

**Stredná priemyselná škola
Mnoheľová 828, Poprad**

**Snímač vibrácií
(Automatická ladička na gitaru)**

2018
Poprad

riešiteľ
Marek Danilo

ročník štúdia : **štvrtý**

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že celú prácu na tému „Snímač vibrácií (Automatická ladička na gitaru)“ som vypracoval samostatne, s použitím uvedenej literatúry. Som si vedomý zákonných dôsledkov, ak v nej uvedené údaje nie sú pravdivé.

Poprad, 15. január 2018

.....

vlastnoručný podpis

Pod'akovanie

Týmto chcem poďakovať vedúcemu mojej Stredoškolskej odbornej činnosti Ing. Milanovi Hanzelimu pre jeho odborné vedenie v celej práci. Ďalej chcem poďakovať Milanovi Vážnemu za pomoc s programovaním Arduina, návrhom potrebných komponentoch a výpomoc so samotnou realizáciou, Ing. Marte Tkáčovej za pomoc so štylistikou celej práce a Adamovi Batkemu za pomoc s 3D tlačením konštrukcie a potrebných dielov.

Obsah

Úvod	6
1 Všeobecný popis ladiacich nástrojov	7
1.1 Druhy ladičiek.....	7
1.2 Opis ladičky	8
1.3 Základné parametre a charakteristika ladičky	8
2 Riešenie a návrh automatickej ladičky	9
2.1 Riadiaca jednotka.....	9
2.2 Snímač	10
2.3 Motor pre otáčanie ladiacej mechaniky	10
2.4 Opis návrhu celkového riešenia ladičky	11
2.5 Snímanie a spracovanie signálu	11
2.6 Vizualizácia ladenia	11
2.7 Ladenie.....	12
2.8 Kompletná realizácia automatickej ladičky	13
2.9 Program.....	13
2.10 Možnosť využitia v priemysle.....	5
3 Výsledky práce a záver a zhrnutie	6
Zoznam použitej literatúry	7
Prílohy	8

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 - Elektronická ladička a piezoelektrickým snímačom (https://cs.wikipedia.org/wiki/Ladi%C4%8Dka)	7
Obrázok 2 - Hlavné časti Arduina UNO	9
Obrázok 3 - Použitý snímač	10
Obrázok 4 - Krokový motor	10
Obrázok 5 - Spínač krokového motora ULN2003.....	12
Obrázok 6 - 3D model redukcie	12
Obrázok 7, 8 - Automatická ladička, ldadenie	13

Úvod

Ladičky patria k neoddeliteľnej súčasťi každého hudobníka, no majú tiež široké uplatnenie v priemysle, akustike a medicíne, kde sa vyžadujú presné frekvencie nástroja.

Pri ladení nástroja (v našom prípade šesť strunovej gitary) postupujeme tak, že otáčame ladiacou mechanikou. Ladiaca sa skladá z ladiaceho kolíka, ktorým otáčame. Ladiaci kolík je spojený s druhým kolíkom, ktorý navíja strunu. Medzi týmito dvoma kolíkmi je prevodovka. Prevodovka sa tam nachádza z dôvodu, že potrebujeme pri ladení strunu pomaličky navíjať. Tento prevod je tzv. do pomalá.

Ladenie rôznych gitár sa môže mierne líšiť. Tieto mierne rozdiely sú zapríčinené napr. použitím rôznych hrúbok strún.

V projekte by sme chceli navrhnúť automatickú ladičku pre účel automatického ladenia strunových nástrojov s ladiacou mechanikou. Projekt budeme demonštrovať na akustickej 6-strunovej gitare.

Cieľom našej práce je navrhnúť a skonštruovať funkčnú automatickú ladičku pre gitary, ktorá zjednoduší a zrýchli ladenie. Vedľajšie ciele práce sú: nadobudnúť skúsenosti s programovaním Arduina, s použitím piezo snímačov a pochopiť princíp ladičiek. Medzi ďalšie vedľajšie ciele patrí tiež nájdenie priemyselného využitia automatickej ladičky ako snímaču vibrácií.

1 Všeobecný popis ladiacich nástrojov

Ladičkou môžeme pomenovať každé zariadenie, ktoré vydáva tón s presnou frekvenciou, alebo dokáže určiť frekvenciu znejúceho tónu. Slúži najčastejšie k ladeniu hudobných nástrojov, no používa sa ale aj k experimentom a meraniam v akustike, medicíne a podobne. ¹

1.1 Druhy ladičiek

Ladičky môžeme rozdeľovať podľa konštrukcie a spôsobu snímania frekvencie. Medzi najzákladnejšie druhy patria: ladiace vidlice, dychové ladičky, elektronické ladičky, stroboskopické ladičky.

Medzi najrozšírenejšie ladičky patria **elektronické** - merajú frekvenciu privádzaného tónu a indikujú jeho absolútnu výšku a rozdiel proti referenčnému tónu. Sú vybavené buď ručičkovým indikátorom alebo stupnicou zo svetelných diód alebo tekutých kryštálov. Moderné elektronické ladičky dokážu ladiť tóny vo veľkom frekvenčnom rozsahu, umožňujú kalibráciu, voľbu zobrazovaných údajov (centy alebo Hertza) a bývajú doplnené o ďalšie funkcie, napr. Metronóm. Existujú aj špeciálne ladičky na gitary, basgitary a pod. Bežné elektronické ladičky dosahujú presnosti jednotiek centov. ¹



Obrázok 1 - Elektronická ladička a piezoelektrickým snímačom

(<https://cs.wikipedia.org/wiki/Ladi%C4%8Dka>)

1.2 Opis ladičky

Gitarová ladička je prístroj na ladenie gitary. Elektronické ladičky merajú frekvenciu privádzaného tónu a sledujú jeho absolútnu výšku (amplitúdu) a rozdiel oproti vzorovému tónu. Tieto prístroje sú jednoduché na obsluhu a vyznačujú sa vysokými presnosťami. Bežné elektronické ladičky dosahujú presnosti jednotiek centov (1 Cent = 1/4 Hertz). Na snímanie frekvencií sa používajú rôzne snímače, no väčšinou piezoelektrické a zvukové (mikrofóny). Každá ladička musí mať svoju riadiacu jednotku, snímač a zobrazovacie zariadenie.¹

Riadiaca jednotka - slúži na porovnávanie frekvencií. V jej pamäti sú uložené požadované frekvencie podľa, ktorých ladička porovnáva nasnímané frekvencie.

Snímač - slúži na nasnímanie frekvencie. Je dôležité aby bol snímač dobre umiestnený kvôli najpresnejšiemu nasnímaniu frekvencie.

Zobrazovacie zariadenie - inak aj povedané displej môžeme charakterizovať ako výstupné zobrazovacie zariadenie dvojrozmerných, grafických informácií získaných, prenášaných a ukladaných rôznou formou.

1.3 Základné parametre a charakteristika ladičky

V tejto podkapitole sa budeme zaoberať zvukom, jeho vzniku a šíreniu, zdrojom zvuku rozlišovaním zvuku a spomenieme aj zvukové spektrum.

Zvuk - je každé pozdĺžne mechanické vlnenie v látkovom prostredí, ktoré je schopné vyvolať v ľudskom uchu sluchový vnem. Frekvencia tohto vlnenia leží približne v rozsahu 20 Hz až 20 kHz (záleží na individuálnych danostiach človeka), mimo týchto hraníc človek zvuk nevníma.²

Vznik a šírenie zvuku - vzniká kmitaním hmoty, ktorá toto kmitanie odovzdáva hmotným časticiam v prostredí, ktoré ho obklopuje napr. vzduchu, vode, kovu atď. Vo vzduchu nastáva zhutňovanie a zriedňovanie častíc, ktoré postupujú ako zvuková vlna rýchlosťou, ktorú označujeme rýchlosťou zvuku. Zvuk sa šíri len v hmotnom prostredí.³

^[1] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ladi%C4%8Dka>

^[2] <https://sk.wikipedia.org/wiki/Sn%C3%ADma%C4%8D>

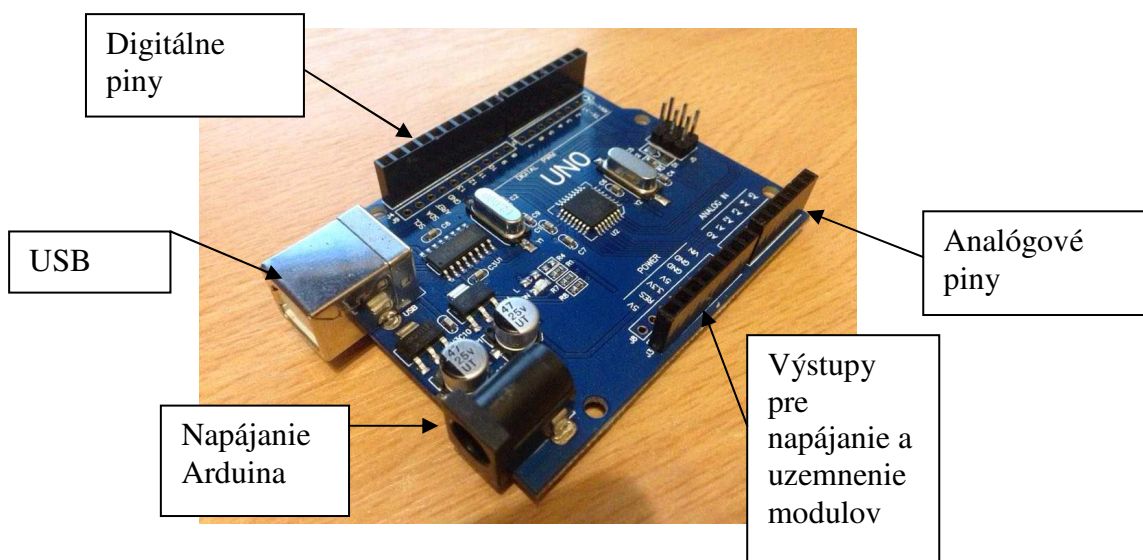
^[3] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk>

2 Riešenie a návrh automatickej ladičky

V praktickej časti tejto práce sa budeme zaoberať návrhom potrebných zariadení a konštrukciou ladičky. Medzi navrhnuté zariadenia patrí riadiaca jednotka, napájanie, snímač a motor. V tejto kapitole sa budeme zaoberať aj celkovým opisom ladičky a tiež si predstavíme aj samotný návrh. V návrhu si rozoberieme konštrukciu a ostatné potrebné komponenty z ktorých pozostáva. Dôležitou súčasťou je aj program ktorý si rozoberieme na konci.

2.1 Riadiaca jednotka

Ako riadiacu jednotku použijeme open-source platformu Arduino. V prípade vytvorenia automatickej ladičky sme zvolili Arduino UNO. Táto riadiaca jednotka obsahuje 14 digitálnych a 6 analógových pinov. Na snímanie signálu a ovládanie krokového motorčeka budeme využívať digitálne piny.



Obrázok 2 - Hlavné časti Arduino UNO

2.2 Snímač

Na meranie vstupnej frekvencie použijeme piezoelektrický snímač. Tento snímač je jednoduchý svojou konštrukciou aj zapojením. Konkrétne využívame snímač ktorý bol zakúpený spolu s elektronickou ladičkou.



Obrázok 3 - Použitý snímač

2.3 Motor pre otáčanie ladiacej mechaniky

Na ovládanie ladiacej mechaniky na gitare použijeme krokový motor. Krokový motor bude slúžiť ako pohon. Tento typ elektromotora volíme preto lebo jeho otáčanie bude závisieť od počtu impulzov. Zvolený typ sa bude musieť nezávisle otáčať v oboch smeroch.



Obrázok 4 - Krokový motor

2.4 Opis návrhu celkového riešenia ladičky

Telo ladičky tvorí hlavná časť a krytom vyrobená pomocou 3D tlačiarne. Kryt motora je vyrobený takisto touto metódou. Rozmery hlavnej časti ladičky sú 110 x 150 mm. Všetky potrebné komponenty boli navrhnuté v programe Solid Edge V20. Vo vnútri hlavnej časti ladičky sa nachádza Arduino UNO, ovládač krokového motora. Na kryte sa nachádza digitálna, nami upravená ladička. Po boku sa hlavnej časti sa nachádza USB port, napájanie Arduina. Snímač a motor sú umiestnené mimo tela ladičky. Je to z dôvodu toho, že snímač sa pripína na krk gitary a bolo by nepraktické pripevniť ho k telu gitary. Motor sa pri ladení musí držať v ruke pri ladiacej mechanike, takže by tiež nebolo vhodné pripevniť ho k telu ladičky.

2.5 Snímanie a spracovanie signálu

Signál snímame piezo snímačom, ktorý bol súčasťou kúpenej ladičky. Jedná sa o štipec, v ktorom sa nachádza piezoelektrický krúžok. Vývodom je 6,3 mm jack konektor. Nasnímaný signál sa dostáva zo snímača do ladičky, ktorú sme prispôbili pre naše použitie. Táto ladička v sebe obsahuje jednoduchý obvod na zosilnenie signálu pomocou operačného zosilňovača. Ďalej zosilnený signál sa porovnáva s požadovanou hodnotou.

Ladička dokáže sama rozoznávať struny na gitare, takže nemusíme riešiť prepínanie strún. No kvôli tejto možnosti musíme aspoň trochu odhadnúť naladenie struny z dôvodu, že ladička pri veľmi rozladenej strune nedokáže presne určiť o akú strunu sa jedná.

Na tri vývody pre LED diódy ukazujúce stav ladenia sme pripevnili tri vývody, ktorými budeme prenášať signál do Arduina. Podľa stavu ladenia struny na ladičke bude Arduino zaznamenávať, či treba strunu natiahnuť alebo pustiť. Podľa toho sa následne pohybuje motor.

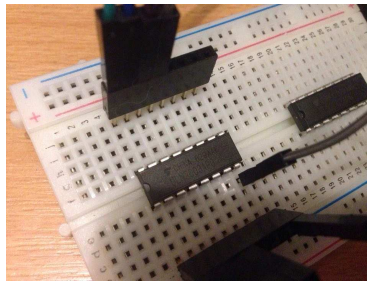
2.6 Vizualizácia ladenia

Na ladičke sa nachádza LCD displej, ktorý ukazuje tón ladenej struny a šípka znázorňuje ladenie v jednotkách centov. Používajú sa tiež LED diódy. Tieto LED-ky sme z

ladičky vybrali, lebo nám pre vizualizáciu postačuje displej. Namiesto diód sme prispájkovali vodiče, ktoré prenášajú signál o stave ladenia do Arduina.

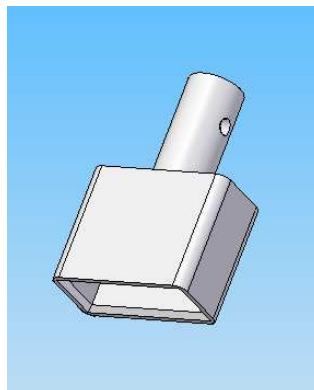
2.7 Ladenie

Na ladenie gitary je použitý už spomínaný krokový motor. Keďže tento motor sa nedá priamo ovládať cez Arduino, musíme použiť ovládač krokového motora ULN2003. Na napájanie tohto ovládača potrebujeme cca 8V, ktoré nám zabezpečuje zdroj napätia. Ovládač je zapojený do Arduina, do štyoch digitálnych pinov (8, 9, 10, 11).



Obrázok 5 - Spínač krokového motora ULN2003

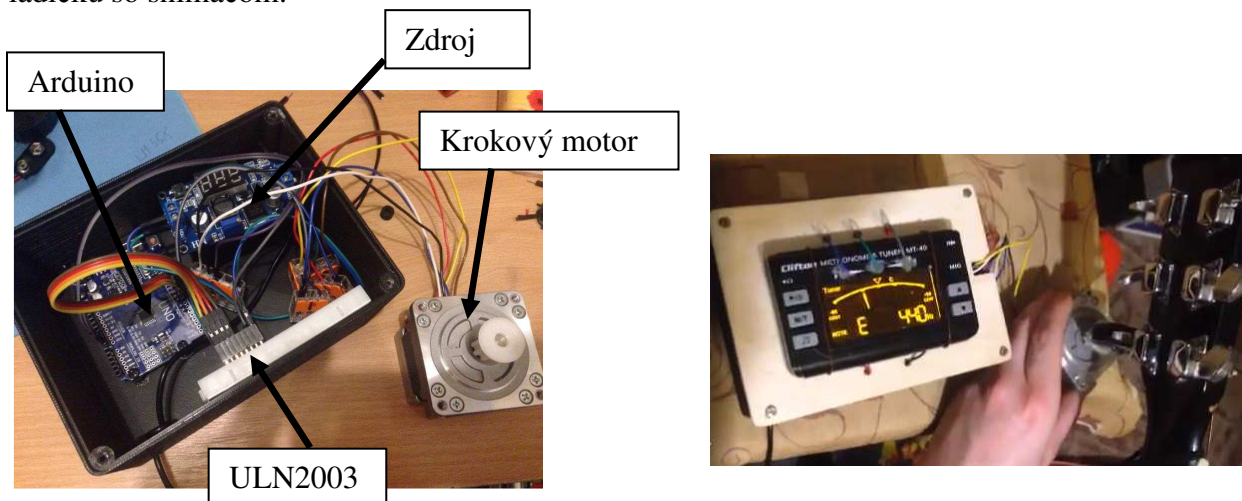
Aby sme mohli gitaru ladiť je potrebné aby krokový motor otáčal ladiacu mechaniku gitary. Preto sme použili redukciu, ktorú sme si navrhli a vytlačili na 3D tlačiarňi. Táto redukcia pozostáva z otvoru zodpovedajúcemu tvaru ladiacej mechaniky a otvoru kde sa vsunie hriadeľ z krokového motora. Na krokovom motore sa nachádzalo ozubené koleso, čo sme využili a vliovali sme toto ozubené koleso do našej redukcie.



Obrázok 6 - 3D model redukcie

2.8 Kompletná realizácia automatickej ladičky

Do konštrukcie ktorá bola vytlačená na 3D tlačiarňi sme vložili Arduino UNO, ULN 2003 na prepojovacom poli, zdroj napätia a na vrchný kryt sme pripevnili digitálnu ladičku so snímačom.



Obrázok 7, 8 - Automatická ladička, Idadenie

2.9 Program

Tvorenie programu prebiehalo v programe Arduino vo verzii 1.8.2 . Signál z ladičky určuje smer otáčania. Ak je struna naladená motor sa prestane hýbať.

Ako prvé sme si zvolili knižnicu pre krokové motory. Ďalej sme určili z ktoré digitálne piny budú posielat' údaje do knižnice "Stepper.h". Zadefinovali sme piny kde je zapojený náš krokový motor. Určili sme si premenné pre vysoký tón, nízky tón a naladené. Nakoniec sme si určili pauzu. Pauza nesmela byť príliš krátka aby Arduino stihlo zaregistrovať že je struna naladená. Optimálnu hodnotu sme si určili nakoniec 250 ms^{-1} .

Ďalšou časťou programu je setup. V tejto časti sme si napísali príkaz pre posielanie údajov do sériovej linky. Tento príkaz je pre nás čisto informačný, aby sme mali prehľad o chode programu. PinMode nám určuje naše premenné o motore ako vstupy. Vývody z ladičky sme zadefinovali ako vstupy.

V poslednej časti sme určili podmienky, ktoré budú prebiehať v nekonečnej slučke. Za príkazom "if" je napísaná podmienka. Ak je splnená podmienka vykoná sa to, čo je zapísané v zložených zátvorkách.

Celý program s popisom jednotlivých príkazov sa nachádza v prílohe vo formáte .ino aj v textovom dokumente .txt .

2.10 Možnosť využitia v priemysle

Pri riešení zadanej úlohy sme zistili, že by bolo možné použiť toto zariadenie aj v priemysle ako snímač vibrácií. Keďže sa tam stretávame s nežiaducimi vibráciami. Či už tieto vibrácie vznikajú na stroji, nástroji alebo obrobku ich prítomnosť môže ovplyvniť presnosť obrábania. Tieto vibrácie môžu vzniknúť v dôsledku nesprávneho upnutia obrobku, poškodeného nástroja a ďalších príčin. Pri nasadení snímača vibrácií na priemyselné stroje by sme vedeli monitorovať tieto nežiaduce vibrácie a diagnostikovať príčinu ich vzniku.

Toto zariadenie by sa dalo použiť napríklad aj pri vŕtaní do tvrdých materiálov. Keď vrták tlačíme do obrobku a nestíha odoberať triesku vznikajú na materiály väčšie vibrácie. Snímač vibrácií by tieto vibrácie včas zaznamenal a signalizoval nám ich. Takto by sme včas vedeli, že vrták nestíha odoberať triesku alebo je tupý.

Ďalšie možné využitie tohto snímača môžeme uplatniť pri sústružení. Konkrétne by sme tu sledovali opäť ostrosť nástroja. Pri otupení začne nôž kmitať. Toto kmitanie by bolo možné zaznamenať týmto zariadením a obsluhu včas upozorniť na tupý nôž. Po zaznamenaní kmitania by toto zariadenie zastavilo vreteno sústruhu.

Ako posledný príklad využitia tohto snímača by sme uviedli pri kotúčových brúskach. Nebezpečné vibrácie v tomto prípade vznikajú pri opotrebovaní brušných kotúčov. Keď je kotúč opotrebovaný prestáva odoberať triesku. To môže zapríčiniť zhorenie kotúča alebo aj obrobku.

3 Výsledky práce a záver a zhrnutie

Výsledkom práce je automatická ladička na gitaru. Ladenie gitary sa v konečnom dôsledku nepodarilo zrýchliť. Skúseneý gitarista dokáže gitaru naladiť rýchlejšie ako toto zariadenie. Vhodnosť použitia tejto ladičky je hlavne pri neskúsených a začínajúcich gitaristov.

Funkčnosť ladičky je značne obmedzená z dôvodu nie najlepšie navrhnutých zariadení, jednoduchého riešenia použitých zariadení a snímača. Za problém považujeme aj nesprevodovaný krokový motor. Predpokladáme, že prevodovkou by sa dala zvýšiť presnosť ladenia. Ako ďalší z problémov tiež nepresnosť použitého snímača. Tento problém sme sa snažili odstrániť použitím iného snímača. Použili sme nakoniec mikrofón.

Ladička aj napriek nedostatkom funguje, čo považujeme za úspech, keďže naše skúsenosti s ladičkami boli malé. Zaoberaním sa týmto projektom sa nám podarilo nadobudnúť základy o princípe fungovania ladičky. Tieto základy sme potom mohli uplatniť pri navrhovaní a následnom zrealizovaní našej ladičky.

Tento projekt nám priniesol aj myšlienku využitia tohto zariadenia v priemysle. Myslíme si, že by zariadenie mohlo zvýšiť bezpečnosť pri práci. Tento príklad využitia je zatiaľ však len teoretický.

Nadobudli sme skúsenosti s programovaním Arduina a použitím ULN2003. Osvojili sme si princíp fungovania ladičiek a použitia rôznych snímačov.

Zaoberali sme sa druhmi ladičiek a na základe toho sme nadobudli prehľad o činnosti týchto prístrojov. Rozdelili sme si ladičku na jej najdôležitejšie časti popísali sme ich, čím sme získali základy pre tvorbu našej vlastnej ladičky. Navrhli sme potrebné zariadenia na vytvorenie automatickej ladičky. Na základe týchto navrhnutých zariadení sme navrhli a vytvorili konštrukciu pomocou 3D tlačiarne. Získali sme prehľad o piezo snímačoch a ich využití pri ladičkách. Zoznámili sme sa tiež s programovaním krokového motora pomocou ULN2003 na Arduine a podarilo sa nám vytvoriť funkčný program. Všetky nadobudnuté skúsenosti a vlastnosti tohto prístroja sme sa pokúsili preniesť aj do priemyselného využitia, kde sme aj uviedli možné príklady použitia ako snímača vibrácií.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Wikipedia. (21. január 2018). *Ladička*. Cit. 30. máj 2005. Dostupné na Internete: [www.wikipedia.cz: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ladi%C4%8Dka](https://cs.wikipedia.org/wiki/Ladi%C4%8Dka)
- [2] Wikipédia. (21. január 2018). *Snímač*. Cit. 3. február 2006. Dostupné na Internete: [www.wikipedia.sk: https://sk.wikipedia.org/wiki/Sn%C3%ADma%C4%8D](https://sk.wikipedia.org/wiki/Sn%C3%ADma%C4%8D)
- [3] Wikipédia. (21. január 2018). *Zvuk*. Cit. 9. júl 2003. Dostupné na Internete: [www.wikipedia.cz: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk](https://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk)

Prílohy

Zoznam príloh:

- Príloha A: Technický výkres tela ladičky
- Príloha B: Technický výkres veka ladičky
- Príloha C: Technický výkres redukcie
- Príloha D: Program v textovom dokumente (.txt)
- Príloha E: Program vo formáte .ino