořeny základním tónem. Některé hlásky mohou

vzniknout i bez základního tónu, kdy je proud vzduchu zpracován až v nadhrtanových dutinách. Takovýmto hláskám se říká hlásky neznělé a v češtině to jsou např. f, s, š, ch, p, t. Za pomoci respiračního a fonačního ústrojí jsou ovládány tři základní vlastnosti hlasu: síla, výška a barva. Síla hlasu je ovlivněna velikostí amplitudy rozkmitání hlasivek. Velikost amplitudy je dána silou vydechnutého proudu vzduchu. Normální konverzace se pohybuje v rozmezí 40-60 fónů, 80 ti fónů dosahuje křik [2322]. Výška hlasu je dána frekvencí otevírání a stahování hlasivek. Pro mužský hlas jsou typické frekvence mezi 100–150 Hz, pro ženský hlas frekvence vyšší mezi 200–300 Hz [23]. Barva hlasu člověka se řadí mezi nejvíce stabilní individuální charakteristiky člověka. Je dána počtem svrchních harmonických tónů v nadhrtanové dutině, které zesilují základní tón. Počet těchto tónů je daný stavbou hrtanu a kostrou obličejové části hlavy u konkrétního člověka.

Artikulační ústrojí se skládá ze všech orgánů a dutin, které ovlivňují hlas nad hrtanem. Mezi dutiny se řadí dutiny ústní a hrdelní, které jsou úzce spojené, a proudící vzduch vystupuje ústy. Spojení těchto dvou dutin má velký význam při rezonanci. Třetí dutina je dutina nosní. Jako důležité orgány pro artikulaci jsou vnímány rty, zuby, dásňový výstupek, tvrdé patro, měkké patro, čípek a jazyk. U popisu činnosti artikulačního ústrojí se pozoruje postavení a pohyb mluvidel. Tím se získávají cenné informace o způsobech vzniku a tvorby jednotlivých hlásek. [23]

Pro lepší vizualizace a závěrečné shrnutí produkce řeči je uvedeno blokové schéma, které obsahuje základní komponenty.



Obrázek 2 Blokové schéma produkce řeči [18]

1.3 Ontogeneze řeči

Díky řeči může lidstvo komunikovat a navazovat kontakty s ostatními jedinci, pomocí řeči se vyjadřují pocity a názory a může se říci, že lidská řeč tvoří určitou hranici mezi člověkem a živočišnou říší. Proto ontogeneze neboli vznik a vývoj řeči patří u člověka k základním předpokladům pro plnohodnotně naplněný život. [16]

Ontogeneze se může rozdělit do několika základních vývojových etap, které budou zmíněny níže. Toto rozdělení je však třeba brát pouze orientačně, protože vývoj řeči vždy úzce souvisí s celkovým fyzickým vývojem jedince, s jeho psychikou i okolím, které jedince obklopuje. Jasně rozdělit se můžou pouze prvotní vývojové etapy řeči, kdy jde spíše o činnost pudovou. S vývojem vyšší činnosti nervové soustavy se individuální rozdíly mezi jedinci stále více prohlubují. [11]

Stadium křiku: Stadium křiku se dělí na etapu reflexního křiku, která se datuje do šestého týdne od narození. Novorozenec křikem reaguje na změnu prostředí a jiný způsob dýchání, jedná se o reflex centra pro dýchání uloženého v prodloužené míše. Tyto projevy ještě nepřipomínají zvuky lidské řeči, pouze se v nich může najít podobnost se samohláskami a a e.

Druhou etapou, která se dá rozeznat, je stadium křiku s určitým citovým zabarvením. Může se pozorovat od konce 6. týdnu přibližně do 3. měsíce od narození. Kojenec dokáže vyjádřit pocit nelibosti zvýšenou intenzitou křiku a v pozdějším stadiu dokáže vyjádřit i pocit libosti tzv. broukáním. Kolem 3. měsíce života dítě začíná napodobovat zvuky, které samo vydává, ale i zvuky, které slyší od okolí. Zvuky již kontroluje sluchem a také se je snaží srovnávat s okolními vjemy. Toto je základní hranice mezi stadiem křiku a stadiem žvatlání.

Stadium žvatlání: Objevuje se přibližně do 9. měsíce od narození. Zpočátku se rozeznává žvatlání pudové formy později napodobovací. Dítě si již všimá okolního života a začíná vytvářet nejrůznější zvuky velmi podobné hláskám lidské řeči. Těmito zvuky dítě přikládá určitý význam osobám ve svém okolí. U napodobovací fáze má hlavní význam sluch, protože dítě nejlépe napodobuje rytmus a melodii řeči. Dále však také vnímá pohyby úst a výrazy obličeje, proto je důležitý i zrakový smysl. S příchodem vyspělejších etap řeči se žvatlání utlumuje, ale nezaniká úplně, může se pozorovat někdy i u dětí starých třeba i deset let.

Stadium rozumění řeči: Pozoruje se od 9. měsíce do 12. měsíce. Dítě si spojuje různé vjemy dohromady. Za rozumění se může pokládat i to, že dítě na projev řeči blízké osoby reaguje naučeným pohybem. Např. pokud má ukázat, jak je velký, dítě už většinou slovní spojení dokáže pochopit a reaguje na něj nějakým srozumitelným

způsobem. V tomto období se může pozorovat tzv. komunikační apetence neboli chuť komunikovat. Dítě vnímá a má radost, když na jeho snahu komunikovat okolí reaguje. Je nezbytné dítě plně začlenit do společnosti, protože správné vnímání a rozumění řeči je velice důležité pro další rozvoj nejen řeči, ale i osobnosti celkově.

Stadium křiku, žvatlání a rozumění spadá do tzv. předběžné neboli neverbální úrovně vývoje řeči. Dále budou rozebrány stadia pokročilejší tzv. verbální úrovně, jinak také stadia vlastní řeči. Charakterizují se snahou po aktivním mluvním projevu. Datují se přibližně od jednoho roku života do pátého až šestého, kdy dochází k intelektualizaci řeči, ta pak už trvá prakticky celý život. Stadia verbální úrovně se můžou rozdělit do čtyř úrovní, která na sebe plynule navazují.

Stadium emociálně-volní: Období, ve kterém dítě vyslovuje první krátká slova, kterými se snaží vyjádřit svoje pocity libosti nebo nelibosti, city a prosby. Dítě si slovní spojení spojuje s konkrétními osobami a věcmi. Je důležité, aby vyslovené slovo prošlo jak prahem proslovení, kdy dítě dokáže slovo vyslovit, tak prahem chápání, kdy dítě pozná smysl slova. Jen tak se dané slovo stane součástí vlastní aktivní řeči.

Stadium asociačně-reprodukční: Dítě si začíná vytvářet jednoduché asociace. Označuje slovem nejprve konkrétní jev a potom toto označení přenáší na jevy podobné. Začíná chápat, že verbální komunikaci dokáže ovlivňovat osoby ve svém okolí, a proto komunikuje stále častěji. V ideálním prostředí dítě získává každých 90 minut jedno slovo.

Stadium logických pojmů: Velice důležité období objevující se okolo třetího roku života. Dítě začíná vnímat obsah slova, dokáže si pojmenovat předměty, které k němu mají blízký vztah. Postupem času se začínají tvořit slovní spojení, delší věty i celá souvětí. V tomto období dochází k těžkostem s výslovností slov u naprosté většiny dětí. Málokteré slovo zní přesně tak, jak by mělo. Je patrná patlavost, komolení slov a nevyslovování určitých hlásek. Je to fyziologický jev, který je vidět i u zdravých dětí. Delší dobu může přetrvávat díky prostředí, ve kterém dítě vyrůstá. Rodičům výslovnost dítěte postačuje nebo jej za ni i chválí, v domnění, že je to roztomilé. Opakem může být přetrvání nesprávné výslovnosti z důvodu vzdoru dítěte. Rodiče dítěti řeč násilně upravují nebo ho trestají za špatnou výslovnost. Dítě se pak k řeči staví negativně. Obvykle k odeznění nesprávností postačí správné prostředí a dobrý vzor řeči. Pokud problémy přetrvávají déle než do sedmi let, je zapotřebí vyhledat odbornou pomoc. [11][13][16]

Stadium intelektualizace řeči: Etapa, která pokračuje až do dospělosti. Slova se intelektualizují. Zpřesňuje se obsah slov i gramatika jazyka, rozšiřuje se slovní zásoba. Zpočátku si dítě všimá pouze předmětů a osob (období věcně substantční), posléze

začíná označovat děje (období činnosti) a v nejvyšší úrovni dítě vnímá vzájemné vztahy předmětů a jevů (období relační). [11]

1.4 Slovní zásoba

Vývoj slovní zásoby je velice individuální, mezi jedinci jsou velké odlišnosti. Jen přibližně se můžou určit základní hranice. U dětí do roku a půl se většinou pozoruje kolem 50 ti různých slov a vývoj výslovnosti hlásek m, b, p, a, e, i, o, u, d, t, n, j. Dítě opakuje a rozumí jednoduchým slovům. Ve dvou letech má dítě slovní zásobu 200-400 slov a osvojuje si hlásky k, g, h, ch, ou, au, v, f. Slovní zásobu si dokáže rozšířit otázkou: co je to. Tříleté dítě umí vyslovit a rozpoznat více než 1000 slov a musí zvládnout artikulovat l, bě, pě, mě, vě. Začíná se ptát proč? a mluví ve větách. Čtyřleté dítě má slovní zásobu 1500-2000 slov, zdokonaluje se ve výslovnosti měkkých souhlásek ž, š, č, ř, d', t', ň, a hlásek r, z, s, c. Dítě umí vyprávět a dokáže pochopit strukturu děje. Ve věku šesti let je slovní zásoba 2500-3000 slov. Dítě chápe složité děje, dokáže vytvořit souvětí a nejrůzněji kombinovat jednotlivé hlásky. [11][16]

Slovní zásoba nejvíce narůstá mezi 5. – 18. rokem. Průměrná slovní zásoba populace bez odborného vzdělání je okolo 30 000 slov, u vysokoškolsky vzdělaných lidí je slovník až dvojnásobně větší. [11]

2 Dyslalie hlásky r

Dyslalie, někdy také známá jako patlavost, je souhrnné pojmenování pro vývojové vady nebo poruchy výslovnosti. Jedná se o nejrozšířenější poruchu řeči nejen u dětí, ale i u dospělých. Charakterizuje se narušenou výslovností jedné nebo více hlásek, přičemž ostatní hlásky jsou vysloveny správně. Špatně vyslovená hláska se konstantně zvukově odlišuje od korektní normy a působí rušivě. Většinou je tvořena na jiném místě nebo jiným způsobem, než je stanoveno fonetickými pravidly. Podle mezinárodní klasifikace nemocí má dyslalie označení F 80.0. [11]

2.1 Rozdělení dyslalie

Poruchy ve výslovnosti jsou nejčastěji vývojové, tzn. že vznikají v určitém stadiu ontogeneze řeči. Některé odchylky od správné výslovnosti se dají považovat za zcela přirozené. Vznikají akustickou nedokonalostí sluchového vnímání řečových vzorů a motorickou neobratností mluvidel dítěte. Tyto poruchy výslovnosti přirozeně odeznívají. Významnou úlohu hraje počáteční stadium čtení a psaní, kdy dochází ke zpřesňování výslovnosti hlásek. Dále je důležité zapojení dítěte do kolektivu, kde se snaží vyrovnat a prosadit ve skupině vrstevníků. Nesprávná výslovnost jako přirozený jev může být vnímána přibližně do konce pátého roku dítěte. Takovéto poruchy se označují jako fyziologická dyslalie neboli vývojově nesprávná výslovnost.

Je důležité rozlišovat nesprávnou výslovnost od výslovnosti vadné, tedy pravé dyslalie. Zatímco u nesprávné výslovnosti dochází typicky k autokorekci chyb, u vadné výslovnosti chyby neodeznívají. Jedná se o přetrvávající odchylku výslovnosti jedné nebo více hlásek, která je označována za vadný mluvní stereotyp. V případě dyslalie je nutné vyhledat kvalitní logopedickou péči. Její oddalování může prohloubit chybné artikulační návyky a celkově tak prodloužit následnou logopedickou terapii. [15]

Podle rozsahu se dyslalie může rozdělovat na dyslalii levis (pouze několik vadných hlásek), dyslalii gravis (rozsah vadných hlásek je větší, ale řeč je srozumitelná) a dyslalii universalis (řeč dítěte je zcela nesrozumitelná). [11]

Pokud dítě určitou hlásku pravidelně vynechává, označuje se dyslalie za mogilalii dané hlásky. Pokud dítě hlásku, kterou neumí vyslovit nahrazuje hláskou jinou, jev se pojmenovává paralalie dané hlásky. Pokud dítě hlásku vyslovuje, ale chybně, označuje se takové tvoření řeckým názvem hlásky a příponou-izmus. Např. vadné tvoření hlásky r se nazývá rotacizmus. [9]

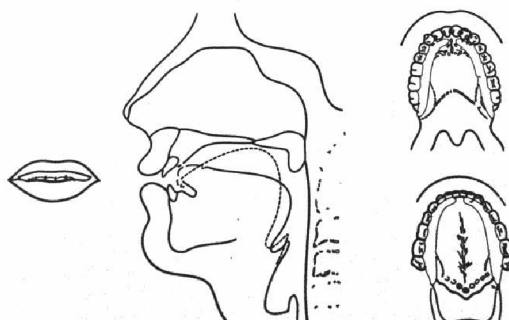
2.2 Etiologie dyslalie

Mezi příčiny výskytu dyslalie v populaci se řadí dědičnost. V rodině je evidována nějaká řečová slabost, např. opožděný vývoj řeči, sluchu nebo celkové nízké nadání pro řeč. Další příčinou může být určité vrozené poškození, zejména sluchu a zraku. Dále také patologie mluvních orgánů, např. tvar velikost a pohyblivost jazyka, podjazyková uzdička, artikulační mimika, postavení zubů nebo pohyblivost a celistvost čípku a jiné. Nezanedbatelnou stránkou správného vývoje řeči u dítěte je vliv prostředí. Proto při nedostatku stimulace ke komunikaci, fixaci vadných nebo nesprávných mluvních stereotypů výchovou, nesprávném mluvním vzoru, se rozvíjí dyslalie i u dítěte jinak fyzicky zcela zdravého. [29]

Nejvyšší výskyt dyslalie se zaznamenává v předškolním věku dítěte, ve školním věku počet dětí s dyslalií klesá a ve věku produktivním je počet konstantní. Další nárůst dyslalie je pak patrný u seniorů. Z hlediska pohlaví se vyšší výskyt dyslalie objevuje u chlapců nežli u děvčat, a to v poměru 6:4. [11]

2.3 Metodika tvoření hlásky r

V českém jazyce je hláska r považována za souhlásku. Souhláska je šum, který vzniká, když jsou mluvidla různě nastavena tak, aby vznikla překážka, kterou musí výdechový proud přerazit. Základní rozdíl v artikulaci spočívá v těsnosti sevření mluvidel a prudkosti zrušení překážky. Souhlásky se mohou klasifikovat podle sluchového dojmu, místa tvoření nebo dle artikulujícího orgánu. Podle sluchového dojmu je hláska r kmitavá, provází ji typické hrčení vznikající střídavým uvolňováním a tlumením hlasu. V cizích jazycích se vyskytují různé podoby r. V češtině se považuje za normu r dásňové, tedy alveolární. Artikulujícím orgánem je jazyk. Proto je souhláska r někdy nazývána jako jazyčná neboli lingvální. Považuje se za souhlásku znělou, hlasivky se při výslovnosti chvějí.



Obrázek 3 Znázornění artikulace hlásky r [23]

Souhláska r se považuje za jednu z artikulačně nejnáročnějších. Doba nácvičku tvorby r se udává u zdravého dítěte v rozmezí dvou až čtyř měsíců. Artikulační mechanismus spočívá v rozkmitání hrotu jazyka zvýšeným tlakem výdechového proudu. V ústech vznikne dutina tvořená hrotem jazyka, která se střídavě zužuje a rozšiřuje. Hrot jazyka vlivem vzdušného proudu kmitá, přibližuje se a vzdaluje se od patra a k němu. Boční okraje jazyka se tisknou k patrové klenbě. Souhláska je ústně rezonovaná a rty jsou v neutrální pozici. Spodní čelist je spuštěná mírně dolů, je nepředsunutá. Akusticky se r projevuje hrčením, které vzniká opakovanými útlumy hrtanového hlasu, způsobenými kmitáním hrotu jazyka. [23][27]

Jak již bylo zmíněno výše, chybná výslovnost je do určitého věku považována za fyziologickou. U souhlásky r je hraničním obdobím u zdravého dítěte polovina sedmého roku. Po překročení tohoto věku je již nesprávná výslovnost klasifikována jako výslovnost vadná a je potřebné vyhledat odbornou logopedickou pomoc. [11]

3 Korekce vadné výslovnosti

Terapie dyslalie musí vždy dodržovat stanovené zásady a principy. První z takových je zásada pozitivního přístupu. Dítěti se nezdůrazňují jeho nedostatky, naopak, logoped by měl k terapii využívat pacientovi přednosti. Další je zásada krátkodobého cvičení. Doporučuje se provádět cvičení v délce 3–5 minut, maximálně 10 minut. Cvičení je vždy proloženo nějakou odpočinkovou aktivitou. Pokud je to možné, měla by se logopedická cvičení opakovat několikrát denně. Je však třeba brát hlavní ohled na pacienta, unavené dítě nedosáhne zlepšení, spíše si fixuje nesprávný motorický výkon. Důležitá je zásada zpětné vazby. Zpětná kontrola může být trojího typu: kontrola pohybová, sluchová nebo zraková a kontrola společenská. U společenské kontroly pedagog pokrok pochválí, ale nezdar přehlédne. S tím souvisí i správná motivace pacienta. Neustálé obnovování podnětů udržuje pozornost a zájem dítěte. V neposlední řadě by se vždy měla dodržovat zásada individuálního přístupu. [27]

Terapie dyslalie se může rozdělit do pěti základních etap. Přípravná cvičení, identifikace hlásky, vyvození hlásky, fixace nového mluvního stereotypu a automatizace správné výslovnosti. Průběh a délka jednotlivých etap je individuální. Následující odstavce budou zaměřeny na tematiku vyvození hlásky r. [15]

3.1 Substituční metoda

Substituční metoda je jedním ze způsobů vyvození hlásky r. Vychází z pomocné hlásky d nebo t, ty jsou od hlásky r vzdáleny zvukově, ale svou artikulací jsou jí velmi podobné. Substituční metoda pomocí náhradní hlásky d je jednou z nejstarších metod, její vznik je datován již od 18. století. Tato metoda musí být podložena dobrým sluchem pacienta a správně vyvinutou výslovností hlásky d a t. Princip vyvození spočívá v tom, že dítě vyslovuje hlásku d zpočátku slabě, lehce. Potom opakuje velmi rychle za sebou ddddddd a následně připojuje i souhlásku t, vyslovuje tedy tdttdtd. Jakmile si dítě tímto způsobem jazyk procvičí, přejde se k vyslovování slov, kde se hlásky r nahradí hláskou d. Zpočátku cvičení je vhodné volit slova, ve kterých se po r vyskytuje samohlásky u nebo dvojhásky ou, např. mručí. Dalším typem vhodných slov jsou ty, které obsahují spojení kr nebo gr, např. krk. [10][37]

Hlásky r se dá odvodit také z písmene ř. Využívá se pouze tehdy pokud dítě umí hlásku ř správně vyslovit. Jedinec vyslovuje ř dlouze a energicky, přičemž mu logoped zvětšuje čelistní úhel, čelisti by měli být od sebe oddálené 1,5 cm. Současně logoped

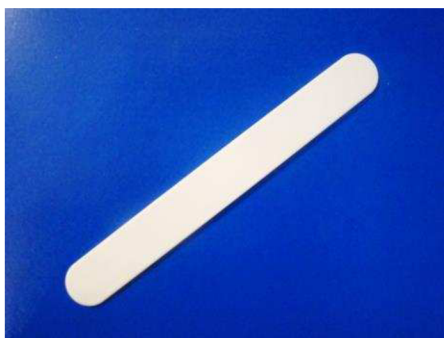
posouvá dolní čelist mírně vzad. Při tomto postavení ztrácí *ř* svoji sykavost a kmity nabývají podoby prodloužené verze *r*. [10]

Substituční metoda selhává u jedinců s těžkou neobratnostní mluvidel, se sluchovou vadou, s pomalým řečovým tempem, u mentálně retardovaných jedinců nebo u dětí, které nemají správnou tvorbu hlásky *d*, hrot jazyka je většinou posunut za dolní řezáky. U těchto jedinců se musí využít jiných metod vyvozování. [29]

3.2 Mechanická metoda

Mechanické metody se mohou označovat také jako pasivní. Jsou to metody, při kterých se hláska vytváří za pomoci mechanických prostředků. Těmi mohou být logopedické špátle nebo rotavibrátor.

Logopedické špátle: První způsob, jak vyvodit *r* je, že se špátle položí šikmo vzhůru na ostří dolních řezáků pod jazyk. Současně se nechá dítě vyslovovat písmeno *d* ve slovech nebo hláskových skupinách. Špátle by se přitom měla co nejrychleji posunovat nahoru a dolů. Většinou se používá skupina hlásek jako *kd*, *gd*, *td*, *dd*. U druhého způsobu vyvození hlásky *r* se dítě nechá vyslovovat *dddn*, přitom se mu pod jazyk vloží špátle, která se následně rychle vytáhne. Tímto prudkým vytáhnutím se místo *dddn* ozve *drn*. Toto cvičení si dítě může procvičovat i samo za pomoci svého prstu. Později se vibrace začnou tvořit již spontánně a dochází k vyvození souhlásky *r*. [37]



Obrázek 4 Logopedická špátle [25]

Rotavibrátor: Jedná se o jednu z nejlepších a nejrychlejších pomůcek logopeda k navození hlásky *r*. Rotavibrátor je speciální přístroj, který pomocí kmitajícího jazýčku přenáší vibrace na hrot jazyku dítěte. Současně dítě vyslovuje skupinu hlásek *tdn* nebo *ddn*, až se ozve *trn* nebo *drn*. Takto vzniklý zvuk je drnčivého charakteru a postupně se identifikuje jako *r*. Rotavibrátor slouží jako výborná simulace práce jazyku při artikulaci hlásky *r*. Dítě, které neví, jak správně s jazykem pracovat, se to díky rotavibrátoru může snadno naučit. Charakteristický postup metody vyvozování hlásky *r*

pomocí rotavibrátoru je prvotní seznámení dítěte s tím, že jeho jazyk se dá rozkmitat silou vydechovaného proudu. Následuje aplikace rotavibrátoru. Při zaznění r je pro dítě důležitá identifikace nové hlásky a její asociace např. s vhodným obrázkem. Problémem při použití rotavibrátoru může být, že takto vyvozené r zní někdy příliš tvrdě a je těžké jej zapojit do slov. Je tedy důležitý dobrý sluch dítěte, které si naučené r přizpůsobí podle správného vzoru. [11][37]



Obrázek 5 Rotavibrátor [26]

3.3 IT podpora

V dnešní době existuje několik multimediálních logopedických softwarů, které jsou využitelné v mnoha oblastech logopedie. U vyvození hlásky r se mohou použít k identifikaci a asociaci hlásky. Výhodou takovýchto softwarů je atraktivita programů s možností snadného ovládání, flexibilita a individualizace nastavení pro potřeby jednotlivých pacientů, možnost vedení evidence osobních údajů i průběžných výkonů, možnost vizualizace úkolu, zřetelná kontrola provádění úkolu a v neposlední řadě motivace odměnou v podobě srovnání s jinými výkony, hrou apod. Spousta z těchto softwarů navíc umožňuje samostatnou práci dítěte nebo pod dohledem rodičů. Není tedy nezbytný neustálý dohled logopeda. Z dostupných logopedických softwarů jsou nejznámější např. FONO, Speechviewer, Mentio, SonaSpeech a další. [36]

Konkrétně logopedický software Mentio je přizpůsobený pro děti i dospělé. Jeho programy jsou určeny pro rozvoj řeči a komunikace u zdravé populace i u jedinců s mírným až středně těžkým postižením. Je možné procvičovat tvoření hlasu, výslovnost, čtení, slovní zásobu a jiné dovednosti. K dispozici je řada nastavitelných parametrů, aby bylo možné přizpůsobovat vhodnou úroveň obtížnosti pro každého uživatele individuálně. Program pro práci s hlasem poskytuje při tvoření hlásek vizuální zpětnou vazbu ve formě kreslených obrázků. Dítě se učí modulovat hlásky ve smyslu změny intenzity a frekvence tónu. Software je vhodný na procvičení výslovnosti před návštěvou logopeda nebo jako doplněk logopedické terapie. [19]

3.4 Využití ultrazvuku

Ultrazvuk se může v logopedii využít pro vizualizaci správného postavení hrotu jazyka při tvorbě hlásky r. Jedincům s problémovou tvorbou hlásky r může vizualizace pohybu a tvaru jazyka výrazně napomoci k vyvození této hlásky. Ultrazvuková sonda je přidržena pod bradou pacienta a snímá pohyby jazyka v reálném čase. Terapie ultrazvukem je efektivní, pokud je pacientovi dovoleno při výslovnosti r tvarovat jazyk různými způsoby. Sám potom vidí, že při korektním postavení jazyka je výslovnost r správná a jednodušší. Pomocí zobrazení dutiny ústní na obrazovce ultrazvuku také dojde k lepšímu pochopení způsobu artikulace hlásky r. Ultrazvuk tedy v tomto případě slouží jako biofeedback. [33]

4 Návrh přístroje

4.1 Specifikace přístroje

Tato práce je realizována ve spolupráci s občanským sdružením LOGO, které se specializuje na diagnostiku a terapii vad řeči, hlasu a sluchu. Právě toto sdružení v dnešní době využívá pro korekci výslovnosti r přístroj rotavibrátor, který byl popsán v třetí kapitole. Toto zařízení pracuje na principu elektromagnetického kmitání. Nachází se v něm oscilační obvod, tedy obvod s cívkou a kondenzátorem. Kondenzátor se nabije zdrojem napětí, poté se přepínačem připojí k cívce a začne se vybíjet. Energie elektrického pole se tak mění na energii magnetického pole cívky. Tento děj se periodicky opakuje a vzniká elektromagnetické kmitání. Problémem tohoto přístroje je malý tlak kmitajícího jazýčku na jazyk pacienta. Někteří pacienti mají jazyk tužší a méně citlivý, proto je vždy lepší použít větší tlak jazýčku, aby měla terapie rotavibrátorem požadovaný účinek. Tento tlak také klesá při změně amplitudy kmitání. Při využití elektromagnetického kmitání se s rostoucí vzduchovou mezerou síla zmenšuje. V neposlední řadě je důležitý i design výrobku. Přístroj se používá většinou u malých dětí, je tedy důležité zajistit pohodovou atmosféru, aby dítě bezproblémově spolupracovalo.

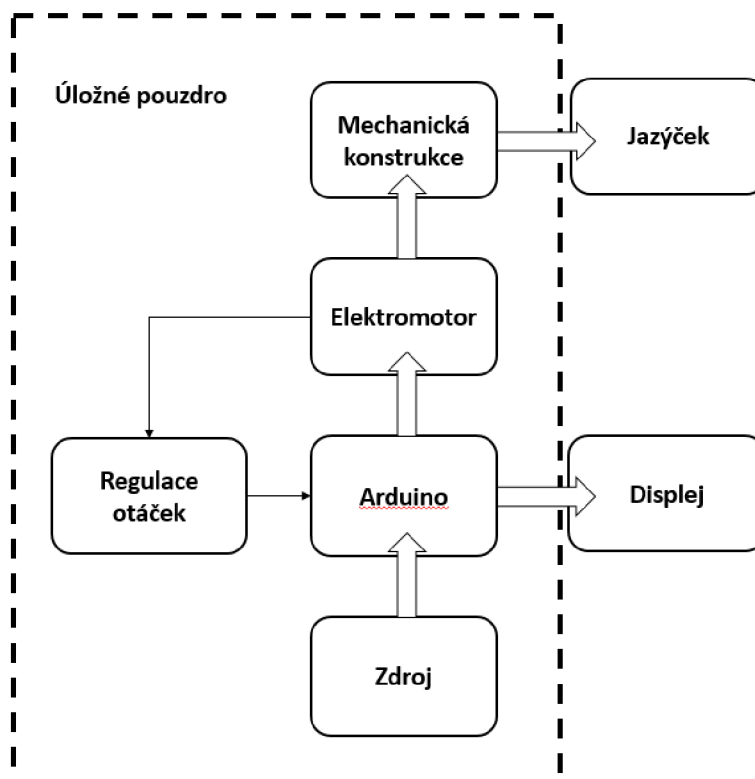
Z výše popsaného odstavce vycházejí požadavky na logopedickou pomůcku, která by měla být schopna rozkmitat lidský jazyk podobně jako u vyslovení hlásky r. Tento nástroj by měl dosahovat dostatečného tlaku kmitajícího jazýčku na jazyk pacienta a měl by mít přístupný vzhled pro děti. Další specifikací je frekvence kmitajícího jazýčku. Hodnota je určena občanským sdružením LOGO. Měla by být nastavitelná a pohybovat se v rozmezí 20–35 Hz. Uvedené hodnoty frekvence zajistí správné rozkmitání jazyku pacienta. Druhým z nastavitelných parametrů je hodnota amplitudy kmitu jazýčku. Pohybuje se v rozmezí 1,6–1,9 cm a je také zadána firmou LOGO. Měnitelná hodnota velikosti amplitudy zprostředkuje určitou adaptaci pacienta na přístroj. Logoped má možnost začít výkon s nižší amplitudou kmitu, která je pro pacienta příjemnější. Po přivyknutí vyšetřované osoby na cizí předmět v ústech se může amplituda kmitu zvyšovat, což způsobí silnější rozkmitání jazyku pacienta.

Cílem práce je sestrojít takový přístroj, u kterého se budou definované parametry logopedické pomůcky lépe a jednodušeji kontrolovat. K tomuto účelu je jako zdroj kmitů vybrán elektromotor. Frekvence kmitání se v tomto případě může regulovat elektronicky pomocí vývojového prostředí Arduina. Velikost amplitudy kmitů se

nastavuje manuálně. Výhodou změny amplitudy v tomto návrhu je, že neovlivní další parametry nastavení, zejména tedy tlak přístroje na pacientův jazyk.

4.2 Blokové schéma přístroje

K sestrojení přístroje je využit elektromotor, mechanická konstrukce, kmitající jazýček a úložné pouzdro. Zapojení a ovládání otáček elektromotoru je realizováno pomocí platformy Arduino. Frekvence kmitání jazýčku je přímo úměrná počtu otáček elektromotoru. Frekvence kmitání se tedy mění změnou otáček motoru, kterou je možno provést ve vývojovém prostředí Arduina. Pomocí Arduina je také realizována zpětná vazba a regulace frekvence kmitajícího jazýčku. Rychlost elektromotoru společně se stavem baterie se zobrazuje na displeji situovaném na úložném pouzdru. Mechanická konstrukce slouží k převodu rotačního pohybu elektromotorku na pohyb přímočarý, který rozkmitá jazýček požadovanou frekvencí. Kmitající jazýček pak zprostředkovává přenos kmitů mezi přístrojem a pacientem. Za pomoci mechanické konstrukce se také nastaví velikost amplitudy kmitu. Arduino, elektromotor, konstrukce i napájení jsou umístěny v úložném pouzdru. Jednotlivé konstrukční bloky jsou popsány podrobněji v odstavcích níže.

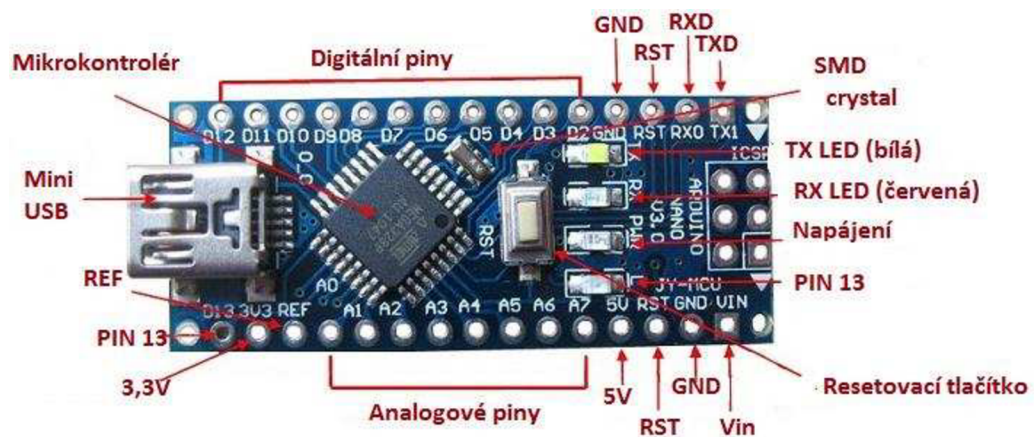


Obrázek 6 Blokové schéma navrhnutého přístroje

4.3 Platforma Arduino

Ovládání elektromotoru a tím i frekvence kmitajícího jazyčku se realizuje pomocí platformy Arduino, konkrétně pomocí desky Arduino Nano. Ta díky svým menším rozměrům umožňuje miniaturizaci přístroje. Deska obsahuje 8bitový mikrokontrolér ATmega328P od firmy Atmel. Dále 14 digitálních vstupně-výstupních pinů, ze kterých šest podporuje funkci PWM, poskytují výstup s pulsně šířkovou modulací. Platforma obsahuje také 8 analogových pinů, resetovací tlačítko, mini USB konektor pro komunikaci s počítačem, indikační LED diody a další podpůrné prvky. Pracovní napětí desky je 5 V, u nižšího napětí by mohla nastat nestabilita desky, u vyššího napětí hrozí přehřátí a poškození.

Vývojové prostředí Arduina se připojuje na hardware, nahrává programy a komunikuje s nimi. Je to aplikace vytvořená pomocí programovacího jazyku Java. Součástí programu jsou dva bloky. Prvním z nich je funkce void setup (), mezi závorky se napíše kód, který se provede pouze jednou na začátku programu. Druhou funkcí je void loop (), do které se vypíše kód, který se bude opakovat až do odpojení napájení. Tyto funkce jsou jádrem celého programu a musejí být vždy obsaženy, i když neobsahují žádný kód. [3][35]



Obrázek 7 Platforma Arduino NANO [3]

4.4 Zapojení elektromotoru

Jako pohon kmitání přístroje slouží elektromotor. Pro prototyp byl použit DC motor MIG 2080 6 V s jednostrannou hřídelí vyráběn firmou MEGA motor. Jedná se o stejnosměrný motor založený na využití silových účinků magnetického pole.

Motor je určený k pohonu menších modelů. Pracovní napětí je v rozmezí 2,4 – 8,4 V. Elektromotorek se připojuje pomocí dvou kabelů napájecího černého (-) a napájecího červeného (+). [21]

Důležité technické parametry jsou uvedeny v tabulce níže.

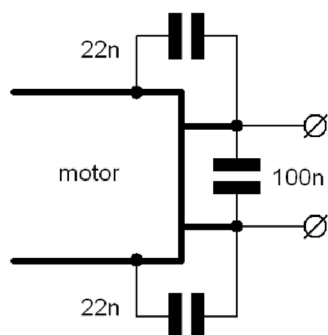
Tabulka 1 Technické parametry motoru MIG 280 6 V [21]

Napájecí napětí [V]	2,4 – 8,4
Otáčky [ot/min]	14400 při 6 V
Rozměry [mm]	24 x 30
Délka hřídele [mm]	10
Průměr hřídele [mm]	2
Hmotnost [g]	43



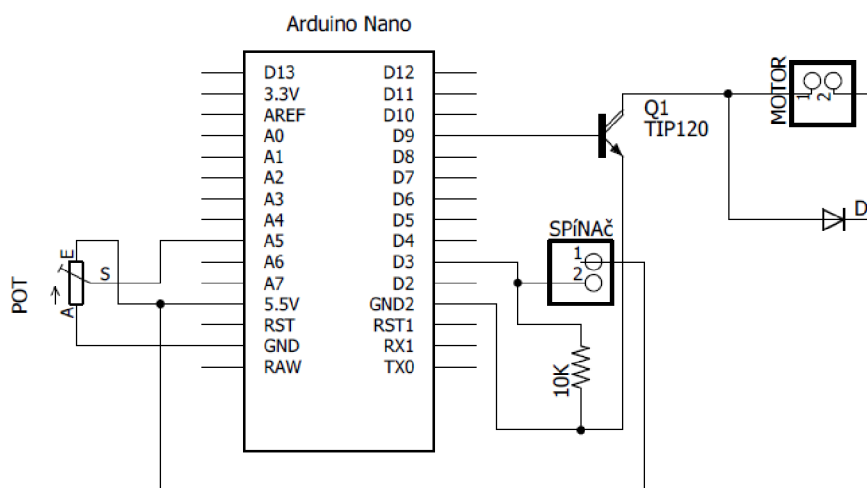
Obrázek 8: Elektromotor MIG 280 6 V [21]

Pro odstranění elektromagnetického rušení stejnosměrných motorů, které vzniká při přerušení kontaktu mezi komutátorem a kontaktními kartáčky, je použit kondenzátorový filtr. Jedná se o zapojení keramického kondenzátoru 100 nF mezi vývody elektromotoru a kondenzátor s kapacitou 15 nF mezi každý z vývodů a plášť motorku.



Obrázek 9: Zapojení kondenzátorového filtru

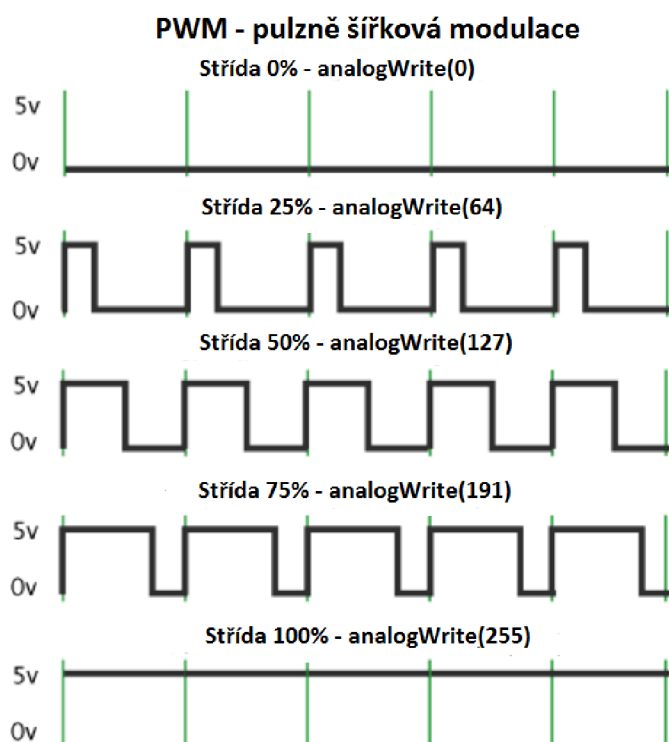
Provozní napětí platformy Arduino je 5 V, přičemž maximální proudové zatížení vstupně – výstupních pinů je 40 mA. Většina elektromotorků však k zprovoznění vyžaduje větší proud a napětí. Proto byl do obvodu zapojení zaveden tranzistor. Základní vlastností tranzistorů je schopnost zesilovat. Malé změny napětí nebo proudu na vstupu mohou vyvolat velké změny napětí nebo proudu na výstupu. Tranzistor umožňuje Arduinou kontrolovat součástky s vyššími elektrickými požadavky. V tomto obvodu byl použit TIP120 tranzistor. Jeho vývody označujeme jako báze, kolektor a emitor. Báze je v zapojení připojena k digitálnímu pinu 9 na Arduino, vývodem emitor je tranzistor uzemněn a vývod kolektor spojuje tranzistor s motorkem. Rychlost otáčení elektromotoru se reguluje pomocí potenciometru, který je připojen na analogový pin 5. Pro ochranu obvodu před možnými proudovými špičkami vznikajícími na motorku je v obvodu paralelně k motorku připojena dioda. Je využit také spínač, kterým se ovládá zapnutí a vypnutí motorku. K Arduino platformě je zapojen přes digitální pin 3.



Obrázek 10 Elektrické schéma zapojení elektromotorku

Ovládání napětí, a tedy i otáček elektromotorku je realizováno pomocí pulsně šířkové modulace neboli PWM (pulse width modulation). Je to metoda, kdy se pomocí dvoustavového signálu, log 1 (zapnuto) a log 0 (vypnuto), reguluje hodnota např. napětí, proudu nebo jasu. Poměr mezi stavem vypnuto a zapnuto se nazývá střída. Cyklu, kdy dojde k přenosu jedné střídy se říká perioda. V praxi je perioda vždy stejně dlouhá a mění se střída. Na Arduino platformě jsou PWM piny 3, 5, 6, 9, 10, 11. Zapojení v této práci využívá pin 9. V kódu ve vývojovém prostředí se pro regulaci napětí pomocí PWM použije funkce `analogWrite (pin, x)`. Parametr pin referuje k pinu, který je ovládán a parametr x obsahuje informaci o proměnné `motorSpeed`, která se

pohybuje mezi 0–255. Pokud je hodnota nastavena na 0, motorek je zastaven. Naopak pokud se hodnota rovná 255, motorek se otáčí nejvyšší rychlostí. Na obrázku 6 je ukázán princip konkrétní aplikace pro Arduino. Je vidět, že pokud je funkce analogWrite nastavena na hodnotu 255, střída je rovna 100 procentům, což znamená, že signál je pořád zapnutý. V jiném případě, kdy je analogWrite nastavena na 127, je střída rovna 50 procentům, signál je tedy zapnutý polovinu doby periody. [2][4]



Obrázek 11 PWM-konkrétní aplikace pro Arduino [2]

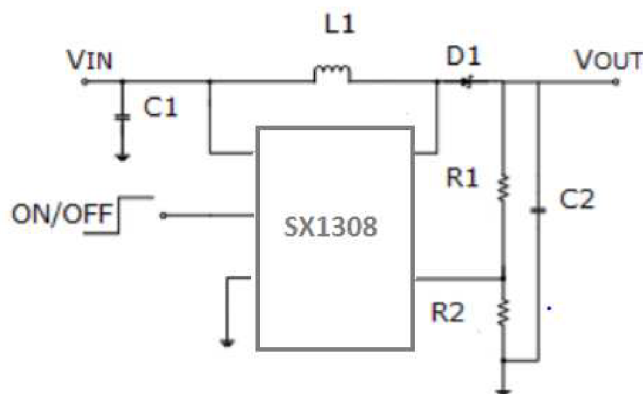
4.5 Napájení přístroje

K napájení zařízení jsou využity alkalické mikrotužkové baterie o napětí 1,5 V značky Duracell. Výhodou tohoto způsobu napájení je snadná dostupnost baterií a jejich skladnost, můžou se lehce přichytit do pouzdra na baterie, které je umístěno ve spodní části krytu přístroje. Problémem však je, že se baterie postupně vybíjejí, napájecí napětí přístroje tedy není konstantní. Proto byl do obvodu zapojen DC/DC Step-up měnič. Tento převaděč ze vstupního napětí v rozmezí 2–24 V dokáže vytvořit nastavitelné výstupní napětí v rozsahu 2–28 V. Hodnota výstupního napětí se nastavuje víceotáčkovým potenciometrem. Modul má čtyři pájecí konektory, vstupní napětí se připojuje ke konektorům VIN a GND, zátěž se připojuje ke konektorům OUT (+) a GND (-). V následující tabulce jsou uvedeny technické parametry modulu.

Tabulka 2 Technické parametry Step-up měniče [30]

Hlavní čip	SX1308
Vstupní napětí	2-24 V DC
Výstupní napětí	2-28 V DC
Max. výst. proud	2 A
Frekvence spínání	1,2 MHz
Účinnost	až 95 %

Celý měnič se skládá ze dvou hlavních částí, řídicí a silové. Hlavní čip SX1308 vykonává řídicí funkci modulu, podle potřeby spíná a vypíná integrovaný MOSFET tranzistor. Tím dokáže přerušovat proud v silovém obvodu a za pomoci indukční cívky a kondenzátorů jej převádět na proud a napětí potřebných výstupních hodnot. Modul také obsahuje ochranu proti zkratu a přehřátí.



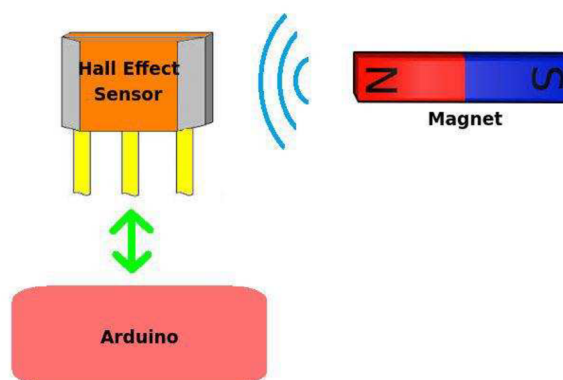
Obrázek 12 Elektrické schéma zapojení Step-up měniče [31]

Při použití dvou tužkových baterií o celkovém napětí 3 V a jednoho step up měniče nastaveného na hodnotu výstupního napětí 5 V pro napájení Arduina i motorku, docházelo ihned po zapnutí spínače motorku k resetování Arduina. Resetování se opakovalo při každém stisku spínače. Příčinou problému bylo velké proudové zatížení u startu motorku. Z tohoto důvodu je nutné využít samostatné napájení jak pro Arduino, tak pro motorek. Dvě mikro tužkové baterie s jedním step-up měničem nastaveným na výstupní napětí 5 V jsou použity pro napájení Arduina. Další dvě mikro tužkové baterie s druhým step-up měničem nastaveným na výstupní napětí 6 V nabíjí elektromotorek. Do obvodu zapojení je zaveden spínač s šesti vývody, který slouží k odpojení a sepnutí baterií Arduina a motorku. Prodlužuje se tak životnost baterií.

Pro kontrolu stavu baterie pro napájení Arduina je napětí tužkových baterií přivedeno přímo na analogový pin 0. Ve vývojovém prostředí Arduina je za pomoci funkce `analogRead` přečtena hodnota z pinu 0, převedena na volty a následně zobrazena na displeji přístroje. Nejnižší vstupní hodnota napětí pro step up měnič jsou dva volty. Při poklesu napětí pod tuto hodnotu by, pro správnou funkčnost přístroje, měly být baterie vyměněny.

4.6 Regulace

Zpětná vazba a regulace frekvence kmitání jazýčku je realizována pomocí Hallova senzoru zapojeného v blízkosti elektromotorku. Hallův senzor je elektronická součástka, která je založena na technickém využití Hallova jevu. Ten stručně vysvětleno říká, že kdykoliv magnetické pole působí kolmo na tok elektrického proudu ve vodiči, je indukován potenciální rozdíl. Senzor tvoří tenká polovodičová destička, již prochází v jednom směru stejnosměrný proud. Při vložení destičky do magnetického pole působí na pohybující se nosiče náboje Lorentzova síla a jejich dráhy se vychylují ve směru kolmém k vektoru magnetické indukce a pohybu těchto nábojů. Tím vzniká na protilehlých stranách destičky tzv. Hallovo napětí. Arduino skrz pin, ke kterému je Hallův senzor připojen, dokáže toto napětí detekovat a určit tak, zdali se senzor nachází v blízkosti magnetického pole nebo ne.

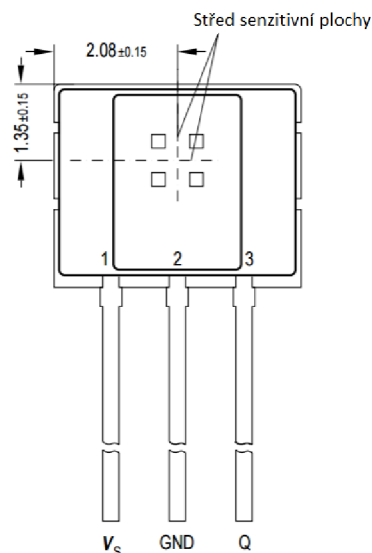


Obrázek 13 Komunikace Hallova senzoru s Arduinem [7]

Hallovy senzory se dělí na bipolární a unipolární. Bipolární senzory produkují napětí kdykoliv se v blízkosti vyskytne severní magnetický pól. Napětí neklesá, dokud se v blízkosti senzoru neobjeví jižní magnetický pól. Unipolární senzory produkují napětí pouze v přítomnosti severního magnetického pólu. Pokud se magnet vzdálí, napětí je nulové. Pro prototyp přístroje byl vybrán právě unipolární Hallův senzor, konkrétně TLE4905L. Tento typ byl navržen speciálně pro automobilovou

a průmyslovou výrobu. Nejčastěji se využívá pro kódování pozice, komunikaci s BLDC motory a pro sledování otáček motoru.

V případě regulace frekvence kmitání u navrženého přístroje se Hallův senzor využívá právě k měření počtu otáček elektromotoru, které přímo souvisí s frekvencí kmitání jazýčku. Na pastorek elektromotoru je připevněna pomocná oválná ploška, vyrobená 3D tiskem, na které je upevněn malým magnetem. Ploška daného průměru je použita z důvodu spolehlivější detekce. Pokud byl magnet připojen přímo na pastorek motorku, průměr rotace magnetu byl tak malý, že senzor nedokázal správně detekovat přítomnost magnetického pole. Na přichytné zařízení elektromotoru je připevněn Hallův senzor tak, aby byl co nejbližší kolečku s magnetem. Pro správnou práci se senzorem je dále potřeba připojit první vývod senzoru ke zdroji napětí, Arduino pin 5 V. Druhý spojit se zemí, Arduino pin GND a třetí připojit k digitálnímu pinu 2. Mezi prvním a třetím vývodem je potřeba zapojit 10 k Ω rezistor.



Obrázek 14 Hallův senzor TLE4905L [28]

Výpočet otáček elektromotoru se provádí ve vývojovém prostředí Arduina. Protože je použit jeden magnet, je celý program nastaven na jednu detekci magnetického pole za jednu otáčku pastorku. Základem je detekce Hallova napětí senzoru, které zprostředkovává digitální pin 2. Detekce se provádí pomocí funkcí Interrupts. Procesor běžně synchronně načítá instrukce z paměti, které následně postupně zpracovává. Funkce Interrupts umožňují asynchronní zpracování důležitých událostí, na které je zapotřebí okamžitě zareagovat. Přerušuje načítání instrukcí hlavního programu a začne vykonávat kód pro zpracování přerušení, po jeho konci se procesor vrátí k původní činnosti. Funkce Interrupts tak umožňují spolehlivou registraci vzestupu napětí, které

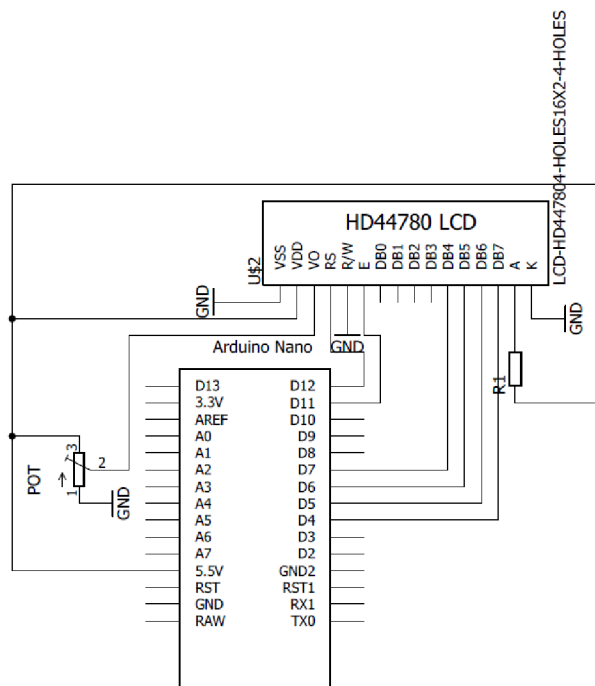
zprostředkovává digitální pin 2. Funkce `attachInterrupt(interruptnumber, ISR, mode)` slouží k registraci definované funkce (ISR) pro zpracování přerušení. Tou je v tomto programu funkce `rpm_mot`. Inerruptnumber určuje digitální pin 2 Arduina. Mód definuje, kdy má být funkce ISR spuštěna. V tomto programu je použit mód `RISING`, který spustí funkci, kdykoliv je zaznamenána změna napětí na pinu 2 z nuly na hodnotu vyšší, tedy v přítomnosti magnetu. Funkce `detachInterrupt(interruptnumber)` odpojuje funkci od daného přerušení.

Další funkce použitá pro výpočet je funkce `millis`, která počítá čas v milisekundách od spuštění programu. V momentě, kdy je na pinu 2 detekována změna napětí, uloží aktuální čas do proměnné `posledni_detekce`. Samotné detekce se ukládají do proměnné `pocet_detekci`. Tato proměnná je definovaná jako `volatile`. Používá se většinou právě ve spojení s funkcemi `Interrupts`, v případech, kdy hodnota proměnné může být změněna nezávisle na kódu programu. Funkce `millis` umožňuje aktualizaci proměnné `pocet_detekci` každou jednu sekundu. Součet detekcí za jednu sekundu je roven frekvenci elektromotoru. Po vynásobení frekvence hodnotou 60 je získán výsledek v jednotkách otáčky za minutu, tedy RPM. Pro dosažení stabilnějších výsledků se každá nová hodnota RPM průměruje s devíti předchozími. Zprůměrované hodnoty RPM se zobrazují na obrazovce LCD displeje. Kompletní zdrojový kód k dispozici v příloženém DVD.

4.7 Zapojení LCD displeje

Pro zobrazení parametrů rychlosti motorku a stavu baterie je využit LCD displej HD44780. Jedná se o displej s modrým podsvícením, na kterém jsou možné zobrazit dva řádky o šestnácti znacích. Rozměry celého modulu jsou v milimetrech 80 x 35 x 11. Displej vyžaduje stejnosměrné napájení velikosti 5 V, k tomu je využit 5 V pin Arduina. Dále je použit potenciometr pro regulaci jasu displeje a rezistor pro podsvícení displeje.

Nastavení pinů a definování podmínek zobrazení parametrů probíhá opět ve vývojovém prostředí Arduina a kompletní kód je k dispozici v příloze C. Hlavní funkcí pro zobrazení parametrů na displeji je funkce `lcd.print()`. Výsledná hodnota `rpm` je datového typu `integer`, při změně rychlosti motorku se stávalo, že se reálná hodnota zobrazovala na displeji chybově a s určitým zpožděním. Proto je hodnota převedena do datového typu `string`, displej tak čte a zpracovává všechny číslice hodnoty `rpm` jako jeden řetězec.



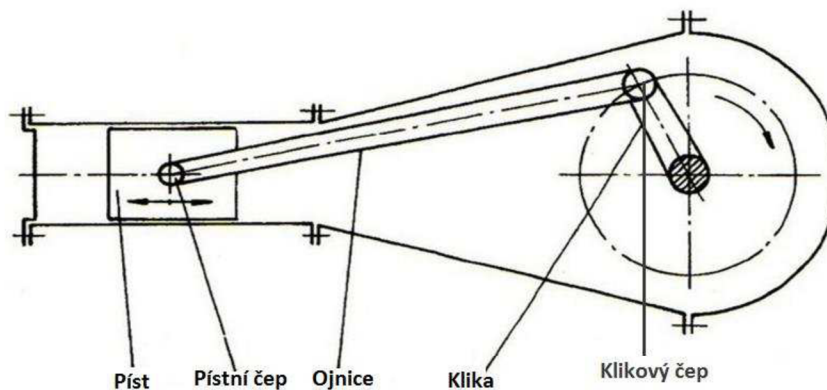
Obrázek 15 Elektrické schéma zapojení displeje

4.8 Převod rotačního pohybu na přímočarý

Aby byl jazýček přístroje rozkmitán, je potřeba převést rotační pohyb elektromotorku na pohyb přímočarý vratný. To je dosaženo za pomoci mechanické konstrukce, která simuluje excentrický klikový mechanismus.

Mezi mechanismy pro převod rotačního pohybu na přímočarý řadíme mechanismus kloubový, kulisový, šroubový, váčkový, a právě pro realizaci přístroje zvolený klikový. Klikový mechanismus se v dnešní době může považovat za zřejmě nejrozšířenější mechanismus. Je používán ve spalovacích motorech strojů a v alternativní podobě pracuje v pístových čerpadlech, kompresorech, lisech a dalších strojích. Klikový mechanismus se objevuje ve dvou variantách, a to úplné nebo zkrácené. Zkrácený mechanismus neobsahuje křížák² a pístní tyč. Z toho vyplývá, že jeho konstrukční řešení je jednodušší nežli u verze úplné a má také menší rozměry. Absence křížáku a pístní tyče má vliv na menší setrvační síly u zkráceného mechanismu oproti úplnému. Používá se většinou u rychloběžných strojů. Z těchto důvodů byl vybrán pro konstrukci přístroje právě zkrácený klikový mechanismus. [6][12]

² Křížák je posuvná součástka některých pístových strojů. Je na něj připevněna pístní tyč a ojnice. Název získal podle prvního zařízení tohoto typu, které bylo ve tvaru kříže. [6]



Obrázek 16 Zkrácený klikový mechanismus [20]

Jak znázorňuje obrázek 7 hlavními stavebními prvky klikového mechanismu jsou píst, pístní čep, ojnice, klika a klikový čep. Princip je založen na tom, že klika je připevněna na rotující předmět a točí se spolu s ním. Klikový čep znázorňuje kloubový spoj, kterým je ke klice připevněna ojnice. Ta ji spojuje s pístním čepem a převádí rotační pohyb kliky na přímočarý vratný pohyb pístu. Ojnice je tedy ta část mechanismu, ve které dochází ke změně pohybu. Ojnice jako celek vykonává obecný rovinný pohyb, tzn. jeden její konec spojený s klikou vykonává pohyb rotační a druhý konec s pístem se pohybuje přímočaře. Samotný píst se pohybuje přímočarým vratným pohybem v rozmezí krajních poloh pístu. [5][20]

Aby bylo dosaženo kmitavého pohybu, je klikový mechanismu pro potřeby prototypu mírně modifikován. Jedna strana ojnice je kulovým čepem připevněna k pevné stěně pouzdra. Samotná ojnice obsahuje drážku simulující píst, ve které se pohybuje klikový čep. Druhý konec ojnice již vykonává kmitavý pohyb, který prototyp ke své práci vyžaduje.



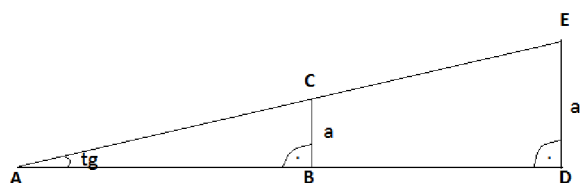
Obrázek 17 Modifikovaný klikový mechanismus

4.9 Připojení jazýčku a nastavení amplitudy kmitu

Jazýček pro rozkmitání lidského jazyku je vyměnitelný a je připevněn k ojnici. Táhlo jazýčku obsahuje štěrbinu přesné velikosti, do které se zasouvá konec ojnice. Konec ojnice a štěrbinu v táhle jazýčku tvoří pro jazýček úchytné lůžko. Tímto způsobem je jazýček připevněn ke kmitající části konstrukce, zároveň se však může v lůžku manuálně posouvat. Zkracováním či prodlužováním délky od konce jazýčku k úchytnému lůžku je možné regulovat amplitudu kmitu.

Kritické hodnoty výsledné velikosti amplitudy kmitu jsou tedy celková délka ojnice a jazýčku a také míra excentricity mechanismu, tedy vzdálenost klikového čepu od středu rotace. Vzdálenost čepu byla určena empiricky na základě pozorování. Jako ideální se jeví umístění čepu nejdále 3 mm od centra rotace. U návrhu 2,45 mm od centra rotace. Kulový čep sloužící k přichycení ojnice je připevněn vodorovně s centrem rotace, ve vzdálenosti 40 mm. Matematicky pomocí trigonometrické funkce se může odhadnout celková délka ojnice s jazýčkem tak, aby se výsledná amplituda kmitu rovnala požadovanému centimetru:

Na konstrukci lze pohlížet jakou na soustavu dvou pravoúhlých trojúhelníků.



Obrázek 18 Znázornění soustavy trojúhelníků ABC a ADE

Odvěsna a znázorňuje vzdálenost klikového čepu od středu, 2,45 mm. Odvěsna AB udává vzdálenost kulového čepu od středu rotace, 40 mm. Vrcholy D a E znázorňují výchylku jazýčku ze středové polohy do horní maximální výchylky, odvěsna a' tedy značí polovinu požadované amplitudy, 9,5 mm. Hledanou hodnotou je vzdálenost AD . Z obrázku 18 je vidět, že kromě pravého úhlu mají trojúhelníky společný i úhel tangens, proto se podle věty o podobnosti pravoúhlých trojúhelníků mohou považovat za podobné. Lze tedy aplikovat vzorec:

$$a : b = a' : b'; a : c = a' : c'; b : c = b' : c' \quad 4.1$$

$$40 : 2,45 = BD : 9,5 \quad 4.2$$

Výsledek je roven 15,5 cm. Takových rozměrů by tedy, pro dosažení maximální velikosti amplitudy, měla dosahovat celková délka ojnice s jazýčkem. [34]

4.10 Nastavení frekvence kmitání

Frekvence kmitání jazýčku je regulována jak rychlostí otáček elektromotorku, tak pomocí převodu. K převodu byla vybrána převodovka MP JET 8001 pro motory třídy 280. Její převodový poměr je 4,5:1. Znamená to tedy, že motor vybraný pro prototyp s maximální rychlostí 14400 ot./min dokáže zpřevodovat na maximální rychlost 3200 ot./min bez zátěže.



Obrázek 19 Převodovka MP JET 8001 [22]

Frekvence kmitání jazýčku by se měla pohybovat v rozmezí 20-35 Hz. To znamená, že rychlost elektromotorku v jednotkách otáčky za minutu je v rozmezí 1200 – 2100 ot./min. Použití převodovky rychlost motorku k tomuto výsledku značně přiblíží. Zpřesnění je dosaženo pomocí PWM, jak popisuje podkapitola 4.4. Hodnota funkce AnalogWrite je nastavena na 200, což určuje 78% výkon motorku. Při použití této hodnoty by tedy rychlost motorku měla dosahovat 2496 ot./min. Při ověření rychlosti, které proběhlo na přístroji pro měření otáček Lutron DT-2236 se ukázalo, že hodnota rychlosti při nastavení na 200 je téměř identická s požadovanou maximální rychlostí. Proto je proměnná ve zdrojovém kódu nastavena právě na tuto hodnotu. Tabulka 4.3 ukazuje získané otáčky při různých hodnotách proměnné. V případě potřeby použití nižších otáček je na horní části úložného pouzdra přístroje dostupný potenciometr.

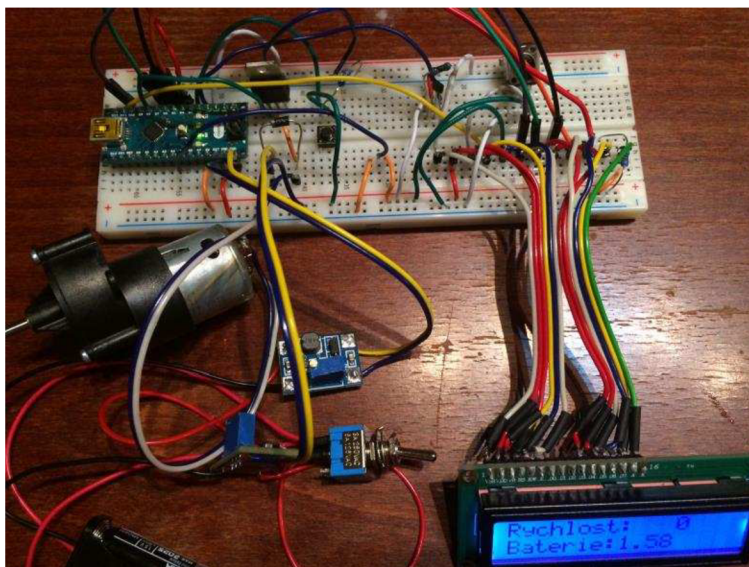
Tabulka 3 Naměřené hodnoty rychlosti elektromotorku přístrojem Lutron

Hodnota proměnné	Rychlost [ot./min]
50	720
100	1580
150	1900
200	2150
250	2350

5 Sestrojení přístroje

V této kapitole je popsáno sestavení prototypu přístroje podle zadaných parametrů z předešlé kapitoly. Hlavními body nezbytnými pro úspěšnou kompletaci přístroje byl počítačový návrh desky plošných spojů, osazení desky potřebnými součástkami, vytvoření vzhledu pouzdra a mechanických částí v softwaru pro návrh 3D modelů a následná úprava a sestavení jednotlivých částí tak, aby tvořily funkční celek.

Nezbytnou součástí sestavení celého přístroje je zapojení všech součástek do nepájivého pole. To slouží jako základ pro vytvoření a otestování zdrojového kódu a také pro lepší vizualizaci společných bodů při tvorbě desky plošných spojů.



Obrázek 20 Zapojení všech součástek v nepájivém poli

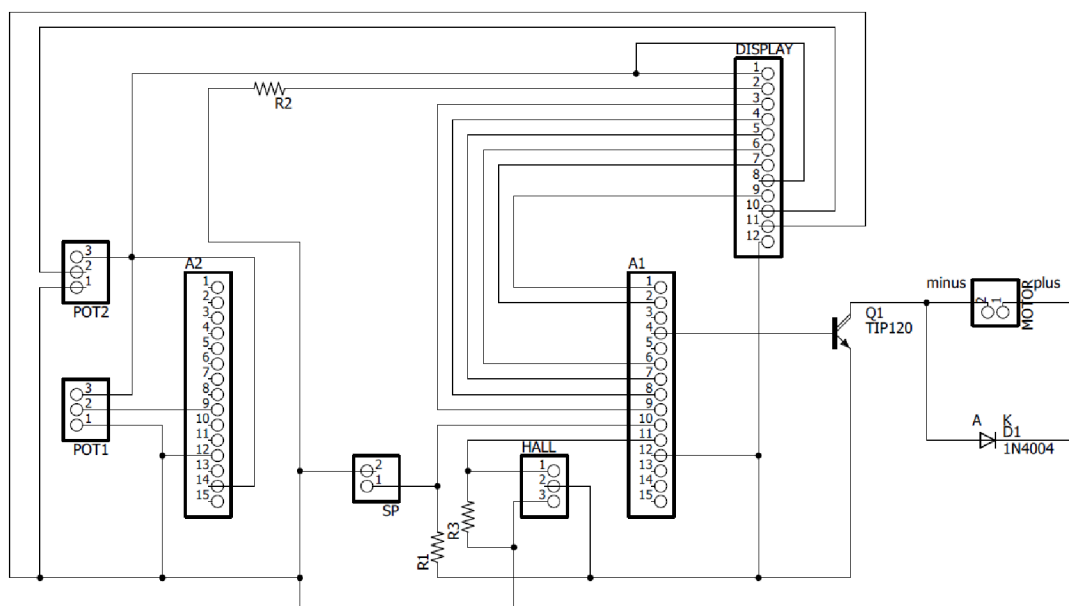
5.1 Počítačový návrh desky

Pro počítačový návrh desky plošných spojů je využit software Eagle. Jedná se o program pro tvorbu schémat a návrhů plošných spojů, který je dostupný i ve Freeware verzi. Práce v programu Eagle se skládá ze dvou základních částí, návrhu schématu a následné vytvoření desky.

Návrh schématu probíhal v editoru schémat, kde byly za pomoci zkratky add vloženy z knihovny všechny potřebné součástky. Pro součástky, které nejsou zapájeny přímo v desce, ale jsou k ní přivedeny kabely od místa jejich uložení v pouzdře, jsou v desce funkcí pinhead vytvořeny konektory. Mezi tyto součástky patří displej

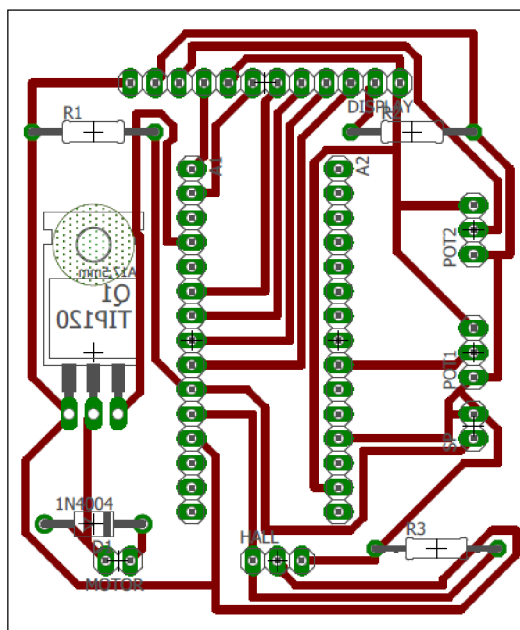
(DISPLAY), motorek (MOTOR), spínač (SP), hallova sonda (HALL) a oba potenciometry (POT1, POT2). Arduino platforma je zapájena svými piny přímo do desky plošných spojů. Pro vstupy pinů jsou opět vytvořeny konektory (A1, A2). Do schématu pro výrobu desky není zaznačeno napájení přístroje. Jedná se o externí součástky, které jsou připojeny přímo na vývody motorku a Arduina.

Dalším krokem bylo vyznačení společných bodů – sběrnic pomocí příkazu junction a vykreslení sítí příkazem wire. Ke správnému vyznačení společných bodů a cest slouží elektrická schémata z kapitoly 4 a také celkové zapojení v nepájivém poli.



Obrázek 21 Elektrické schéma pro vytvoření desky plošných spojů

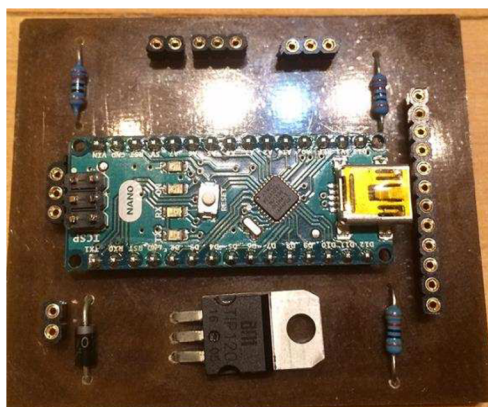
K vytvoření desky z elektrického schématu slouží příkaz board, ten otevře nové okno se všemi součástkami seřazenými u výchozího okraje desky, všechny sítě jsou zobrazeny jako vzdušné spoje. Součástky byly přemístěny na desku tak, aby se cesty co nejméně křížily a aby umístění konektorů bylo logické vůči finální poloze desky v úložném pouzdru. Nesmělo být opomenuto zrcadlové obrácení součástek. V menu net classes byla nastavena šířka cest na 30 mil. Vodivé cesty byly vytvořeny pomocí funkce autorouter, která automaticky zakreslí správné uspořádání a pozice cest. Celá deska byla zkontrolována příkazem DRC, který ukazuje chyby jako překrytí spojů, překročení minimální vzdálenosti nebo porušení úhlového rastru 45° spojů. V případě použití autorouteru se žádná z těchto chyb nevyskytovala. Výsledná deska byla vyfrézována a má rozměry 5,5 x 6,5 cm.



Obrázek 22 Deska plošných spojů

5.2 Osazení desky

Osazení desky probíhalo pomocí keramické pájecí stanice VTSSC20N. Stanice má nastavitelnou teplotu v rozmezí 150 až 420 °C, kontrola teploty je možná díky LED bargrafu. Stanice využívá keramické topné těleso. Dále byl použit pájecí cín o průměru 0,7 mm a pájecí kalafuna. K propojení externích součástek s deskou plošných spojů slouží vícežilový plochý kabel průměru 0,15 mm. Na konec kabelů u desky je vždy přiletován oboustranný kolík, který je spojen s precizní dutinkovou lištou zapájenou v desce. Pro spolehlivější připevnění, kabelů s kolíky nebo vývody součástek je použita smršťovací bužírka.



Obrázek 23 Deska osazená součástkami

5.3 Návrh a výroba pouzdra a mechanických částí

Návrh úložného pouzdra i potřebných mechanických částí pro převod rotačního pohybu je realizován v programu Fusion 360. Jedná se o 3D CAD aplikaci pracující v cloudu od firmy Autodesk. Program umožňuje návrh 3D modelů a celkový proces digitálního prototypování. Umí pracovat s povrchovými i objemovými modely. V programu je možné přepínat mezi různými módy, pro potřeby této práce byl využit mód modelování (model) a výkresy (drawings).

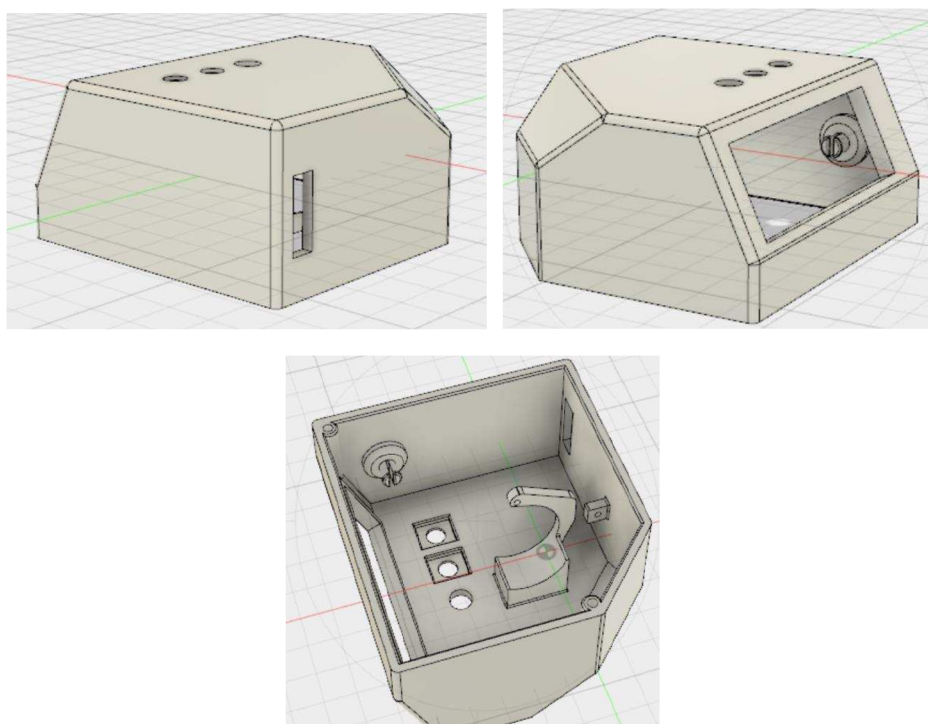
Návrh jednotlivých součástek se skládal ze dvou hlavních částí. První částí je 2D plošný náčrt objektu, který slouží jako stavební kámen celého návrhu. Druhou částí je 3D vymodelování objemového tělesa a to pomocí funkce extrude, která modeluje v jedné dané ose nebo pomocí funkce revolve, která umožňuje obtočení tělesa kolem jedné své hrany. Díky funkci extrude se může materiál také odebírat, a to, pokud se v dialogovém okně zaznačí příkaz cut. Tento způsob využití funkce byl použit u návrhu otvorů. Pro zaoblení hran slouží funkce fillet. Takto byl tedy vytvořen návrh úložného pouzdra, ten se skládá ze spodního kryt pro uložení baterie a vrchního kryt pro uchycení motorku a mechanických částí. Dále byl navrhnut jazýček s táhlem, ojnice a pomocná oválná ploška pro přichycení klikového čepu a magnetku. Jednotlivé součástky jsou podrobněji zdokumentovány v kapitole 5.4.

Vytvořené návrhy byly uloženy v souboru stl a odeslány na 3D tisk. Ten probíhal na 3D tiskárně Felix Printers 3.1. Výhodou této tiskárny je přítomnost vyhřívané podložky zajišťující rovnoměrné chladnutí modelu, který se nedeformuje. Přesnost je tak zvýšena na 0,05 mm. Jako tiskový materiál byl využit Polylactid Acid (PLA) modré barvy. Jedná se o nejpoužívanější materiál pro 3D tisk. PLA je méně pružný materiál, který se vyznačuje vysokým leskem. Je získáván z obnovitelných zdrojů např. z kukuřičného nebo bramborového škrobu. Menší nevýhodou je, že PLA má nízký tavný bod, měkne již při 60 °C. Výrobky se tedy nedoporučují nechávat na vyhřátých místech nebo strojně brousit. [1][24]

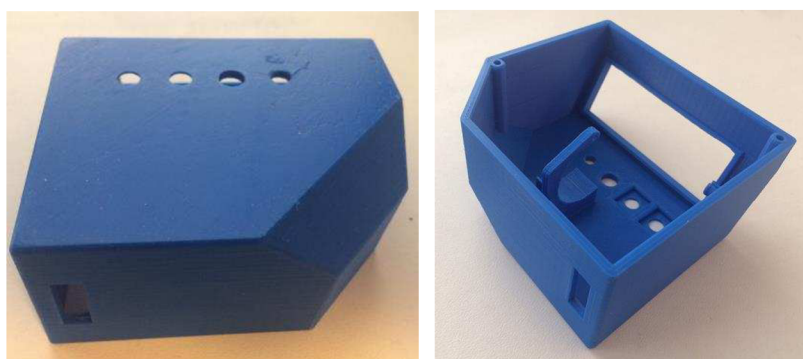
5.4 Fotodokumentace navržených komponentů

Tato kapitola je věnována popisu navržených součástek, včetně foto dokumentace návrhu v prostředí Fusion 360 a vzhledu po 3D tisku. Přesné rozměry v milimetrech jsou uvedeny v příloze D, kde se nacházejí technické výkresy pro hlavní navržené komponenty.

První z komponentů je horní část úložného pouzdra. Jako celek tvoří nejkomplicovanější návrh. Šířku pouzdra určují rozměry displeje, který je uchycen na zadní straně krytu. Na horní straně jsou navrženy celkem tři otvory, jeden pro spínač motorku, další dva pro potenciometry k ovládání jasu displeje a rychlosti motorku. Navíc byl zapotřebí dodělat nový otvor pro spínač celého přístroje. Byl vytvořen vrtákem o průměru 5 mm, a to až po 3D tisku pouzdra, proto není zakreslen v obrázcích z návrhu v prostředí Fusion. Na přední straně se nachází úzká drážka, kterou je směrem ven prostrčena ojnice. K úchytu ojnice je uvnitř pouzdra navržena kulový čep. Uvnitř pouzdra se také nachází navržená objímka pro upevnění motorku. Ten je k ní přichycen třemi šroubky.

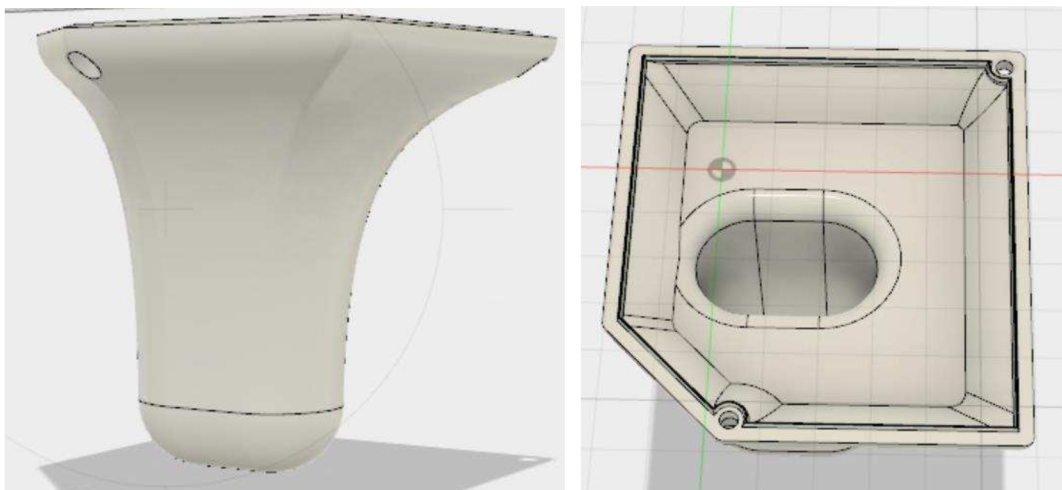


Obrázek 24 Horní část úložného pouzdra navržena ve Fusion 360

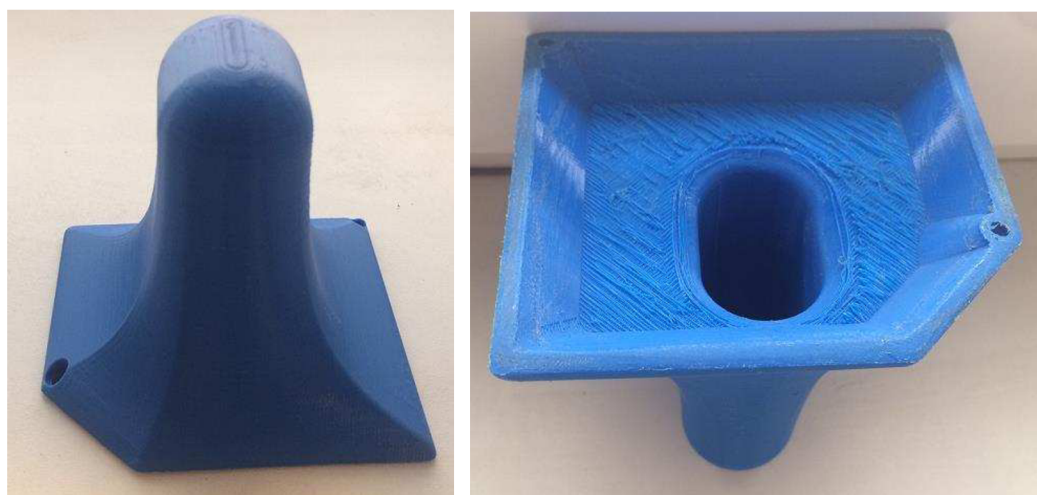


Obrázek 25 Horní část úložného pouzdra 3D tisk

Spodní část úložného krytu slouží jako rukojeť přístroje a zároveň jako uložení pro pouzdra mikrotužkových baterií. Pouzdra baterií mají celkové rozměry 2,5 x 5 cm, proto je v rukojeti dutina této velikosti pro jejich uschování. Výsledný tvar rukojeti se v horní části rozšiřuje tak, aby na něj přesně nasedal horní kryt. Obě půlky pouzdra k sobě můžou být lehce připevněny dvěma šroubky. Jedná se o prototyp, důležitá je tedy i jednoduchá dostupnost hardwaru a mechanických částí. U reálného přístroje se použije pevnější přichycení obou částí.

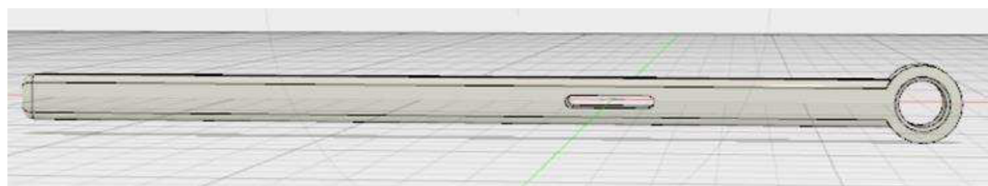


Obrázek 26 Spodní část úložného pouzdra navržená ve Fusion 360

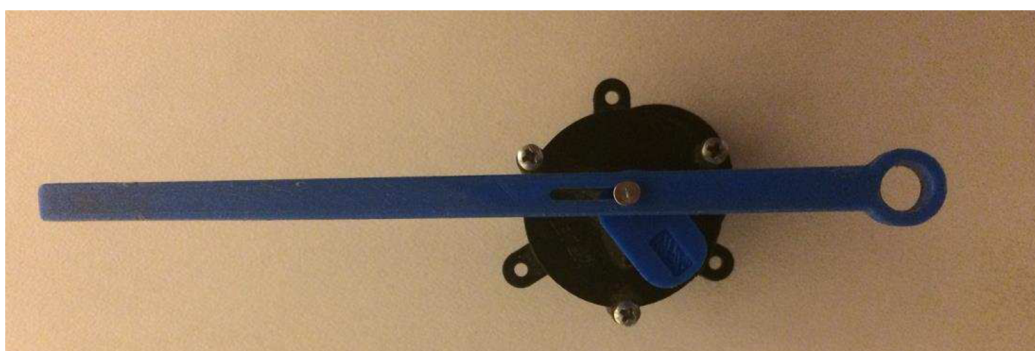


Obrázek 27 Spodní část úložného pouzdra 3D tisk

Další navrženou součástkou je ojnice potřebná k převodu rotačního pohybu na posuvný. Ojnice je připevněna ke kulovému čepu v horní části úložného pouzdra a obsahuje drážku, ve které jezdí klikový čep. Ten má průměr 1,5 mm, proto je drážka široká 1,6 mm, aby v ní čep s lehkou vůlí prokluzoval. Délka ojnice je 12 cm.

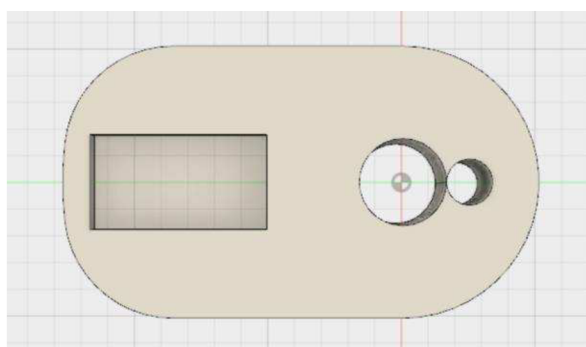


Obrázek 28 Ojnice navržená ve Fusion 360



Obrázek 29 Ojnice připevněná na převodovku, 3D tisk

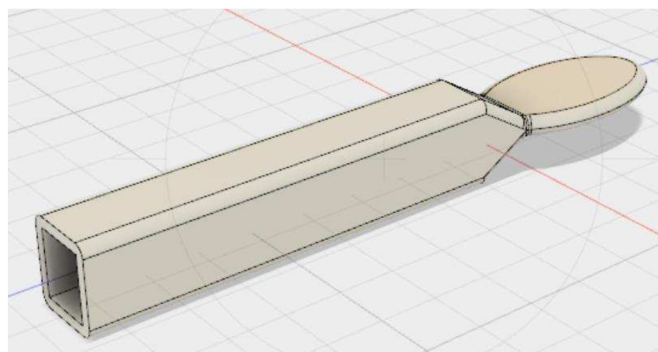
Na obrázku 28 je kromě ojnice s převodovkou vidět také pomocná oválná ploška. Připevňuje se na hřídel převodovky a slouží k uchycení klikového čepu a magnetku. Její délka závisí na vzdálenosti magnetku od hřídele, která je 3,5 mm. Tato vzdálenost byla stanovena na základě testování při zapojení na nepájivém poli, Hallova sonda již dokáže detekovat magnetické pole, zároveň však rozměr příliš nezvyšuje požadavky na velikost plošky. Otvor pro uchycení klikového čepu je ve vzdálenosti 3 mm od centra rotace. Celá ploška má pak rozměry 1 x 1,75 cm.



Obrázek 30 Ploška pro uchycení magnetku a kulového čepu, navržená ve Fusion 360

Poslední ze zhotovených částí je jazýček, který se přikládá na lidský jazyk. Je navržen ve tvaru lžičky. Celková délka jazýčku je 6,2 cm. Jeho táhlo obsahuje otvor, ten přesně nasedá na ojnici. Vsunutím ojnice do otvoru táhla se jazýček uchycuje. Hloubka upevnění je nastavitelná, ojnice s jazýčkem se může překrývat v rozmezí 2,5–5 cm od

konce ojnice. Celková délka ojnice s jazýčkem je tedy měnitelná v rozpětí 13,2 - 15,7 cm. Jak již bylo popsáno v předešlé kapitole, tento parametr má vliv na výslednou amplitudu kmitu. Nastavitelnou délkou se tak může volit různá velikost amplitudy, individuálně pro každého pacienta.

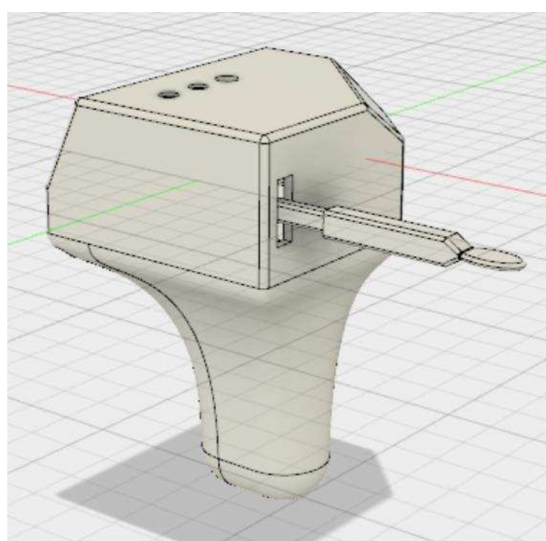


Obrázek 31 Jazýček, navržený ve Fusion 360



Obrázek 32 Jazýček, 3D tisk

Všechny popsané části tvoří kompaktní celek, který slouží nejen jako mechanická část přístroje, ale přisívá i k ucelené prezentaci celého prototypu.



Obrázek 33 Celkový vzhled prototypu, navržený ve Fusion 360

5.5 Kompletace dílů

K upevnění dílu do úložného pouzdra se využívá víceúčelové modelářské lepidlo. V prvním kroku se do horního krytu připevnil motorek dvěma šroubky, na jeho hřídel se připojila pomocná ploška s přilepeným magnetem a klikovým čepem. Ten se prostrčil drážkou ojnice, která nasedá do kulového čepu. Na pouzdro převodovky se upevnila Hallova sonda tak, aby byla ve vzdálenosti 3 mm od magnetku. Displej, spínače i potenciometry se přilepily do jim navržených otvorů. Baterie byly vloženy do rukjeti. Deska plošných spojů se společně se Step-up měniči umístila na plochu mezi spodním a horním krytem. Ještě před zavřením krytu se přístroj zkoušel spustit. Bylo zjištěno, že displej je velmi náchylný na změnu polohy kabelů. Ty byly proto upevněny stahovací páskou. Obě části krytu pak byly spojeny pomocí dvou šroubků.



Obrázek 34 Vlevo uspořádání v horní části krytu, vpravo stav před uzavřením pouzdra



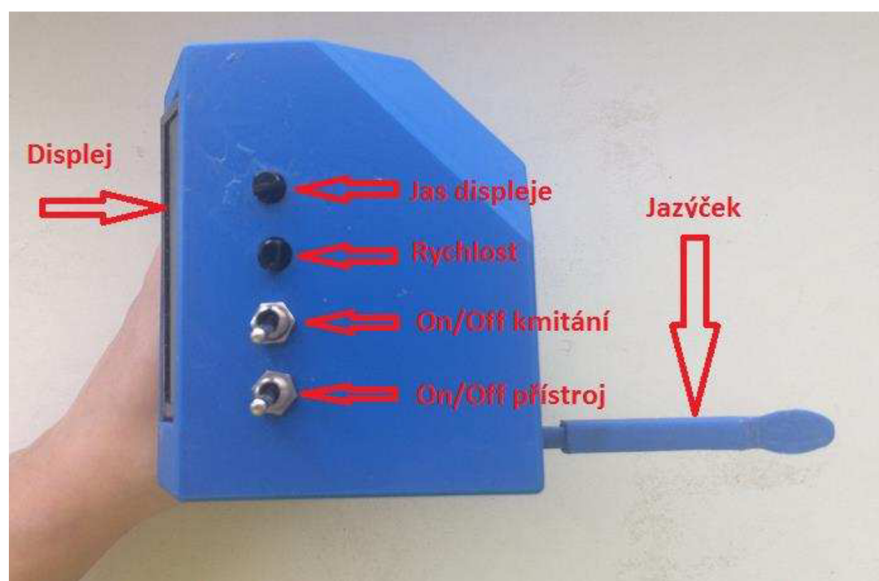
Obrázek 35 Vlevo finální vzhled prototypu, vpravo zobrazení displeje

6 Testování a zdokonalení prototypu

Tato kapitola se zabývá testováním funkčnosti prototypu, jak v domácích podmínkách, tak i v občanském sdružení Logo. Na základě chování prototypu a také díky zkušenostem získaných v průběhu jeho výroby jsou uvedeny oblasti možného vylepšení přístroje.

6.1 Návod na obsluhu přístroje

Přístroj se drží za rukojeť, spodní část úložného pouzdra. Ojnice s jazýčkem směřuje směrem k pacientovi. Jediná část, která se dotýká pacientových úst je jazýček. Jazýček je odnímatelný kvůli případné dezinfekci. Při zasunutí a upevnění jazýčku jsou na ojnici vyznačeny dvě linky. Červená pro nejmenší výšku amplitudy, modrá pro největší výšku amplitudy. V oblasti mezi linkami je možné polohu jazýčku měnit a volit velikost amplitudy. Na horní straně krytu jsou dva spínače. První pro vypnutí a zapnutí celého přístroje, druhý pro vypnutí a zapnutí kmitání. Vedle spínačů se nacházejí dva potenciometry jeden pro ovládání rychlosti kmitání, další pro regulaci jasu displeje. Na zadní straně krytu je displej, který zobrazuje rychlost motorku a stav baterie. Při sepnutí spínače pro celý přístroj se displej rozsvítí a objeví se nápis Nahrávám. Po nastartování hardwaru se již začne ukazovat stav baterie a nulová rychlost motorku, ta se začne měřit, jakmile se spustí kmitání. Při delší pauze v používání přístroje, by se měl celý přístroj vždy vypnout, aby se zabránilo rychlému vybíjení baterie.



Obrázek 36 Ovládací prvky přístroje

6.2 Testování v domácích podmínkách

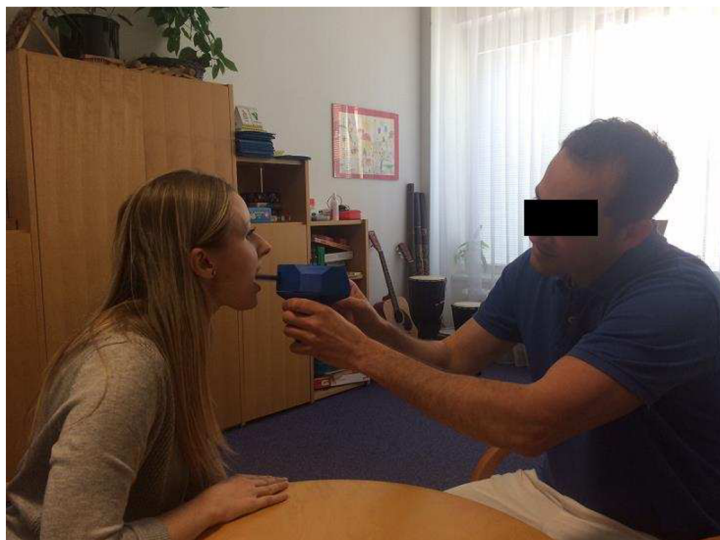
V domácích podmínkách byl testován primárně hardware a mechanika přístroje. Při montáži motorku do úložného pouzdra bylo důležité určit jeho správné natočení a polohu tak, aby se hřídel s pomocnou ploškou lehce otáčela téměř bez žádné vůle. Bylo otestováno deset bezchybných zpuštění v řadě. Dále se sledovala reakce motorku a displeje na manipulaci s potenciometry. Kontrast displeje je nejlepší při natočení potenciometru do krajní polohy. Potenciometr pro motorek ovládá jeho rychlost bezproblémově od nejvyšší rychlosti až po úplné zastavení. Variabilní plocha pro změnu délky ojnice s jazýčkem je 2,5 cm. Dle výpočtu uvedeném v kapitole 4, by se amplituda díky této ploše měla měnit o ± 3 mm. Na základě pozorování kmitání jazýčku u prototypu se může výpočet potvrdit, amplituda se mění právě o 3 mm. Testování a ladění přístroje trvalo v součtu přibližně šest hodin, za tuto dobu se baterie motorku nevybila na nulovou hodnotu a baterie pro napájení Arduina klesla, podle zobrazení na displeji, o jeden volt.

6.3 Testování v občanském sdružení Logo

Testování v občanském sdružení Logo probíhalo formou konzultace. Bylo vysvětleno, na jakém principu přístroj funguje, jakými prvky se ovládá a jak je možné měnit amplitudu kmitu. Přítomní si mohli přístroj podržet a vyzkoušet. Proběhla i logopedická intervence za použití prototypu. Přístroj se tedy vyzkoušel i v praxi. Zkoušející ocenili zvláště stálý tlak kmitajícího jazýčku na lidský jazyk a také princip regulace amplitudy pomocí vsunutí jazýčku do ojnice. Velmi kladně byla hodnocená snadná odnímatelnost jazýčku a jeho výměna nebo případná dezinfekce. Navržený prototyp zatím nebyl náležitě testován dle směrnic Evropské Unie pro používání zdravotnických zařízení, proto nemohl být vyzkoušen na běžných pacientech. Z tohoto důvodu byla logopedická intervence prováděna na autorce práce viz. Obrázek 35.

Ze zkoušky provozu přístroje ve sdružení vyplývají dva body vylepšení prototypu. Prvním z nich je další zmenšení amplitudy kmitajícího jazýčku. Vylepšením reálného přístroje by mohlo být snížení amplitudy kmitu pod jeden cm. Pacient by tak nemusel mít ústa nepřirozeně otevřená, jak je i vidět na obrázku 37. Délka jazýčku u prototypu při nastavení nejnižší amplitudy je ideální. Proto by nebylo vhodným způsobem zmenšovat amplitudu pomocí zkracování délky ojnice s jazýčkem. Možným řešením je zvětšení vzdálenosti kulového čepu od hřídele převodovky, tím by ojnice působila na klikový čep pod menším úhlem. Tento způsob je však zapotřebí dále prověřit.

Druhým bodem je změna umístění ovládacích prvků. Pro praktičtější zapínání kmitání by měl být spínač umístěn v dolní části pouzdra tak, aby mohl být ovládán rukou držící rukojeť. Spínač by měl být bez aretace.



Obrázek 37 Využití prototypu v praxi

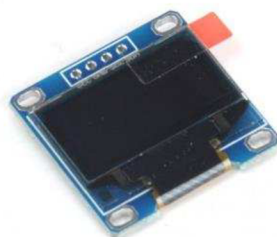
6.4 Miniaturizace

Již podoba prototypu není nějakých extrémních rozměrů, ale prostor a možnosti pro zmenšování existují. Větší prostor byl použit hlavně z důvodů jednodušší manipulace při sestavování prototypu. Hlavními součástkami, které určují nutnou větší velikost prototypu jsou motorek s převodovkou a displej.

Právě motorek s převodovkou zabírají velký objem přístroje. Rozměry jsou na délku 7 cm, na výšku 4 cm. Jedno z možných vylepšení je použití stejnosměrného motoru s planetovou převodovkou. Ta má oproti klasickým menší rozměry. Použit může být například motorek řady PG160, který při převodovém poměru 4:1 a napětí 24 V dosahuje 2400 ot./min. Jeho velikost i s převodovkou je 5,5 cm na délku a 1,5 cm na výšku. I poměrně vysoké napájecí napětí by nemusel být problém při použití Step up měniče popsaného v kapitole 4.5, který dokáže dodávat konstantní napětí až ve výši 24 V. Touto variantou by se pouzdro mohlo zmenšit minimálně o 1,5 cm na délku a o 2,5 cm na výšku horního krytu.

Druhým komponentem, který určuje velmi významně velikost horního krytu je displej. Jeho délka je 8 cm. Tento poměrně rozměrný displej by mohl být nahrazen displejem s technologií OLED. Ten je k dostání v rozměrech 27 x 27 mm s uhlopříčkou

0,96 palce. Pro napájení potřebuje stejnosměrný proud 3 až 5 V a vyznačuje se nižší spotřebou nežli běžné LCD displeje. Je plně kompatibilní s platformou Arduino. Značnou výhodou je použití sběrnice I²C, která umožňuje připojení displeje k Arduino pouze pomocí čtyř kabelů.



Obrázek 38 OLED displej

S miniaturizací přístroje souvisí také osazení desky povrchovou montáží s SMD součástkami. Tato technika umožní až 50% zhuštění osazení a tím zmenšení výsledné desky plošných spojů. Provedení povrchové montáže v domácích podmínkách je velmi komplikované, proto byla vyrobená deska osazována klasickými součástkami.

6.5 Možnosti dobíjení přístroje

V prototypu je dobíjení baterií řešeno provizorně, vytažením baterií z krytu a výměnou. V reálném přístroji by bylo zapotřebí navrhnout na rukojeti pouzdra otvor pro vyjmutí baterií bez potřeby otvírání celého pouzdra.

Ideálně by se baterie mohly dobíjet například prostřednictvím USB portu. Na trhu jsou dostupné nabíjecí Li-Ion baterie 18650 s jmenovitým napětím 3,7 V. Tento typ baterií je možné vložit do úložného pouzdra se zabudovaným USB portem. Pouzdro s baterií by bylo umístěno v rukojeti přístroje, ve kterém by byl navrhnout otvor pro vstup USB kabelu.



Obrázek 39 Úložné pouzdro baterie s USB portem

7 Vyhodnocení výsledků

7.1 Hlavní funkce

Primární funkcí přístroje je rozkmitat lidský jazyk. To bylo u navrženého prototypu dosaženo použitím elektromotoru a převodem jeho rotačního pohybu na přímočarý. Jak je vidět na videu, dostupném na přiloženém DVD, použitý mechanismus funguje bezproblémově, jazýček vykonává kmitavý pohyb. I přes mírnou zátěž v podobě ojnice s jazýčkem, reaguje motorek na každé sepnutí spínače bez potíží při startu.

Rozkmitání lidského jazyku má být podobné, jako při výslovnosti hlásky r. To je zajištěno danou frekvencí kmitání jazýčku, ta se pohybuje v rozmezí 20–35 Hz tj., 1200–2100 ot./min. Potřebné otáčky motoru jsou dosaženy díky převodovce MP JET 8001, která zpřevoduje rychlost motorku na 3200 ot./min. Výsledek je dále zpřesněn pomocí PWM. Funkce AnalogWrite je nastavena na 200. Ověření proběhlo na přístroji pro měření otáček. Tímto způsobem je nastavena a ověřena maximální daná rychlost kmitání. Pro potřebu nižších hodnot reaguje motorek na potenciometr, kterým lze kmitání regulovat. Rychlost se tedy pohybuje v daném rozmezí. Při konzultaci ve firmě LOGO byla rychlost otestována a potřebám logopeda vyhovovala.

Dalším z hlavních parametrů je volitelná velikost amplitudy kmitu. U prototypu je fixní vzdálenost kulového čepu od hřídele převodovky, amplituda se tak nastavuje celkovou vzdáleností ojnice s jazýčkem. Pohybuje se v rozmezí 1,6–1,9 cm. Jazýček je lehce odnímatelný.

Posledním z daných parametrů je dosažení dostatečného tlaku kmitajícího jazýčku na jazyk lidský. Právě rozkmitáním jazyku pomocí elektromotoru bylo dosaženo konstantního tlaku i při změně amplitudy kmitu. Tato vlastnost byla testována při logopedické intervenci ve firmě LOGO a byla označena za velké pozitivum navrženého přístroje.

7.2 Doplnkové funkce

Navržený prototyp dokáže měřit rychlost otáček, které tak mohou být logopedem regulovány. K měření byla použita unipolární Hallova sonda a vytvořen program ve vývojovém prostředí Arduina. Ten zpracovává detekce magnetického napětí z Hallovy sondy a pomocí nich vyhodnocuje rychlost v ot./min. V začátcích návrhu při zapojení všech součástí do nepájivého pole s platformou Arduino Uno se otáčky měřily,

ukazovaly se reálné hodnoty v určeném rozmezí. Bohužel po zapojení součástek do desky plošných spojů a použití platformy Arduino Nano se rychlost neměří. Ostatní funkce kódu fungují správně. Deska byla proměřena, žádná chyba ve spoji nalezena nebyla. Magnet je otočen správnou stranou k sondě, na kterou by měla reagovat. Sonda byla i vyměněna za novou v případě jejího poškození, zlepšení však ani tak nebylo dosaženo. Jedním z možných důvodů může být obrovská citlivost součástky na teplo, kdy i přes chlazení součástky kovovými kleštěmi a rychlému pájení mikropáječkou došlo u obou testovaných sond k poškození. Druhým z možných důvodů je přechod na Arduino Nano, které by nemuselo časté detekce sondy umět zpracovávat. Výměna platformy by již byla nemožná, z důvodu navržení celého prototypu na menší rozměry desky.

Další z doplňkových funkcí je měření stavu baterie. Step-up měnič zavedený do obvodu dokáže konvertovat napětí od 2 V, proto při zobrazení hodnoty nižší by se měla baterie vyměnit. Tato funkce byla ve sdužení LOGO velmi uvítána. Jejich zkušenosti jsou, že bez informací o stavu baterie se vybijí vždy v nepravý čas např. v průběhu důležité logopedické intervence.

Informace o rychlosti a stavu baterie jsou zobrazovány na displeji, který je v úložném pouzdře prototypu. První řádek zobrazuje rychlost elektromotorku, druhý řádek pak stav baterie. Nápad s displejem byl u logopedů uvítán, ovšem ocenili by jej menších rozměrů.

7.3 Shrnutí

Všechny hlavní požadavky na přístroj jsou splněny. Výhodou je změna principu fungování přístroje v podobě elektromotorku, čímž bylo docíleno stabilnějšího tlaku kmitajícího jazýčku na jazyk pacienta. Použitím platformy Arduino je dosaženo snadnějšího ovládání celého přístroje a možnost zavedení doplňkových funkcí přispívajících k lepšímu využití přístroje. Nespornou výhodou je, že přístroj funguje jako celek, bez potřeby připojování k počítači. Není také nutný žádný externí kabel s baterií, jako tomu je u jiných podobných zařízení na trhu. Tím je zajištěna celková lepší manipulace s přístrojem

Minusem u tohoto prototypu je nezobrazování měření rychlosti. To ovšem při zapojení na nepájivém poli bylo v pořádku, proto to lze považovat za implementační chybu, která může být vyřešena.

Závěr

Tato diplomová práce pojednává o poruchách komunikačních schopností, se zaměřením na vadnou artikulaci hlásky r. Hlavním cílem je navrhnout, sestavit a otestovat takovou logopedickou pomůcku, která napomůže při vyvození správné výslovnosti hlásky r.

Pro lepší pochopení tématu je začátek práce věnován teoretickému úvodu ke studiu logopedické problematiky a praxe. Je zmíněn pojem logopedická intervence a rozebrán rozvoj lidské řeči. Dále je popsán proces ontogeneze s jeho jednotlivými stadii. Výše uvedené je následováno popisem vývoje řeči z fyziologického hlediska. Druhá teoretická kapitola práce se zabývá dyslalií. Dyslalie je nejstarší a nejčastěji se vyskytující porucha výslovnosti. Popisuje se vadnou artikulací jedné nebo více hlásek, které jsou zaměňovány za hlásky jiné, tvoří se na špatném místě anebo nejsou vyslovovány vůbec. Kapitola se také zabývá metodikou tvoření souhlásky r, je specifikována věková hranice mezi nesprávnou a vadnou výslovností. Následuje seznámení se se speciálními metodami pro logopedickou terapii, a to se zaměřením na vadnou výslovnost hlásky r. Primárně je uvedena substituční a mechanická metoda.

Na teoretickou část práce již navazuje samotný návrh prototypu. Hlavní princip je založen na použití elektromotoru, jehož rotační pohyb se převádí na přímočarý použitím mechanické konstrukce simulující modifikovaný klikový mechanismus. Tímto způsobem je docíleno kmitavého pohybu, jazýček napojený na ojnici zařízení pak dokáže rozkmitat lidský jazyk. Pro ovládání přístroje je použita platforma Arduino Nano. Důležité parametry jsou zadány občanským sdružením LOGO. Jedním z hlavních parametrů je velikost amplitudy kmitu, která je závislá na celkové délce ojnice s jazýčkem. Možnost nastavení amplitudy je zprostředkována díky mechanismu zasouvání jazýčku do ojnice. Míra zasunutí je nastavitelná, může se mechanicky upravovat a tím i měnit amplituda. Dalším ze zadaných parametrů je frekvence kmitajícího jazýčku, požadované hodnoty je dosaženo pomocí zpřevodování motoru a také díky pulsně šířkové modulaci. Zpětná vazba je realizována měřením otáček elektromotorku Hallovou sondou. Rychlost elektromotorku v otáčkách za minutu se zobrazuje na displeji zařízení. Displej ukazuje také stav baterie.

Pro reálné sestavení prototypu byla navržena deska plošných spojů v programu Eagle. Deska byla následně osazena součástkami pomocí mikropáječky. Všechny potřebné komponenty jsou umístěny v úložném pouzdře. Pouzdro, stejně jako mechanické části, je vytvořeno v 3D CAD aplikaci Fusion 360 a vytisknuto na 3D tiskárně. Takto zkompletovaný prototyp byl testován, jak v domácích podmínkách, tak

v občanském sdružení LOGO. Zde byla vyzkoušena i logopedická intervence navrženým přístrojem.

Z testování, ale i z celkového výrobního procesu, vznikly nápady na možná vylepšení prototypu. Jedná se především o miniaturizaci celého přístroje, napájení baterií a zmenšení amplitudy kmitu. Poslední kapitola práce je věnována vyhodnocení výsledků. Za velké plus je považováno dosažení stálého tlaku jazýčku na jazyk pacienta, a to díky využití elektromotorku. Dále byly pozitivní reakce na samostatnou funkčnost přístroje bez použití externích kabelů a řízení z počítače.

Použitá literatura

1. *3D tiskárna Felix* [online]. IJsselstein: FELIXprinters, 2017 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.felixprinters.com/>
2. ARDUINO. PWM [online]. 2016 [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>
3. ARDUINO. Arduino Nano. [online]. 2013 [citace 2016-12-13]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>
4. BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika*. 3. vyd. České Budějovice: Kopp, 2008. ISBN 978-80-7232-365-4.
5. DOLEČEK, Josef a Zdeněk HOLOUBEK. *Strojnictví II: pro střední odborná učiliště*. 3., nezměn. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 80-03-00036-X.
6. FREISLEBEN, Bohumil. *Základy strojnictví*. Úvaly: Albra, 2009. ISBN 978-80-7361-064-7.
7. Hall effect sensor. *Mechatronics* [online]. How to mechatronics, 2015 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/hall-effect-hall-effect-sensors-work/>
8. HARTL, Pavel a Helena HARTLOVÁ. *Psychologický slovník*. Třetí, aktualizované vydání. Praha: Portál, 2015. ISBN 978-80-262-0873-0
9. KLENKOVÁ, Jiřina. *Kapitoly z logopedie*. 2. přeprac. vyd. Brno: Paido, 2000. Edice pedagogické literatury. ISBN 80-85931-88-5.
10. KLENKOVÁ, Jiřina. *Kapitoly z logopedie II a III*. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-62-1.
11. KRAHULCOVÁ, Beáta. *Dyslalie-patlavost: vady a poruchy výslovnosti*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Beakra, 2013. ISBN 978-80-903863-1-0.
12. KŘÍŽ, Rudolf. *Stavba a provoz strojů III: mechanismy: učebnice pro 3. ročník středních průmyslových škol strojnických*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1979.
13. KUTÁLKOVÁ, Dana. *Průvodce vývojem dětské řeči: logopedická prevence*. 5., přeprac. vyd. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-598-7.

14. LECHTA, Viktor. *Diagnostika narušenej komunikačnej schopnosti*. Martin: Osveta, 1995. Efeta. ISBN 80-88824-18-4.
15. LECHTA, Viktor. *Logopedické repetitóriium: teoretické východiská súčasnej logopédie, moderné prístupy k logopedickej starostlivosti o osoby s narušenou komunikačnou schopnosťou*. Bratislava: Slov. pedagog. nakl, 1990. ISBN 80-08-00447-9.
16. LECHTA, Viktor. *Symptomatické poruchy reči u detí*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2008. ISBN 978-80-7367-433-5.
17. LECHTA, Viktor. *Terapia narušenej komunikačnej schopnosti*. [1. vyd.]. Martin: Osveta, 2002. ISBN 80-8063-092-5.
18. LIU, Chen. A numerical and analytical study of phonation treshold pressure and experiments with a physical model of the vocal fold mucosa [online]. Ohio, 2009 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <https://www.etc.ohiolink.edu>
19. Mentio: *Logopedický software* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <https://www.mentio.cz/>
20. MIČKAL, Karel. *Strojníctví: Části strojů: pro učební a studijní obory SOU a SOŠ*. Praha: Sobotáles, 1995. ISBN 80-85920-01-8.
21. MIG 280 6V. Mega Motor [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.megamotor.cz>
22. MP JET 8001. MojeRC [online]. Brno [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.moje-rc.cz>
23. PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994. ISBN 80-7066-843-1.
24. PLA [online]. Brno: Vydavatelství Nová média, 2014 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/>
25. Plastová špátle. *Pomůcky logopedické* [online]. Jaworzno, 2016 [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://www.logopedicke.cz/plastova-spatle-5-ks.html>
26. Rotavibrátor. Logo [online]. Brno, 2016 [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://www.moje-klinika.cz/rotavibrator>
27. SEEMAN, M. *Poruchy dětské řeči*. 1. vyd. Praha, 1955.
28. SEMICONDUCTOR GROUP. TLE4905L Datasheet [online]. 1997 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.533-439.1.pdf>

29. SOVÁK, Miloš. *Logopedie: vysokošk. učebnice pro posl. pedagog. fakult.* Praha: SPN, 1978.
30. Step-UP měnič 2A nastavitelný SX1308 [online]. Praha: Eclipsera, 2016 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://navody.arduino-shop.cz/docs/texty/0/177/1458853583.pdf>
31. SUOSEMI CORPORATION. SX1308 Datasheet [online].2010[cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.datasheetpdf.com/datasheet/SX1308.html>
32. ŠKODOVÁ, Eva a Ivan JEDLIČKA. *Klinická logopedie*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-80-7367-340-6.
33. Ultrasound guides tongue to pronounce R sounds. New York University [online]. New York, 2014 [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://www.nyu.edu/about/news-publications/news/2014/october/ultrasound-guides-tongue-to-pronounce-r-sounds.html>
34. URBAN, Alois. *Trigonometrie*. Praha: Přírodovědecké vydavatelství, 1952. Brána k vědě. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:35b9ece0-24a1-11e5-b44d-005056827e51>
35. VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.
36. VITÁSKOVÁ, Kateřina a Alžběta PEUTELSCHMIEDOVÁ. *Logopedie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-1088-5.
37. VYŠTEJN, Jan. *Dítě a jeho řeč*. Praha: Baroko & Fox, 1995. ISBN 80-85642-25-5.

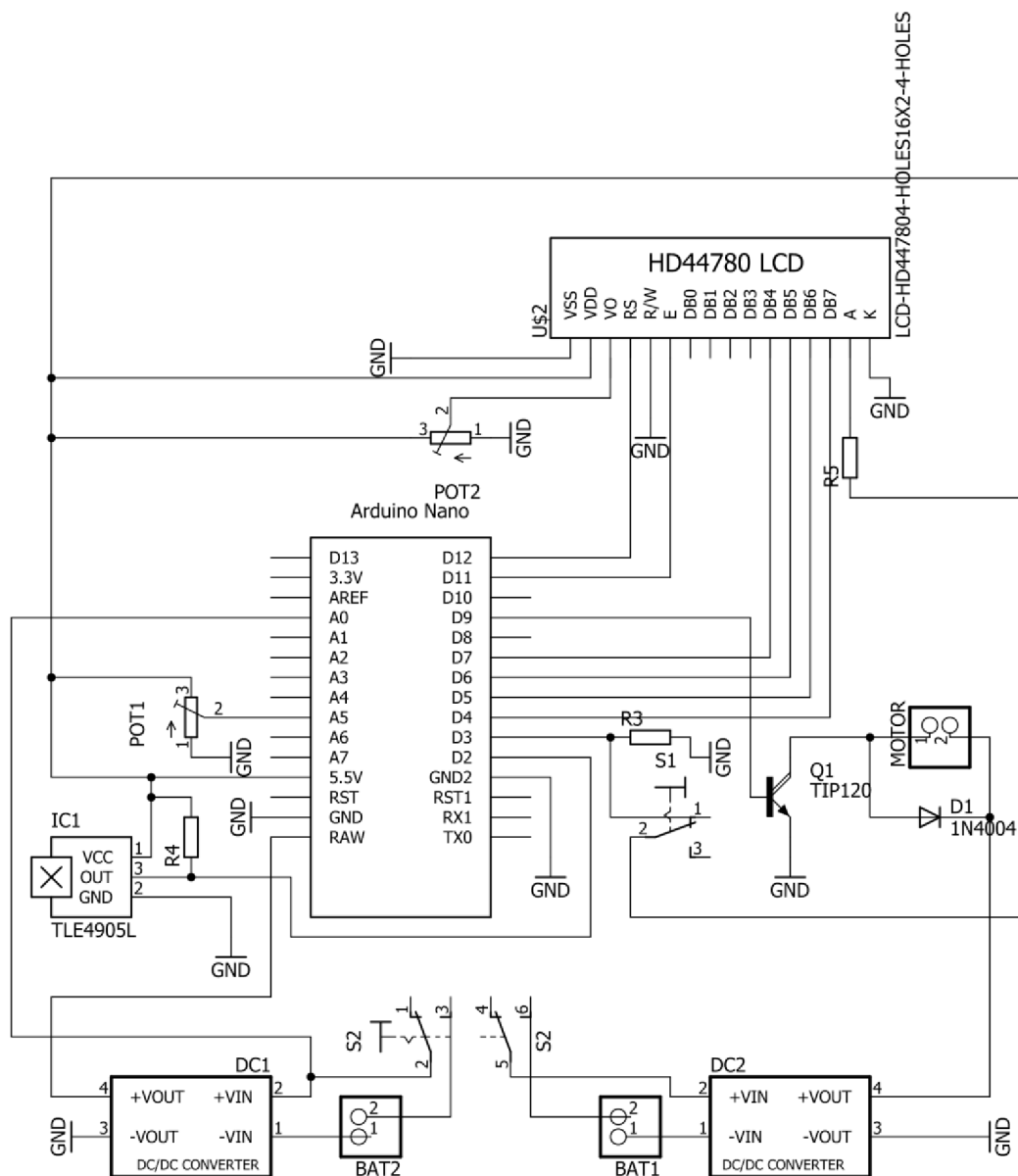
Seznam příloh

- A Seznam použitých součástí
- B Elektrické schéma zapojení přístroje
- C Obsah přiloženého DVD
- D Technické výkresy

A Seznam použitých součástek

Označení	Hodnota	Poznámka
R3, R4	10 k Ω	
R5	220 Ω	
POT1, POT2	10 k Ω	Lineární potenciometr
D1	1N4004	
Q1	TIP120	Darlingtonův tranzistor
S1	P-B069B	1 – pólový spínač
S2	P-KNX245	2 – pólový spínač
IC1	TLE4905	Hallova sonda
BAT1, BAT2	3 V	Mikrotužkové baterie
DC1, DC2	SX1308	DC/DC Step up měnič
U\$2	HD44780	LCD displej

B Elektrické schéma zapojení přístroje



C Obsah přiloženého DVD

Přiložené DVD obsahuje jednu složku a video.

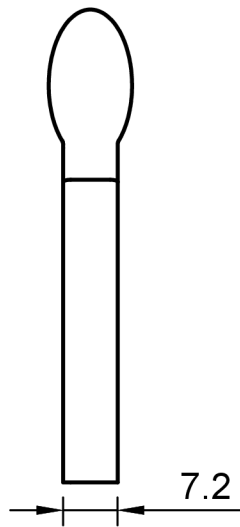
1. Prototyp

- Program_final.ino – ovládání celého přístroje
- Schema_zapojeni.pdf – elektrické schéma zapojení
- *Schema_zapojeni.sch* – elektrické schéma zapojení
- Deska.pdf – návrh desky plošných spojů
- Deska.brd – návrh desky plošných spojů
- Jazycek.dwg – návrh jazýčku ve Fusion 360
- Ojnice.dwg – návrh jazýčku ve Fusion 360
- Ploska.dwg – návrh plošky ve Fusion 360
- Vrchni_pouzdro – návrh vrchního pouzdra ve Fusion 360
- Spodni_pouzdro – návrh vrchního pouzdra ve Fusion 360

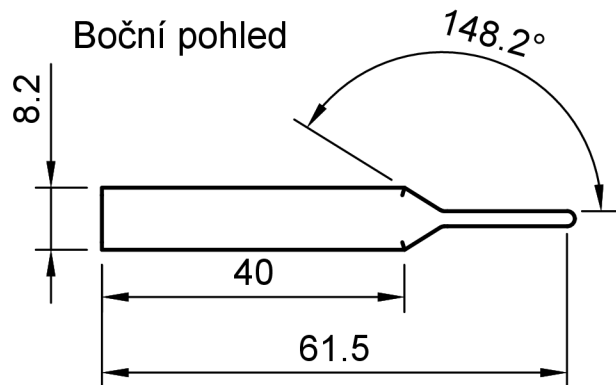
2. Video

Video_prototyp.mp4 – video ukazující funkce prototypu

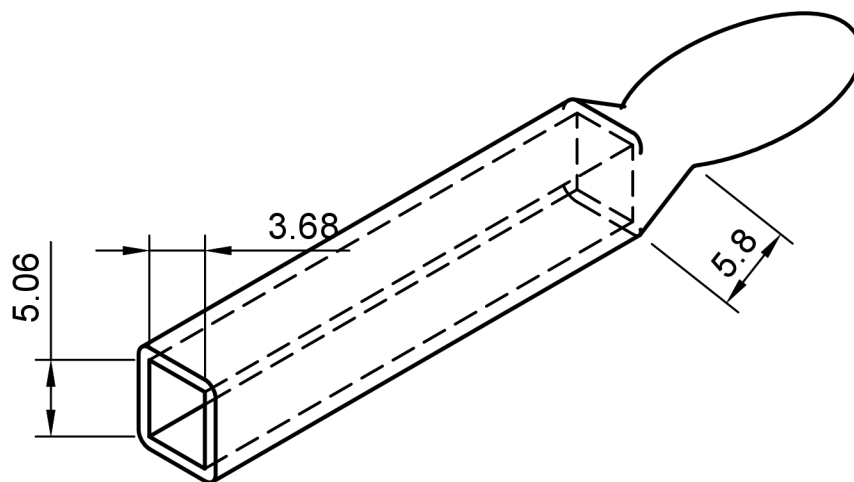
Horní pohled



Boční pohled

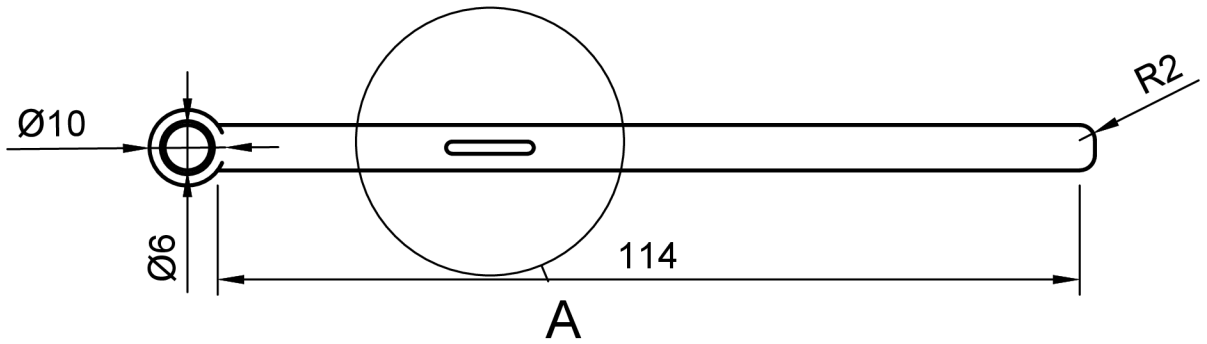


Izometrický pohled

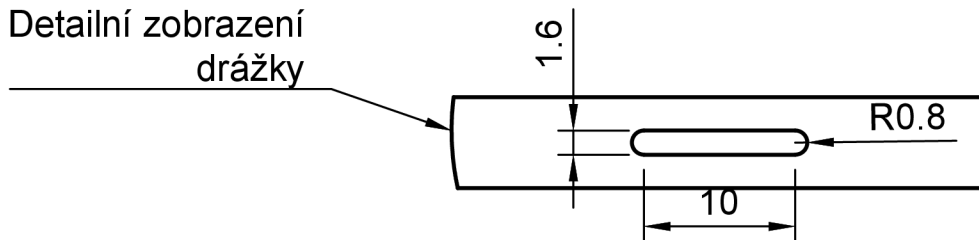


Dept.	Technical reference	Created by Natálie Rexová	Approved by	
		Document type Diplomová práce	Document status Příloha D	
		Title Jazýček	DWG No.	
		Rev.	Date of issue 14.05.2017	Sheet 1/4

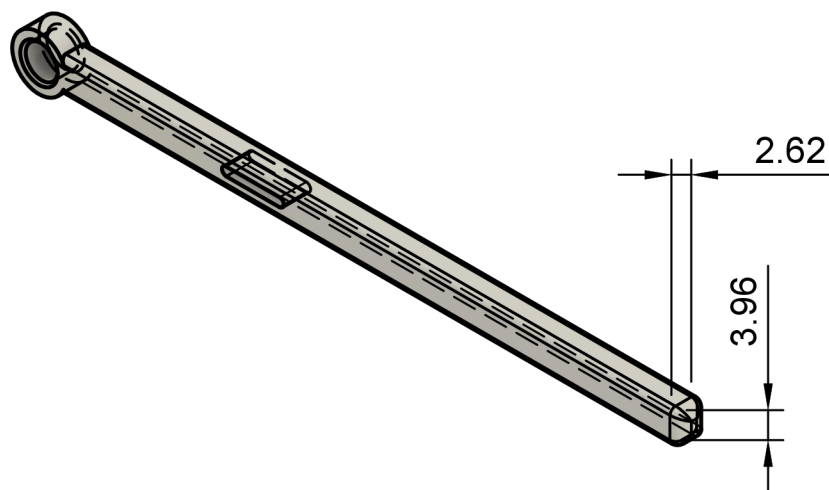
Přední pohled



Detailní zobrazení drážky

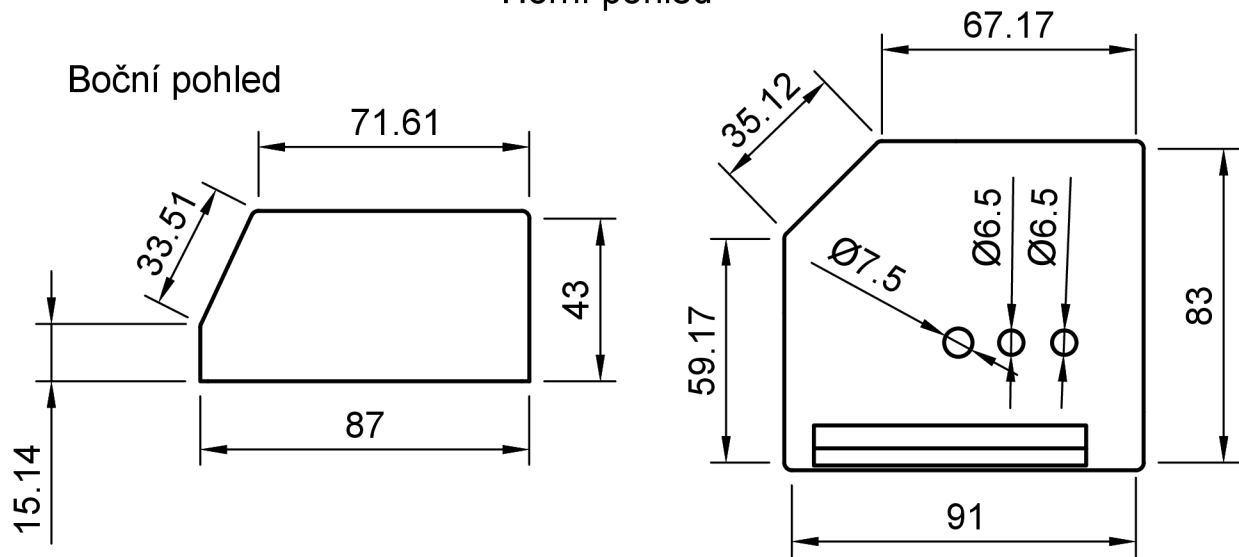


Izometrický pohled

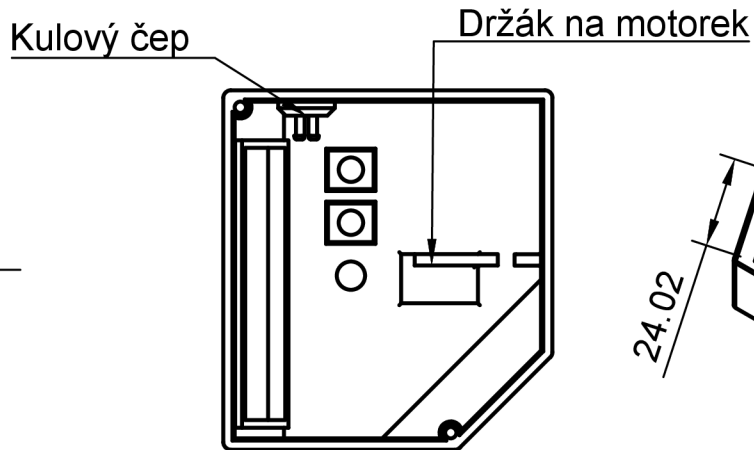


Dept.	Technical reference	Created by Natálie Rexová	Approved by	
		Document type Diplomová práce	Document status Příloha D	
		Title Ojnice	DWG No.	
		Rev.	Date of issue 14.05.2017	Sheet 2/4

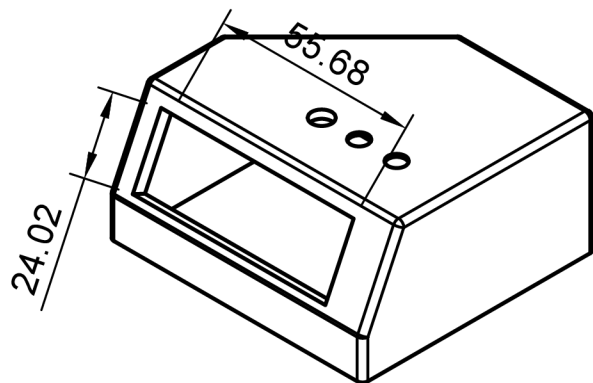
Horní pohled



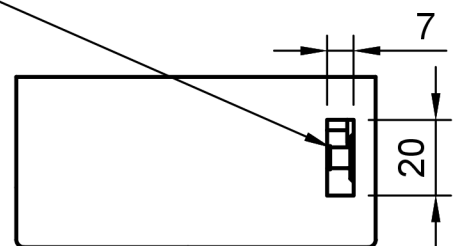
Spodní pohled



Izometrický pohled

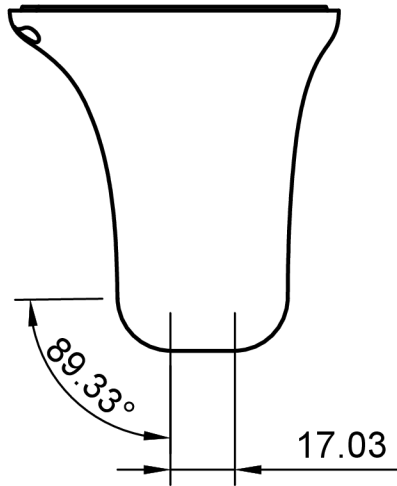


Drážka pro ojnici

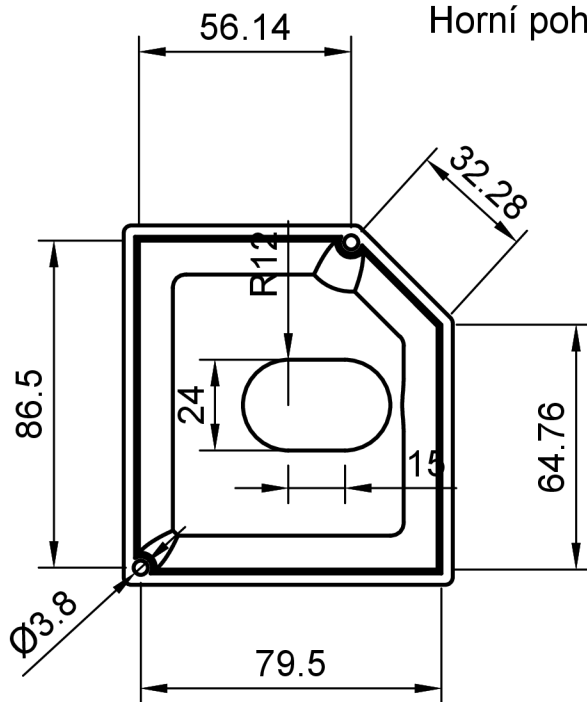


Dept.	Technical reference	Created by Natálie Rexová	Approved by	
		Document type Diplomová práce	Document status Příloha D	
		Title Horní kryt	DWG No.	
		Rev.	Date of issue 14.052017	Sheet 3/4

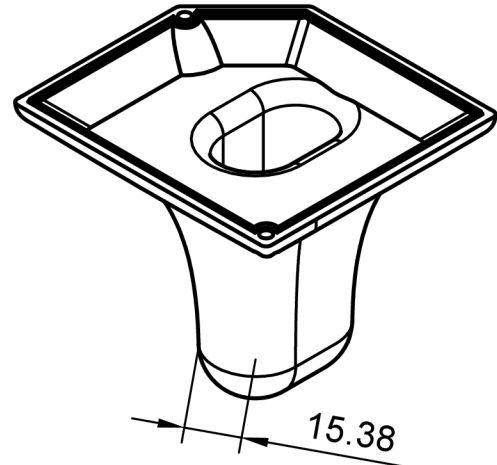
Rukojeť



Horní pohled



Izometrický pohled



Dept.	Technical reference	Created by Natálie Rexová	Approved by	
		Document type Diplomová práce	Document status Příloha D	
		Title Spodní kryt	DWG No.	
		Rev.	Date of issue 14.05.2017	Sheet 4/4