

Stredná priemyselná škola elektrotechnická  
Komenského 44, 040 01 Košice

**RC tank s efektmi**

**STROJÁR INOVÁTOR**

Košice  
2024

Riešitelia  
**Lukáš Vastag**  
Ročník štúdia: štvrtý

---

Stredná priemyselná škola elektrotechnická  
Komenského 44, 040 01 Košice

**RC tank s efektmi**

**STROJÁR INOVÁTOR**

Košice  
2024

Riešitelia  
**Lukáš Vastag**  
Ročník štúdia: štvrtý

---

Školiteľ  
Ing. Pavol Nemsila

## **Čestné vyhlásenie**

Vyhlasujem, že prácu stredoškolskej odbornej činnosti na tému RC tank s efektmi som vypracoval samostatne, s použitím uvedených literárnych zdrojov. Prácu som neprihlásil a neprezentoval v žiadnej inej súťaži, ktorá je pod gestorstvom Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR. Som si vedomý/á dôsledkov, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

## **Pod'akovanie**

Touto formou by sme sa radi poďakovali nášmu konzultantovi pánovi učiteľovi Ing. Pavlovi Nemsilovi za odborné vedenie a rady počas vypracovania projektu. Zároveň by sme sa radi poďakovali aj ostatným, ktorí do projektu prispeli, a to nielen nápadmi a finančne ale aj celkovou podporou v realizácii projektu.

Ďakujeme!

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| Úvod .....  | 6  |
| 1 Problematika.....   | 7  |
| 1.1 Problematika podobná nášmu vyhotoveniu.....               | 8  |
| 1.2 Elektronické prvky použité pre realizáciu projektu.....   | 8  |
| 2 Ciele.....  | 12 |
| 3 Materiál a metodika .....                                   | 13 |
| 3.1 Podrobná funkcia hlavného obvodu a zvukového modulu.....  | 15 |
| 3.1.1 Hlavný obvod .....                                      | 15 |
| 3.1.2 Zvukový modul .....                                     | 17 |
| 4 Výsledky a diskusia .....                                   | 18 |
| 4.1 Alternatívy riešení .....                                 | 19 |
| 4.2 Vyhliadky do budúcnosti.....                              | 20 |
| 5 Záver práce .....   | 21 |
| 6 Zhrnutie .....  | 22 |
| 7 Resumé .....  | 23 |
| 8 Zoznam použitej literatúry.....                             | 24 |
| Prílohy .....   |    |
| Príloha A - Schémy zapojenia použitých obvodov                |    |
| Príloha B - Vývojové prostredie pre tvorbu digitálneho modelu |    |
| Príloha C - Vzniknuté prototypy                               |    |

## **Zoznam skratiek**

|        |   |
|--------|---|
| I2C -  | Inter-Integrated Circuit                    |
| V/V -  | Vstupno/Výstupný-ch                         |
| AVR -  | Alf and Vegard's RISC processor             |
| MCU -  | Microcontroller Unit                        |
| UART - | Universal Asynchronous Receiver/Transmitter |
| DIP -  | Dual Inline Pin                             |
| PWM -  | Pulse Width Modulation                      |
| CAD -  | Computer-Aided Design                       |
| LDD -  | Lego Digital Designer                       |
| DPS -  | Doska Plošného Spoja                        |

## **Zoznam obrázkov**

- Obr.A.1 – Schéma zapojenia Hlavného obvodu
- Obr.A.2 – Schéma zapojenia Svetelného obvodu
- Obr.A.3 – Schéma zapojenia prvej verzie Zvukového modulu
- Obr. A.4 – Aktuálna schéma zapojenia obvodu Zvukového modulu
  
- Obr. B.1 – Pohľad na proces stavby modelu vo vývojovom prostredí LDD
- Obr. B.2 - Pohľad na proces stavby modelu vo vývojovom prostredí LDD sprava
  
- Obr. C.1 - Pohľad na zapojenie na „breadboard“ (naľavo) a na DPS prvého prototypu Zvukového modulu (napravo)

## Úvod

V úvode nám dovoľte vysvetliť dôvod, prečo sme sa rozhodli realizovať práve tento projekt na danú tému. Zároveň vám chceme bližšie opísať stanovený cieľ.

Tento typ projektu sme si zvolili z dôvodu záujmu o vojenskú techniku a z dôvodu, že sa nám páčila celková myšlienka spôsobu akým by projekt mohol byť vyhotovený. Ďalším dôvodom bolo „Lego hobby modelovanie“, ktoré má za vznik modelu historického vozidla v mierke práve zo stavebnice Lego. Toto riešenie sa taktiež javí ako značne originálne, vzhľadom na to, že kombinácia využitých platforiem v takomto rozsahu nie je až tak vídaná. Má totiž veľa nevýhod.

Naša práca sa zaoberá problematikou tanku na diaľkové ovládanie tj. problematikou voľného času a realizáciou resp. tvorbou mechatronických zariadení.

Cieľom projektu bolo zlepšiť sa v technických a technologických zručnostiach, ktoré sme nadobudli počas štúdia v škole formou praktického zostrojenia plne funkčného mechatronického zariadenia. Z titulu nášho záujmu o vojenskú techniku padla voľba práve na započatie projektu stavby modelu tanku, ktorý sa svojimi funkciami môže považovať za mechatronické zariadenie. Táto problematika sa zhoduje s problematikou priemyselnej informatiky. Cieľom bolo, v konečnom dôsledku, zlepšiť sa v činnostiach ako napríklad v tvorbe elektronických obvodov, programovania Arduina a dizajne 3D súčiastok.

# 1 Problematika

Vo všeobecnosti sa RC mierkový model týka modelových vozidiel, lietadiel, člnov alebo iných modelov, ktoré sú zmenšené verzie skutočných objektov. „RC“ znamená „remote control“ alebo „radio control“, čo znamená, že tieto modely sú riadené na diaľku pomocou rádiového alebo IR ovládania. Výraz „v mierke“ označuje pomer veľkosti medzi modelom a jeho skutočným vzorom. Mierka je udávaná v pomere, napríklad 1:10. To znamená, že každý jeden centimeter na modeli predstavuje 10 centimetrov na skutočnom vozidle.

RC tanky sú modely tankov, ktoré sú obľúbené medzi nadšencami modelovania a vášňou pre vojenskú históriu. Nižšie sú uvedené niektoré charakteristiky a rozdelenia RC tankov:

- **Elektrický alebo palivový pohon:** RC tanky môžu byť poháňané elektricky alebo palivom (napríklad benzínom alebo naftou). Elektrické modely sú obvykle jednoduchšie a vhodnejšie pre začiatočníkov, zatiaľ čo palivové modely môžu poskytovať dlhšiu dobu jazdy a vyššiu rýchlosť.
- **Realistický vzhľad:** Mnoho RC tankov je dôkladne navrhnutých a vytvorených tak, aby čo najvernejšie odrážali skutočné tanky. To zahŕňa detailné kamufláže a ďalšie prvky v podobe napr. prídavných dekoračných prvkov.
- **Funkcie:** Niektoré RC tanky môžu mať rôzne funkcie, ako dym z výfukov pri pohybe, zvuky motora alebo strelby a iné efekty, ktoré pridávajú k zážitku z hrania.
- **Terénna priechodnosť:** Niektoré modely RC tankov sú navrhnuté tak, aby sa mohli pohybovať aj po náročnejších terénoch, ako sú nerovné plochy, tráva a dokonca aj bahno.
- **Stavebné sady a hotové modely:** Niektorí nadšenci preferujú stavebné sady, kde si môžu sami zostaviť svoj model tanku a prispôsobiť si ho. Iní radšej kupujú hotové modely, ktoré sú pripravené na použitie. Existuje možnosť zakúpenia si súborov pre 3D tlač a takýto tank si vytlačiť na 3D tlačiarni. Do tohto typu stavebnice tanku po vytlačení, zlepení jeho dielov potrebné dokúpiť a osadiť mechanické zariadenia (napr. prevodovku) a potrebnú elektroniku, čo sa v skutočnosti javí ako finančne, tak aj časovo veľmi náročné.



- **Historické obdobia a typy tankov:** Niektoré RC tanky sú navrhnuté podľa skutočných historických tankov a môžu zahŕňať modely z rôznych historických období.

## 1.1 Problematika podobná nášmu vyhotoveniu

Náš projekt bol inšpirovaný Lego RC tankom od poľského tvorca Sariel, tvoriaceho Lego RC tanky. Jeho model je 100% tvorený zo stavebnice Lego, čo znamená, že využíva výhradne Lego elektroniku. Jedná sa o elektroniku typu „Lego Power Functions“. Model obsahuje mnoho detailných prvkov. Tvorca využíva aj staršie, v dnešnej dobe nie veľmi dostupné, elektro motorčeky pre pohyb predného guľometu do strán. Jeho model je plne pohyblivý a súčasťou modelu je napríklad aj pohyb Lego modelu V12 motora pri pohybe tanku. Jedná sa čisto o dekoračný prvok. Rozsah pohybu pozostáva z pohybov dopredu a dozadu a zatačania. Veža je plne otočná a kanón sa dá dvíhať a sklápať. Na zdvih kanónu využíva Lego výsuvný piest. Tento model neobsahuje žiadny zvukový modul pre simuláciu zvukových efektov.

## 1.2 Elektronické prvky použité pre realizáciu projektu

**Arduino** je to open-source platforma založená na programovateľnom mikrokontroléri ATmega. Používatelia píšu kód v Arduino IDE, ktorý určuje správanie dosky. Mikrokontrolér na doske číta vstupy od senzorov a riadi výstupné zariadenia podľa definovaného kódu. Je určená vo všeobecnosti pre hobby činnosť. Znamená to, že je skôr určená na realizáciu domácich projektov. Slúži na riadenie činnosti v obvode, v ktorom je integrovaná. Ponúka široké spektrum možností s využitím rôznych senzorov, prídavných „shieldov“ ako aj rôznych komunikačných modulov.

Arduino má viacero variant. Medzi sebou sa líšia hlavne veľkosťou dosky, niektoré aj veľkosťou procesora teda kapacitou V/V. Väčšina dosiek priamo disponuje USB zakomponovaným priamo na doske (napr. Arduino NANO a UNO) a dajú sa tak pripojiť cez kábel priamo do počítača.

Doska Arduina s mikrokontrolérom ATmega 328p pozostáva zo štrnástich vstupno-výstupných digitálnych pinov a šiestich analógových pinov. Analógové piny sú určené na

čítanie analógových hodnôt, na rozdiel od digitálnych vstupných pinov, ktoré pracujú so signálmi typu HIGH (1) alebo LOW (0). Digitálne piny Arduina sa môžu líšiť v závislosti od ich limitácii využitia v rôznych aplikáciách. Niektoré sa dajú využiť ako výstup s hardvérovou moduláciou PWM, na komunikáciu s inou doskou Arduina, či využiť interný pullup rezistor pri nastavení pinu ako vstup.

**NRF24L01** je bezdrôtový komunikačný modul, určený na prijímanie a vysielanie dát. Komunikuje pomocou bezdrôtového rádiového signálu vo frekvenčnom pásme 2,4GHz. Každý NRF24L01 modul má svoju unikátnu adresu, ktorú je potrebné nastaviť pred začatím komunikácie. Týmto spôsobom sa zabezpečí, že komunikujúce zariadenia komunikujú iba medzi sebou. Modul má 125 dostupných kanálov.

Vo všeobecnosti samotný čip NRF24L01 je pripojený k nadriadenému procesoru cez synchronnú sériovú komunikáciu typu SPI (Serial Peripheral Interface), ktorá vyzýva pre komunikáciu tri vodiče a to: MISO, MOSI, SCK. V tomto prípade funguje SPI v režime master-slave. Kde nadriadený mikroprocesor (v našom prípade Arduino) je v úlohe master a NRF24L01 je v úlohe slave.

Existuje viacero verzií komunikačného modulu NRF24L01. Rôzne verzie sa od seba líšia napr. veľkosťou antény, čo má priamy vplyv na dosah, či modulu samotného.

Napríklad komunikačný modul NRF24L01 PA/LNA je väčší, jeho súčasťou je aj väčšia anténa ale dokáže preniesť dáta až na 1000 metrov. NRF24L01+ dokáže preniesť dáta iba na 100 metrov ale je menší a má integrovanú na jeho plošnom spoji.

**ATtiny85** je jedno čipový kontrolér z rodiny AVR, vyvinutý spoločnosťou Atmel. Konkrétne tento model tvorí osem vývodové puzdro typu DIP.

Existuje viacero druhov, ktoré sa líšia najmä z hľadiska dostupnej pamäte ako aj počtom V/V pinov. Navyše sa modely môžu líšiť, ako napríklad sa ATtiny861 líši aj v tom, že obsahuje aj hardvérový UART, vďaka čomu je ideálne pre projekty vyžadujúce sériovú komunikáciu.

**Motor Driver** je elektronický komponent alebo modul, ktorý slúži na riadenie pohybu elektromotorov. Jeho hlavnou úlohou je zabezpečiť riadenie napájania, smeru otáčania a rýchlosti elektromotorov v rôznych aplikáciách. Motor driver je nevyhnutný v

prípadoch, keď potrebujete presné ovládanie elektromotorov v rôznych aplikáciách, ako sú roboty, modely, elektronické vozidlá, 3D tlačiarne a ďalšie. Rôzne typy motor driverov sú navrhnuté pre rôzne druhy motorov, vrátane jednosmerných (DC) motorov, krokových motorov a iných.

Rôzne druhy motor driverov sa medzi sebou líšia najmä ich veľkosťou, prúdovou zaťažiteľnosťou a počtom motorov, ktoré sa na ne dajú pripojiť. Niekedy sú motor driverey vybavené možnosťou nastaviť maximálny prúd, ktorý motor môže potrebovať, čo môže byť užitočné pri optimalizácii efektívnosti a ochrane motora.

Väčšina motor driverov, vrátane toho nášho, využíva štyri tranzistory, či už typu FET alebo bipolárnych, v H-mostovom zapojení. Práve toto zapojenie umožňuje určovať smer aj rýchlosť elektromotoru. Ďalšou súčasťou motor driverov môžu byť rôzne ovládacie obvody na generovanie PWM signálov, obvody na ochranu pred zamenenou polaritou zdroja, snímače prúdu, regulátory napätia, či externé chladiče.

**PCF8754** jedná sa o 8-bitový expander vyrábaný spoločnosťou NXP Semiconductors, ktorý umožňuje rozšírenie počtu digitálnych V/V na mikrokontroléroch alebo iných zariadeniach s využitím I<sup>2</sup>C rozhrania. Jeho plný názov je PCF8574 Remote 8-Bit I/O Expander for I2C Bus (Vzdialený 8-bitový I/O expander pre I2C zbernicu).

Komunikuje cez I2C zbernicu a umožňuje nastavenie adresy pomocou pinov A0, A1, a A2, čo umožňuje pripojiť niekoľko týchto expanderov k jednej I2C zbernici s rôznymi adresami.

Existujú rôzne veľkostne odlišné moduly s čipom PCF8754. Čip samotný má k dispozícii taktiež viacero typov puzdier. Dostupné verzie majú DIP puzdro, či dokonca SMD variantu aj tohto puzdra.

**DFplayer** je malý a populárny modul pre prehrávanie zvuku, ktorý umožňuje jednoduché pridanie audio funkcií do rôznych projektov a aplikácií.

Podporuje rôzne audio formáty, ako sú MP3, WAV a WMA. Obsahuje integrovaný zosilňovač, čo znamená, že je možné priamo pripojiť reproduktor k výstupu modulu. DFplayer Mini je možné ovládať pomocou sériového portu (UART), čo znamená, že môže byť integrovaný do projektov s mikrokontrolérmi, ako sú napríklad Arduino alebo Raspberry

Pi. Načítava zvukové súbory z microSD karty, ktorá sa vkladá do integrovaného slotu na plošnom spoji prehrávača. Podporuje rôzne režimy prehrávania, vrátane opakovania, náhodného prehrávania a ďalších. Má niekoľko pinov pre ovládanie, vrátane pinov pre spustenie prehrávania, zastavenie, prechod na ďalší alebo predchádzajúci súbor a ďalšie.

**Fotodióda** je polovodičová súčiastka, ktorá vytvára fotovoltický efekt, čo znamená, že generuje elektrický prúd v reakcii na absorbované fotóny svetla. Základný princíp spočíva v tom, že svetelná energia rozkmitá elektróny v polovodiči, čo vedie k vytvoreniu dier a voľných elektrónov. Táto generácia párov elektrón-diera vytvára elektrický prúd v materiáli.

**LDR** je skratka pre „Light-Dependent Resistor“ alebo tiež známe ako fotorezistor. Je to elektronický komponent, ktorý mení svoju elektrickú odporovosť v závislosti od intenzity okolitého osvetlenia. Pri nízkej úrovni osvetlenia sa odpor zvyšuje, zatiaľ čo pri vyššej úrovni osvetlenia sa odpor znižuje. LDR patrí do skupiny polovodičových senzorov, ktoré sú citlivé na svetlo. Jeho použitie je časté v elektronike a automatizácii, kde je potrebné získať spätnú väzbu na základe okolitého svetelného prostredia.

**Joystick** je ovládacie zariadenie, ktoré umožňuje interakciu s elektronickým zariadením alebo počítačovou hrou prostredníctvom manuálneho ovládania. Bežne sa používajú herných konzolách a umožňujú hráčom ovládať dianie hranej hry. Joysticky sa často používajú v leteckých simulátoroch na simulovanie ovládania lietadiel. V niektorých aplikáciách v robotike môžu byť joysticky využívané na diaľkové ovládanie robotických zariadení.

Zásadnou súčasťou tohto elektronického zariadenia je tzv. potenciometer. Ten slúži na uisťovanie polohy pri vychýlení ovládacej páčky. Je to elektronický komponent, ktorý mení elektrický odpor v závislosti na polohe otočného alebo posuvného ovládača.

## 2 Ciele

Cieľom projektu bolo skonštruovať model v mierke zhruba 1/18, osadiť doň na mieru prispôbenú elektroniku a ďalšiu potrebnú mechaniku ku správne fungovaniu modelu, v kombinácii Lego súčiastok s 3D tlačou súčiastok pre riešenie špecifických mechanických prvkov. Vyhotovený model má vo finálnej verzii umožňovať pohyb dopredu, dozadu, zatáčať, hýbať obojstranne vežou otočnou o 360°, dvíhať kanón a umožniť simuláciu spätného rázu dela s využitím servo motora.

Po elektronickej stránke bolo cieľom vyhotoviť tzv. „Hlavný obvod“, ktorý bude slúžiť na spracovanie signálov po prijatí z výstupu prijímača. Umožní pripojenie prijímača a ostatných prvkov elektroinštalácie ako napríklad: hlavných motorov, servo motorov, zvukového modulu. Na základe privedených dátových signálov z prijímača bude ovládať aj hlavné motory a motor veže. Obvod zabezpečí aj distribúciu signalizačných dát svetelnému modulu. Súčasťou hlavného obvodu v rámci efektov má byť aj obvod generátora dymu. Tento generátor má simulovať dym z výfukov pri pohybe tanku.

Ďalším vyhotoveným obvodom bude „Svetelný obvod“. Úlohou tohto obvodu malo byť riadenie predného osvetlenia tanku ako aj záblesky pri streľbe z predného guľometu, po prijatí signálov z hlavného obvodu.

Taktiež našim cieľom bolo vyhotoviť aj obvod zvukového modulu, ktorý zabezpečí simuláciu zvukov reálneho vozidla. Obvod bude prijímať dáta z hlavného obvodu.

Softvérovo sme mali za cieľ uskutočniť komunikáciu medzi prijímačom a ovládačom pre príjem dát slúžiacich na ovládanie modelu. Realizovať softvér tak, aby sme vôbec mohli ovládať jeho pohyb. Naším cieľom je aj umožniť reguláciu otáčok hlavných hnacích motorov s využitím modulácie PWM. Ďalším cieľom bolo aj ovládanie servo motora pre zdvih a servo motora pre spätný ráz kanónu v obmedzenom rozsahu pohybu. Na komunikáciu hlavného obvodu a zvukového modulu sme mali za cieľ využiť dvojvodičovú sériovú synchronnú I<sup>2</sup>C komunikáciu. Tento typ komunikácie plánujeme využiť aj na komunikáciu so sériovým expanderom za účelom zväčšenia kapacity výstupov Arduina.

### 3 Materiál a metodika

Metodika pozostáva z troch fáz. Pri naplňovaní cieľu projektu sme postupovali nasledovným spôsobom.

V prvej fáze sme sa venovali dizajnu, realizácie a skladaniu nosnej konštrukcie zo stavebnice Lego. Elementárnym krokom bolo vytvoriť v programe Lego Digital Designer (ďalej iba LDD) samotný model tanku. Po vytvorení digitálneho modelu bol výstupom z LDD zoznam súčiastok respektíve návod na stavbu tanku. Po zakúpení súčiastok sme model postavili fyzicky, prípadne sme ešte v tejto fáze opravili niektoré defekty týkajúce sa detailov.

Ďalej sme začali s dizajnom súčiastok pre mechanizmus spätného rázu dela a v CAD programe Autodesk Inventor Professional 2022. Tento program sme taktiež využili na dizajn úchytov pre plošné spoje, uchytovania reproduktorov, ako aj odparovacej komory generátora dymu. Návrh generátora dymu bolo potrebné prispôbiť vnútornému prostrediu tak, aby sme zamedzili vzniku nadmerného ohnutia silikónových výfukových hadičiek. Ich nadmerný ohyb by spôsobil úbytok tlaku výfuku a potlačil by tak efektívnosť pridaného efektu. Na výfuk pary sme použili turbo ventilátor, na ktorý sme taktiež museli navrhnuť úchyt na spojenie s odparovacou komorou.

V druhej fáze sme riešili aké obvody je potrebné navrhnuť, ako ich blokovo usporiadať a realizovať medzi nimi komunikáciu. Po rozhodnutí sa, aké obvody budú súčasťou vnútornej inštalácie modelu, sme začali tvoriť ich obvodo­vé schémy. Dôležitým bolo aj vytvoriť základnú vizualizáciu rozmiestnenia mechanických prvkov ale aj prvkov elektronickej inštalácie v modeli. Na základe tejto vizualizácie sme mohli začať s výmerou vhodnej veľkosti plošných spojov a rozmerovo ich prispôbiť. Konkrétne do plošného spoja hlavného obvodu sme ešte museli prevrtať diery M2 podľa predlohy plošného spoja prijímača na vopred vymedzené miesto.

Ďalším krokom bolo navrhnuť aj rozloženie jednotlivých súčiastok v rámci jednotlivých obvodov na prototypovacích plošných spojoch, podľa pred tým vzniknutej vizualizácie o rozmiestnení komponentov. Tu bolo nutné zvoliť jednotlivé elektronické súčiastky obvodov podľa potreby elektronických vlastností a charakteristík. Bolo nutné prihliadať aj na voľbu ich vhodnej veľkosti podľa obmedzení vyplývajúcich z rozmerov vnútorného

priestoru modelu. Zároveň bolo potrebné venovať zvýšenú pozornosť rozmiestneniu súčiastok na jednotlivých DPS. Napríklad tak, aby výška tranzistora neznemožňovala pripevnenie prijímača na DPS hlavného obvodu. Obzvlášť kritickým bolo aj správne rozmiestnenie V/V konektorov vzhľadom na prístupnosť ostatných prvkov elektronickej inštalácie nielen kvôli obmedzenému priestoru ale aj vzhľadom na možnosť montáže a demontáže pripojenia jednotlivých DPS.

Po výbere vhodných súčiastok sme ich, podľa schémy vytvorenej v programe EasyEDA, začali osádzať na prototypovacej doske, taktiež známej ako „breadboard“ a overovať si tak správnosť fungovania navrhnutých obvodov. Overením sme následne pristúpili ku osadeniu súčiastok na prototypovacie plošné spoje obvodov a zospájkovali ich. Kontakty súčiastok sme medzi sebou prepojili drôtikmi. Na napájanie celej inštalácie slúži 11,1V Li-po 1300mAh batéria od výrobcu KAVAN.

Ďalším prvkom elektro inštalácie bola výmera dĺžky vodičov podľa rozmiestnených prvkov inštalácie. Po výmere nasledovalo krympovanie konektorov na vymerané vodiče.

V tejto fáze sme sa venovali aj vyhotovovaniu ovládača. Na DPS ovládača sme osadili potrebné súčiastky a zospájkovali ich. Potom sme vyrobili kryt pre DPS z plexiskla. Vyrezali a navrtali sme doň diery podľa potrebnej veľkosti, tak aby sme ho prispôbili naspájkovaným súčiastkam.

V tretej fáze sme sa venovali programovaniu Arduina. Vývoj softvéru sme uskutočnili vo vývojovom prostredí Arduino IDE. Začali sme realizáciou bezdrôtového spojenia a prenosu dát medzi ovládačom a prijímačom s využitím NRF24L01 komunikačných modulov. Inšpirovali sme sa tvorcom How To Mechatronics, ktorý je zároveň držiteľom dizajnu plošných spojov tejto sústavy. Po realizácii komunikácie sme do programu prijímača pridali software umožňujúci základný pohyb. Definovali sme si výstupy Arduina pre motor driver a to, ktorý joystick, a ktorá os bude použitá pre daný pohyb. Ku pohybu hlavných motorov sme pridali reguláciu otáčok využitím modulácie PWM. K tejto regulácii sme pridali aj tzv. „Forsáž“. Pri jej aktivácii je maximálna rýchlosť tanku upravovaná potenciometrom na ovládači. Jej vypnutím sú rýchlosti obmedzené a kalibrované podľa realistickej jazdy. Neskôr sme pridali pohyb veže a to obdobným spôsobom, keďže sa opäť jedná o veľmi podobný jednosmerný motor. Pohyb otáčania veže nie je regulovaný PWM signálom. Ďalej bolo v rámci programu prijímača potrebné

programovo realizovať ovládanie servo motorov. Pri serve, ktorého funkciou je zdvih kanónu sme si najprv nakalibrovali respektíve otestovali aké hodnoty má mať maximálny dovolený rozsah jeho pohybu. Využili sme funkciu `map()`. Rozsah pohybu serva bolo nutné kalibrovať priamo po osadení komponentov na modeli aby sme meraním dostali požadované hodnoty priamo empirickým odvodením. Ďalej po osadení mechanizmu spätného rázu bolo nutné nakalibrovať maximálny rozsah pohybu aj tohto servomotoru. Kalibrácia prebehla podobne ako pri predošlom servomotore. Tu sme už ale nevyužili funkciu `map()`, ale priamo zapísali hodnoty natočenia serva na výstup Arduina. Softvérovo sme vyriešili aj 8 sekundovú blokáciu po výstrele z kanónu reprezentujúcu jeho nabíjanie. Opakované použitie kanónu je možné iba ak zaznie zvuk nabitia. Pri tejto funkcii sme využili funkciu `millis`. V rámci prijímača sme museli pridať aj sériový expander PCF8754 umožňujúci rozšírenie V/V pinov prijímača. Softvérovo bolo nutné vytvoriť komunikačný program definujúci adresu expanderu a umožňujúci celkovú komunikáciu s prijímačom. Ďalší vyvinutý softvér bol softvér pre Arduino zvukového modulu. V tomto programe na komunikáciu s prehrávačmi zvukov využívame sériovú komunikáciu UART. Ďalej bolo potrebné realizovať komunikáciu pre príjem dát z prijímača, podľa ktorých sa spúšťajú jednotlivé zvuky. Pre komunikáciu medzi prijímačom a zvukovým modulom sme využili opäť I<sup>2</sup>C prepojením pinov RX a TX oboch Arduín.

Ďalšou časťou softvérového vybavenia modelu je program, ktorý je vykonávaný mikrokontrolérom ATtiny85 umiestneným vo Svetelnom obvode. Umožňuje načítať snímané hodnoty intenzity okolitého osvetlenia z fotorezistora zabudovaného v prednej časti tanku. Tento softvér taktiež načíta logickú hodnotu na vstupoch mikrokontroléra privádzanú tranzistormi. Na báze týchto tranzistorov sa privádza logická 1, ktorá je posielaná z prijímača. Týmto spôsobom prebieha signalizácia stavu predného osvetlenia tanku.

## **3.1 Podrobná funkcia hlavného obvodu a zvukového modulu**

### **3.1.1 Hlavný obvod**

Súčasťou hlavného obvodu sú motor drivery slúžiace na ovládanie pohybu „Lego Power Functions“ 9V jednosmerných elektromotorov. Motory s označením L plnia funkciu



hlavných pohonných motorov prednej nápravy. Slúžia na riadenie pohybu pásov. Motor s označením M slúži na otáčanie veže cez ozubený prevod. Vstupy jedného z motor driveov sú napojené na výstupy hradla AND gate. Využívame multiplexorové zapojenie hradla a to tak, že na vstup tohto hradla je taktiež pripojený jeden z pinov Arduina umožňujúci zapisovať PWM signál na výstupe. Táto kombinácia vstupov tvorí podmienku „a zároveň“ a umožňuje dosiahnuť PWM signál na výstupe hradla privádzaním logickej 1 z prijímača (viď Obr. A.1).

Ďalšou súčasťou Hlavného obvodu je aj sériový expander PCF8754. Využili sme 4 z jeho výstupov. Výstupy P0 až P2 sú priamo spojené so Svetelným obvodom. Ako sme už spomínali, slúžia na privádzanie logickej 1 na báze signalizačných tranzistorov Svetelného obvodu. Ďalší použitý výstup „P7“ bol použitý ako spúšť pre elektronickú sústavu generátora dymu.

Elektronická sústava generátora dymu je tvorená už spomenutým 12 voltovým turbo ventilátorom o rozmere 4\*4\*10cm a 7Ω žhaviacou špirálou. Obvod pre jej správny chod tvorí magnetické relé, ktoré je zopínané tranzistorom BC547. Na cievku je paralelne pripojená ochranná dióda aby zamedzila spätnej indukcii napätia a zamedzila tak poškodenie tranzistora. Aktiváciou relé sa na napájacie napätie napojí obvod s kondenzátorom, diódou, žhaviacou špirálou a cez ochranný rezistor hodnoty 10kΩ aj s bázou tranzistora BD139. Napájacie napätie pre obvod ventilátora je 5V a pre špirálu je to 11,1V Tranzistor BD139 slúži na spínanie výfukového ventilátora. Kondenzátor po nabití slúži na oneskorené vypnutie tohto ventilátora. Dióda v tomto obvode zabezpečuje aby nedošlo ku čiastočnému vybitiu kondenzátora cez relé. Táto dióda by v obvode v podstate nemusela vôbec byť, jedná sa iba o preventívnu ochranu. Ochranný odpor má vysokú hodnotu aj napriek privádzaným 5V, pretože spolu s kapacitou kondenzátora určuje celkový čas zotrvačnosti výfuku vzduchu výfukového ventilátora podľa vzorca  $T(\tau) = R \cdot C$ . Zamedzili sme tak nutnosti použitia kondenzátora s väčšou kapacitou, teda celkovou veľkosťou.

Obvod taktiež disponuje stabilizátormi napätia. Konkrétne na hodnotu 5 a 7,5V. Stabilizátor napätia na 5V napája Svetelný obvod, hradlo AND gate, sériový expander ale aj obvod pre aktiváciu výfukového ventilátora.

Na DPS hlavného obvodu môžete nájsť aj obvod hlásenia požiaru odparovacej špirály nezávislý od Arduina. Jeho jednoduché zapojenie je tvorené fotodiódou zapojenou

do báze tranzistora a aktívnym piezo bzučiakom zapojeným v kolektore tranzistora. Obvod je napájaný zdrojovým napätím hodnoty 11,1V. Fotodióda je taktiež súčasťou sústavy generátora dymu.

### 3.1.2 Zvukový modul

Tvorí ho Arduino Nano a dva prehrávače zvuku známe ako DF player. Ako bolo už spomenuté Arduino prijíma signály z prijímača cez sériovú komunikáciu na zbernici tvorenej pinmi RX a TX Arduín. Signalizácia respektíve prenášané dáta sú vo forme jednočíselných kódov reprezentujúcich jednotlivé stavy a aktuálne dianie tanku. Na základe týchto čísel sú následne spúšťané zvuky. Zvolili sme možnosť použiť dva prehrávače zvuku, aby sme tak umožnili prehrávanie zvuku motora a zároveň aj zvuky napríklad pri streľbe z kanóna. Dvojité použitie prehrávačov taktiež umožňuje plynulý prechod zvukov z voľnobehu na zvuk zvýšeného výkonu. Ak by sme tak neučinili tak by boli badateľne polsekundové oneskorenia zvuku, ktoré by znížili estetickú hodnotu modelu. Prehrávač s označením 1 má za úlohu prehrávať zvuky efektov pričom prehrávač označený ako 2 prehráva zvuky motora. Arduino s prehrávačmi komunikuje cez predom zvolené piny už spomenutou UART komunikáciou. Súčasťou zvukového modulu sú aj reproduktory s impedanciou  $4\Omega$  a výkonom 3W.

Napájacie napätie obvodu je 5V. Toto napätie je privádzané cez tak zvaný „step up and down buck converter module“. Ide o nastaviteľný stabilizátor na vyššiu aj nižšiu hodnotu výstupného napätia typu DSN6000AUD.

## 4 Výsledky a diskusia

V tejto kapitole by sme vám radi popísali, ako prebiehali niektoré z našich pokusov. Pred tým ako vznikol funkčný model tanku, muselo vzniknúť množstvo prototypov, či už mechanických komponentov alebo elektronických obvodov.

Príkladom na toto tvrdenie môže byť aj mechanizmus spätného rázu dela. Po jeho vytlačení a nainštalovaní do tanku sa zistilo, že jeho celková prejdená dráha pri výstrele je krátka. Dĺžku prejdenej dráhy sme teda museli zväčšiť z estetických dôvodov. Zistili sme, že dlhšia verzia by mohla plniť úlohu s navonok krajším výsledkom. Tak isto aj úchyty pre reproduktory a obvody boli navrhované niekoľkokrát. Zistili sme závady s buď to nadmernou alebo nedostačujúcou trecou silou o Lego.

Ďalším pokusom sme sa podrobili pri voľbe správnej odparovacej špirály ako aj chemického pomeru odparovacej tekutiny. Odpor špirály sme dimenzovali podľa maximálneho prípustného prúdového odberu, ktorý počnúc súčasnou verziou nadobúda hodnotu zhruba 2A. Pokusy prebiehali s rôznymi hrúbkami odporového drôtu. Zohľadnil sa ten, ktorý pri primeranom počte závitov špirály vykazoval najväčšie tepelné úniky. Taktiež bolo dôležité, aby sa špirála neprepálila kvôli nedostačujúcemu chladeniu vatou namočenou v odparovacej zmesi. Odparovaciú zmes tvorí prevažne glycerín. Odporúča sa ho riediť vodou, aby dosiahol väčší objem zväčša v pomere 10% vody a 90% glycerínu. Glycerín sa využíva mimo iné aj v kozmetických prípravkoch. Na našu aplikáciu sa vo všeobecnosti využíva, pretože umožňuje dlhšie zotrvať v plynnom skupenstve a oproti vodnej pare kondenzuje za značne dlhší čas. Taktiež po vyparení je jeho para hustá, čo zlepšuje jeho efektívnosť pri našej aplikácii.

Vzniknuté závady mali za vznik aj niekoľko prototypov odparovacích komôr generátora dymu. Závady sa objavovali v rôznych aspektoch. V neposlednom rade vznikali problémy s teplotnou zaťažiteľnosťou odparovacej komory. Výtlačky sú z plastu typu PLA, a keďže je neodolný vysokým teplotám, pri stenách tenších ako 1mm došlo k ich deformácii v krátkom čase. Pri stenách od 1mm do 1,5 mm sa darilo lepšie. Ku deformácii došlo za značne dlhší čas. Steny nad 1,5mm sa taktiež pri dlhšej teplotnej záťaži deformovali. Avšak časový údaj takejto záťaže, za ktorý ku deformácii došlo je ďaleko mimo miery zaťaženia, ktorú komora dosiahne pri bežnej prevádzke modelu. V konečnej verzii sme zvolili hrúbku stien 2mm. Po vyriešení závad spojených s teplotnou zaťažiteľnosťou sme museli vyriešiť

závady spojené s únikom odparovanej tekutiny. Viditeľné úniky sme odstránili zavedením závitú z fľaše PET zabezpečujúcej požadované tesnenie odnímateľnej časti odparovacej komory, keďže pred tým vznikali v oblasti výsuvného krytu. Ďalšie miesta únikov sme vyriešili zalepením silikónovým gélom odolným voči vysokým teplotám.

Takisto vzniklo viacero prototypov elektronických obvodov a vnútornej topológie. Konkrétne obvod zvukového modulu bol najprv navrhovaný tak, že na signalizáciu zvukov sa nepoužívali číselné kódy, ale signalizačné tranzistory, ktoré boli riadené sériovým expanderom PCF8754. Menila sa teda aj celková vnútorná topológia modelu (viď Obr. A.3).

Ďalším vzniknutým problémom ktorý nás nútil experimentovať, bol problém s prehrievaním stabilizátora napätia pre Zvukový modul. Pôvodne sme plánovali použiť 5V stabilizátor 78L05. Jeho použitím sme zaznamenali jeho prehrievanie ako dôsledok veľkého odberu prúdu zvukovým modulom. Tento problém sa dal vyriešiť aj chladičom. Takéto riešenie bolo neprípustné vzhľadom na potrebnú veľkosť tohto chladiča. Použili sme teda už spomenutý nastaviteľný stabilizátor napätia DSN6000AUD. Pri rovnakom prúdovom zaťažení nevykazoval známky nadmerného prehrievania, a preto sme sa priklonili práve k tomuto riešeniu.

## 4.1 Alternatívy riešení

Základnou alternatívou riešenia je zakúpiť si kompletne funkčný model. Týmto riešením by sme však eliminovali ciele, pre ktorý bol projekt zahájený. Alternatívou riešenia nosnej konštrukcie modelu bolo jej zakúpenie a následný vlastný vývoj elektroniky. K Legu sme boli celkovo viac naklonení a mali sme s ním viac skúseností. Chceli sme aj aplikovať naše staviteľské zručnosti, a preto sa platforma Lego stala vyhovujúcou. Ďalšou alternatívou je zakúpenie generátora dymu namiesto jeho vývoja. Nemohli sme tak učiniť, pretože nami navrhnutý generátor je navrhnutý na mieru, teda prispôsobený vnútornému usporiadaniu zvyšných komponentov.

Alternatíva existuje aj na riešenie respektíve na dizajn sústavy prijímača a vysielča. Integrovanie „How to Mechatronics“ sústavy sa počnúc dnešnými znalosťami javí skôr ako nie práve najlepšie. Celkové rozvrhnutie V/V pinov Arduina prijímača je nie veľmi relevantné pre integráciu na náš model. Musel preto vzniknúť špeciálny konektor

umožňujúci správne prepojenie DPS hlavného obvodu a prijímača. Alternatívou by mohol byť vlastný dizajn.

Zvukový modul mal tiež niekoľko alternatívnych riešení. Zväčša sa používa zvukový modul pracujúci s PWM signálom na jeho vstupe. Na základe tohto vstupného signálu upravuje frekvenciu prehrávaného zvuku a tým docieľuje plynulý prechod z voľnobežného režimu motoru do režimu zvýšeného výkonu. Celkový dojem z takto upraveného zvuku znel nerealisticky. Najznámejší dostupný modul v takomto prevedení je od tvorca TheDIYGuy999. Na úpravu zvuku využíva kontrolér ESP32. Nevýhodou tohto použitia, mimo kvalitu zvuku, je predovšetkým veľkosť modulu. Nevyhovoval by našej aplikácii a eliminoval by náš cieľ vytvorenia modulu zvuku.

## **4.2 Vyhlíadky do budúcnosti**

Vyhliadkou do budúcnosti je jednoznačne profesionálny návrh DPS hlavného obvodu, ako aj DPS zvukového modulu. V súvislosti so spomínaným problémom je našim ďalším cieľom aj vývoj DPS prijímača umožňujúci priaznivejšie pripojenie na dosku.

Rovnako by sme mohli vylepšiť aj DPS ovládača. Mohli by sme pozmeniť celkové rozmiestnenie tlačidiel, prepínačov a joystickov.

Ďalším pridaným elektronickým obvodom by mohol byť aj tzv. „Zásahový modul“. Simuloval by boj tankov. Podľa množstva a miesta zásahu by vplýval na celkovú činnosť tanku. V tejto závislosti by sa spúšťali zvuky a možno aj určité obmedzenia pre výkonnosť tanku. Mohla by sa napríklad obmedziť rýchlosť, zablokovať otáčanie veže a podobne.

## 5 Záver práce

Našu celkovú prácu hodnotíme ako úspešnú a účelnú. Realizáciou projektu sme sa veľa naučili a zdokonalili práve v zručnostiach opísaných v ciele projektu. Prešli sme procesom od vízie až po samotnú realizáciu projektu. Naučili sme sa aj ako postupovať pri odstraňovaní vzniknutých závad, či už elektrických alebo mechanických. Osvojili sme si aj metódy opracovania rôznych materiálov. Nami vyvinutá elektronika má potenciál použitia aj v konštrukciách iných RC modelov tankov. Najčastejším problémom pri RC hobby, z hľadiska dostupnosti, je cena elektroniky. Naše riešenie je cenovo značne dostupnejšie. Hrubým prepočtom sa cena všetkých komponentov nášho návrhu hýbe pod sumou 40 eur. Samozrejme ak berieme do úvahy iba náklady za súčiastky a zanedbáme hodnotu nákladov za celkovú prácu a vývoj.

## 6 Zhrnutie

Celkovým cieľom projektu bolo nadobudnúť nové vedomosti, využiť vedomosti naučené v škole a oboznámiť sa s postupom pri tvorbe mechatronických zariadení. Ciele sme naplnili tvorbou diaľkovo ovládaného pásového vozidla (tanku). Jeho súčasťou mal byť nami vyhotovený model tanku z Lega, obvody pre riadenie predného osvetlenia, hlavný (riadiaci) obvod, Zvukový modul ako aj rôzne mechanické časti tanku (mechanizmus spätného rázu kanónu). Tank mal obsahovať aj efekt dymu z výfukov pri jeho pohybe.

V prvom rade sme postupovali vytvorením digitálneho Lego modelu tanku. Nadobudli sme zoznam potrebných súčiastok a po ich zakúpení sme model skonštruovali. Začali sme s vizualizáciou vnútorného rozmiestnenia jednotlivých mechanických prvkov a elektronických obvodov. Potom sme začali s prispôbovaním komponentov vnútorným podmienkam tanku. Nasledoval samotný návrh obvodov a mechanických zariadení tanku a ich kompletizácia. Na konci sme tank naprogramovali.

Vo výsledku sa nám naozaj podarilo nadobudnúť nové vedomosti. Zistili sme napríklad ako správne prepojiť hardvér so softvérom a ako postupovať pri riešení vzniknutých problémoch v určitých odvetviach technického smeru.

## 7 Resumé

The overall goal of our project was to gain new knowledge, put our scholar knowledge to use, and learn the procedures for creating such a mechatronical system. This goal was reached by creating a model of a RC track vehicle, also known as a tank. As part of this model, we wanted to make our own design of this tank out of Lego, including the front light control circuit, main (controlling) circuit, sound module, as well as different mechanical parts such as the barrel recoil mechanism. The tank was also supposed to have a smoke generator integrated into it.

We were firstly designing the whole model of our tank in digital form. We acquired the Lego parts list, and as soon as we bought the parts, we started with model completion. At the beginning, we started making visualizations of the arrangement of internal tank components. Lately, we have started to measure the appropriate dimensions of all the internal components. All components were adjusted by the internal conditions of our model. This was followed by making circuit schematic diagrams and making designs of mechanical parts. After completing all of this stuff, we have finally uploaded the software.

Thankfully, with this project, we could embrace new knowledge. We have managed to understand how to link software and hardware together correctly and what the procedures are for troubleshooting in certain branches of technical direction.



## 8 Zoznam použitej literatúry

Tarantula3. 2018. PCF8574 GPIO Extender - With Arduino and NodeMCU. 2018-12-18 [cit.2024-02-05].

<<https://www.instructables.com/PCF8574-GPIO-Extender-With-Arduino-and-NodeMCU/>>

Dejan (How to mechatronics). 2019. DIY Arduino RC Transmitter. 2019-01-13. 2022-02-17 [cit. 2024-01-20].

<<https://howtomechatronics.com/projects/diy-arduino-rc-transmitter/>>

Dejan (How to mechatronics). DIY Arduino RC Receiver for RC Models and Arduino Projects. [cit.2024-01-20].

<[https://howtomechatronics.com/projects/diy-arduino-rc-receiver/#google\\_vignette](https://howtomechatronics.com/projects/diy-arduino-rc-receiver/#google_vignette)>

Dejan (How to mechatronics). 2017. nRF24L01 – How It Works, Arduino Interface, Circuits, Codes. 2017-02-07 [cit. 2024-01-21].

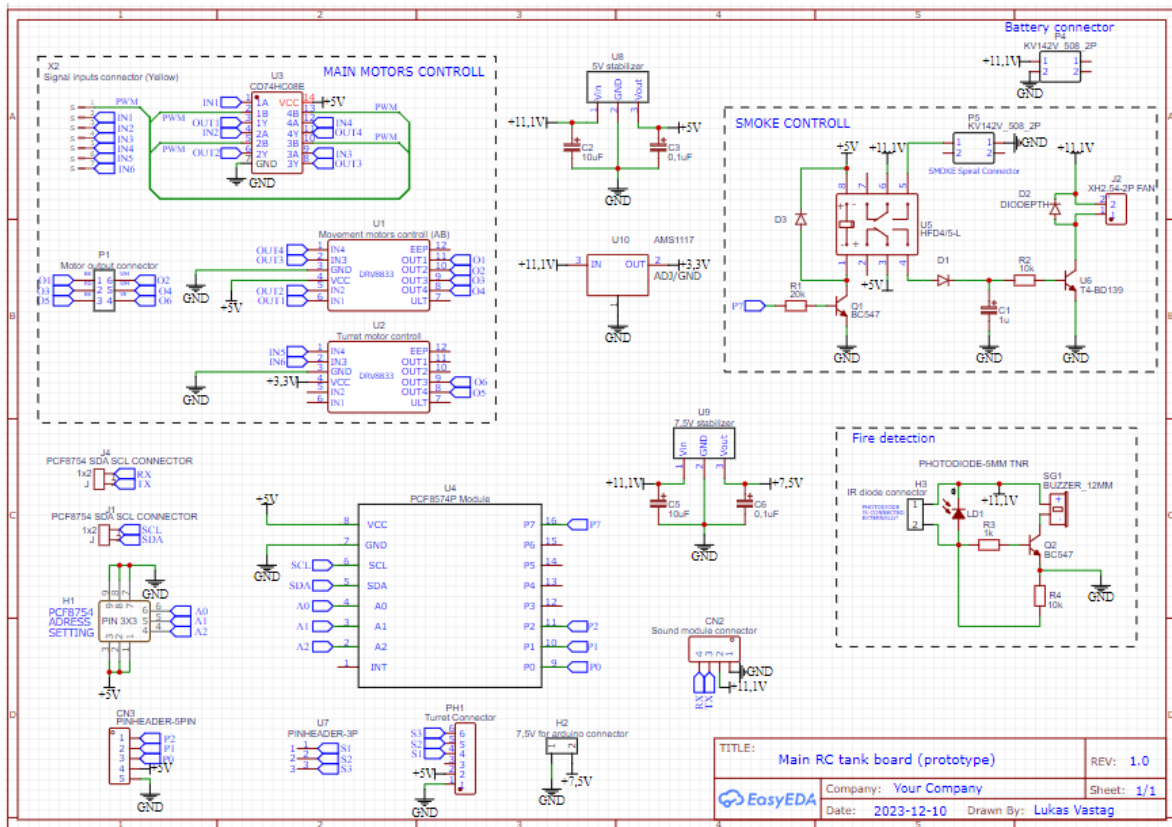
<<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/>>

Kmieć, Paweł. 2014. Sariel.pl » Tiger XL. 2014-09-10 [cit. 2024-01-27].

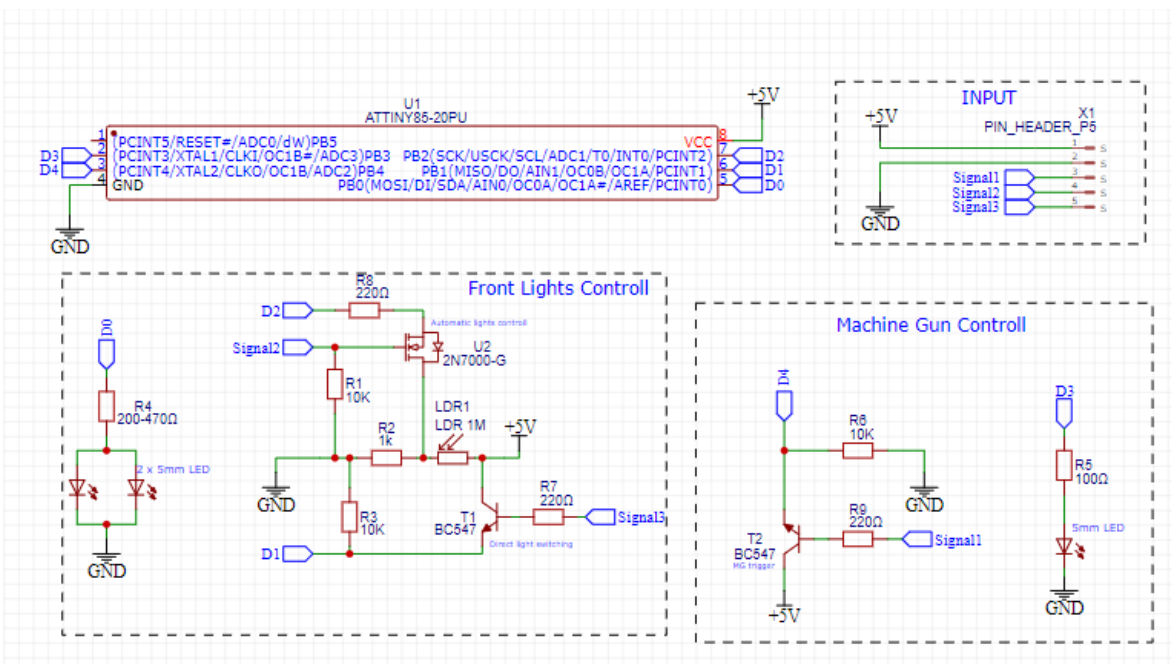
<<http://sariel.pl/2014/09/tiger-xl/>>

# Prílohy

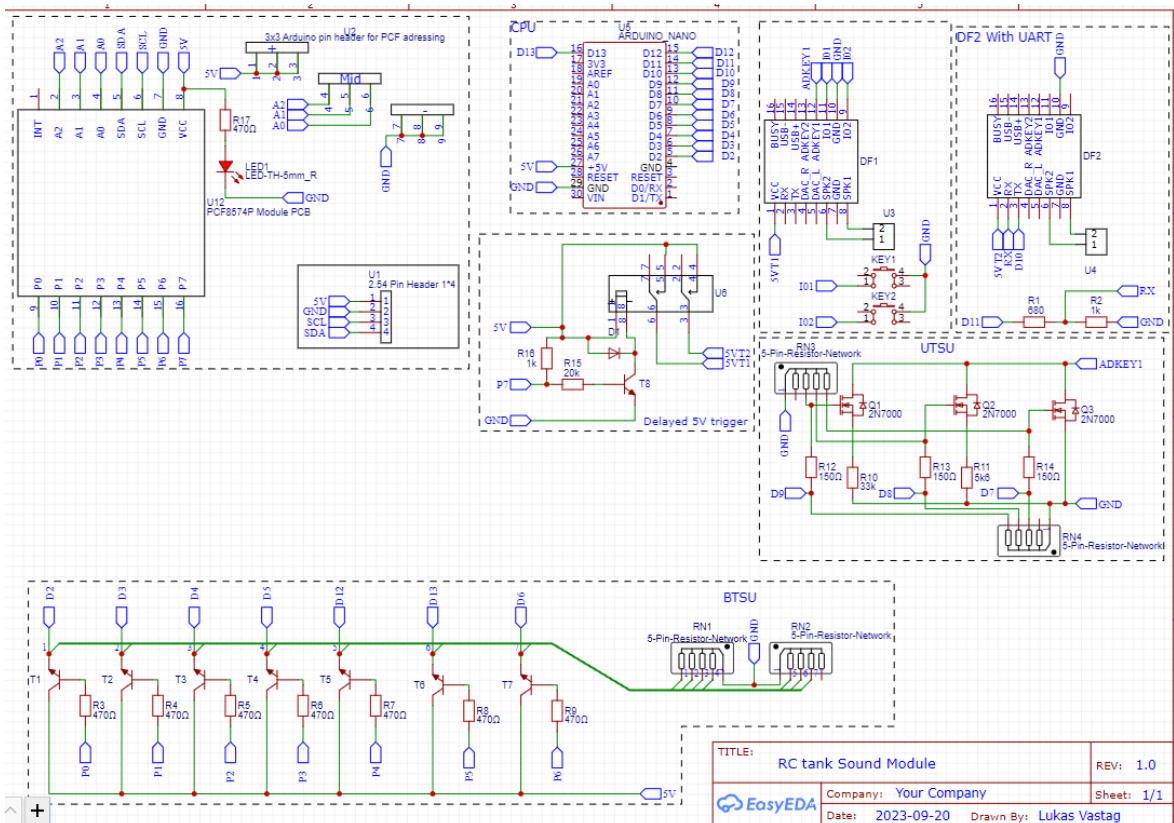
## Príloha A - Schémy zapojenia použitých obvodov



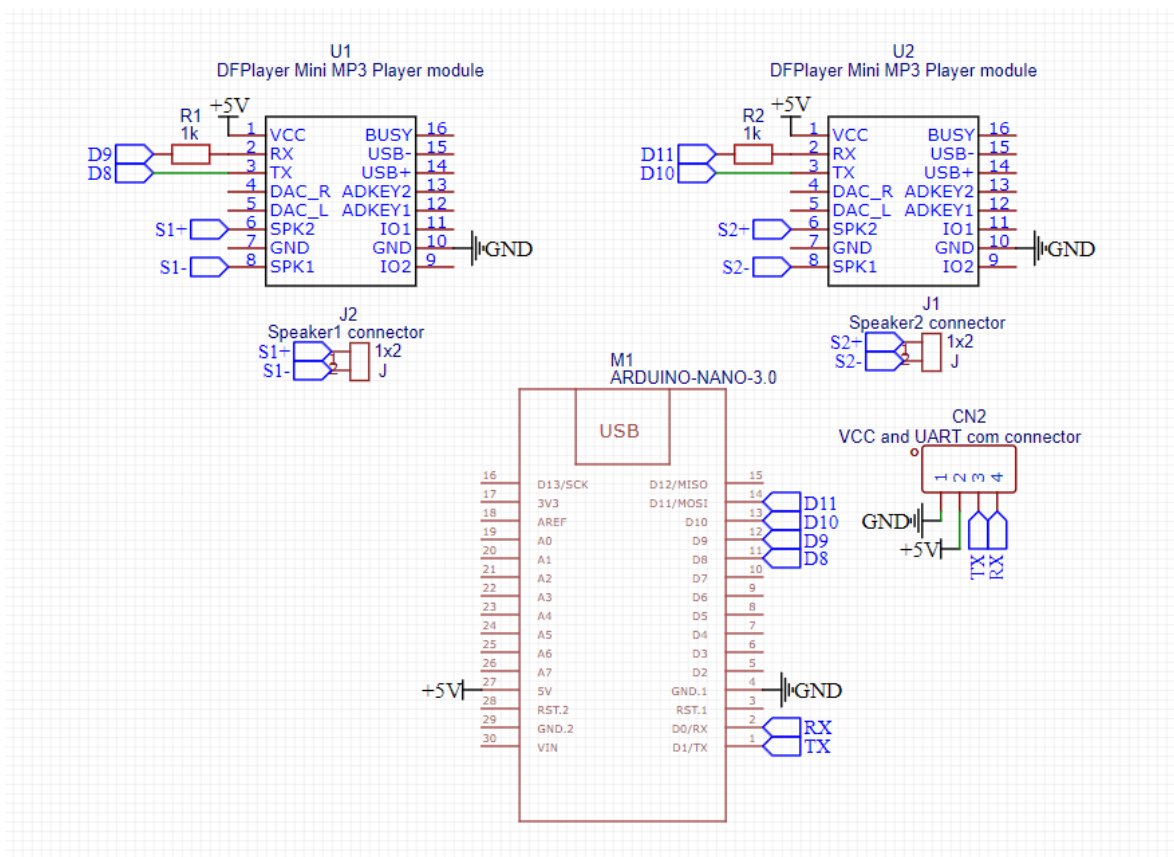
Obr. A.1 Schéma zapojenia Hlavného obvodu



Obr. A.2 Schéma zapojenia Svetelného obvodu.



Obr. A.3 Schéma zapojenia prvej verzie Zvukového modulu



Obr. A.4 Aktuálna schéma zapojenia obvodu Zvukového modulu

## Príloha B – Vývojové prostredie pre tvorbu digitálneho modelu



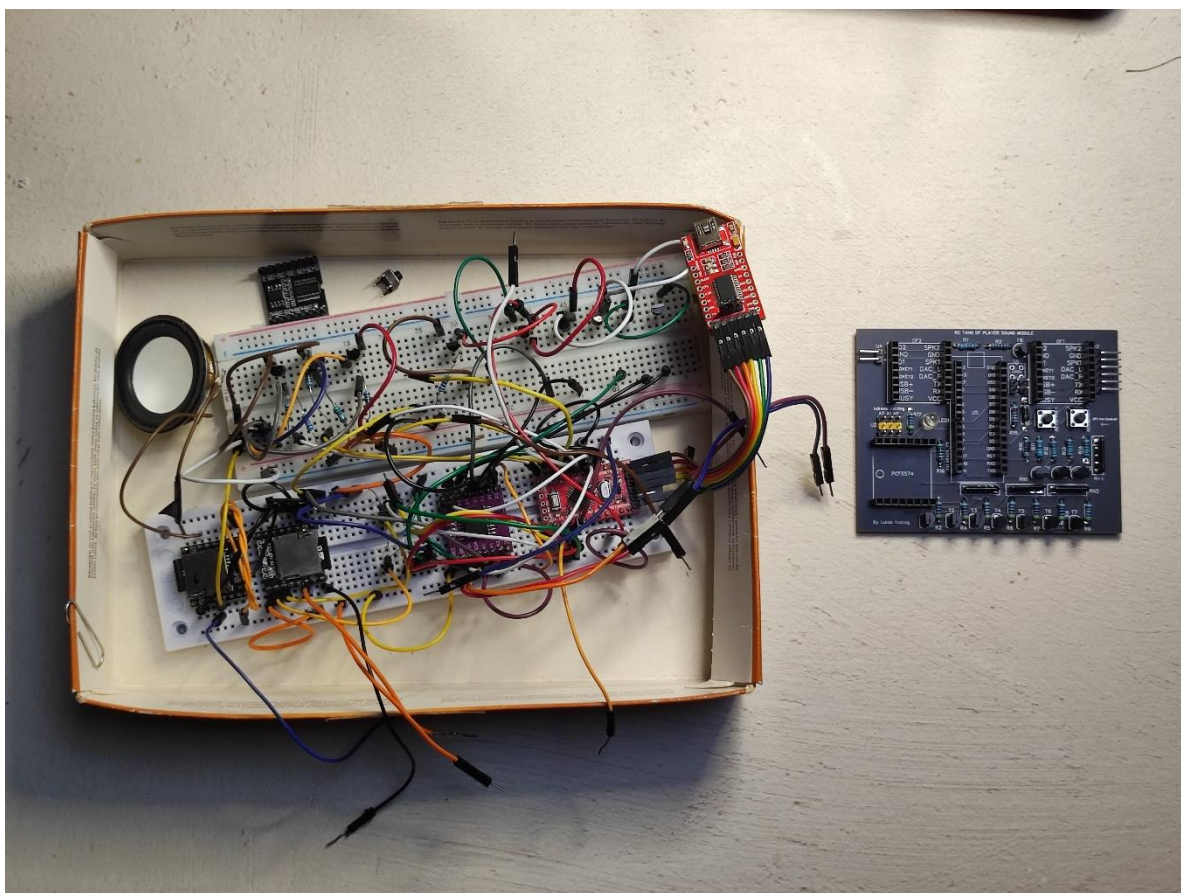
Obr. B.1 Pohľad na proces stavby modelu vo vývojovom prostredí LDD



Obr. B.2 Pohľad na proces stavby modelu vo vývojovom prostredí LDD sprava



## Príloha C – Vzniknuté prototypy



Obr. C.1 - Pohľad na zapojenie na „breadboarde“ (naľavo) a na DPS prvého prototypu Zvukového modulu (napravo)