

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9. Strojírenství, hutnictví a doprava

Autoblok realizovaný systémem Arduino

Michal Trs

Praha

Praha 2021

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9. Strojírenství, hutnictví a doprava

Autoblok realizovaný systémem Arduino

Autoblock implemented by the Arduino system

Autoři: Michal Trs

Škola: Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola dopravní,
Praha 1, Masná 18

Kraj: Praha

Konzultant: Mgr. Kulišková Jarmila

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil 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 Praze dne 15.3.2021, Michal Trs

ANOTACE

Cílem této práce je seznámit čtenáře se základními informacemi, které se týkají automatického bloku, včetně jeho dělení a popisem funkce. Dalším cílem práce je popis realizace vlastního funkčního modelu automatického bloku, který bude sloužit k demonstraci jeho funkce.

První část této práce pojednává o stručném popisu autobloku a jeho rozdělení do základních skupin. Čtenář se zde dozví, co automatický blok vlastně je, k čemu slouží, kde se používá a jaké prostředky jsou nutné pro jeho funkci.

Druhá část prohlubuje a rozvádí informace o dvou základních prostředcích, které jsou nutné ke zjištění kolejových vozidel v traťových úsecích, a to o kolejových obvodech a počítačích náprav. Dále je zde sepsáno jejich dělení, včetně vysvětlení jejich funkce a uvedení jejich výhod a nevýhod.

Třetí část práce pojednává o realizaci modelu automatického bloku. Jsou zde popsány procesy, které byly nutné k vytvoření modelu. Nejprve zde píšou o vytváření vlastních 3D objektů, které jsem vytvořil speciálně pro tento model a následně vytiskl na 3D tiskárně. Také zde najdete základní informace o vývojové desce Arduino, včetně informací o jejím programování a ukázky příkazu „if“.

Čtvrtá a poslední část je pak zaměřena na vysvětlení a popsání funkce a ovládání mého modelu. Vysvětluji zde, jak model zapnout, jakými režimy model disponuje, jak mezi nimi přepínat a jak to celé vlastně funguje.

KLÍČOVÁ SLOVA

autoblok, kolejová vozidla, železniční zabezpečovací zařízení, vývojová deska Arduino

ANNOTATION

The aim of this graduation thesis is to acquaint the reader with the basic information concerning the automatic block, including its division and a description of the function. Another goal of the work is to describe the implementation of its own functional model of the automatic block, which will be used to demonstrate its function.

The first part of this graduation thesis deals with a brief description of the autoblock and its division into basic groups. Here the reader will learn what an automatic block is, what it is used for, where it is used and what resources are needed for its function.

The second part deepens and expands on information on the two basic tools that are necessary to identify rolling stock in track sections, namely track circuits and axle computers. Furthermore, their division is written here, including an explanation of their function and an indication of their advantages and disadvantages.

The third part deals with the implementation of the automatic block model. The processes that were necessary to create the model are described here. First I write here about creating my own 3D objects, which I created especially for this model and then printed on a 3D printer. Here you will also find basic information about the Arduino development board, including information about its programming and a sample "if" command.

The fourth and last part is then focused on explaining and describing the function and control of my model. Here I explain how to turn on the model, what modes the model has, how to switch between them and how it all works.

KEYWORDS

automatic block, rail vehicles, train protection system, Arduino board

Obsah

Úvod.....	1
1 Teoretický úvod k autobloku.....	2
1.1 Dělení automatických bloků.....	2
1.1.1 Podle organizace provozu.....	2
1.1.1.1 Jednosměrný automatický blok.....	2
1.1.1.2 Obousměrný automatický blok.....	2
1.1.2 Podle druhu hlavního oddílového návěstidla.....	3
1.1.2.1 Trojznaké návěstidlo.....	3
1.1.2.1.1 Návěsti trojznakého návěstidla automatického bloku.....	3
1.1.2.2 Čtyřznaké návěstidlo.....	4
1.1.2.2.1 Návěsti čtyřznakého návěstidla automatického bloku.....	4
1.1.3 Podle působících prostředků na jízdu vlaku.....	5
1.1.3.1 Kolejové obvody.....	5
1.1.3.2 Bodové prostředky.....	5
1.2 Permisivní návěst Stůj.....	6
2 Kolejové obvody.....	7
2.1 Definice kolejových obvodů.....	7
2.2 Vstupní a výstupní kolejová výstroj.....	7
2.3 Dělení kolejových obvodů.....	7
2.3.1 Dělení podle detekce kolejových vozidel.....	7
2.3.1.1 Sériový kolejový obvod.....	7
2.3.1.2 Paralelní kolejový obvod.....	8
2.3.2 Dělení podle odvodu zpětného trakčního proudu.....	9
2.3.2.1 Jednopásový obvod.....	9
2.3.2.2 Dvoupásový obvod.....	10
2.4 Izolované styky.....	10
2.5 Signální proud.....	11
2.5.1 Návěstní opakovač.....	11
3 Počítače náprav.....	13
3.1 Princip funkce počítačů náprav.....	14
3.2 Počítače náprav bez směrové citlivosti.....	14

3.3	Počítače náprav se směrovou citlivostí	14
3.4	Počítače náprav s magnetickými kolejovými snímači	15
3.5	Počítače náprav s rezonančním obvodem	15
3.6	Počítače náprav s elektronickými kolejnicovými spínači	15
4	3D modelování objektů	16
4.1	Modelování 3D objektů	16
4.2	Tisk vymodelovaných 3D objektů	16
4.2.1	Použitý filament	17
5	Programování vývojové desky Arduino	18
5.1	Arduino	18
5.1.1	Arduino Mega 2560	18
5.2	Programování	19
5.2.1	Příklad podmínky „if“	19
6	Stavba a realizace modelu autobloku	20
6.1	Základna	20
6.2	Vrchní strana modelu	20
6.2.1	Koleje	20
6.2.2	Návěstidla	21
6.2.2.1	Výpočet rezistorů	21
6.2.2.2	Nadefinované piny konektoru	23
6.2.3	Počítače náprav	23
6.2.4	Krabička s displejem a voličem režimů	24
6.3	Vnitřní část modelu	24
7	Popis funkce modelu autobloku	25
7.1	Uvedení modelu do provozu	25
7.2	Popis režimu Kolejové obvody	25
7.3	Popis režimu Počítače náprav	25
	Závěr	27
	Seznam použité literatury	1
	Seznam příloh	3
	Přílohy	4

Seznam obrázků

Obrázek 1 Hlavní oddílová návěstidla automatického bloku	1
Obrázek 2 Změna návěstních znaků na trojznakém návěstidle	3
Obrázek 3 Změna návěstních znaků na čtyřznakém návěstidle	4
Obrázek 4 Eurobalíza	5
Obrázek 5 Návěst Stůj	6
Obrázek 6 Schéma sériového kolejového obvodu	8
Obrázek 7 Schéma paralelního kolejového obvodu	9
Obrázek 8 Jednopásový kolejový obvod	9
Obrázek 9 Dvoupásový kolejový obvod	10
Obrázek 10 Návěstní opakovací vlakového zabezpečovače Mirel	12
Obrázek 11 Počítač náprav se směrovou citlivostí	13
Obrázek 12 Ukázka z programu Autodesk Fusion 360	17
Obrázek 13 Arduino Mega 2560	18
Obrázek 14 Příkaz "if"	19
Obrázek 15 Koleje na modelu	20
Obrázek 16 Návěstidla	21
Obrázek 17 Schéma zapojení modelu návěstidla	22
Obrázek 18 Mini DIN konektor s očíslovanými piny	23
Obrázek 19 Počítač náprav	23
Obrázek 20 Krabička s displejem a voličem režimů	24
Obrázek 21 Kompletní model	26

Úvod

Jeden z důvodů výběru tohoto tématu práce je můj dlouhodobý zájem o železnici a její zabezpečovací zařízení, ale hlavním důvodem bylo vytvoření nového modelu automatického bloku pro naši školu, který by fungoval k prezentačním účelům při výuce odborného předmětu Zabezpečovací technika. Tento model se může využít například při probírání látek: Traťová zabezpečovací zařízení, Kolejové obvody, nebo Počítače náprav. Naše škola již vlastní podobný model autobloku, ale tento model je starý, a ne úplně funkční, což je také dalším důvodem, který mě inspiroval k vytvoření modelu nového, který má navíc implementován více funkcí a je zrealizován s použitím současnější techniky.



Obrázek 1 Hlavní oddílová návěstidla automatického bloku

1 Teoretický úvod k autobloku

Automatický blok patří do 3. kategorie traťového zabezpečovacího zařízení. Jeho účelem je zabezpečení jízdy následných vlaků v prostorovém oddílu trati – v prostoru mezi dvěma sousedními dopravnami, nebo mezi dopravnou a zakončením tratě. Řízení a zabezpečení traťových úseků zabezpečovacím zařízením 3. kategorie probíhá pomocí hlavních oddílových návěstidel automatického bloku, které jsou umístěny vždy na konci traťových oddílů a tvoří tak ohraničení. Tato návěstidla jsou tříznaká a jsou označena bílými označovacími pásy. V historii se používala také návěstidla čtyřznaková. Základní poloha hlavního oddílového návěstidla automatického bloku je návěst Volno. Na posledním návěstidle tohoto druhu před hlavním vjezdovým návěstidlem do stanice je v základní poloze návěst Výstraha a je označeno návěstí Stanoviště oddílového návěstidla. Toto návěstidlo předvěstí návěstí hlavního vjezdového návěstidla železniční stanice.

1.1 Dělení automatických bloků

1.1.1 Podle organizace provozu

1.1.1.1 Jednosměrný automatický blok

Jednosměrné automatické bloky se používají pro zabezpečení jízdy následných vlaků, zejména na dvoukolejných tratích, které nejsou vybaveny traťovým souhlasem. Po každé koleji se smí jet jen jedním směrem. Po protisměrné koleji se smí jezdit jen v případě mimořádnosti.

1.1.1.2 Obousměrný automatický blok

Obousměrné automatické bloky se používají pro zabezpečení jízdy následných a protisměrných vlaků na stejné koleji. Použití je možné na jednokolejných, dvoukolejných i vícekolejných tratích. Trať s tímto autoblokem musí být vybavena traťovým souhlasem, což umožní fungování oddílových návěstidel pouze v jednom směru jízdy, který má udělen souhlas.

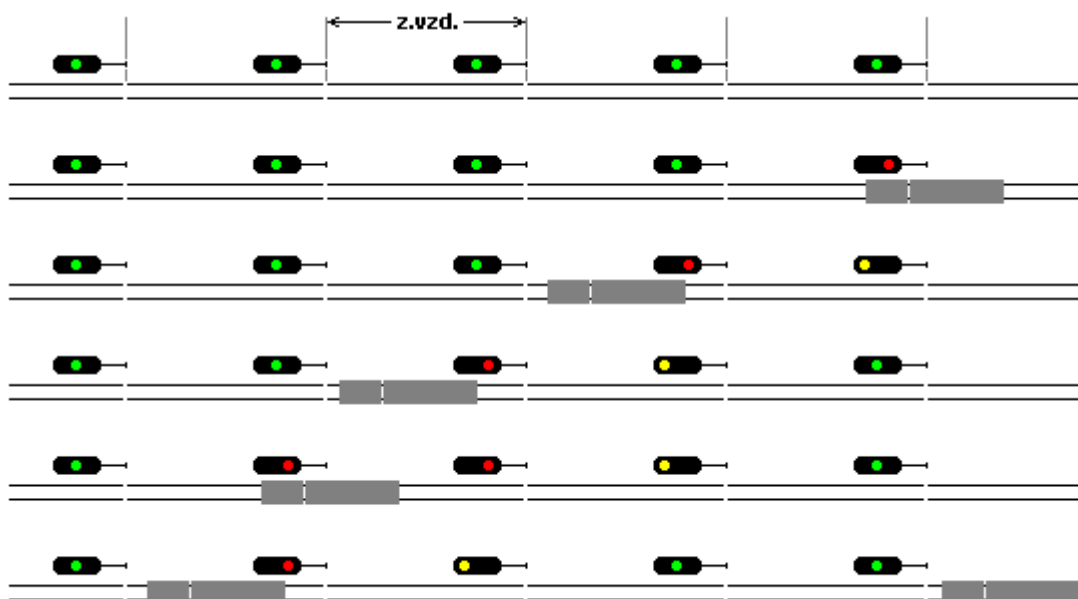
1.1.2 Podle druhu hlavního oddílového návěstidla

1.1.2.1 Trojznaké návěstidlo

Tříznaké návěstidlo automatického bloku se používá pro řízení vlaků následných a protisměrných. Traťové oddíly, které jsou zakončeny tímto návěstidlem, jsou dlouhé jako minimální zábrzdňá vzdálenost vlaku, zpravidla 1–2 km.

1.1.2.1.1 Návěsti trojznakého návěstidla automatického bloku

- Volno – zelené světlo – Pokud návěstidlo návěstí návěst Volno, znamená to, že jsou volné minimálně dva traťové oddíly za tímto návěstidlem
- Výstraha – žluté světlo – Pokud návěstidlo návěstí návěst Výstraha, znamená to, že je volný jeden traťový oddíl za tímto návěstidlem
- Stůj – červené světlo – Pokud návěstidlo návěstí návěst Stůj, znamená to, že není volný žádný traťový oddíl, a následující oddíl je tak obsazen jiným vlakem



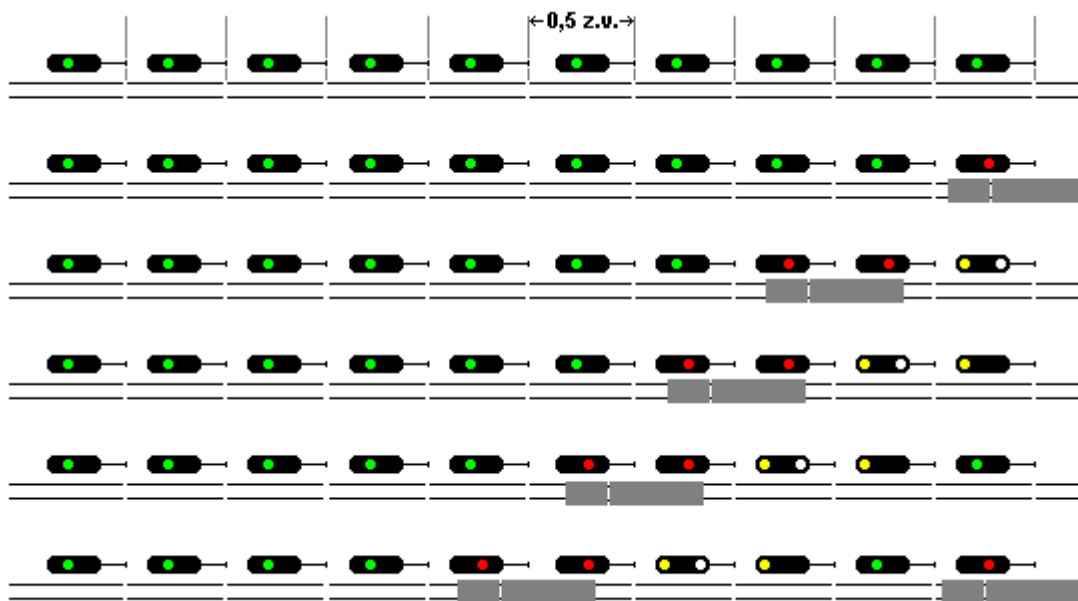
Obrázek 2 Změna návěstních znaků na trojznakém návěstidle

1.1.2.2 Čtyřznaké návěstidlo

Tento druh návěstidla oddílového automatického bloku má stejné použití jako tříznaké návěstidlo autobloku, ale liší se vyšší propustností tratě. Oddílová návěstidla se umisťují do vzdálenosti přibližně 500 m, což je poloviční vzdálenost, než využívá tříznaký autoblok a je to tedy zhruba polovina zábrzdné vzdálenosti vlaku. Návěstidla tohoto druhu se přestala používat jak z důvodu vyšší ceny za výstavbu a údržbu, tak i z důvodu malého využití – nebylo potřeba tolik traťových oddílů.

1.1.2.2.1 Návěsti čtyřznakého návěstidla automatického bloku

- Volno – zelené světlo – Pokud návěstidlo návěstí návěst Volno, znamená to, že jsou volné minimálně tři traťové oddíly za tímto návěstidlem
- Výstraha – žluté světlo – Pokud návěstidlo návěstí návěst Výstraha, znamená to, že jsou volné dva traťové oddíly za tímto návěstidlem
- Opakování návěsti výstraha – bílé a žluté světlo – Pokud návěstidlo návěstí návěst Opakování návěsti výstraha, znamená to, že je za tímto návěstidlem volný ještě jeden traťový úsek
- Stůj – červené světlo – Pokud návěstidlo návěstí návěst Stůj, znamená to, že není volný žádný traťový oddíl, a následující oddíl je tak obsazen jiným vlakem



Obrázek 3 Změna návěstních znaků na čtyřznakém návěstidle

1.1.3 Podle působících prostředků na jízdu vlaku

1.1.3.1 Kolejové obvody

Kolejové obvody jsou užity u automatického bloku pro zjištění obsazenosti a volnosti traťového úseku a jsou tak důležitým prvkem pro bezpečnost provozu.

1.1.3.2 Bodové prostředky

Bodové prostředky u automatického bloku mohou sloužit jakožto hlavní zabezpečovací prvek, stejně jako kolejové obvody, a to v podobě počítačů náprav. I toto zabezpečení bude možné demonstrovat na mém modelu.

Bodové prostředky ve spojení s automatickým blokem se dají také použít jako doplněk k jednotnému evropskému zabezpečovacímu systému ETCS (European Train Control System) Level 1, v podobě proměnlivých Eurobalíz. Bodové prostředky lze u autobloku vidět i v podobě magnetických informačních bodů MIB-6, které slouží jako orientační bod pro systém AVV – Automatické Vedení Vlaku.



Obrázek 4 Eurobaliza

1.2 Permisivní návěst Stůj

Pokud na oddílovém návěstidle automatického bloku svítí návěst Stůj, tak před tímto návěstidlem musí vlak zastavit. Na rozdíl od jiných hlavních návěstidel není na oddílovém návěstidle automatického bloku absolutní návěst Stůj, ale permisivní návěst Stůj. Permisivní návěst Stůj umožňuje vlaku pokračovat v cestě i přes návěst Stůj, a to po splnění určitých podmínek. Strojvedoucí nejdříve musí předpisově zastavit vlak před tímto návěstidlem a až po zastavení je možné vlak znovu rozjet a projet návěst Stůj a pokračovat v cestě dle rozhledových podmínek s maximální rychlostí 40 km/h, aby byl případně připraven zastavit vlak před vlakem před ním. Absolutní návěst Stůj, která je na všech ostatních návěstidlech se ale nesmí projet za žádnou cenu.



Obrázek 5 Návěst Stůj

2 Kolejové obvody

2.1 Definice kolejových obvodů

Jedná se o soubor zařízení vyhodnocujících volnost kolejových úseků, tj. přítomnost a nepřítomnost kolejového vozidla v daném kolejovém úseku železniční tratě či stanice. Spolupracují se zabezpečovacími zařízeními, pro které zjišťují informace o pohybu a poloze kolejových vozidel, které jsou nezbytně nutné pro bezpečný provoz na železničních tratích, ve stanicích a dopravnách. Na kolejové obvody jsou kladeny obrovské nároky na bezpečný provoz dopravy a je tedy velice důležité, aby kolejové obvody pracovaly správně a spolehlivě.

2.2 Vstupní a výstupní kolejová výstroj

Vstupní strana kolejového obvodu je vybavena vysílačem, který vysílá signální proud pro vyhodnocování přítomnosti a nepřítomnosti kolejových vozidel v přijímači.

Výstupní strana kolejového obvodu je vybavena přijímačem, který vyhodnocuje přítomnost kolejového vozidla.

2.3 Dělení kolejových obvodů

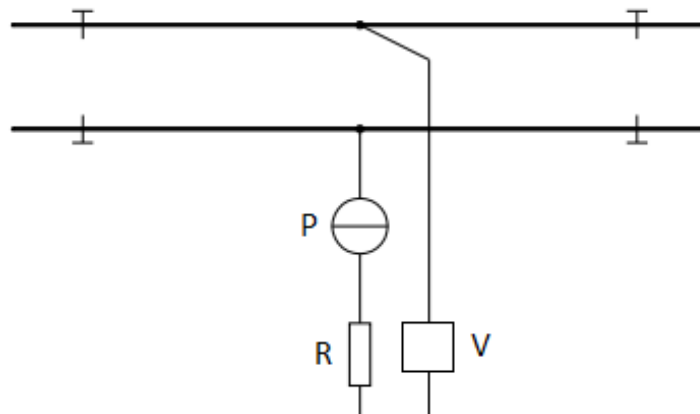
2.3.1 Dělení podle detekce kolejových vozidel

2.3.1.1 Sériový kolejový obvod

Sériový kolejový obvod se skládá ze vstupní a výstupní kolejový výstroje, která je zapojena do série. V klidovém stavu tímto obvodem neprotékají signální proudy. Přítomnost kolejového vozidla v obvodu je zjištěna pomocí vjezdu první nápravy vozidla do kolejového obvodu. První náprava totiž způsobí šunt (zkrat) mezi kolejnicemi, ke kterým je připojena kolejová výstroj, a obvodem začne protékat signální proud. Jedná se o ohraničený kolejový obvod izolovanými styky.

Výhoda sériového kolejového obvodu spočívá v tom, že obvodem v klidovém stavu neprotéká signální proud a je tedy na rozdíl od paralelního obvodu úspornější.

Sériový kolejový obvod je ale na rozdíl od paralelního méně bezpečný, a to z toho důvodu, že například při lomu kolejnice v úseku přijímač nevyhodnotí ani za přítomnosti kolejového vozidla jeho přítomnost – lom znemožní propojení obvodu a obvodem nebude protékat signální proud.



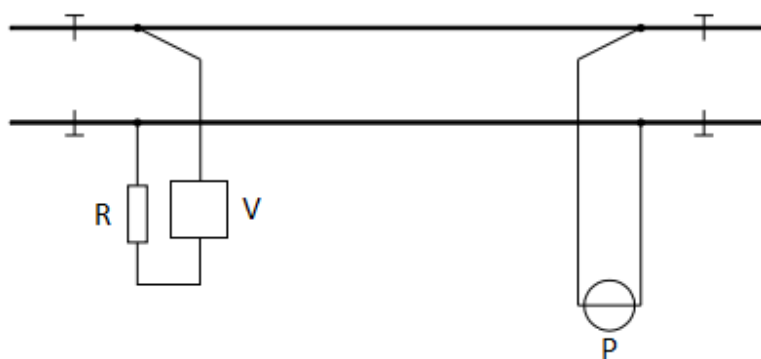
Obrázek 6 Schéma sériového kolejového obvodu

2.3.1.2 Paralelní kolejový obvod

Paralelní kolejový obvod se skládá ze vstupní a výstupní kolejové výstroje, která je zapojena paralelně. V klidovém stavu tímto obvodem protékají signální proudy. Vjezdem kolejového vozidla do kolejového úseku se signální proud začne uzavírat přes první nápravu kolejového vozidla. Tento šunt způsobí snížení proudu tekoucího do přijímače kolejového obvodu. Kvůli nedostatečnému signálnímu proudu v přijímači se přestane budit relé a kolejový obvod tak vyhodnocuje přítomnost kolejového vozidla.

Výhoda tohoto kolejového obvodu spočívá v tom, že při poškození/lomu kolejnice je úsek vyhodnocen jako obsazený, nebo je vyhodnocena porucha – lom znemožní propojení obvodu a signální proud obvodem přestane protékat úplně.

Jako nevýhoda paralelního obvodu by se dala označit „neúspornost“, z důvodu stále protékajícímu signálnímu proudu, ale za vyšší bezpečnost provozu na železnici to doopravdy stojí. Jedná se o ohraničený kolejový obvod izolovanými styky.



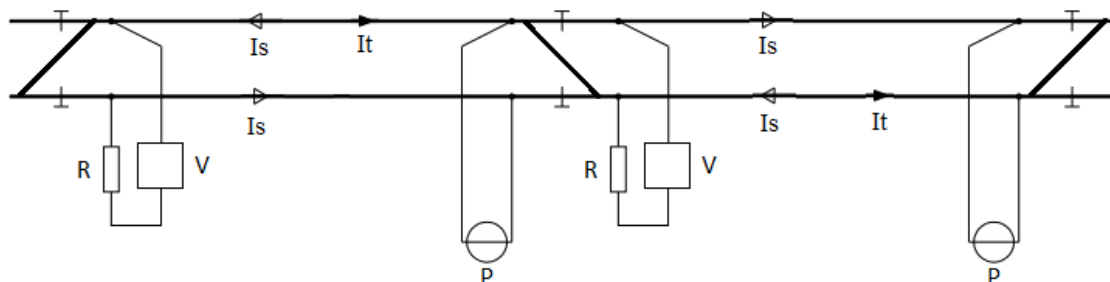
Obrázek 7 Schéma paralelního kolejového obvodu

2.3.2 Dělení podle odvodu zpětného trakčního proudu

Provozem elektrických lokomotiv a jednotek se musí proud z trakčního vedení dostat skrze kolejové vozidlo a pomocí kolejí zpět do napájecí stanice. Tento proud se tak musí přemísťovat z jednoho kolejového úseku do druhého, dokud nedorazí do napájecí stanice. Přenos zpětného trakčního proudu mezi kolejovými úseky je tak umožněn pomocí jednopásového, či dvoupásového obvodu.

2.3.2.1 Jednopásový obvod

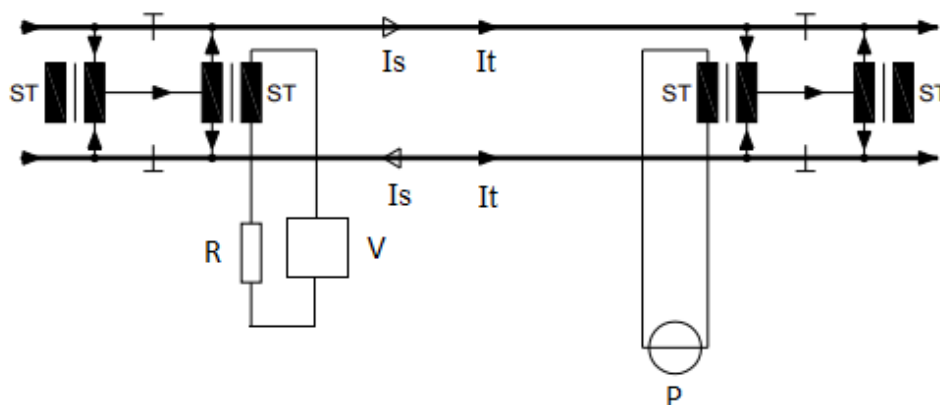
Přenos zpětného trakčního proudu u jednopásových obvodů je řešen s pomocí kosé propojky, díky které se vedení zpětného trakčního proudu střídá jednou a druhou kolejnicí přes izolovaný styk. Jednopásové obvody se již nyní nebudují, a to z důvodu zastaralosti a možnému nebezpečí, které by mohlo nastat v případě přerušení trakční kolejnice – trakční zpětný proud by mohl protékat přijímací a vysílací částí kolejového obvodu, což by bylo nebezpečné. Na schématu je signální proud označen jako I_s a zpětný trakční proud jako I_t .



Obrázek 8 Jednopásový kolejový obvod

2.3.2.2 Dvoupásový obvod

Na rozdíl od jednopásového kolejového obvodu je u dvoupásového zpětný trakční proud veden oběma kolejnicemi s obrácenou polaritou – fázovým posunem o 180° . Přenos zpětného trakčního proudu je zde zajištěn díky stykovým transformátorům. Stykový transformátor má dvě vinutí. K hlavnímu vinutí jsou připojeny kolejnice, ze kterých se pomocí střední odbočky převádí zpětný trakční proud z jednoho kolejového obvodu do dalšího. K doplňkovému vinutí je zapojena výstroj napájecí a přijímací části kolejového obvodu. Asymetrie neboli rozdíl proudů v kolejnicích, smí být maximálně 10 %, proto musí být proudy v kolejnicích maximálně vyvážené. Na schématu je signální proud označen jako I_s a zpětný trakční proud jako I_t .



Obrázek 9 Dvoupásový kolejový obvod

2.4 Izolované styky

U ohraničených kolejových obvodů je nutné, aby každý kolejový úsek byl od sebe oddělen. Oddělení je nutné hlavně z důvodu zamezení šíření signálního proudu z jednoho kolejového úseku do druhého a vyvarování se tak narušení signálního proudu pro jiný kolejový obvod. To by mohlo způsobit přenos špatného návěstního znaku návěstidla na návěstní opakováč umístěném na stanovišti strojvedoucího. Oddělení je provedeno izolovanými styky, které narušují celistvost kolejnic prvkem vyrobeným z izolačních materiálů. Nevýhodou rozdělení kolejových obvodů je narušení pevnosti tratě, v bodě izolovaného styku z důvodu použití materiálů s izolačními vlastnostmi. Další nevýhodou je také nutnost změny vedení zpětných trakčních proudů, které je provedeno kosými propojkami v jednopásovém obvodu, anebo stykovými transformátory v případě obvodu dvoupásového.

2.5 Signální proud

Signální proud je vysílán z vysílače do přijímače v rámci celého kolejového obvodu. Hlavními účely signálního proudu je zjišťování volnosti a obsazenosti kolejových úseků a také kódování neboli přenos návěstního znaku z návěstidla na návěstní opakovač na stanovišti strojvedoucího. Signální proud teče kolejnicemi a uzavírá se přes první nápravu lokomotivy.

Signální proud má přiřazené dvě základní frekvence – 50 Hz, která se používala u stejnosměrné trakční soustavy a 75 Hz, která se používala u střídavé trakční soustavy. Frekvencí 75 Hz se postupně nahrazují všechny úseky s kolejovými obvody. Na základní frekvenci se pak moduluje kód návěstního znaku, podle toho, která návěst se návěstí. V případě návěstění návěsti Stůj má kód frekvenci 0,9 Hz, kód žlutého mezikruží má frekvenci 1,8 Hz, kód návěsti výstraha má frekvenci 3,6 Hz a kód návěsti Volno má frekvenci 5,4 Hz.

2.5.1 Návěstní opakovač

Návěstní opakovač je doplňkové zařízení mobilní části národního vlakového zabezpečovače na kolejovém vozidle, konkrétně na stanovišti strojvedoucího, umístěné tak, aby na něj mohl strojvedoucí pohodlně vidět. Jeho funkce spočívá ve vyobrazení návěstního znaku z hlavního návěstidla projížděného kolejového obvodu na stanoviště. Strojvedoucí tak na opakovači dopředu vidí návěst, která je v reálném čase zobrazována na návěstidle daného kolejového obvodu.

Signální proud se na kolejové vozidlo dostane pomocí magnetického pole – signální proud je proudem střídavým, tudíž se kolem vodiče, kterým protéká (kolejnice) indukuje magnetické pole. Kolejové vozidlo je vybaveno indukčními snímači (cívkami), na kterých se naindukuje proud z kolejnic a po dekódování informace je zobrazena návěst na návěstním opakovači.

Návěstní opakovač umožňuje zobrazování návěstí: Výstraha, Stůj, Volno, Žluté mezikruží. Žluté mezikruží slouží pro návěstění návěstí omezující rychlost, od tohoto návěstidla, jako například návěst Rychlost 40 km/h a volno. Zobrazení návěstí Výstraha, na návěstím opakovači, může znamenat buď návěstění návěstí Výstraha, nebo návěstění předvěstující návěstí, která omezuje rychlost od dalšího návěstidla.



Obrázek 10 Návěstní opakovač vlakového zabezpečovače Mirel

3 Počítače náprav

Taktéž se jedná o zařízení pro zjišťování volnosti či obsazenosti traťových úseků, jako kolejové obvody, ale na rozdíl od nich se dají použít také pro kontrolu celistvosti vlaku. Jejich nevýhoda spočívá v tom, že se nedají použít pro kontrolu celistvosti trati a nedokážou tedy zjistit lom kolejnice, jako to umí paralelní kolejový obvod. Počítače náprav jsou prostředky bodové – jsou umístěny v daném bodu trati a sledují vjezd a výjezd kolejového vozidla v definovaném kolejovém úseku. Používají se například v místech, kde izolované kolejové obvody nevykazují správnou činnost, v mezistaničních úsecích, kde nejsou izolované kolejnice, nebo v místech, kde je nutné znát přesnou délku vlaku. Konkrétními místy jsou tak například úseky s přejezdovými zabezpečovacími zřízeními, nové staniční a mezistaniční úseky a traťové úseky pokryté jednotným evropským vlakovým zabezpečovačem ETCS.

Počítače náprav můžou být se směrovou citlivostí, která nám vyhodnotí směr jízdy kolejového vozidla, anebo bez směrové citlivosti, která dokáže počítat pouze nápravy bez zjištění směru kolejového vozidla.

Počítače náprav jsou složeny ze zdroje impulzů, z počítače impulzů a z vyhodnocovacího zařízení. Impulzy mohou být elektrické či magnetické.



Obrázek 11 Počítač náprav se směrovou citlivostí

3.1 Princip funkce počítačů náprav

Základním stavem počítače náprav je hodnota 0 – žádná náprava se v kolejovém úseku nenachází. Zdroj impulzů je umístěn na vnější straně koleje a neustále vysílá impulsy, které přijímá přijímač umístěný na vnitřní straně kolejnice. Při průjezdu nápravy kolem počítačového bodu se signál změní a vyhodnocovacím zařízením je vyhodnocen průjezd nápravy, jež se započítá. Každá další náprava, která počítačovým bodem projede, se započítá a je přičtena do celkového počtu náprav nacházejícím se v daném kolejovém úseku. Na konci kolejového úseku se nachází další počítačový bod, který v případě obsazeného úseku bude při průjezdu nápravy odečítat.

3.2 Počítače náprav bez směrové citlivosti

V tomto případě na začátku a konci sledovaného úseku trati budou umístěny počítačové body, přičemž počítačový bod na začátku úseku slouží pouze pro započítání náprav a počítačový bod na konci úseku slouží pouze pro odpočítání náprav. Tento druh počítačů náprav se používá na vícekolejných tratích, kdy je každá kolej určena jen pro jeden směr. Problém by mohl nastat ve chvíli, kdyby vlak vjel do sledovaného úseku z protisměru. V tomto případě by vlak nebyl zjištěn ve sledovaném úseku a byla by ohrožena bezpečnost provozu. Vlaky by tímto sledovaným úsekem v protisměru mohli projíždět pouze za mimořádné situace, kdy je provoz řízen telefonicky mezi dopravami a bezpečnost provozu by tak závisela na lidském faktoru. Počítače náprav bez směrové citlivosti jsou postupně nahrazovány lepšími počítačovými nápravami se směrovou citlivostí.

3.3 Počítače náprav se směrovou citlivostí

U tohoto druhu počítačů náprav jsou na začátku a na konci sledovaného úseku umístěny počítačové body, přičemž jak na konci, tak i na začátku tohoto úseku je možno započítání i odpočítání náprav. Většinou jsou u tohoto typu počítače umístěny dva stejné počítačové senzory vedle sebe. Když kolem těchto senzorů projede náprava, tak to zaznamená jak první senzor, tak i senzor druhý, ale s časovým zpožděním, díky kterému se dá určit směr jedoucího kolejového vozidla. Počítač náprav se směrovou citlivostí se tak používá na jednokolejných tratích, nebo obousměrných vícekolejných tratích.

3.4 Počítače náprav s magnetickými kolejovými snímači

Počítací bod těchto počítačů náprav je složen ze dvou magnetů, jejichž magnetické toky působí proti sobě. Vyhodnocovací zařízení vyhodnocuje, zda se magnetický tok mění, nebo ne. Jelikož je celá náprava vyrobena z oceli, tak se po průjezdu počítacím bodem změní magnetický tok mezi magnety – u jednoho magnetického obvodu se magnetický tok zvýší a u druhého se sníží. Tato skutečnost je zaznamenána a vyhodnocovací zařízení vyhodnotí a započítá průjezd nápravy.

3.5 Počítače náprav s rezonančním obvodem

Rezonanční obvod tohoto typu počítače náprav je naladěn na frekvenci cca 1110 KHz. Zaznamenání průjezdu dvojkolí je zde řešeno pomocí rozladění tohoto rezonančního obvodu. V klidovém stavu by snímačem měl protékat proud 3,8 – 5 mA. Při průjezdu nápravy kolem snímače se rezonanční obvod rozladí, proud se sníží a vyhodnocovací zařízení tak vyhodnotí a započítá průjezd nápravy.

3.6 Počítače náprav s elektronickými kolejnicovými spínači

Tento typ počítačů náprav využívá vysílače a přijímače v podobě cívek, jež jsou umístěny v blízkosti kolejnice na opačných stranách. Magnetický tok z vysílací cívky dopadá na přijímací cívku pod určitým úhlem. V přijímací cívce se z magnetického toku z vysílací cívky indukuje napětí. Při průjezdu nápravy kolem počítacího bodu se změní úhel magnetického toku vůči přijímací cívce a tím se také zmenší indukované napětí. Díky poklesu indukovaného napětí je vyhodnocovacím zařízením vyhodnocen a započítán průjezd nápravy.

4 3D modelování objektů

Velice důležitým procesem při tvorbě mého modelu automatického bloku bylo tvoření vlastních 3D modelů, které jsem poté vytiskl na své 3D tiskárně.

4.1 Modelování 3D objektů

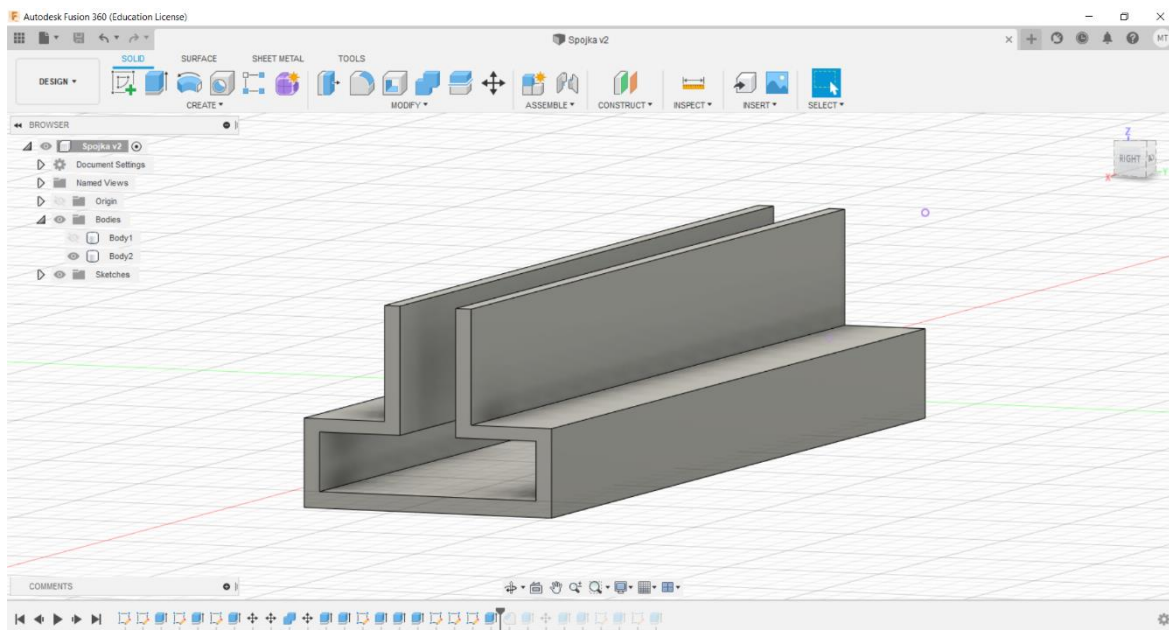
K tvoření vlastních modelů jsem využil 3D modelovací software Autodesk Fusion 360 od americké společnosti Autodesk. V tomto programu jsem vytvářel různé modely, kterými jsem osadil svůj model. Mezi modely, které jsem zde modeloval, patří například modely návštěvidel, krabička pro displej a pro přepínač ovládání režimů, nebo třeba izolované styky pro oddělení kolejových úseků. Samotné modelování probíhalo tak, že jsem si nejdříve v programu udělal 2D náčrt modelu, jak by měl vypadat a pak jsem ho pomocí nástroje „Extrude“ vytáhl a udělal tak hrubý 3D model. Tento hrubý model se pak musel upravit pomocí dalších šikvných nástrojů, jako třeba nástroj „Fillet“ pro zaoblení ostrých hran modelu, nástroj „Hole“ pro vytváření děr v modelu, nebo nástroj „Shell“, který dokáže model vyhloubit.

4.2 Tisk vymodelovaných 3D objektů

Pro vytisknutí svých 3D modelů jsem využil svou 3D tiskárnu Ender 3 Pro od čínské společnosti Creality. Aby bylo možné vymodelovaný 3D model vytisknout, je nejprve nutné jej vložit do „slicovacího“ softwaru. Tento software totiž dokáže přesně vypočítat a vygenerovat soubor informací, podle kterých se bude 3D tiskárna řídit. Model se tak rozloží na přesné souřadnice, kudy a kde bude tiskárna tisknout a na informace nutné k tisku, jako teplota tiskové hlavy, teplota vyhřívané tiskové podložky, rychlost tisku, rychlost extrakce filamentu atd. Bez tohoto souboru 3D tiskárna neumí tisknout. Ve „slicovacím“ softwaru se také nastaví hustota výplně, která určí vlastnosti modelu. Čím bude hustota výplně nižší, tím bude finální model pružnější, a naopak čím bude hustota výplně vyšší, tím bude výsledný model pevnější.

4.2.1 Použitý filament

Jakožto filament neboli materiál využitý pro tisk jsem zvolil materiál druhu PLA (polylactic acid), který se pro domácí 3D tisk využívá asi nejvíce. Disponuje totiž dobrými vlastnostmi, díky kterým je vytisknutý model pevný, odolný a nemá velké nároky na tisk. Teplota tisku a tím i tavení se u tohoto materiálu pohybuje v rozmezí 190-220 °C.



Obrázek 12 Ukázka z programu Autodesk Fusion 360

5 Programování vývojové desky Arduino

5.1 Arduino

Pro svůj model automatického bloku jsem využil vývojovou desku z řady Arduino, konkrétně Arduino Mega 2560. Tuto desku jsem si vybral z toho důvodu, protože nabízí velké množství programovatelných vstupních a výstupních pinů a snese také větší maximální proud, který může vývojovou deskou protékat, než její menší a rozšířenější verze Arduino Uno.

5.1.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 má dohromady 54 digitálních a 16 analogových programovatelných vstupních a výstupních pinů. Maximální proud, který vývojová deska dokáže propustit na jeden pin se pohybuje okolo 20 mA na pin a celkový proud, který může touto vývojovou deskou protékat je asi 800 mA. Výstupní napětí pinů je nastaveno na hodnotu 5 V a u jednoho z pinů je také možné napájení o napětí 3.3 V stejnosměrných. Napájení Arduina Mega je možné přes konektor pro síťový adaptér, jehož výstupní stejnosměrné napětí by mělo být v rozmezí 7–12 V, nebo přes USB – B port, který slouží pro propojení s počítačem. Tento port se tedy také používá pro nahrávání programů do vývojové desky.



Obrázek 13 Arduino Mega 2560

5.2 Programování

Samotné programování se odehrává ve speciálním softwaru Arduino IDE, který je určen přímo pro programování vývojových desek Arduino. Programovací jazyk, který se u tohoto programu využívá je C++.

Program pro vývojové desky Arduino je rozdělen do dvou bloků. První blok je označen jako „void setup“, a píše se sem kód, který se provede pouze jednou za celou délku programu, a to vždy jen při jeho začátku. Druhý blok je označen jako „void loop“, do kterého se píše kód, který se bude neustále opakovat dokola, až do odpojení vývojové desky od napájení.

Většina mého kódu je napsána pomocí „if“ (pokud) podmíněk. Díky těmto podmínkám se spustí určitý příkaz, pokud je splněna určitá podmínka. Pokud se daná podmínka nesplní, je možné pomocí příkazu „else“ (jinak) spustit jiný příkaz. Ukázku mého programu naleznete v příloze této práce.

5.2.1 Příklad podmínky „if“

```
if (analogRead (prijimac2) > 1022)
{
    digitalWrite (cervena2, HIGH);
}

else
{
    digitalWrite (cervena2, LOW);
}
```

Obrázek 14 Příkaz "if"

Pokud bude vstupní hodnota napětí na pinu nadefinovaném jako „prijimac2“ vyšší jak analogová hodnota 1022, program provede příkaz ve složených závorkách, tedy vyše logickou hodnotu HIGH (1) na pin definovaný jako „cervena2“. Pokud podmínka splněná nebude, tak se žádný signál na definovaný pin „cervena2“ nevyšle a na pinu tak zůstane logická hodnota LOW (0).

6 Stavba a realizace modelu autobloku

6.1 Základna

Vrchní stranu základny modelu tvoří dřevotřísková deska o rozměrech 300x925x12 mm. Základna má dvě bočnice, které jsou umístěny po delší straně základny, a jsou tvořeny dvěma stejnými latěmi o rozměrech 29x925x20 mm. Spodní strana základny je tvořena ze sololitové desky o rozměrech 29x925x3 mm. Otevřené boky na kratších stranách základny budou vyplněny kryty, které vytisknu na 3D tiskárně, přičemž v jednom z nich bude otvor pro konektor k napájení ze síťového adaptéru.

Na vrchní straně základny jsou vyvrtány díry, které slouží pro umístění konektorů pro návěstidla, pro vodiče od napájení kolejových obvodů a počítačů náprav, a pro vodiče od krabíčky s displejem a přepínače režimů.

6.2 Vrchní strana modelu

6.2.1 Koleje

Celou délku vrchní strany modelu pokrývají koleje měřítka G, jež jsou rozděleny na čtyři kolejové úseky, z nichž jsou s kolejovými obvody propojeny pouze tři. Jedna strana kolejí má kolejnice spojené a slouží jako napájení všech kolejových obvodů modelu. Druhá strana kolejí má kolejnice od sebe izolované plastovými spojkami, které jsem vytiskl na 3D tiskárně a slouží jako izolované styky.



Obrázek 15 Koleje na modelu

6.2.2 Návěstidla

Návěstidla jsou také vytisknuty pomocí 3D tiskárny. Stožár návěstidla je celistvý a hlava návěstidla je vytvořena jako krabička – má odnímatelný zadní kryt. V hlavě návěstidla se nachází potřebné elektronické součástky pro jejich funkci, tedy LED diody a rezistory. Každá LED dioda má spojenou svou anodu s rezistorem, který omezuje vstupní proud na určitou hodnotu, aby nedošlo k jejímu zničení. Každý rezistor s LED diodou má vlastní vodič, který slouží jako jejich napájení a tyto vodiče jsou vedeny stožárem návěstidla do 5ti pinového Mini DIN konektoru, přičemž každý vodič má přidělen vlastní pin. Katody LED diod jsou spojeny k sobě a jsou jedním společným vodičem vyvedeny také do konektoru. Díky konektorům se budou moci návěstidla snadno odnímat od povrchu modelu, aby při přenosu modelu nehrozilo jejich poničení, či zlomení, což je také důvodem, proč jsem při realizaci konektory zvolil. Návěstidla jsou umístěna na koncích kolejových úseků, na pravé straně kolejí ve směru jízdy kolejového vozidla.



Obrázek 16 Návěstidla

6.2.2.1 Výpočet rezistorů

Každá LED dioda potřebuje určité napětí, aby se rozsvítila. Toto napětí u mnou použitých LED diod činí 2,1 V u červené a žluté LED, a 2,5 V u zelené LED. Každá LED dioda je napájena napětím 5 V. Díky těmto hodnotám si vypočítáme úbytek napětí na rezistorech U_R .

$$U_{R1} = 5 - 2,5 = 2,5 \text{ V}$$

$$U_{R2} = 5 - 2,1 = 2,9 \text{ V}$$

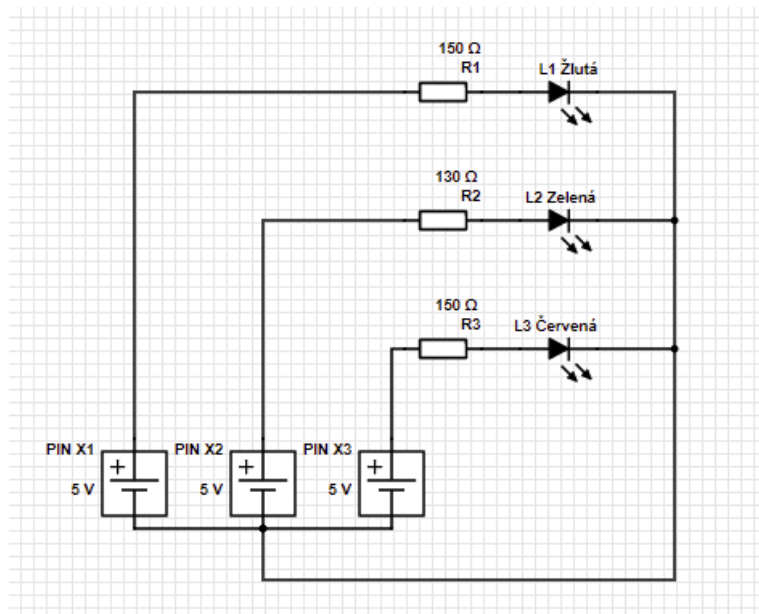
Dále si s pomocí hodnot procházejícího proudu LED diodami, který činí 20 mA, a úbytku napětí na rezistorech vypočítáme potřebné hodnoty rezistorů, a to s využitím Ohmova zákona.

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R1 = \frac{2,5}{0,02} = 125 \Omega$$

$$R2 = \frac{2,9}{0,02} = 145 \Omega$$

Odpor rezistorů pro žlutou a červenou LED diodu činí 145 Ω a pro zelenou LED diodu 125 Ω . Jelikož jsem nesehnal tyto přesné hodnoty rezistorů, využil jsem rezistory s odporem 150 Ω pro žlutou a červenou LED diodu, a 130 Ω pro zelenou LED diodu.



Obrázek 17 Schéma zapojení modelu návštěidla

6.2.2.2 Nadefinované piny konektoru

- 1) Společný vývod všech LED diod
- 2) Není definován
- 3) Červená LED dioda
- 4) Žlutá LED dioda
- 5) Zelená LED dioda



Obrázek 18 Mini DIN konektor s očíslovanými piny

6.2.3 Počítače náprav

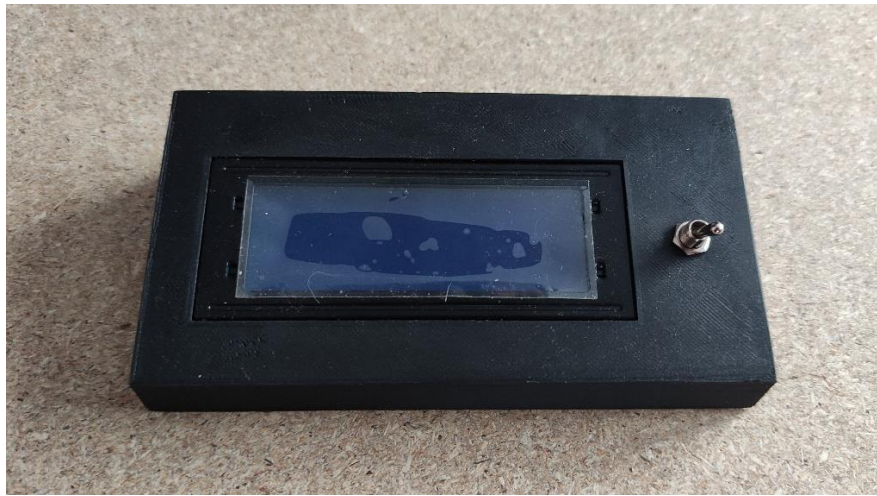
Na modelu se nachází dohromady 5 počítačů náprav, které jsou realizovány v podobě infračervených senzorů. Pro tyto senzory jsem na 3D tiskárně vytiskl vlastní krabičku, díky které jsou připevněny k povrchu modelu. Od každého senzoru vedou tři vodiče – jeden pro napájení, druhý pro uzemnění a třetí pro výstup logické hodnoty 0 nebo 1. Počítače náprav jsou umístěny na koncích kolejových úseků, na levé straně kolejí ve směru jízdy.



Obrázek 19 Počítač náprav

6.2.4 Krabička s displejem a voličem režimů

Jelikož můj model autobloku má dva režimy pro detekci kolejových vozidel – kolejové obvody a počítače náprav – je nutné si jeden režim vybrat. Proto jsem při realizaci zvolil volbu režimů pomocí páčkového spínače s polohami ON-ON. Pro lepší orientaci, jaký režim je právě aktivní, jsem přepínač doplnil o LCD displej, na kterém se bude zobrazovat název právě zvoleného režimu a plánuji ho ještě doplnit o vizualizaci aktuálně obsazeného traťového úseku. Pro displej a přepínač jsem navrhnul speciální krabičku, kterou jsem také vytiskl na 3D tiskárně a umístil ji doprostřed přední strany modelu.



Obrázek 20 Krabička s displejem a voličem režimů

6.3 Vnitřní část modelu

Uvnitř modelu se nachází pouze řídicí elektronika modelu, v podobě vývojové desky Arduino Mega 2560, a vodiče propojující Arduino s veškerou elektronikou použitou na modelu.

7 Popis funkce modelu autobloku

7.1 Uvedení modelu do provozu

Zapnutí modelu se provádí připojením zástrčky adaptéru do zásuvky. Autoblok by se měl za pár sekund synchronizovat a spustit. Po spuštění modelu je nutná volba režimu. Ten se zvolí pomocí páčkového spínače umístěném na ovládací krabičce vedle displeje. Při přepnutí spínače na jednu stranu se spustí režim detekce pomocí kolejových obvodů s názvem „Kolejové obvody“ a při přepnutí spínače na druhou stranu se spustí režim detekce pomocí počítačů náprav s názvem „Počítače náprav“. Aktuálně zvolený režim je zobrazen na LCD displeji.

7.2 Popis režimu Kolejové obvody

V tomto režimu bude model automatického bloku používat pro detekci kolejových vozidel kolejové obvody, konkrétně Sériový kolejový obvod. Pro simulaci kolejového vozidla, využijí své vozítko, které má 2 nápravy. Po vjetí první nápravy do prvního kolejového úseku se koleje propojí a přes nápravu začne protékat proud. Proud se vodičem dostane ke čtecímu pinu Arduina, které zaregistruje změnu podmínek a změní návěstní znak prvního oddílového návěstidla automatického bloku z návěsti Volno na návěst Stůj. Tím je indikováno, že je první kolejový úsek obsazen. Po vjetí první nápravy kolejového vozidla do druhého kolejového úseku se propojí druhý kolejový obvod a návěst druhého návěstidla je změněna na Stůj. Teprve potom, co poslední náprava opustí první kolejový úsek, je přerušen tok proudu do přijímače, čímž se úsek stává opět volným a návěst prvního návěstidla je změněna na návěst Výstraha. Po vjetí první nápravy kolejového vozidla do třetího kolejového úseku se propojí třetí kolejový obvod a návěst třetího návěstidla je změněna na Stůj. Teprve potom, co poslední náprava opustí druhý kolejový úsek, se druhý úsek stává opět volným, návěst druhého návěstidla je změněna na návěst Výstraha a návěst prvního návěstidla je změněna na Volno.

7.3 Popis režimu Počítače náprav

Model automatického bloku bude v tomto režimu pro detekci kolejových vozidel používat počítače náprav. Pro simulaci kolejového vozidla, využijí své vozítko, které má 2 nápravy. Po projetí první nápravy kolejového vozidla prvním počítačem náprav se vyšle z počítače

impulz, který se vodičem dostane ke čtecímu pinu Arduina. Arduino zaznamená impuls a vyhodnotí změnu podmínek, což způsobí změnu návěstního znaku prvního oddílového návěstidla automatického bloku z návěsti Volno na návěst Stůj. Tím je indikováno, že je první kolejový úsek obsazen. Projetí každé další nápravy je také zaznamenáno a přičteno k celkovému počtu náprav. Po projetí první nápravy kolejového vozidla přes druhý počítač náprav se zjistí přítomnost kolejového vozidla ve druhém kolejovém úseku a návěst druhého návěstidla je změněna na Stůj. Teprve poté, co poslední náprava projede výstupním počítačem náprav prvního úseku se celkový počet náprav v prvním úseku bude rovnat nule, čímž dojde k uvolnění prvního úseku a návěst prvního návěstidla je změněna na návěst Výstraha. Po projetí první nápravy kolejového vozidla třetím počítačem náprav se náprava opět napočítá a návěst třetího návěstidla je změněna na Stůj. Teprve potom, co poslední náprava projede výstupním počítačem náprav druhého úseku se druhý úsek stává opět volným, návěst druhého návěstidla je změněna na návěst Výstraha a návěst prvního návěstidla je změněna na Volno.



Obrázek 21 Kompletní model

Závěr

Hlavním cílem mé práce bylo vytvoření funkčního modelu automatického bloku pomocí vývojové desky Arduino, včetně popisu realizace a jeho funkce. Čtenář se tak dozvěděl, jak stavba modelu probíhala, na jakých principech model funguje a co všechno se na modelu dá prezentovat a demonstrovat.

Dalším cílem mé práce bylo seznámit čtenáře se základními obecnými informacemi o automatickém bloku, s jeho dělením, účelem a hlavně funkcí.

Doufám, že můj model splní svůj účel, a bude tak sloužit pro prezentační účely ve výuce předmětu Zabezpečovací technika na naší škole.

Seznam použité literatury

1. Automatický blok. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Automatick%C3%BD_blok
2. DAVID, Christopher. Arduino Mega Tutorial [Pinout]. *DIYIOT* [online]. Aachen, Germany, 2020 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: <https://diyi0t.com/arduino-mega-tutorial/>
3. DORAZIL, Petr. Základní vlastnosti kolejových obvodů bez izolovaných styků. *Digitální knihovna Univerzity Pardubice* [online]. Pardubice, 2008 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/28903/text.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. HRŮZA, Filip. Nejmodernější zabezpečovací zařízení v železniční dopravě. *DOCPlayer* [online]. Praha, 2015 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/6339759-Soutez-o-cenu-dekana-fakulty-dopravni-cvut-nejmodernejsi-zabezpecovaci-zarizeni-v-zeleznicni-doprave-tema-prace.html>
5. Konektor Mini-DIN vidlice, 5 pin MDD5ST. *GM Electronic* [online]. Česká republika [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/konektor-mini-din-mdd5st>
6. KONRAD, Jan. Simulace řízení vlakové dopravy. *Softikon* [online]. 2021 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: <http://softikon.wz.cz/>
7. NÁVOD NA OBSLUHU MIREL VZ 1. *Gowrastudio* [online]. Česká republika [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <http://gowrastudio.cz/wp-content/uploads/2018/04/Popis-Mirel-VZ-363.5-V03.pdf>
8. PAVLAS, Jiří. ZABEZPEČOVACÍ TECHNIKA V DOPRAVĚ. *Publi* [online]. Brno: Code Creator, 2015 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/191/Uvod.html>
9. Počítač náprav. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D_n%C3%A1prav

10. SPRÁVA ŽELEZNIC. Co je ETCS [online]. [cit. 16.2.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.spravazeleznic.cz/stavby-zakazky/modernizace/etcs/co-je-etcs>
11. VODA, Zbyšek. PROGRAMUJEME ARDUINO. *Arduino.cz* [online]. Šenov: HWKITCHEN.CZ, 2020 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: <https://bastlirna.hwkitchen.cz/programujeme-arduino/>
12. Zabezpečovací zařízení - část 2. *Simulátor železničního uzlu Brno* [online]. Brno, 2014 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: <http://brnosim.wz.cz/clanky.php?id=2>

Seznam příloh

Příloha 1 První ukázka programu

Příloha 2 Druhá ukázka programu

Příloha 3 Třetí ukázka programu

Přílohy

```

int zluta1 = 4;
int zelenal = 3;
int cervenal = 2;
int prijimacl = A0;

int zluta2 = 7;
int zelena2 = 6;
int cervena2 = 5;
int zdroj2 = 8;
int prijimac2 = A5;

int zluta3 = 48;
int zelena3 = 50;
int cervena3 = 52;
int zdroj3 = 12;
int prijimac3 = A3;

int promenal =0;
int promena2 =0;
int promena3 =0;

void setup() {
pinMode (zluta1, OUTPUT);
pinMode (zelenal, OUTPUT);
pinMode (cervenal, OUTPUT);
pinMode (prijimacl, INPUT);

pinMode (zluta2, OUTPUT);
pinMode (zelena2, OUTPUT);
pinMode (cervena2, OUTPUT);
pinMode (zdroj2, OUTPUT);
pinMode (prijimac2, INPUT);

pinMode (zluta3, OUTPUT);
pinMode (zelena3, OUTPUT);
pinMode (cervena3, OUTPUT);
pinMode (zdroj3, OUTPUT);
pinMode (prijimac3, INPUT);

Serial.begin(9600);
}

```

```

void loop() {

//digitalWrite (zdroj1, HIGH);
digitalWrite (zdroj2, HIGH);
digitalWrite (zdroj3, HIGH);

promena1 = analogRead(prijimacl);
promena2 = analogRead(prijimac2);
promena3 = analogRead(prijimac3);

    Serial.print("Prijimacl = ");
    Serial.println(promena1);
    Serial.print("Prijimac2 = ");
    Serial.println(promena2);
    Serial.print("Prijimac3 = ");
    Serial.println(promena3);
    delay(1000);

if (analogRead(prijimacl) < 1000 && analogRead(prijimac2) < 1000)

{
    digitalWrite (zelenal, HIGH);
    //delay(200);
}

else
{
    digitalWrite (zelenal, LOW);
}

if (analogRead (prijimacl)> 1022)

{

    digitalWrite (cervenal, HIGH);

} |

```

```

if (analogRead(prijimac2) < 1022 && analogRead(prijimac3) < 1022)
{
  digitalWrite (zelena2, HIGH);
}

else
{
  digitalWrite (zelena2, LOW);
}

if (analogRead (prijimac2) > 1022)
{
  digitalWrite (cervena2, HIGH);
}

else
{
  digitalWrite (cervena2, LOW);
}

if (analogRead (prijimac1) < 1022 && analogRead (prijimac2) == 1023)
{
  digitalWrite (zlutal, HIGH);
  digitalWrite (cervena1, LOW);
}

else
{
  digitalWrite (zlutal, LOW);
  //delay(200);
}

```

Příloha 3 Třetí ukázka programu