



Středoškolská technika 2025

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Tvorba výukových modelů pro ESB

Vojtěch Moucha

**Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola, Písek, Karla Čapka 402;
se sídlem: Karla Čapka 402, 397 01 Písek**

Anotace

Tato dlouhodobá maturitní práce popisuje výrobu tří modelů na předmět elektronické systémy budov (ESB). První model řeší světlo, druhý odvětrávání pomocí ventilátoru například na toaletách a třetí simuluje posuvnou bránu, která je řízena mikrokontrolérem Arduino. Modely jsou připojeny k jednomu programovatelnému relé (PG) od systému Jablotron. Vybírají se pomocí přepínače. Při výrobě byl z velké části využit 3D tisk.

Klíčová slova:

3D tisk, Arduino, Jablotron, programovatelný výstup, model, simulace, učební pomůcka

Annotation

This long-term Maturita work describes my production of three models for the subject Electronic Systems for Buildings (ESB). The first model deals with a model of the light, the second with ventilation using a fan e.g.: in toilets. The third one deals with the simulation of a sliding door, which is controlled by an Arduino microcontroller. The models are connected to one programmable relay (PG) from Jablotron systém. They are selected using a switch. 3D printing was broadly used for production.

Key words:

3D print, Arduino, Jablotron, programmable output, model, simulation, learning tool

Obsah

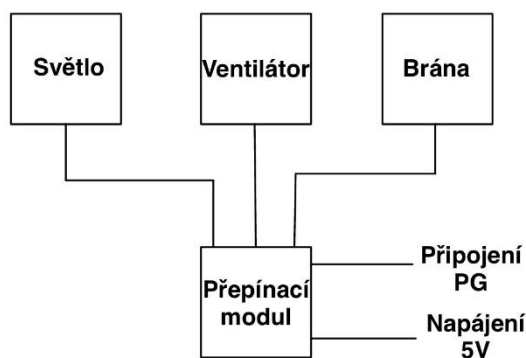
1. Úvod	- 4 -
1.1. Popis modelů.....	- 5 -
1.2. Jablotron	- 6 -
1.2.1. PG výstupy	- 6 -
1.2.2. F-link.....	- 6 -
1.3. 3D tisk	- 7 -
1.3.1. Návrh 3D modelu	- 7 -
1.3.2. Použitý materiál	- 8 -
1.4. Arduino	- 8 -
1.4.1. Hardware	- 9 -
2. Popis autorského řešení.....	- 10 -
2.1. Model světla	- 10 -
2.1.1. Výroba krytu	- 10 -
2.1.2. Výroba plošného spoje	- 11 -
2.1.2.1. Leptání plošného spoje	- 12 -
2.1.3. Skládání modelu	- 13 -
2.2. Model ventilátoru	- 14 -
2.2.1. Výroba krytu	- 14 -
2.2.2. Skládání modelu	- 14 -
2.3. Model posuvné brány	- 15 -
2.3.1. Výroba součástek	- 16 -
2.3.2. Sestavení pohonu.....	- 18 -
2.3.3. Skládání modelu	- 18 -
2.4. Ovládací modul	- 19 -
2.4.1. Výroba krabičky	- 19 -
2.4.2. Ovládací elektronika	- 19 -
2.4.3. Sestavení	- 20 -
2.5. Pracovní listy	- 20 -
3. Závěr	- 21 -
4. Seznam citací.....	- 22 -
5. Přílohy.....	- 23 -

1. Úvod

Téma své maturitní práce jsem si nevybral hned napoprvé. Původně jsem se chtěl věnovat recyklaci PET flašek na filament do 3D tiskárny, s tímto tématem jsem počítal, dokonce jsem si na něj nakoupil některé součástky, ale bohužel téma se neschválilo. Takže jsem si vybral výrobu pomůcek pro výuku elektronických systémů budov (ESB). Toto téma mě také zaujalo. S panem učitelem Slavíkem jsme se domluvili, že bych mohl vytvořit modely pro programovatelné výstupy (PG). Ty jsou součástí systému Jablotron a se kterými se ve 4. ročníku učíme pracovat.

Učení s PG probíhá tak, že nejprve se o nich naučíme něco teoretického a poté si vše prakticky vyzkoušíme. Když už jsme s nimi seznámeni, můžeme je otestovat v učebně S13, kde máme tři panely s funkčním celkem systému Jablotron. Ústředna a pár periférií od PIR čidel po kouřové detektory. Včetně PG výstupů. U většiny periférií máme nějakou akustickou nebo vizuální zpětnou odezvu, takže vidíme, že to něco dělá. Ale u PG výstupů máme jako indikaci sepnutí pouze LED nebo je slyšet cvaknutí relé. Takže mým úkolem je vytvořit modely, které budou simulovat věci, které se nejčastěji automatizují pomocí PG.

Mezi věci, které si myslím, že se nejčastěji automatizují patří osvětlení, odvětrávání a vjezdová brána, proto jsem se rozhodl vytvořit modely těchto tří systémů. Úkol je tedy takový, že sestrojím 3 samostatné modely, které budou zapojeny do jednoho přepínacího modulu, ten bude připojen na kontakty C a NO programovatelného výstupu, které bude řízeno Jablotronem. Na modulu bude otočný přepínač se třemi polohami, kterým se bude volit jednotlivý model, který se bude zrovna používat. Zároveň bude napájen spínaným zdrojem, který bude zajišťovat napájení 5 V pro modely a mikrokontrolér.



Obrázek 1 - blokové schéma

Dále jsem měl za úkol vytvořit zadání elektronického zabezpečovacího systému, ve kterém bude použito PG a bude ovládat jeden z modelů. Zadání jsou ve verzi pro žáky a pro učitele. Ty pro učitele budou obsahovat obrázky se správně nastavenou ústřednou a jednoduchým popisem.

Všechny díly, které jsou tištěny na 3D tiskárně jsem modeloval já v programu Autodesk Inventor Professional 2022. A následně přes UltiMaker Cura převedl do GCODE. Více o 3D tisku je v kapitole **1.3. 3D tisk**

1.1. Popis modelů

Model světla je vytištěn z jednoho kusu na 3D tiskárně, uvnitř se skrývá plošný spoj osazený LED a rezistory. Přívod je řešen pomocí čtyř žilového kabelu, kde jsou využity pouze dvě žíly. Zbylé dvě slouží jako záloha například při přelámání, tak aby se nemusel měnit celý kabel, ale jen se přepájí jiné žíly. Je ovládán tak, že po dobu sepnutí programovatelného výstupu světlo svítí nepřetržitě.

Model ventilátoru je řešen obdobně jako světlo, pouze s tím rozdílem, že má jiný kryt a uvnitř je schován ventilátor. Samotný ventilátor jsem nevyrobil, byl použit ze starého projektoru. Na krytu je oranžová LED, která signalizuje běh, tak jako je to u skutečného. Také využívá jen dvě žíly ze čtyř, zbylé dvě žíly slouží jako záloha.

Model posuvné brány byl o něco složitější je z více kusů, obsahuje snímače polohy a pohon. Je ovládán pomocí obvodu, který se nachází v přepínacím modulu. Reaguje na sekundové impulsy z programovatelného výstupu. Připojení je řešeno pomocí UTP kabelu se čtyřmi páry. Zde je využito 7 žil, jedna slouží jako záloha.

Přepínací modul je krabička, která je také vytištěna na 3D tiskárně a obsahuje plošný spoj s mikrokontrolérem Arduino, otočný přepínač na výběr modelu a H-bridge, který řeší otáčení směru chodu pohonu brány. Více o arduinu je v kapitole **1.4. Arduino**

Připojení PG výstupu k přepínacímu modulu je řešeno také pomocí 4 žilového kabelu, kde jsou 2 žíly spojeny, takže slouží jako záloha například při přelomení jedné žíly. To znamená, že při zlomení se nebude muset měnit celý kabel, ale pouze se přepojí ve svorkovnici u PG výstupu.

Každý model včetně přepínacího modulu má možnost přidělení na panel v učebně S13 díky zápusťným matkám a šroubku velikosti M4 s podložkou.

1.2. Jablotron

Jablotron je český výrobce elektronických zabezpečovacích systému (EZS). EZS se instaluje do bytů, domů, kanceláří, skladů a mnoho dalších objektů. Má za úkol chránit majetek a zdravý obyvatel daného objektu. Jak z názvu vypovídá k ochraně používá elektronické prvky – čidla a signalizaci. Systém se ovládá nejčastěji pomocí klávesnice to je prvek, který má display a ovládací tlačítka. Hlavní mozek EZS je ústředna ta ovládá veškeré akce, jsou do ní připojeny všechny prvky, a to drátově pomocí sběrnice nebo bezdrátově pomocí rádiové komunikace. Ústředna se programuje pomocí programu F-link. Dále může ovládat doplňkové prvky jako jsou právě třeba programovatelné výstupy, se kterými je spojena tato dlouhodobá maturitní práce.

1.2.1. PG výstupy

Programovatelný výstup je ovládán ústřednou. Má veliké množství použití a režimů.

Základem je plošný spoj s elektronikou, která komunikuje s ústřednou, na její povel spíná a rozspíná elektromagnetické relé, které nám může spínat mnoho zařízení bez podpory připojení přímo na sběrnici.

Musíme dávat pozor na maximální hodnoty proudu a napětí, které relé vydrží.

1.2.2. F-link

Program F-link také využívám v mé dlouhodobé maturitní práci. Využívám ho k vytvoření pracovních listů pro učitele (vyplněné). V jednotlivých záložkách nastavím ústřednu dle zadání v pracovních listech.

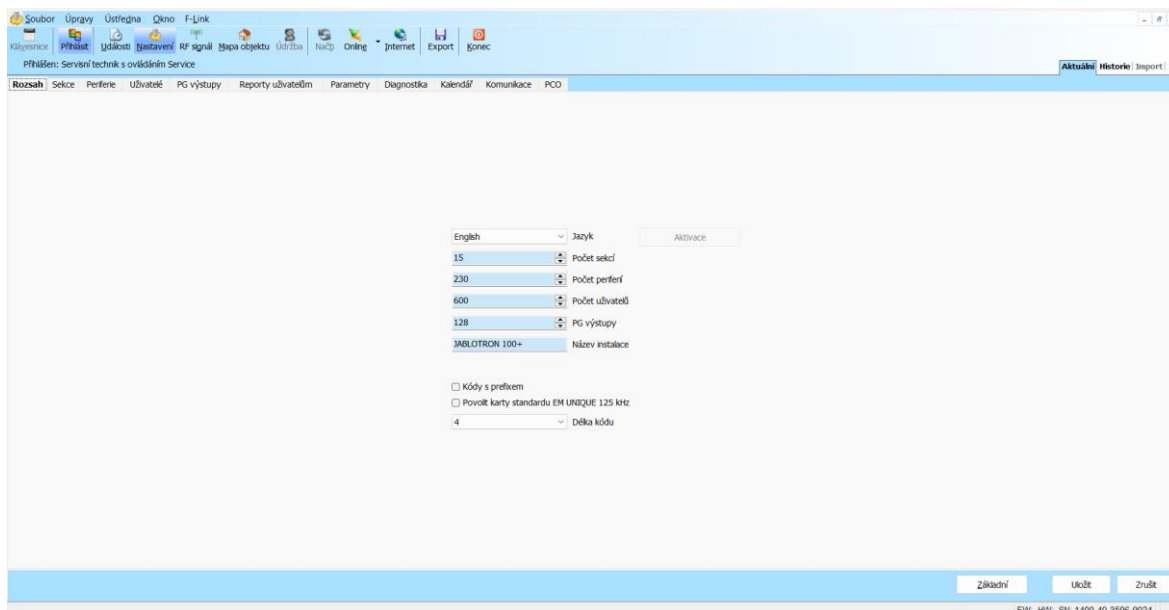
Program není veřejně dostupný a nelze ho jen tak někde stáhnout, mají k němu přístup montážní partneři Jablotronu a my se s programem také setkáme v rámci výuky. V něm se pak nastaví celá ústředna, přidají periferie, nastaví uživatelé, PG výstupy a mnoho dalšího.

Offline nastavení ústředny znamená, že nemusíme být připojení na ústřednu a můžeme si program předpřipravit. To používám já pro výrobu pracovních listů.

Lokální spojení s ústřednou pomocí USB kabelu. Lze načíst konfiguraci uloženou v ústředně, nastavovat ji a hned do ní zapisovat

Dálkové spojení, pokud má ústředna přístup k internetu lze ji konfigurovat na dálku.

To je dobré v případě toho, pokud chce zákazník nějaké jednoduché donastavení například přidání uživatele nemusí servisní technik dojíždět.



Obrázek 2 - rozhraní programu F-link

1.3. 3D tisk

Protože je moje dlouhodobá maturitní práce hodně o 3D tisku, chtěl bych tuto kapitolu věnovat informacím o něm.

Je to způsob výroby trojrozměrných předmětů pomocí 3D tiskárny (případně 3D pera). Jedná se o aditivní výrobu, což znamená, že se materiál přidává. Na rozdíl od obráběcích strojů, kde se z celistvého bloku materiál odebírá, dokud nezbyde jen požadovaný tvar zde po jednotlivých vrstvách materiál přidáváme. Nejprve je nutné vytvořit virtuální návrh objektu v programu pro modelování ve 3D. Další možností je naskenování existujícího objektu pomocí 3D skeneru. 3D skener udělá 3D digitální kopii objektu, takže již není nutný virtuální návrh. Předmět potom vzniká postupným nanášením vhodného materiálu po velmi tenkých vrstvách, které se vzájemně spojují např. tavením nebo lepením. Pomocí 3D tisku lze vytvářet složité tvary a konstrukce, jež by nebylo možné zhotovit žádným jiným způsobem. [1]

1.3.1. Návrh 3D modelu

Objekty jsem navrhoval v programu Autodesk Inventor Professional 2022, který jsem

si stáhl z oficiálního webu. Díky tomu, že jsem se ověřil jako student jsem dostal předplatné programu na rok zdarma.

V tomto programu si vytvoříme jakýkoliv model ve 3D. Potom ho exportujeme v souboru STL, s tímto souborem tiskárna pracovat neumí. Proto jsem použil program, který se jmenuje UltiMaker Cura. V tomto programu si nastavíme veškeré hodnoty tisku např.: teplotu trysky, teplotu podložky, rychlosti posuvů a mnoho dalšího.

1.3.2. Použitý materiál

Jako materiál na tisk dílů jsem použil PLA. Používám ho, protože se s ním snadno tiskne, nekrouť se a neměl by být škodlivý při tavení.

PLA (Polylactic acid – kyselina polymléčná) je polyester z rostlinných materiálů. Jedná se o ideální materiál pro každodenní použití, nejen pro začátečníky. PLA nevyžaduje vyhřívanou podložku, tiskne se rychle a při nízkých teplotách (bod tání okolo 175 °C). Dají se z něho tisknout jak drobné a detailní, tak i velké modely zabírající téměř celou tiskovou plochu. Na rozdíl od jiných filamentů se PLA téměř nekrouť. Tento materiál je vhodný na rychlé prototypování, tvorbu levných a hezkých modelů – konceptů, prototypů, jednoduchých hraček, šperků, postaviček apod. Nehodí se pro technické ani venkovní použití: Neodolává vysokým teplotám (měkne už při 60 °C), podléhá rozkladu vlivem UV záření a mechanicky také nepatří mezi nejodolnější materiály – při nárazu se láme po vrstvách či po střepinách (oproti jiným materiálům, které se spíš ohnou). Ani soudržnost vrstev není tak dobrá jako u jiných druhů filamentů. Broušení PLA je možné smirkovým papírem, chce to však materiál chladit vodou.[2]

1.4. Arduino

Do své práce jsem si vybral Arduino nano kvůli tomu, že je malé, má dostatečný počet pinů, snadno se programuje a je napájené pomocí 5 V, které používám.

Arduino je mikrokontrolér s jednoduchým hardwarem i softwarem. Je určeno pro začátečníky, kteří se zajímají o elektroniku, ale také zkušeným vývojářům, kteří s ním mohou realizovat své projekty. Má mnoho modelů, nejčastěji používané jsou nano, uno, mega. Liší se ve velikosti a počtem pinů.

1.4.1. Hardware

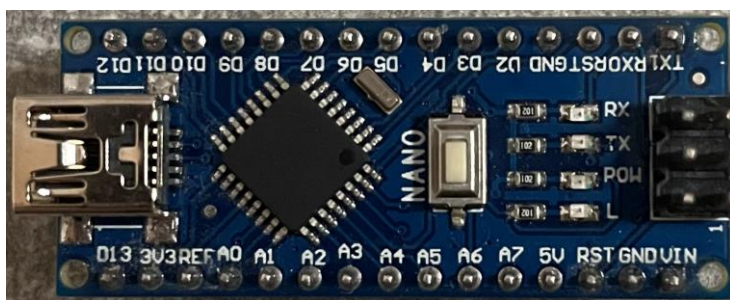
Základem je plošný spoj, na kterém je samotný mikrokontrolér řady ATmega, který vše ovládá. K programování slouží USB konektor a převodník, který už samotné Arduino obsahuje. Na desce se také nachází krystalový oscilátor, který časuje mikrokontrolér, určuje rychlost procesoru a dokáže synchronizovat data. Dále obsahuje flash paměť, která umožňuje uchování dat i po odpojení napájení.

K připojení všech periférií k arduinu se používají piny, které má Arduino po jeho stranách. Piny mohou být výstupní i vstupní záleží na softwarovém nastavení, jsou rozděleny do skupin analogových a digitálních.

Analogové piny – mohou být vstupní i výstupní, jejich počet se liší řadou Arduino. Pracují s úrovněmi 0-1023.

Digitální piny – mohou být vstupní i výstupní, je jich více než analogových a také se jejich počet liší řadou Arduino. Pracují s logickými úrovněmi 0 a 1, přičemž 0 znamená napětí blízké 0 V a 1 napětí blízké 5V. Také mohou mít PWM – pulzní šířková modulace, která se používá pro regulování rychlosti otáčení motoru, změny jasu LED a mnoho dalšího. Funguje tak, že rychle střídá 0 a 1 a poměrem času kdy je 0 a kdy 1 mění celkové výstupní napětí, protože střídání má velikou frekvenci nelze tyto pulzy zaznamenat. Např.: poměr času 0 a 1 je 50 % na výstupu bude teoreticky 2,5V.

Ostatní piny – například GND, +5 V, reset a Vin. Pin Vin využívám ve své práci pro napájení Arduino ze zdroje. Tento pin je zapojen ještě před stabilizátorem napětí, který má Arduino v sobě také, takže je chráněno před nějakým možným přepětím na zdroji napětí. Kdybych použil k napájení přímo pin +5 V tak by taky fungovalo, ale mikrokontrolér je velmi citlivý a při napětovém výkyvu by mohlo dojít k jeho zničení.



Obrázek 3 - arduino nano hardware

2. Popis autorského řešení

V této kapitole je popsána výroba modelů a pracovních listů

2.1. Model světla

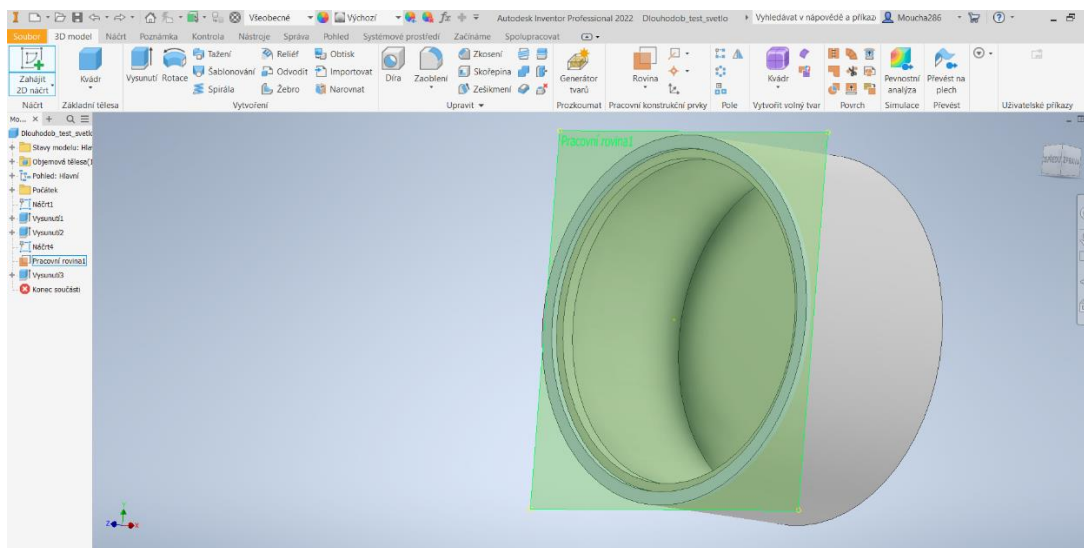
Nejdříve jsem si promyslel, jak by takový model mohl vypadat, inspiroval jsem se bodovým světlem ve stropu, z kterého jsem také použil vrchní část plastu, přes který není vidět, ale světlo přes něj projde a rozptýlí se po celé části.

2.1.1. Výroba krytu

Po promyšlení jsem začal navrhovat 3D model v programu Autodesk Inventor Professional 2022. Rozměry jsem zvolil takové, aby se všechny modely vešly do prázdného místa na panelu v S13 a také podle vrchního krytu z bodového světla.

Světlo je válec s průměrem 83 mm a výškou 43 mm. Uvnitř je dutý, má pouze spodní stranu. Tloušťky stran jsou 4 mm. Na vnitřní straně je zarážka kvůli vrchní části propustného plastu, aby nepropadla dolů a byla zároveň s vrchní hranou.

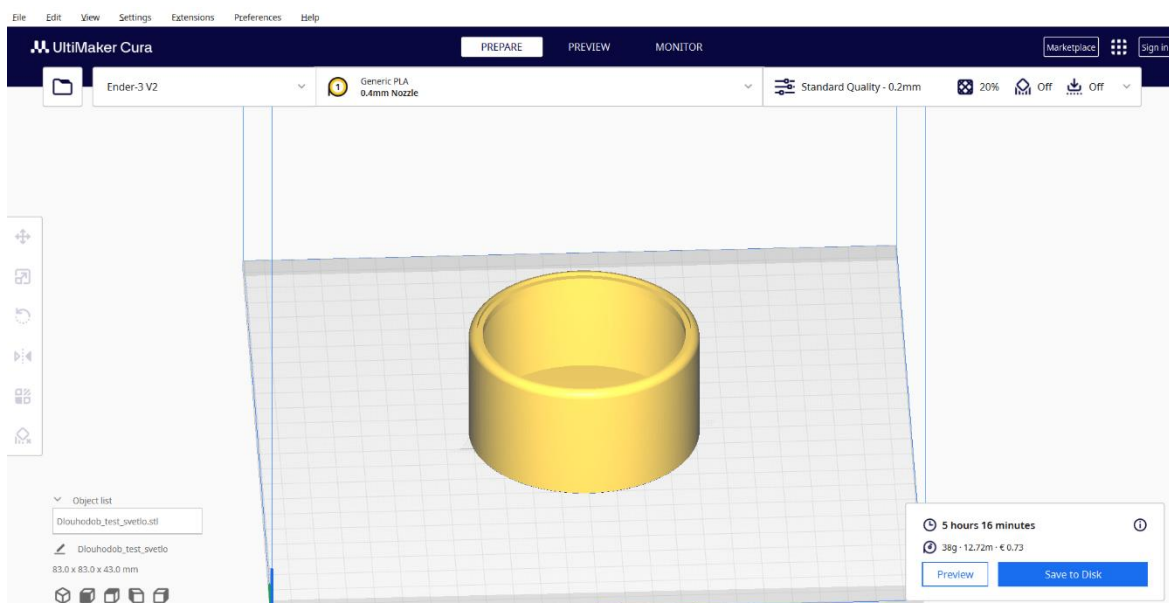
Pohled na 3D model v programu Autodesk Inventor Professional 2022:



Obrázek 4 - modelování světla

Hotový model v souboru STL jsem dal do programu Cura, kde jsem upřesnil parametry tisku. Podpory tisku zde nebyly potřeba, takže vypnuty. Teplota trysky 215 °C a teplota podložky 55 °C, tloušťka vrstvy 0,2 mm. Tryska 0,4 mm. A převedl do souboru GCODE.

Pohled na prostředí programu UltiMaker Cura, který provádí převod do GCODE:

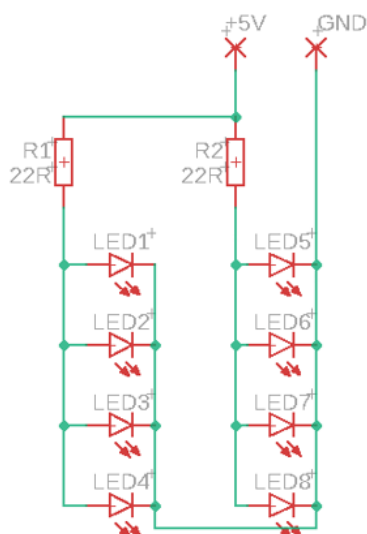


Obrázek 5 - UltiMaker Cura

Připravil jsem tiskárnu, odmastil podložku, zkalibroval trysku proti podložce, protože jsem dlouho předtím netiskl a mohl jsem dát model tisknout. Po tisku jsem model trochu očistil a kryt byl hotový

2.1.2. Výroba plošného spoje

Sestrojil jsem si schéma v programu Eagle s osmi bílými SMD LED, s úbytkem napětí 3,4 V a odběrem 20 mA a jsou zapojeny paralelně. Musel jsem také použít dva SMD rezistory, abych předešel zničení diod.



Obrázek 6 - schéma led

Výpočet odporu pro 4 SMD Led paralelně:

$$R = \frac{U - U_d}{I} = \frac{5 - 3,4}{4 * 0,02} = 20\Omega$$

Za U dosazuji napětí zdroje, U_d je úbytek napětí na Led, za I proud, který může protékat diodou, tak aby nedošlo k její zničení. Proud se udává pro jednu diodu, protože mám 4 paralelně tak ještě musím vynásobit proud čtyřmi. Jak víme, tak v paralelním zapojení se sčítá proud

Odpor mi tedy vyšel 20Ω , ale nejbližší SMD rezistor byl 22Ω , což nevadí lepší více než méně. Použil jsem 2x SMD 0805 s označením 220, to odpovídá 22Ω

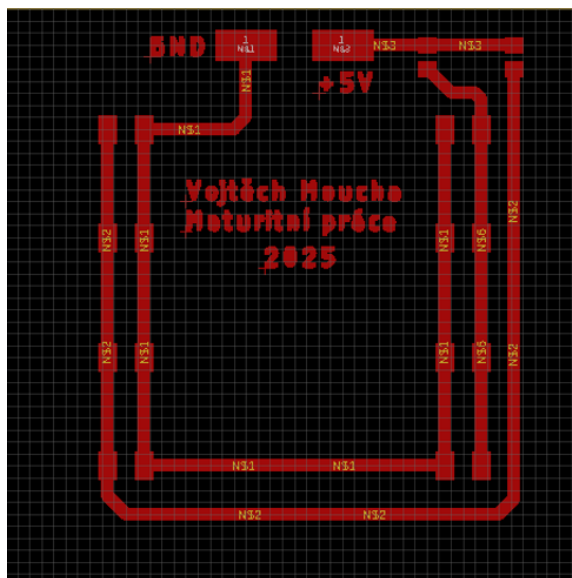
Odpory, co používám mají jmenovitý výkon $0,125W$, tak si musím ověřit, že ho nepřesáhnu.

Výpočet výkonu: $P = (U - U_d) * I = (5 - 3,4) * 0,08 = 0,128W$

Výkon na rezistoru se přesáhne jen o $2mW$ což si myslím, že snese.

Po dodělání schéma a nastavení rezistorů jsem se mohl pustit do rozvržení komponentů na desku plošného spoje a navrhnutí cest, použil jsem k tomu také program Eagle.

Na plošném spoji jsem označil polaritu napájení, a také jsem na ni napsal svoje jméno a rok.



Obrázek 7 - plošný spoj led

2.1.2.1. Leptání plošného spoje

Po dokončení návrhu plošného spoje jsem si ho vytiskl na papír, abych si vše zkontroloval, než ho přenesu na poměděnou destičku. Po ověření, že je vše tak jak má si destičku očistím pod vodou jemným smirkovým papírem, tím dostanu dolu oxidaci a jiné nečistoty z mědi. Potom si vezmu přenosový papír, dám ho do zásobníku tiskárny místo normálního papíru. A okopíruji na něj už zkontrolovaný návrh. Je důležité, aby tiskárna byla laserová s jiným typem tato metoda nefunguje. Vezmu si očištěnou destičku, ještě jí odmastím, přiložím na měděnou stranu přenosový papír a zafixuji. Žehličkou přitlačím a zahřeji. Po přežehlení mohu papír pod vodou sundat

a na destičce mi zůstanou jen cesty toneru.

Připravenou destičku vložím do chloridu železitého a nechám odleptat měď, která není pokrytá tonerem. Po vyleptání všech míst už hotový plošný spoj omyji, abych zastavil leptání a jemným smirkovým papírem pod vodou odstraním toner z cest.

Plošný spoj se nemusel vrtat, protože jsem použil SMD součástky.

2.1.3. Skládání modelu

Po vyrobení všech potřebných částí jsem se mohl pustit do skládání.

Nejprve jsem osadil plošný spoj komponenty. Celkově 8 bílých SMD LED a 2 SMD 0805 22Ω rezistory.

Do vytisknutého krytu jsem vyvrtal díru o průměru 4 mm, kterou potřebuji pro protáhnutí kabelu. Na dno krytu jsem přilepil vteřinovým lepidlem hotový plošný spoj. Kabel, který jsem používal má 4 vodiče – červený, černý, zelený, žlutý. Pro připojení plošného spoje jsem použil černý a červený vodič, ostatní zůstaly nevyužité a slouží jako rezerva. Při skládání mě napadlo, že bude potřeba zabezpečit kabel proti vytrhnutí z modelu, s tím mi pomohly stahovací pásky. Ještě jsem do zadní části zatavil zápusťnou matku M4 pro připevnění na panel v S13. Nasadil jsem propustný kryt a první model byl hotový.

Pohled do modelu světla před přiděláním propustného krytu:



Obrázek 8 - světlo

2.2. Model ventilátoru

Podobně jako u modelu světla jsem si promyslel, jak by takový model ventilátoru mohl vypadat. Inspiroval jsem se ventilátorem, který máme doma v koupelně. K realizaci jsem použil 3D tisk a ventilátor ze starého projektoru.

2.2.1. Výroba krytu

Svůj návrh, který jsem měl v hlavě, jsem převedl v programu Autodesk Inventor Professional 2022 do formy 3D modelu. Rozměry modelu jsem chtěl mít podobné jako rozměry světla, ale také jsem musel brát v potaz rozměry použitého ventilátoru, které byly 80 x 80 x 25 mm. Konečné rozměry modelu jsou 86 x 86 x 28 mm.

Stěny krytu mají tloušťku 3 mm. Kryt je kvádr, ve kterém je vložený ventilátor. V místech, kde se točí vrtule, je v krytu udělané žebrování tak jako u skutečného. V pravém dolním rohu je 5 mm oranžová LED, která signalizuje chod ventilátoru.

Soubor STL, ve kterém je uložen 3D model, jsem převedl pomocí programu UltiMaker Cura do souboru GCODE, který používá 3D tiskárna. Nastavení tisku zůstalo stejné jako u světla.

Odmastil jsem podložku 3D tiskárny a začal tisknout kryt, po vytištění jsem kryt očistil a byl hotový.

2.2.2. Skládání modelu

Do vytištěného krytu, do pravého dolního rohu, jsem vyvrtal 5 mm díru pro oranžovou LED a sériově k ní připájel rezistor. Podle výpočtu má mít rezistor hodnotu 140Ω, ale nejbližší jsem měl 150Ω. Také jsem si ověřil výkon na rezistoru, ten bude 56mW, rezistor zvládne 250mW. Použil jsem tedy THT rezistor s odporem 150Ω, který chrání LED před zničením.

Výpočet odporu pro LED: $R = \frac{U - U_d}{I} = \frac{5 - 2,2}{0,02} = 140\Omega$

Výpočet výkonu: $P = (U - U_d) * I = (5 - 2,2) * 0,02 = 0,056W$

Dále jsem do krytu vyvrtal další díru, a to pro přívodní kabel o průměru 4 mm, ten jsem také zafixoval proti vytržení pomocí stahovacích pásek.

Připravenou LED s rezistorem jsem připájel paralelně k motoru ventilátoru a přívodnímu kabelu. Zde jsem také použil kabel se čtyřmi vodiči, ale využil jsem pouze dvě, zbylé jsou jako záloha.

Poté už zbývalo jen vložit ventilátor do krytu, zalepit ho vteřinovým lepidlem, zatavit do něj dvě zápusťné matky velikosti M4 pro připevnění na panel v S13 a model byl hotový.

Pohled na model ventilátoru z přední strany:



Obrázek 9 - ventilátor

2.3. Model posuvné brány

Dát tento model dohromady mi dalo o hodně více práce než u předešlých modelů. Skládá se ze čtyř částí vytištěných na 3D tiskárně, stejnosměrného elektromotorku, koncových spínačů, a mechanismu pohonu brány.

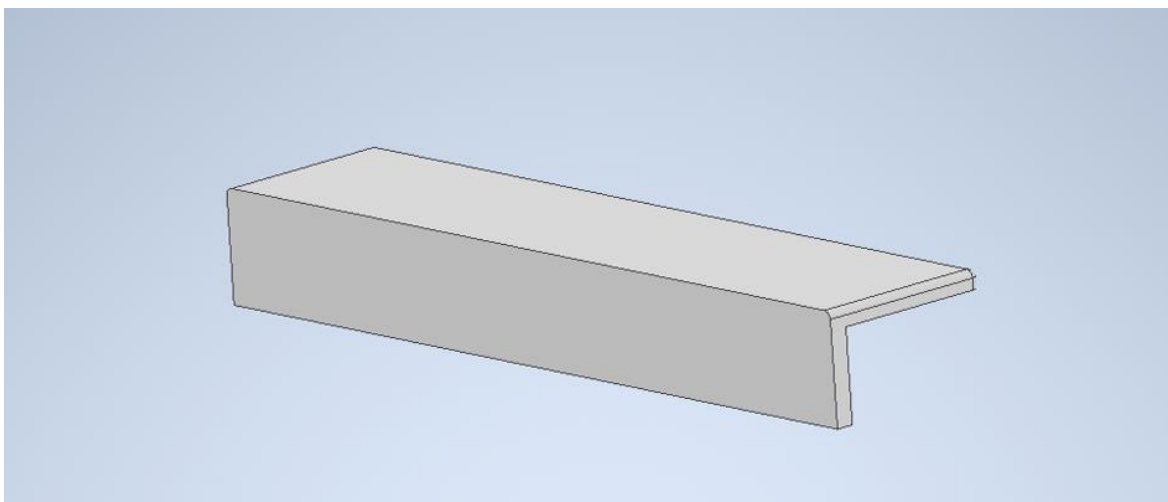
Nejvíce mi dalo zabrat vymyslet, jak to celé bude fungovat, jak to bude přidělané na panel, a hlavně jak realizuji pohon. U toho jsem přemýšlel nad ozubeným kolečkem na motoru a hřebenem na bráně, ale netušil jsem, jak takové ozubená kolečka a hřeben mají mít tvar, aby do sebe přesně zapadaly, nepřeskakovali a jestli vůbec by zuby z PLA vydržely. Tímto problémem jsem se zabýval dlouho. Později jsem zkoumal svou 3D tiskárnu a všiml jsem si, že posuv osy Y je realizován pomocí trapézové tyče. Takže to bylo jasné bránou budu hýbat pomocí závitové tyče, která se bude otáčet pomocí motorku a v bráně bude zatavená matka. Obyčejná závitová tyč asi nebude

úplně přesná, ale pro tyto účely myslím, že bude dostačovat.

Na papír jsem si nakreslil, jak by model mohl vypadat a začal jsem modelovat.

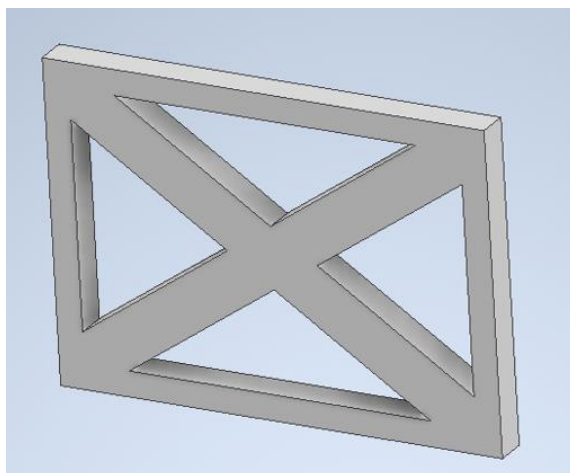
2.3.1. Výroba součástek

Hlavní základnu, která bude připevněná k panelu a bude na ní stát celý model jsem navrhl jako L – profil. Ten je dlouhý 220 mm, bok, který bude na straně panelu je široký 30 mm, základna, na které bude stát celý model, je široká 50 mm a tloušťka 5 mm. Takže to jsem měl navrženou základnu, kterou jsem vymodeloval do 3D modelu.



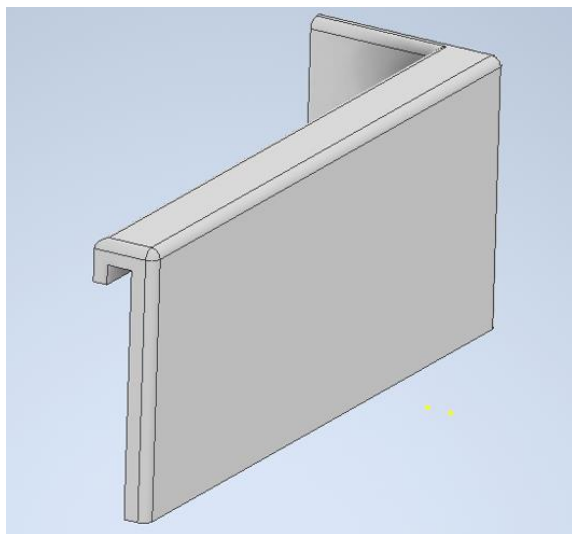
Obrázek 10 - základna vrat

Dále jsem potřeboval samotnou bránu, její velikost je taková, aby se na základnu vešel ještě pohon a sloupek. Velikost brány je 70 x 50 x 5 mm a má jednoduchý design, tak aby to nebyl jen plný kvádr. Také následně zpracováno do 3D modelu.



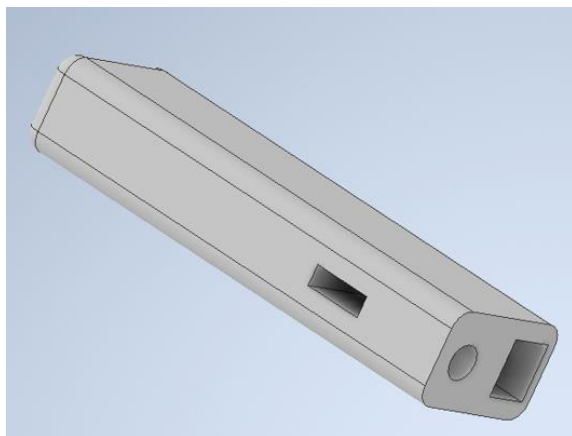
Obrázek 11 – brána

Následně jsem potřeboval něco, co zakryje pohon motoru a zároveň bude držet samotnou bránu ve své koleji.



Obrázek 12 – kolejnice

Jako poslední jsem modeloval sloupek, který bude na konci, bude vytvářet prostor pro bránu a v neposlední řadě v něm bude schovaný koncový spínač tak aby mikrokontrolér poznal, že je brána zavřená.



Obrázek 13 - sloupek

Všechny 3D modely v souboru STL jsem převedl pomocí programu UltiMaker Cura do GCODE. Nastavení tisku zůstalo stejné jako u předešlých modelů, jen u sloupku byly potřeba podpory tisku.

Následně jsem modely vytiskl a mohl jsem se pustit do sestavení pohonu.

2.3.2. Sestavení pohonu

Pohon je sestaven pomocí závitové tyčky velikosti M4 a délkou 75 mm. Tyčka je přidělaná k hřídeli motoru. Nevěděl jsem, jak ji přidělat na hřídel, tak aby byla ve stejné ose a nevibrovala, nakonec jsem jí přidělal tavným lepidlem, které je i po ztvrdnutí pružné, takže se může jemně ohýbat.

K bráně je napevno přidělaná matka velikosti M4, která se pohybuje na závitové tyčce v závislosti na směru otáčení motoru. Tím pádem mám vyřešený pohon.

Na pohon je použit 5 V stejnosměrný motor

2.3.3. Skládání modelu

Nejprve jsem na základnu přilepil vteřinovým lepidlem kolejnici a celý bok modelu, dále jsem umístil samotnou bránu s pohonem a pohon připevnil k základně. Vyzkoušel jsem posuv a fungoval, takže jsem se mohl vrhnout na koncové spínače.

Spínač, který signalizuje otevřenou bránu je umístěn z vnitřní strany boku modelu. Zavřenou bránu signalizuje spínač, který je umístěn ve sloupku, tak aby byl minimálně viditelný. Tím máme vyřešenou mechanickou část modelu.

K propojení modelu s ovládacím modulem jsem použil UTP kabel, který má čtyři páry, osm vodičů. K ovládání motoru jsem použil dva páry – červený a zelený, vodiče v těchto párech jsou spojeny to znamená, že červený a bílý červený vodič je spojený a u zeleného to stejné. Tím jsou zesíleny. Dále pro jsem do modelu potřeboval přivést GND, které je spínáno koncovými spínači jako signál do Arduina. Pro GND jsem použil bílý vodič od modrého páru. Spínač, který signalizuje otevřenou bránu posílá signál do Arduina přes hnědý vodič a spínač, který signalizuje zavřenou bránu posílá signál přes modrý vodič. Bílý vodič od hnědé páry zůstal neobsazen.

Zapojení vodičů modelu brány		
Model		Ovládání
motor	červený pár	H-B bridge
motor	zelený pár	H-B bridge
zavřeno	modrý	D9
GND	bílí od modré	GND
otevřeno	hnědý	D8
neobsazeno	bílí od hnědé	nebsazeno

Obrázek 14 - tabulka zapojení

Nakonec jsem do základny zatavil tři zápusťné matky velikosti M4, pro připevnění na panel v učebně D13

Pohled na model posuvné brány z přední strany:



Obrázek 15 - model brány

2.4. Ovládací modul

Tento modul neřeší žádnou simulaci, pouze řídí a přepíná modely podle výběru. Propojuje samotný PG výstup a modely podle polohy otočného přepínače.

2.4.1. Výroba krabičky

Pro ovládací modul jsem modeloval vlastní krabičku, ve které bude veškerá elektronika. Skládá se ze dvou dílů – krabička a víčko. Její rozměry jsou 93 x 93 x 63 mm. 3D model je vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2022.

3D model v souboru STL jsem pomocí programu UltiMaker Cura převedl na GCODE, se kterým tiskárna pracuje. Nastavení tisku je stejné jako u předešlých modelů.

2.4.2. Ovládací elektronika

K napájení celého souboru modelů slouží spínaný zdroj do sítě, který dodává napětí 5 V a maximální proud 2 A.

Pro připojení PG výstupu je z modulu vyveden čtyř žilový kabel, kde je černý a žlutý vodič spojen u červeného a zeleného to platí také. Slouží jako záloha, kdyby se jeden z nich ulomil. Dále je ovládací modul vybaven tlačítkem test, kterým lze vyzkoušet modely bez funkčního PG výstupu.

Hlavní součástí v ovládacím modulu je Arduino nano, které řídí ovládání brány.

Je osazeno na plošném spoji pomocí dutinkové lišty, takže se Arduino dá kdykoli vyndat a následně přeprogramovat nebo vyměnit.

Arduino je naprogramováno jednoduchým programem, který řeší spínání H – bridge a tím otáčení směru chodu posuvu. Arduino pomocí koncových spínačů hlídá, zda je brána otevřená nebo zavřená, a následně po příchodu sekundového signálu z PG výstupu otevírá nebo zavírá bránu do koncové polohy. **Program, který Arduino obsahuje je v příloze této práce.**

Dále je do plošného spoje zapojen tří polohový, dvou obvodový přepínač, kterým se přepíná mezi jednotlivými moduly.

Na plošném spoji jsou body, které slouží pro připájení jednotlivých modelů. Pro model světla a ventilátoru jsou zde dva body a to pouze +5 V a GND. Pro model brány zapojení dle: **Obrázek 14 – tabulka zapojení.**

2.4.3. Sestavení

Do krabičky je vyvrtáno 6 děr pro modely, přívod napájení, připojení PG výstupu a testovací tlačítko.

Ve středu víčka krabičky je vyvrtaná díra s průměrem 9 mm, která je osazena přepínačem.

Víčko a krabička jsou spolu sešroubovány pomocí čtyřech šroubků velikosti M3 se zápusťnou imbusovou hlavou H3.

Tímto je přepínací modul hotový a tím i celý soubor modelů

2.5. Pracovní listy

Pracovní listy slouží jako zadání práce a mají strukturu těch, které používáme. V těchto je zadáno použití PG výstupu se zabezpečovacím systémem. Jsou vytvořeny v programu Word. A jsou **přiloženy v příloze této práce.**

3. Závěr

Cílem mé práce bylo sestavit výukové modely na ESB. Model světla byl jednoduchý na výrobu, ale vyskytlo se zde pár problémů a to, že první pokus o leptání desky ve škole se nepovedl tak, jak bych očekával, takže jsem ji vyleptal doma. Další problém nastal, že jsem ze začátku špatně vypočítal hodnoty rezistorů a celkové zapojení, takže následovala výroba desky verze 2, která se povedla a je použita. Tím byl první model dokončen. Model ventilátoru byl také jednoduchý a nebyly s ním žádné problémy. Model posuvné brány byl o něco složitější, dalo mi zabrat vycentrovat závitovou tyčku na osu motorku a také jsem měl problémy s plošným spojem, kde mi nechtěl fungovat můj vyrobený H-bridge, takže jsem musel použít už sestavený. Ten jsem vsadil do mého plošného spoje. U testování H-bridge jsem spálil několik tranzistorů.

Náklady na součástky činily přibližně 250 Kč z toho 62 Kč otočný přepínač, 18 Kč koncové spínače, 40 Kč závitová tyč, 70 Kč šroubky s matky a 60 Kč korun vteřinové lepidlo. To jsou jen věci, které jsem objednával přímo kvůli této práci. Zbytek jsem měl ze školy nebo z vlastní zásoby.

Svoji práci bych vyhodnotil jako schopnou pro výuku v předmětu elektronické systémy budov. Výrobek je bezpečný není na něm nic, o co by se dalo poranit. Také je napájen bezpečným napětím 5 V. Myslím si, že designově jsou modely pěkné a ladí k sobě navzájem. Barva všech součástí je mysticky zelená, podle PLA filamentu, který mi zapůjčil ze školy pan učitel Slavík

Mě samotnému se líbí, že při pracování s PG výstupy bude vidět, že to opravdu něco ovládá. Doufám, že se moje práce bude využívat pro výuku a vydrží co nejdéle bez žádné poruchy.

Pracovat na této dlouhodobé maturitní práci mě nakonec bavilo a připomněl jsem si spoustu věcí, například návrh a leptání plošného spoje, jeho osazování a pájení, modelování 3D objektů, práci s 3D tiskárnou, a hlavně psaní ve Wordu. Kdybych měl dělat maturitní práci znovu určitě bych začal dříve.

Na závěr bych chtěl poděkovat ještě jednou panu učiteli Slavíkovi za jeho ochotu.

4. Seznam citací

[1] *3D tisk v kostce*. Online. Materialpro 3D. C2025. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/3d-tisk-v-kostce/>. [cit. 2025-03-23].

[2] *PLA*. Online. Prusa research. C2025. Dostupné z: https://help.prusa3d.com/cs/article/pla_2062. [cit. 2025-03-25].

5. Přílohy

(uvedeny v samostatných souborech v odevzdané složce)

Příloha I: Zadání maturitní práce

Příloha II: 3D model světla

Příloha III: 3D model ventilátoru

Příloha IV: 3D modely posuvné brány

Příloha V: 3D modely ovládacího modulu

Příloha VI: Kód v Arduino

Příloha VII: Pracovní listy nevypracované

Příloha VIII: Pracovní listy vypracované