

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 12: Tvorba učebních pomůcek, didaktická technologie

Posuvná a křídlová vjezdová brána řízená PLC LOGO a Foxtrot s variabilní kabeláží

**Vojtěch Bursa, Jakub Smělík
Liberecký kraj**

Liberec 10.3.2021

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 12: Tvorba učebních pomůcek, didaktická technologie

Posuvná a křídlová vjezdová brána řízená PLC LOGO a Foxtrot s variabilní kabeláží

Sliding and wing entrance gate controlled with PLC LOGO and Foxtrot with variable cabling

Autoři: Vojtěch Bursa, Jakub Smělík

Škola: Střední průmyslová škola strojní a elektrotechnická a Vyšší odborná škola, Liberec 1, Masarykova 3, 460 84 Liberec

Kraj: Liberecký kraj

Konzultant: Ing. Jiří Haňáček

V Liberci dne 10.3.2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Liberci dne 10.3.2020

Jakub Smělík, Vojtěch Bursa

Poděkování

Jmenovitě bychom chtěli poděkovat:

Ing. Jiřímu Haňáčkovi za vedení odborné práce a za cenné odborné rady v průběhu její realizace a za jeho přístup k nám a k této práci.

Ing. Radku Pavlíčkovi za cenné odborné rady v oblasti elektrotechniky a automatizace.

Panu Vladimíru Bursovi ml. za poskytnutí dílenských prostorů a nářadí pro kompletaci práce a za celkovou pomoc při této kompletaci.

Ing. Bc. Alešovi Najmanovi za odbornou výpomoc při 3D tisku.

Ing. Marku Pospíchalovi za odborné rady v oblasti zapojování, programování a práce s Arduinem.

Dále bychom chtěli poděkovat všem pedagogům, kteří s námi byli ochotni spolupracovat a jakkoliv nám pomohli s realizací této práce.

Anotace

Práce se zabývá návrhem učební pomůcky do školní laboratoře mechatroniky. Při návrhu této práce jsme se snažili rozšířit inventář školních laboratoří a poskytnout studentům nové možnosti výuky. Vychází z praktického užití vjezdových bran a snaží se tuto problematiku studentovi prezentovat co nejsrozumitelněji a nejjednodušeji. Díky výsledku této práce se žáci naučí pracovat s komponenty, jako jsou motory nebo senzory užívané v praxi, programovat PLC LOGO a Foxtrot a získají základy z pole elektroniky a automatizačních technologií.

Klíčová slova

Vjezdová brána; PLC; Arduino

Annotation

This work is dealing with designing teaching tool for school mechatronics lab. During working on this project, we tried to extend school labs inventory and provide new teaching options for the students. It is based on practical usage of entrance gates and it tries to present this problematic to student as comprehensible and simple as possible. Thanks to the result of this work, students will learn to operate with components like motors or sensors from practical usage, write programs for PLC LOGO and Foxtrot and they get basics from field of electrotechnics and automatization.

Keywords

Entrance gate; PLC; Arduino

Obsah

Úvod.....	1
1 Vjezdové brány	2
1.1 Vjezdové brány výsuvné	2
1.2 Technické řešení a kinematika výsuvných bran.....	3
1.3 Vjezdové brány křídlové	5
1.4 Technické řešení a kinematika křídlových bran.....	6
2 Funkčnosti vjezdových bran a PLC	8
2.1 Popis, použití a funkčnost PLC	8
2.2 Funkčnosti a řízení výsuvných bran.....	8
2.3 Funkčnosti a řízení křídlových bran.....	9
3 Sensorika.....	11
3.1 Rozdělení senzorů	11
3.2 Použité senzory	12
4 Zapojení.....	14
4.1 Zapojení PLC	14
4.2 Zapojení výstupních zařízení	15
4.3 Zapojení vstupních zařízení	16
4.4 Řešení nízkonapěťových modulů.....	17
5 Výroba dílů.....	18
6 Programování	20
6.1 Použití a programování Arduina	20
6.2 Možnosti programování funkčního modelu vjezdové brány.....	21
Závěr.....	23
Seznam obrázků	23
Použitá literatura	25
Seznam příložených souborů	28

Úvod

Problematiku této práce jsme se rozhodli řešit, protože jsme se chtěli přiučit novým věcem a naše teoretické znalosti ze školy použít i v praxi. Chtěli jsme si vyzkoušet vypracovat rozsáhlý projekt a poprvé za naše studium ho převést z papíru do skutečnosti. Rozhodli jsme se vytvořit model vjezdové brány, která bude řízená PLC LOGO. Nejprve jsme se rozmýšleli, jaké provedení vjezdové brány použijeme. Došli jsme k závěru, že provedeme dva nejrozšířenější typy – posuvnou a křídlovou. Obě brány mají určité ovládací prvky, které jsme museli detailně nastudovat a zapracovat do práce tak, aby byly brány funkční a zároveň jsme zachovali jejich jednoduchost. Jelikož jsme se snažili udělat model co nejuniverzálnější, rozhodli jsme se i kabeláž udělat variabilní a nenáročnou pro obsluhu. Díky tomuto provedení si studenti vyzkouší zapojení jednotlivých komponentů a díky možnosti vyměnitelné řídicí jednotky budou mít možnost se naučit různým způsobům programování.

1 VJEZDOVÉ BRÁNY

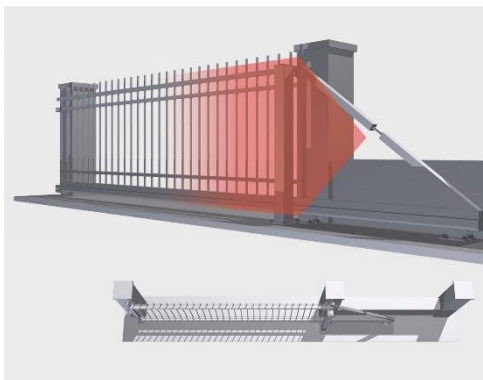
V této práci se seznámíme s vjezdovými branami. Je mnoho typů vjezdových bran, my jsme se rozhodli zpracovat dva nejvíce používané typy – výsuvné a křídlové. Konkrétně se s těmito branami seznámíme v následujících podkapitolách. Obě brány vyžadují jiný přístup při jejich ovládní a manipulaci s nimi, a proto jsou ideálními pro tuto práci.

1.1 Vjezdové brány výsuvné

S výsuvnými branami se setkáváme častěji než s křídlovými. Důvodem je, že zaberou méně prostoru na šířku. Ovšem je nutné počítat s tím, že brána musí mít volný prostor pro otevření, tudíž vedle samotného vjezdu musí být volný prostor na boku, který má přibližně délku brány. Pohon bran může být buď automatický nebo manuální.

Výsuvné brány se dělí na dva typy – samonosné a kolejnicové.

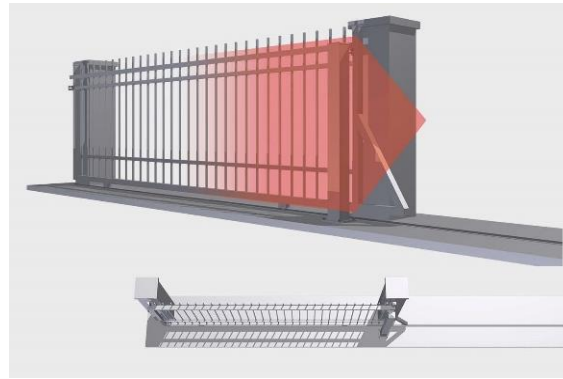
Samonosné brány jsou zavěšeny na podporách, na C profilech. Tyto podpory jsou pevně přidělané na betonovém základu. Výhodou této brány je, že oproti kolejnicové bráně tolik nevadí napadaný sníh, vyžaduje minimální údržbu, ale zabere více místa. Tento typ si více popíšeme v podkapitole technické řešení a kinematika výsuvné brány.



Obrázek 1 – vjezdová brána samonosná [12]

Kolejnicové brány jsou uloženy na kolečkách v kolejnicích. Tento typ brány zabere méně prostoru, avšak je potřeba mít vybetonovaný práh, ve kterém bude uložena kolejnice. Kolejnicové brány vyžadují pravidelnou údržbu – aby byl možný posuv brány, musí být kolejnice prázdná (nesmí tam být žádné kameny, listí, sníh apod.).

Jestliže je problém s nedostatkem místa, tak je možné zvolit výsuvnou bránu teleskopickou. S teleskopickým řešením se můžeme setkat jak u kolejnicového, tak u samonosného typu.



Obrázek 2 – vjezdová brána kolejnicová [12]

1.2 Technické řešení a kinematika výsuvných bran

Do této práce jsme zvolili výsuvnou bránu samonosnou s automatickým pohonem. Důvodem naší volby je, že to je nejpoužívanější typ výsuvné brány, jelikož toto řešení je elegantní a tato brána není tolik náročná na údržbu.

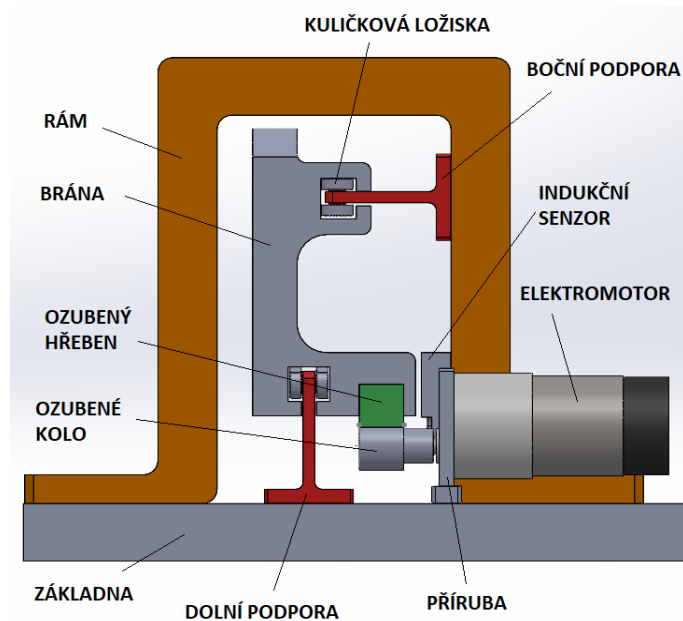
Technické řešení této brány v naší práci jsme se snažili udělat, aby se co nejvíce podobalo skutečnosti. V praxi jsou brány uloženy na C profilech, které jsou uloženy na podporách s kolečky. Brána musí být zajištěna jak z dolní strany, tak také z boku, aby neměla možnost se vyklopit z žádné strany. Dolní podpory musí být dvě a musí být mezi nimi určitá vzdálenost, aby byly schopné zachytit klopný moment, který bývá z důvodu velké délky brány a její váze velký. Tyto podpory musí být pevně připevněny k betonovému základu. Boční podpora stačí pouze jedna, protože nezachycuje tak velký klopný moment jako dolní podpory, musí být v honí části brány a musí být pevně připevněna k betonovému sloupku.

V této práci máme několik věcí vzhledově trochu jinak, než je ve skutečnosti, ale z funkčního hlediska to odpovídá realitě. Ve výsuvné bráně máme místo C profilů kolejnice, které jsou uloženy na dolních podporách (viz obrázek 4). Vzhledem k tomu, že brána je tvořena z plastu, tak nemá velkou hmotnost, a tím pádem nedochází k velkému klopnému momentu. Z tohoto důvodu jsme podpory neudělali jako na obrázku 3 se čtyřmi páry ložisek, ale pouze s jedním párem ložisek. Při sestavování modelu jsme řešili problém s bočním vychýlením brány, které způsobovala váha ozubeného hřebenu. Vyřešili jsme to vedením, které jsme připevnili na začátek a na konec dráhy brány, aby se brána nevychylovala v krajních polohách, ve kterých je toto možné vychýlení největší.



Obrázek 3 – podpora výsuvné brány [13]

Posuv výsuvné brány je zajištěn elektromotorem. Na dolní straně brány je po celé její délce připevněn ozubený hřeben, se kterým je spojeno ozubené kolo, které je připojeno k elektromotoru. Hřebeny jsou buď kovové nebo plastové s kovovým jádrem. Výhodou plastových hřebenů s kovovým jádrem je, že jsou tiché a odolné. Elektromotor je napojen na řídicí jednotku, kterou ho ovládáme. V této práci jsme použili kovový hřeben a řídicí jednotkou je PLC LOGO.



Obrázek 4 – technické řešení výsuvné brány

1.3 Vjezdové brány křídlové

Křídlové neboli otočné brány patří mezi nejčastěji využívané typy bran používané především v místech s nedostatečným prostorem na bočních stranách k použití bran posuvných. Obecně můžeme brány křídlové rozdělit na jednokřídlé, dvoukřídlé a skládané brány. Nejvýraznější nevýhodou otočných bran je nutnost volného prostoru pro otevření brány a není tedy možné tento prostor jinak využít.



Obrázek 5 – skládaná jednokřídlá brána [14]

Mezi jednokřídlými a dvoukřídlými branami není v zásadě žádný rozdíl kromě počtu křídel. Oba typy lze ovládat stejnými druhy pohonů, můžeme použít stejné druhy ovládacích prvků a často můžeme na jednom místě využít jak bránu jednokřídlou, tak bránu dvoukřídlou. V zásadě jde tedy jen o osobní preferenci a jen ve vzácných případech o konstrukční nutnost

(nevhodný terén, překážející okolní stavby, ...). Skládané brány využijeme v případě, kdy nemáme dostatek prostoru pro otevření jednokřídlé nebo dvoukřídlé brány nebo pokud vjezd, do kterého bude brána zasazena, je pro použití jiných bran příliš široký. Skládaná konstrukce této brány je mnohem kompaktnější a zabere mnohem méně prostoru než jakákoliv jiná křídlová brána.

Samozřejmě existuje i velké množství křídlových bran okrasných, které nelze přímo zařadit do jakékoliv výše zmíněné kategorie. Těmito branami se tu proto ani nijak zabývat nebudeme, už i proto, že je v praxi kvůli jejich cenové nedostupnosti tak často nevidíme.

Otevření brány docílíme ručním ovládním nebo automatickým pohonem, který se na určitý příkaz spustí. V případě ručního ovládním je celková konstrukce mnohem jednodušší a cena brány výrazně nižší díky absenci motorů, senzorů a dalších nutných ovládacích a bezpečnostních prvků. Pokud ovládáme bránu automaticky, zvýší se nám nejen cena, ale i čas konstrukce, přípravy a výroby brány, ovšem konečné používání brány je mnohem pohodlnější, jednodušší a často bezpečnější.



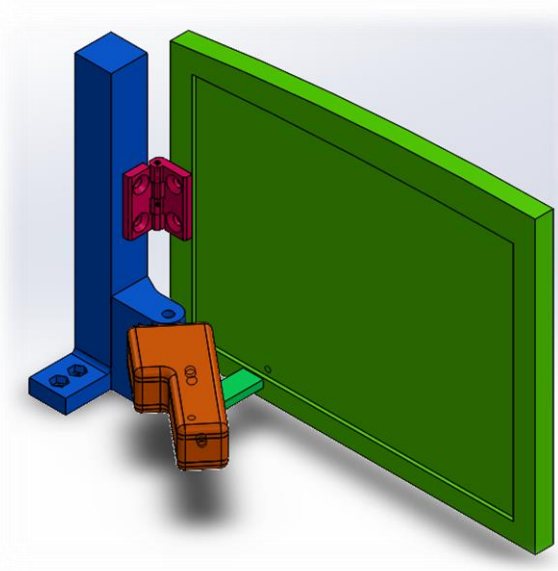
Obrázek 6 – podzemní pohon křídlové brány [15]

K automatickému otevření brány používáme dva typy pohonů – nadzemní a podzemní. Nadzemní pohon je nejčastěji založen na principu elektrického pohonu s ocelovou šroubovicí, která je přes jezdcu připojena k samotné bráně. Pohon podzemní ovládá křídlo brány přes rameno, na kterém je křídlo usazeno a které vede přímo z pohonu samotného.

1.4 Technické řešení a kinematika křídlových bran

Křídlové brány jsou založeny na principu rotace křídel okolo statických os, které se nacházejí na okrajích samotné brány. Touto rotací se brána otevírá a zavírá a můžeme jí docílit

několika různými řešeními pohonů. Často se jedná o jednoduché DC motory, které svůj konstantní rotační pohyb přenášejí přes určité ústrojí na bránu. Tato ústrojí mohou mít různé podoby, stejně tak i motory samotné. Nejčastěji se setkáme s lineárními pohony pevně spojenými s křídlem brány a vlastní osou rotace nebo s rotačními pohony, které přenášejí svůj pohyb pomocí páky.



Obrázek 7 – model vjezdové brány

Křídlo brány v této práci je pantem spojeno se sloupem, který je pevně připevněn na desku. Tento pant tak vytváří osu rotace pro křídlo brány. Celé toto řešení není daleko od praxe, ve které se nemusí nutně využívat přímo panty; stačí jen konstrukce pantu podobná.

V této práci jsme se rozhodli jít cestou lineárního pohonu pevně spojeného s křídlem brány. Na výběr jsme samozřejmě měli spoustu dalších možností, tato varianta byla ovšem pro nás nejpraktičtější. Motor totiž nevyžaduje žádný složitý způsob ovládání a je tak lehký zakomponovatelný do práce. Tento lineární pohon se skládá z DC motoru, převodovky a závitové tyče na které je usazen jezdec. Po zapnutí motoru se závitová tyč roztočí a jezdec se začne hýbat jedním ze dvou směrů. Tento lineární pohon je usazen do vodorovné vidlice vytvářející osu rotace motoru, která je vodorovná s osou rotace křídla ovšem její poloha je různá od polohy osy rotace křídla brány. Jezdec motoru je pevně spojen s křídlem propojovacím dílem, který zaručuje konstantní vzdálenost mezi jezdcem a bránou. Právě tento díl zaručuje správný pohyb brány a motoru a jeho délka má na tento pohyb velký vliv.

2 FUNKČNOSTI VJEZDOVÝCH BRAN A PLC

2.1 Popis, použití a funkčnost PLC

PLC je řídicí jednotka, která se používá pro řízení strojů nebo výrobních linek v reálném čase a program vykonává v cyklech. To znamená, že část programu je vykonávána opakovaně v závislosti na podmínce. Zkratka PLC je z angličtiny a znamená programmable logic controller – programovatelný logický automat. PLC se vyplatí použít pro úlohy, které by byly obtížné řešit přes reléové obvody.

V závislosti na konstrukci dělíme PLC na kompaktní a modulární. Kompaktní PLC obsahují dohromady procesor, vstupy a výstupy a někdy mohou obsahovat i zdroj. Modulární PLC mají zvlášť odděleny procesor, vstupy a výstupy a zdroj. Výhodou modulárních PLC je, že je můžeme rozšiřovat podle potřeby.

Programovat PLC můžeme více metodami. Zde popíšu dvě nejzákladnější často používané metody. První metodou je, že můžeme psát strukturovaný text. Výhodou strukturovaného textu je, že můžeme řešit velmi složité operace relativně jednoduchým programem, ovšem k programování je nutná znalost způsobu psaní programu. Druhou metodou jsou funkční bloky. Funkční bloky používáme pro jednodušší operace. Jejich výhodou je, že programování přes ně je daleko jednodušší a uživatel se základní programování může naučit v řádů hodin a nepotřebuje žádnou znalost programovacího jazyku. Jde o vkládání předpřipravených logických funkcí, které jsou znázorněny jako bloky a jejich propojování mezi sebou.

Instalace PLC je velice jednoduchá. PLC se připojí k DIN liště, kterou připevníme šrouby tam, kam potřebujeme. Do PLC se poté zapojují vodiče (na vstupy a výstupy) na svorkovnice, které jsou součástí PLC.

2.2 Funkčnosti a řízení výsuvných bran

Již jsme si vysvětlili, jak jsou výsuvné brány řešeny z mechanického hlediska. V této kapitole se budeme věnovat jejich funkčnostem a řízení.

Začněme u pohonné jednotky (motoru). Motor je zapojen do řídicí jednotky, přes kterou ho ovládáme. Aby se brána začala otevírat, či zavírat, potřebujeme příkaz, který odešle informaci o spuštění nebo zastavení motoru. Je mnoho různých ovládacích prvků, jejichž pomocí můžeme odeslat informaci pro spuštění motoru, my jsme do této práce vybrali tři ovládací prvky, které jsou nejvíce používané – tlačítko, RFID čtečka (čtečka pro čipy) a GSM

brána (modul, ve kterém je SIM karta, a který odešle informaci, když na danou SIM kartu přijde SMS s určitým textem, nebo když někdo zavolá na číslo dané SIM). Tyto ovládací prvky podají informaci o sepnutí do řídicí jednotky, která poté zapne motor. Po zapnutí motoru se brána začne vysouvat. Dále je důležité, aby se v její koncové poloze motor, který bránu pohání, automaticky vypnul. Na to se používají dorazy koncové polohy. Když je brána v koncové poloze, tak se dotkne dorazu, ten zpracuje a zašle informaci do řídicí jednotky, která motor následně zastaví. Pro zasunutí brány je nutné opět spustit motor, ovšem je důležité, aby se motor otáčel opačným směrem. Zapojení motoru tak, aby byl schopný se otáčet na oba směry je blíže popsáno v kapitole Zapojení. Pro zavření brány můžeme motor zapnout opět pomocí ovládacích prvků, nebo můžeme nastavit časovou prodlevu, aby se po určité době po otevření brána automaticky zavřela. Toto záleží na programu řídicí jednotky, kterým je ovládána. Z důvodu bezpečnosti je nutné nainstalovat bezpečnostní prvky. Jedním z bezpečnostních prvků je senzor, který rozpozná, zda je v prostoru brány objekt nebo je prostor brány volný. Tento senzor tam musí být z důvodu, že pokud se brána zavírá a některý objekt se dostane do prostoru brány (pes, člověk, automobil apod.), tak senzor odešle informaci do řídicí jednotky, která následně bránu zastaví, nebo ji opět otevře, a tak nedojde ke škodě, ke které by jinak došlo. Druhým bezpečnostním prvkem je maják, který je na jednom sloupku brány, a který v průběhu otevírání a zavírání brány bliká, aby šlo rozpoznat, zdali je brána v pohybu i za špatné viditelnosti.

V této práci jsme snímání koncové polohy zařídili jinak. Místo dorazů koncové polohy, jsme použili indukční senzory, které jsme nainstalovali na začátek a konec dráhy, kterou brána koná (pro stav vysunuto a zasunuto) a na bránu jsme přidělali kousek kovu. Když tedy brána dosáhne koncové polohy, tak k zastavení motoru dojde tak, že kov, který je přidělán na bráně se přiblíží k indukčnímu senzoru, který následně informaci zpracuje a odešle do řídicí jednotky, která poté zastaví motor.

2.3 Funkčnosti a řízení křídlových bran

Funkčnosti a řízení křídlových bran jsou velice podobné funkčnostem a řízením bran výsuvných.

Pohonnou jednotkou těchto bran jsou lineární pohony. Jednodušší řešení je jednokřídlá brána, jelikož je potřeba pouze jeden lineární pohon, a tedy zapojení je stejné jako u výsuvné brány. U dvoukřídlé brány je potřeba dvou lineárních pohonů, kde každé křídlo ovládá jeden lineární pohon. Podmínkou zapojení motorů dvoukřídlé brány je, že se každý motor musí otáčet jiným směrem, aby výsledné posuvné pohyby motorů šly proti sobě, jak při otevírání brány, tak při zavírání brány, aby se křídla brány otevírala do stejného směru, nikoliv do opačného. Dále je zde také důležité, aby byly motory spuštěny i vypnuty přibližně ve stejný okamžik. Pohonné

jednotky jsou zapojeny do řídicí jednotky, která ovládá celou bránu. Ovládání křídlové brány jsme zajistili stejně jako u výsuvné brány, přes tlačítko, RFID čtečku a GSM bránu. Samozřejmě i u tohoto typu bran je možné použít i jiné ovládací prvky. Ke zjištění koncových poloh bran se i zde používá dorazů koncových poloh, které odešlou informaci do řídicí jednotky tehdy, když se jich brána dotkne. Jsou dvě možné řešení, kam nainstalovat dorazy koncové polohy. Prvním řešením je připevnění koncových dorazů k zemi. Druhým řešením je nainstalování těchto dorazů přímo do lineárního pohonu. Toto řešení je elegantnější a praktičtější – dorazy nejsou vidět a nikde nepřekáží. Tyto dorazy jsou také zapojeny do řídicí jednotky, a když jsou spuštěny, tak řídicí jednotka zastaví lineární pohony. Zavření brány je možné řešit stejně jako u výsuvných bran (viz kapitola Funkčnosti a řízení výsuvných bran). Bezpečnostní prvky jsou zde stejně důležité jako u výsuvných bran a jsou řešeny stejně.

V této práci používáme pro snímání koncových poloh pro křídlovou bránu indukční senzory, které jsou připevněny na základové desce, pod křídly brány (v poloze otevřeno a zavřeno). Na dolní strany obou křídel jsme připevnili magnety, tudíž když se brána dostane nad indukční senzor, tak se odešle informace ze senzoru do řídicí jednotky, která následně lineární pohony zastaví.

3 SENZORIKA

Senzory se používají ke snímání určitých fyzikálních veličin (např. napětí, teplo, průtok apod.), které se následně převádějí na signál. Senzory mohou být buď dvoustavové nebo vícestavové. Dvoustavové pouze porovnávají hodnotu, jestli je větší nebo menší než nastavený limit. Vícestavové zasílají přesné informace. Do dvoustavových senzorů se řadí digitální senzory a do vícestavových senzorů se řadí senzory analogové.

Analogové senzory se používají pro spojitě analogové měření. Mohou být kontaktní i bezkontaktní. Výstupní hodnotou těchto senzorů je velikost proudu. Jejich výhodou oproti digitálním senzorům je jednoduchá konstrukce. K digitálnímu zpracování informace je potřeba A/D převodník.

Digitální senzory nám podávají binární informaci (1 nebo 0). Stejně jako analogové senzory mohou také být kontaktní i bezkontaktní.

3.1 Rozdělení senzorů

Rozdělení dle měřené veličiny:

- senzory tlaku
- senzory teploty
- senzory mechanických veličin (poloha, rychlost, natočení, posunutí, dráha apod.)
- senzory průtoku
- senzory elektrických veličin

Rozdělení dle fyzikálního principu:

- indukční senzory
- kapacitní senzory
- odporové senzory
- optoelektronické senzory

Rozdělení dle styku senzoru se snímaným objektem:

- dotykové senzory
- bezdotykové senzory

Rozdělení dle konstrukce:

- elektronické senzory
- magnetické senzory
- pneumatické senzory
- mechanické senzory
- elektromechanické senzory

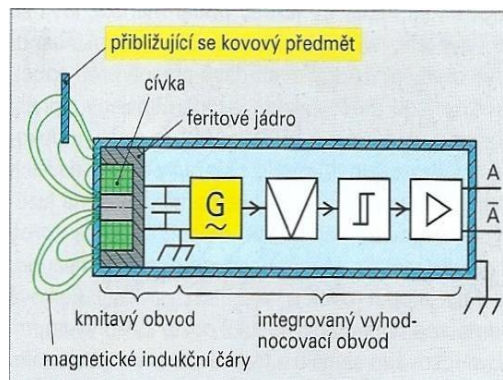
Rozdělení dle transformace signálu:

- aktivní senzory
- pasivní senzory

3.2 Použité senzory

Do této práce jsme použili dva typy senzorů – přibližovací indukčnostní senzory a optoelektronický senzor. Z důvodů vysoké ceny jsme nepoužili průmyslové senzory.

Přibližovací indukčnostní senzory jsme použili ke snímání polohy brány, viz. kapitoly funkčnosti a řízení výsuvných/křídlových bran. Tento senzor jsme použili z důvodu jeho funkčnosti, jednoduchosti a nízké ceny. Senzor vydává vysokofrekvenční elektromagnetické pole. Toto vysokofrekvenční elektromagnetické pole je tvořeno cívkou, která je spojena s LC oscilátorem (LC oscilátor je zařízení, které vytváří vysokofrekvenční kmitů). Přiblížením kovového předmětu se v elektromagnetickém poli vytvoří vířivé proudy a tím se zmenší amplituda kmitů. Když amplituda kmitů klesne na určitou hodnotu, tak se přepne klopný obvod a v závislosti na zapojení se buď spínač sepne nebo rozepne.



Obrázek 8– indukční senzor [18]

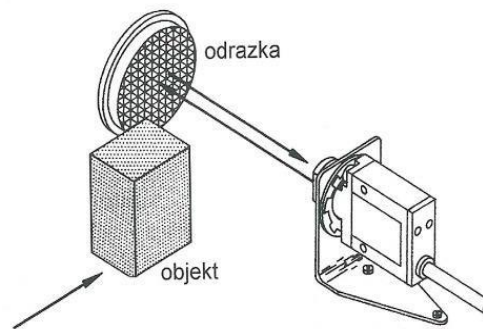
Optoelektronický senzor jsme použili jako bezpečnostní prvek, viz. kapitola funkčnosti a řízení výsuvných/křídlových bran. Jsou tři typy optoelektronických senzorů – jednocestná závora, reflexní závora a reflexní difuzní snímač.

Jednocestná závora funguje na principu vysílače a přijímače. Vysílač musí být umístěn naproti přijímači ve snímací ose. Vysílač vysílá paprsek, který vytváří LED dioda nebo laserová dioda do přijímače. Když některý objekt přeruší paprsek, tak se aktivuje výstup.

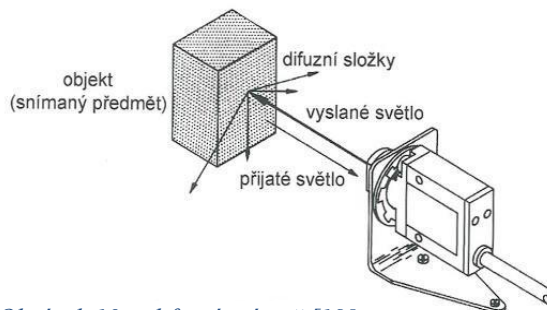
U reflexní závory je vysílač a přijímač v jednom pouzdře. Naproti pouzdru je odrazka. Vysílač vysílá paprsek (LED nebo laserový) do odrazky a z té se paprsek odráží zpět do přijímače.

Reflexní difuzní snímač má také vysílač a přijímač v jednom pouzdře. Z pouzdra jde světelný paprsek (LED nebo laserový). Když se před pouzdro dostane některý objekt, tak ho senzor pozná tak, že vyhodnotí světelný výkon odraženého paprsku od objektu a porovná ho s nastavenou požadovanou hodnotou.

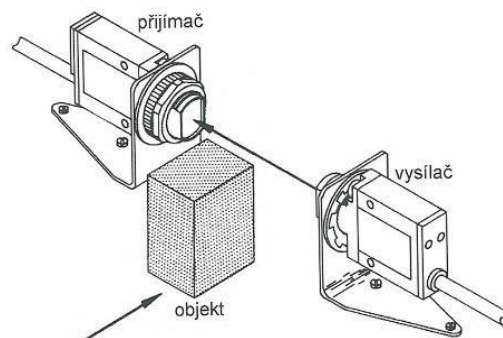
Do této práce jsme použili jednocestnou závoru, z důvodu častého výskytu v praxi a její funkčnosti. Tento senzor je často používán z několika důvodů – má velkou snímací vzdálenost (u průmyslových senzorů může být snímací vzdálenost až ve stovkách metrů), rozeznají jakýkoliv objekt (na rozdíl od indukčních senzorů, které rozeznají pouze kovové předměty), lesklé předměty nemají na senzor žádný vliv (u reflexních senzorů jsou lesklé předměty problémem) apod. Nevýhodou těchto senzorů je jejich vysoká cena (z těchto tří vypsanych typů jsou nejdražší), jelikož se skládají zvláště z vysílače a přijímače zabírají více prostoru a jejich instalace je složitější.



Obrázek 19 – reflexní závora [19]



Obrázek 10 – difuzní snímač [19]



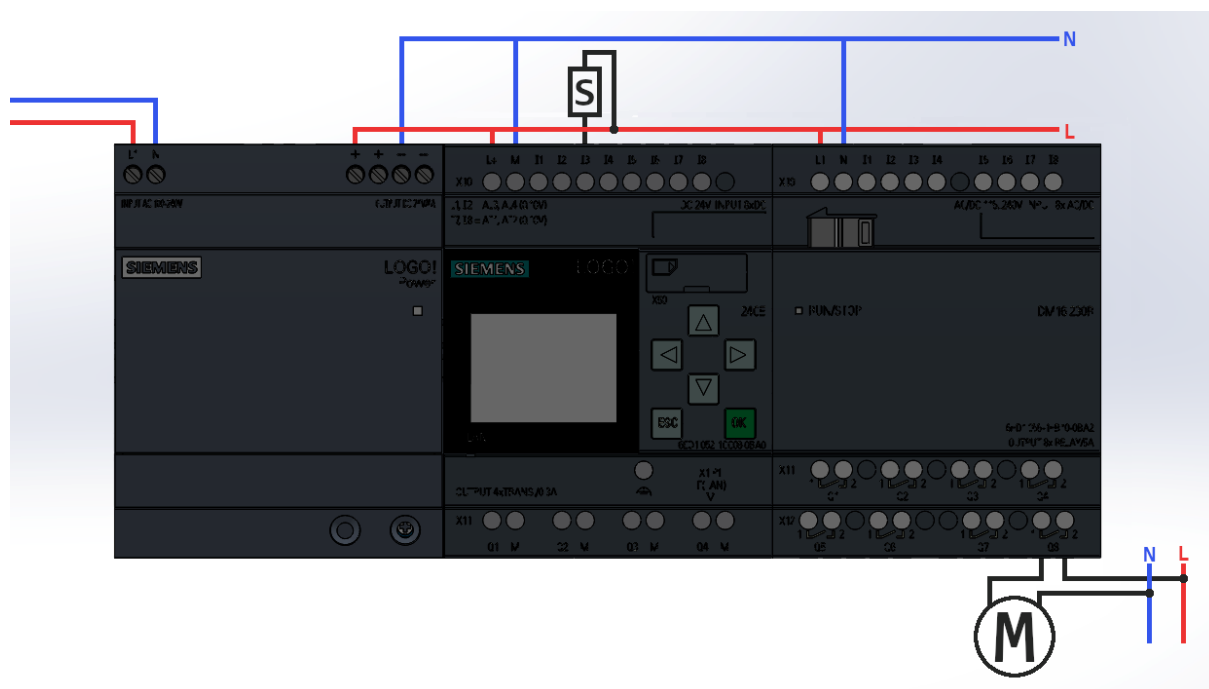
Obrázek 11 – jednocestná závora [19]

4 ZAPOJENÍ

4.1 Zapojení PLC

O funkčnosti a možnostech použití PLC, které v naší práci používáme pro manipulaci celým modelem, už víme dost. Ovšem jeho zapojení a zakomponování do práce je naprosto jiné téma, na které se v této kapitole podíváme podrobněji.

Jak již tedy víme, k ovládání modelu vjezdových bran používáme tři různé originální LOGO! komponenty: LOGO!Power zdroj, LOGO! PLC a LOGO! DM16 24R rozšiřující modul, poskytující větší množství vstupů a výstupů. LOGO! PLC i LOGO! rozšiřující modul jsou napájeny přímo ze zdroje který pomocí panelu se zdírkami pro banánky napájí celý zbytek modelu. Náš konkrétní model originálního zdroje LOGO!Power se vstupním napětím od 100 do 240V AC na svorkách L1 a N dokáže naše PLC, a tedy i celý model, zásobovat napětím od 22,2 do 26,4V DC a poskytne komponentám až 4A, samotné PLC pak každé jednotlivé výstupní komponentě předá až 0,3A. Rozšiřující PLC modul, který používáme, je schopen tento limit posunout až na 5A na výstup a je tedy jasnou volbou pro více náročné výstupní komponenty jako například motory.



Obrázek 12 – zjednodušený příklad možného zapojení senzoru (S) a motoru (M)

Vstupní svorky PLC a rozšiřujícího modelu jsou konstruovány pro jednoduché zapojení senzorů, kdy jeden kontakt senzoru zapojíme do svorky PLC a druhý připojíme na kladný vodič. PLC je pak schopné poznat, kdy se senzor aktivuje tedy kdy je na PLC vstupní svorce logická

1. Výstupní svorky PLC pak nejsou nic jiného než jednoduchá relé, která jsou ovládána přímo PLC zařízením.

Veškerá tato zapojení, kromě napájení zdroje, bude možné přepojovat a upravovat pomocí prostředí s banánky. Díky tomu bude celý model velmi univerzální a snadno ovladatelný. Zdířky, určené k tomuto přepojování, jsou seřazeny do tří řad na horní části boxu s PLC a do jedné řady na spodní části. Tři řady v části horní se liší barvou a jasně tak oddělují zdířky připojené na zdrojové + (červené), zdrojové – (modré) a na vstupní kontakty PLC a rozšiřujícího modulu (černé). Pro zajištění vyšší bezpečnosti je mezi červenými a modrými zdířkami umístěno dodatečné pouzdro na proudovou pojistku. Rozsah limitního proudu této pojistky by měl být mezi 2A a 4A, jelikož některé moduly modelu vyžadují alespoň 2A pro jejich správné fungování a LOGO! zdroj má sám ochranu na 4A, proto by pojistka s limitem vyšším postrádala smysl. Zdířky na spodní části jsou černé a jsou propojeny s výstupními kontakty PLC a rozšiřujícího modulu.

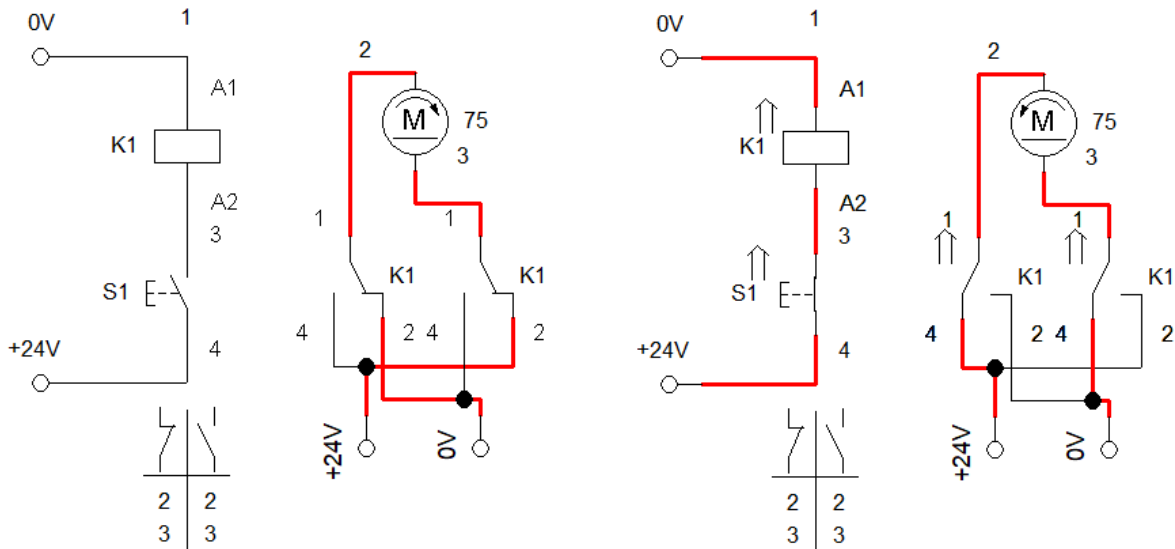
4.2 Zapojení výstupních zařízení

V takovýchto modelech a řídicích sestavách, které jsou té naší podobné, je často velké množství výstupních zařízení od zvukových signalizačních prvků po nejrůznější druhy pohybových členů. My jsme se v naší práci pro zachování jednoduchosti a modulárnosti rozhodli pro minimální množství těchto zařízení, jelikož se tato zařízení obecně řečeno ovládají velmi podobně a práci by nic nového nepřinesla. Proto tedy jediná zařízení v naší práci, která mají plnit roli výstupních, jsou motory zajišťující pohyb bran.

Veškeré naše výstupní prvky budou zapojeny na výstupní svorky rozšiřujícího modulu PLC, protože poskytuje větší limit proudu na svorku. Svorky v tomto rozšiřujícím modulu se chovají jako relé obvody ovládané samotným modulem. Zapojení a ovládání jakéhokoliv výstupního zařízení je tedy velmi jednoduché – záporný kontakt motoru (modrá zdířka) je zapojen na konstantní mínus (modrá zdířka na PLC boxu) a kladný kontakt motoru (červená zdířka) i reverzující kontakt (černá zdířka) jsou zapojeny na výstupní svorky rozšiřující modulu.

Námi vytvořený box se zdířkami pro banánky celý proces zapojování velmi ulehčuje a zrychluje. Přímou na něm jsou předem nadefinované a zapojené zdířky připravené pro jakékoliv výstupní zařízení.

U našeho řešení, ve kterém využíváme DC motorů k pohonu brány, je nutné kromě samotného napájení motorů myslet i na inverzi jejich směru, aby bylo možné bránu otevírat i zavírat. Ovládání by mělo být tedy konstruováno, aby byl uživatel schopen nejen motor kdykoliv vypnout a zapnout ale i kdykoliv obrátit jeho směr. Pro docílení takového jednoduchého a praktického ovládání užíváme v naší práci jednoduchý relé obvod, který podle hodnoty signálu na jedné ze tří svorek obrátí směr otáčení motoru prohozením cest napájecích kontaktů motoru. Zastavení pak může být docíleno jednoduchým vypnutím jedné z napájecích svorek motoru.



Obrázek 13 – zapojení v programu FluidSim 4 demonstrující inverzi směru otáčení motoru (S1 ovládá cívku K1 a tím přepíná mezi směry)

4.3 Zapojení vstupních zařízení

Vstupními zařízeními, které jsme se rozhodli v této práci použít, se snažíme co nejvíce přiblížit realitě. To má ale jeden háček, a to velikost našeho modelu. Celou sestavu jsme se snažili omezit na určité rozměry, a to nám zamezilo užití průmyslových a v praxi používaných senzorů a modulů. Proto jsme se snažili vybrat ty, které se realitě alespoň blíží. Mezi takováto vstupní zařízení pak patří indukční senzory pro určení polohy bran, laserová závora pro zajištění bezpečnosti v případě narušení prostoru pro otevírání bran, GSM modul ovládaný klonem jednočipové Arduino desky, RFID modul ovládaný stejným klonem a klasické tlačítko.

Vstupní zařízení komunikují s PLC naprosto jednoduše; jeden vodič spínaného signálu přijde na kladný vodič a druhý na vstupní svorku PLC. To je pak schopno rozpoznat vysoké nebo nízké napětí na této svorce. Tato změna stavu musí být ovládána zařízením. Takovýto způsob zapojení ovšem není stejný u všech zařízení. Indukční senzory například jsou zapojeny dvěma vodiči na stálé napětí a nulový vodič, což zaručí jeho napájení, a třetím vodičem je zapojen do relé, které je tímto senzorem spínáno a vysílá tak informaci o stavu senzoru.

Většina vstupních zařízení, která jsou v této práci použita, je jednoduché propojit s PLC, na zbytek jsme si ale museli dát pozor a byli jsme nuceni navrhovat pro ně speciální řešení zapojení. Mezi tyto zařízení patří GSM modul a RFID modul. Jelikož desky použité v těchto modulech nepracují s jednoduchou informací „je/není“ (0/1), museli jsme mezi tyto desky a PLC umístit ještě klon desky Arduino, který přijímá informace odeslané z těchto desek, zpracovává je a pokud splňují určité požadavky, sepne Arduino relé, kterým protéká 24V přímo do PLC. Relé je nutné z důvodu nízkého pracovního napětí Arduina. Takto nízké napětí PLC totiž nerozpoznává. Proto mají tyto moduly tři různé svorky na banánky; dva na napájení a jeden na informaci z relé.

4.4 Řešení nízkonapěťových modulů

Ne všechna zařízení, která v této práci používáme, pracují s napětím PLC, tedy 24V. Z tohoto důvodu jsme byli nuceni přidat na určitá místa tzv. step-down měnič napětí. Ten můžeme použít, protože všechna zařízení, která by nějakou změnu napětí vyžadovala, pracují s menším napětím než 24V a potřebujeme ho tedy jen zmenšovat.

Zapojení a ovládání tohoto měniče je velmi jednoduché; na dvě vstupní svorky zapojíme vodiče s 24V, na desce si otáčením malého potenciometru navolíme napětí výstupní a na dvě výstupní svorky zapojíme napájecí vodiče daného zařízení.

Mezi zařízení vyžadující tento měnič patří klony Arduina, DC motory křídlové brány a laserová závora.

5 VÝROBA DÍLŮ

Díly jsme se snažili vytvořit tak, aby se podobali co nejvíce skutečnosti. Pracovali jsme v CAD programu SOLIDWORKS, a v programu PrusaSlicer. V programu SOLIDWORKS jsme navrhovali a simulovali 3D modely a v programu PrusaSlicer jsme je připravovali pro 3D tisk.

U návrhu bylo důležité dodržet několik věcí. Ostré hrany jsme u většiny dílů zaoblovali z důvodů vzhledu, 3D tisku apod., ale nejdůležitějším důvodem je skutečnost, že při namáhání se nejvíce akumuluje napětí právě v ostrých hranách, a tudíž v těchto místech dochází nejčastěji k prasklinám. Tomuto lze předejít zaoblením ostrých hran. Dále bylo důležité počítat s tím, aby bylo díly možné vytisknout a aby se vešly na tiskovou podložku, která je rozměrově omezená. Pro tiskárnu Prusa i3 MK3S, na které jsme naše díly tiskli, jsme museli pracovat s prostorem 250x210x210 mm (X, Y, Z). Z tohoto důvodu jsme museli několik dílů rozdělit na 2 až 3 kusy, které jsme po vytištění slepili.

Dále zde bylo důležité tolerování. Tištěné díly, které do sebe měly zapadnout jsme tolerovali hodnotou 0,2mm (díry +0,2mm, protikus -0,2mm). Otvory pro matice a magnety jsme tolerovali hodnotou +0,3mm. Součásti, u kterých mělo dojít k přesahu, jsme netolerovali (nechali jsme jmenovitou hodnotu).

Když jsme měli hotové modely, tak jsme je všechny museli uložit do formátu stl. Tento formát je jedním z mnoha používaných formátů pro ukládání 3D modelů, a zároveň je jedním z nejpoužívanějších formátů pro 3D tisk. Poté jsme díly mohli nahrát do programu PrusaSlicer, ve kterém jsme je připravili na 3D tisk. Nejprve jsme se museli rozhodnout, na které stěny díly položíme, aby byl tisk co nejjednodušší, a abychom se mohli vyhnout generování podpěr, pokud to bylo možné. Když jsme měli díly postavené, tak jsme dále museli nastavit důležité parametry pro tisk. Výšku první vrstvy jsme nastavili 0,1mm (z důvodu nalisování první vrstvy na tiskovou podložku), výšku ostatních vrstev jsme nastavili 0,2mm, jako typ výplně jsme nastavili mřížku, hustotu výplně u dílů, které budou méně mechanicky namáhané (např. brány, sloupky apod.) jsme nastavili 15%, u dílů, které budou více mechanicky namáhané (např. stojánky na banánky, deska na banánky apod.) jsme nastavili hustotu 30%. Ostatní parametry, týkající se dílu, jako třeba počet prvních a posledních vrstev, perimetry apod. jsme nechali takové, jaké nám program přednastavil. Dále jsme museli nastavit teploty, s jakými má tiskárna pracovat. Materiál, ze kterého jsme tiskli, měl rozhodující vliv na teploty, které jsme nastavili. Tiskli jsme z materiálu prusament PETG, z tohoto důvodu jsme teplotu extruderu u první vrstvy nastavili

240°C a u ostatních vrstev 250°C, teplotu tiskové podložky u první vrstvy jsme nastavili 85°C a u ostatních vrstev 90°C.

Když už jsme měli díly vytištěné, tak jsme je museli začistit, u některých dílů vyjmout podpory, případně když do sebe některé díly nezapadaly, tak zmenšit, či zvětšit funkční rozměry (odříznout, zbrousit). Po těchto úpravách, jsme velké díly, které jsme museli z důvodu malého tiskového prostoru vytisknout na dvě nebo tři části, slepili. Na to jsme použili kyanoakrylátové lepidlo a aktivátor, který urychlil zatuhnutí lepidla.

6 PROGRAMOVÁNÍ

6.1 Použití a programování Arduina

V dnešní době je firma Arduino jeden z největších výrobců a prodejců jednočipových desek určených pro jednoduchou a rychlou automatizaci, díky čemuž se s deskami Arduino můžeme setkat ve spoustě projektů zahrnující například domácí automatizaci nebo pomůcky k penetračnímu testování a díky jejich modulárnosti a jednoduchosti programování a obsluhy jsou skvělou učební pomůckou. I my jsme se rozhodli desky Arduino využít, a to konkrétně klon desky Arduino mini ATmega328P. Toto Arduino je v naší práci zakomponováno hned dvakrát, a to v GSM modulu a v RFID modulu. Z důvodu nižšího ovládacího napětí je nutné použít měnič napětí.

Protože máme Arduino klon neobsahující USB konektor, je nutné ho programovat přes USB TTL převodník. Tento převodník zapojíme přes USB do počítače a propojíme ho s Arduinem, které chceme programovat. Pro programování je nutné propojení tří pinů – DTR, RX a TX. Tyto piny jsou u všech našich Arduin osázeny pinovými pásy pro jednoduchý přístup. Takováto forma programování je sice časově náročnější, Arduino je ale díky absenci komunikačních částí menší a skladnější.

Arduina jsme programovali ve vývojářském prostředí Visual Studio Code s užitečnými rozšířeními, umožňující příjemnější a rychlejší psaní kódu. Kompilace a nahrání kódu na Arduino desky je prováděno přes Arduino IDE – vývojářské prostředí přímo od firmy Arduino. Jazyk, používaný na programování je C++, rozšířený o Arduino knihovnu, která obsahuje základní funkce a objekty nutné pro správné fungování Arduina. Následující příklad programu je nejčastějším příkladem programování Arduin a je prezentován jako „hello world“ kód pro tyto jednočipové desky. Program nedělá nic jiného, než rozsvěcí a zhasíná LED, vestavěnou přímo na desce.

```

// funkce setup proběhne při každém restartu nebo zapojení desky
void setup() {
    // nastaví digitální pin LED_BUILTIN na OUTPUT
    pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// funkce loop se neustále opakuje
void loop() {
    digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // zapnutí LED (HIGH nastaví na pinu
digitální 1)
    delay(1000); // pozastavení programu na jednu vteřinu
    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // vypnutí LED (LOW nastaví na pinu
digitální 0)
    delay(1000); // pozastavení programu na jednu vteřinu
}

```

V obou případech užití této desky v naší práci funguje deska velmi podobně. Externí modul, který je ovládána uživatelem vyšle do Arduina signál, který Arduino určitým způsobem zpracuje; ověří jeho správnost. Následně Arduino vyšle na jeden ze svých výstupních pinů logickou jedničku nebo zůstane na nule podle toho, zda přijatý signál splňoval určité požadavky. Tato výstupní informace následně sepne relé, které je jedním kontaktem zapojeno na +24V a druhým na výstupní zdičku modulu. Přes tuto zdičku vysíláme vstupní signál do PLC.

Programy pro GSM i pro RFID moduly jsou psány tak, aby byly nejdůležitější hodnoty programu lehce upravitelné a jasně označené. Kdokoliv si tak může tyto hodnoty upravit podle sebe a upravený kód nahrát na Arduino.

6.2 Možnosti programování funkčního modelu vjezdové brány

Velké množství vstupních zařízení modelu nám umožňuje naprogramovat PLC přesně podle našich potřeb. Brány mohou být ovládány hned několika způsoby a není ani problém ovládat obě brány naráz více moduly naráz, což byl po celou dobu jeden z našich cílů. Není tedy problém ovládat například křídlovou bránu RFID modulem a zároveň ovládat bránu posuvnou tlačítkem společně s GSM modulem.

Jednotlivá vstupní i výstupní zařízení jsou vždy konstruována tak, aby bylo jejich ovládání pomocí PLC co nejjednodušší a nejjednodušší a všude se snažíme pracovat s co nejméně stavy, aby nebyl člověk programující PLC zahlcen informacemi nutnými pro správnou funkčnost. Takto stačí v programu jen jednoduše zapínat jednotlivé výstupy, které mají vždy k sobě přiřazenou určitou funkcionalitu. Co se vstupních dat týče, do PLC jde jen minimum informací v podobě jednoho ze dvou stavů (1/0) a veškerá další funkčnost je přímo zabudována

v konstrukci nebo v programu jednotlivých modulů, do kterého uživatel nemusí pro správný chod brány nijak zasahovat.

Pro možnost úplné kontroly nad modelem je umožněn přístup ke každému programovatelnému prvku modelu. Jasným kandidátem na takový prvek jsou Arduina, která mají přístupné a připravené kontakty na připojení USB TTL převodníku. Dalším „programovatelným“ prvkem je i laserová závora, jejíž fungování může být změněno pomocí dvou rozpojovatelných kontaktů umístěných přímo na desce přijímače.

Závěr

Výsledkem této práce je plně funkční učební pomůcka, na které se studenti naučí zapojit a naprogramovat vjezdové brány a uvidí, jak jsou brány řešeny z mechanického hlediska. Dále jsme jako přílohu k této učební pomůcce vypracovali manuál, který popisuje zapojení jednotlivých komponentů a zapojení a program v Arduinech, které jsme pro některé komponenty museli použít. Protože se jedná o učební pomůcku, tak jsme dále vypracovali možné úlohy, které budou moci studenti na této učební pomůcce řešit. Tyto úlohy jsou uloženy v přílohách.

Tato práce byla pro nás velkým přínosem. Naučili jsme se spoustu nových užitečných věcí a získali plno zkušeností, ke kterým bychom jinak nepřišli. Naučili jsme se např. o elektrickém zapojení různých komponentů, o reverzování motorů, o programování a zapojování PLC a Arduina, práci s 3D tiskárnami, dále jsme se naučili lépe pracovat s MS Word, získali jsme zkušenosti s nakupováním různých komponentů do naší práci a zkušenosti s komunikací s některými obchody. Práci nám zkomplikovala karanténa, která trvala téměř celý rok 2020, ale díky tomu jsme se naučili plno věcí řešit jinak, než bychom normálně řešili, což je také cenná zkušenost.

Příště bychom kladli více důraz na design. Sice jsme se snažili, aby vzhled našeho modelu byl dobrý, ale šlo nám hlavně o jeho funkcionalitu. Jedna z možností by tedy pro nás byla spojit se se studentem nebo učitelem technického lycea, se kterým bychom mohli vzhled naší práce více prokonzultovat.

Seznam obrázků

Obrázek 1 – vjezdová brána samonosná [12].....	2
Obrázek 2 – vjezdová brána kolejnicová [12].....	3
Obrázek 3 – podpora výsuvné brány [13]	4
Obrázek 4 – technické řešení výsuvné brány	5
Obrázek 5 – skládaná jednokřídlá brána [14].....	5
Obrázek 6 – podzemní pohon křídlové brány [15]	6
Obrázek 7 – model vjezdové brány	7
Obrázek 8 – indukční senzor [18]	12
Obrázek 9 – reflexní závora [19].....	13
Obrázek 10 – difuzní snímač [19]	13
Obrázek 11 – jednocestná závora [19]	13
Obrázek 12 – zjednodušený příklad možného zapojení senzoru (S) a motoru (M).....	14
Obrázek 13 – zapojení v programu FluidSim 4 demonstrující inverzi směru otáčení motoru (S1 ovládá cívku K1 a tím přepíná mezi směry)	16

Použitá literatura

- [1] ŠŤASTNÝ, František. Senzory. *ZPRACOVÁNÍ EXPERIMENTÁLNÍCH DAT* [online]. Brno: František Šťastný, c1997 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/jenik/nejistoty/html_tree/node16.html
- [2] BUBÍK, Pavel. Křídlové brány. *Bubík - Garážová vrata* [online]. Hnojník: MARF, c2016–2021 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://www.bubik-vrata.cz/produkty/vjezdove-brany/kridlove-brany/>
- [3] VRATA ROČEK. Křídlové brány. *Vrata Roček* [online]. Kolín: Roček, c2018 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://vratarocek.cz/vjezdove-brany/kridlove-brany/>
- [4] AZ POHONY. Montáž posuvné brány. *YouTube* [online]. AZ Pohony, 2020 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=SzVRgCaT5Zk>
- [5] UNIPI.TECHNOLOGY. 7 tipů pro programování PLC. *TZB-info - Stavebnictví. Úspory energií. Technická zařízení budov.* [online]. Brno: Topinfo, c2001-2021 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/informacni-a-telekomunikacni-technologie/18125-7-tipu-pro-programovani-plc>
- [6] VOJÁČEK, Antonín. UNIPI.TECHNOLOGY. Analogový vs. digitální přenos hodnot. Kdy ještě volit analogový výstup? *HW.cz | Vše o elektronice a programování* [online]. Praha: HW server, 2015 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace-prumyslove-sbernice-a-komunikace/analogovy-vs-digitalni-prenos-hodnot-kdy-jeste-volit-analogovy-vystup>
- [7] ČASOPISY PRO VOLNÝ ČAS. Typy vjezdových bran a jejich výběr. *Pěkné bydlení* [online]. Praha: Časopisy pro volný čas, 2012 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://www.peknebydleni.cz/typy-vjezdovych-bran-a-jejich-vyber/>
- [8] JAP-JACINA. Brány, branky. *Průmyslová vrata, protipožární vrata, garážová vrata, servis vrat - JaP-Jacina* [online]. Mnichovo Hradiště: JaP-Jacina, c2017 - 2021 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <http://www.jap-jacina.cz/cs/brany-branky-c1095>
- [9] VOJÁČEK, Antonín. Co se skrývá pod označením PLC ? *HW.cz | Vše o elektronice a programování* [online]. Praha: HW server, 2007 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/co-se-skryva-pod-oznaceni-plc>

- [10] PK MONT MORAVIA. Křídlové brány. *Garážová vrata, samonosné, pojezdové brány, pohony, kované ploty* [online]. Šumperk: PK Mont Moravia, c2020 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://www.vrata-brany.eu/7952/dvoukridle-a-jednokridle-brany/>
- [11] HOLOUBEK TRADE. Nabízíme / Křídlové brány. *Pletivo, ploty, brány, branky* [online]. Žďár nad Sázavou: Holoubek trade, c2006-2021 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://www.ploty-brany.cz/nabizime-kridlove-brany-str-1126.html>
- [12] LAMARK. Posuvné a otočné vjezdové brány. *Ploty, vjezdové a posuvné brány, vchodové branky - LAMARK* [online]. Hradec Králové: LAMARK, 2019 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: https://www.ploty-lamark.cz/vjezdovebrany.html?gclid=Cj0KCQjwit_8BRCoARIsAIx3Rj5iEy29L74K1XgcElgsSrsG5gZK9056ZO7EQ4vRPHATTvpFdvAtyZMaAqrMEALw_wcB
- [13] UMAKOV. Vedení spodní - ECO profile 70x60mm | Umakov. *Umakov* [online]. Praha: Umakov, c2020 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://umakov.cz/vedeni-spodni-eco-profile-70-x-60-mm-5fb05656d0cda8001c871ed3>
- [14] PORTAFLEX. TWIN DRIVE – set skládacího mechanismu pro jedno křídlo brány do 3 m. *Portaflex - Váš specialista ve světě kování | Portaflex s.r.o.* [online]. Ostrava: Portaflex, c1997 - 2017 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://www.kovani-portaflex.cz/p/twin-drive-set-skladaciho-mechanismu-pro-jedno-kridlo-brany-do-3-m>
- [15] ELTROX.SK. Pohon pre křídlové brány FAAC 770N 24V. *Eltrox.sk - kamerové systémy a elektronika na jednom mieste* [online]. Bardejov: eltrox.sk, c2014 - 2021 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://www.eltrox.sk/kategoria/domaca-automatizacia/automaticke-brany/automatizacia-pre-garazove-brany/pohony/pohon-pre-kridlove-brany-faac-770n-24v/>
- [16] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 6. vyd. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 970-80-7361-111-8.
- [17] CARRILLO, Gio. *THE FUNDAMENTALS OF LINEAR ACTUATORS* [online]. Gio Carrillo, 2010 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: https://www.bft-automation.com/fileadmin/user_upload/commercial_download/SWING_OPERATOR_-_MANUAL_-_GEOMETRY.pdf
- [18] TÁBORSKÝ, Petr. *MET S3A S3B Senzory 1. část*. [Prezentace aplikace PowerPoint]. Liberec: Petr Tábořský, 2020 [cit. 2021-3-13].

- [19] TÁBORSKÝ, Petr. *MET S3A S3B Senzory 2. část* [Prezentace aplikace PowerPoint].
Liberec: Petr Táborský, 2020 [cit. 2021-3-13].

Seznam příložených souborů

- 1) p01_CAD_tisk – veškerá použitá CAD dokumentace a tištěné díly
- 2) p02_dok – dokumentace jednotlivých dílu
- 3) p03_programy – ukázkové programy pro PLC LOGO
- 4) p04_manual.pdf – uživatelská příručka pro správné užití modelu
- 5) p05_manual.docx – uživatelská příručka pro správné užití modelu
- 6) p06_kod – zdrojový kód pro Arduina
- 7) p07_nakupni seznam – nákupní seznam potřebných komponentů
- 8) p08_vzorove ulohy – vzorové úlohy pro studenty
- 9) p09_foto a video – fotky a video učební pomůcky