

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

ŘÍZENÍ MODELU MYČKY AUT POMOCÍ PLC

Lukáš Leitl

Bakalářská práce
2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Leitl**
Osobní číslo: **I15013**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Název tématu: **Řízení modelu myčky aut pomocí PLC**
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl:

Cílem je vytvořit aplikaci pro PLC, pomocí které bude možné řídit a vizualizovat laboratorní model myčky aut.

Obsah teoretické části:

Teorie logického řízení. Programovatelné logické automaty PLC - hardware a programování. HMI interface.

Obsah implementační části:

HW úprava stávajícího modelu. Konfigurace PLC, vytvoření programu pro PLC i HMI panel, který umožní řídit a vizualizovat soustavu.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **40**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

L. Šmejkal, M. Matrinásková, PLC a automatizace 1, Základní pojmy, úvod do programování. BEN - technická literatura, Praha 1999

L. Šmejkal, PLC a automatizace 2, Sekvenční logické systémy a základy fuzzy logiky. BEN - technická literatura, Praha 2005

M. Martinásková, Programovací jazyky pro PLC. Automatizace, ročník 47, číslo 6, strana 380, 2004

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Honc, Ph.D.**

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **14. prosince 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2019**



L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 14. prosince 2018

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 16. 5. 2019

Lukáš Leitl

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Danielu Honcovi, Ph.D. za věcné připomínky a vstřícný přístup při zpracování bakalářské práce. Děkuji také doc. Ing. Milanu Javůrkovi, CSc. za pomoc při formálních úpravách práce.

V Pardubicích dne 16. 5. 2019

Lukáš Leitl

ANOTACE

Práce se zabývá návrhem řízení laboratorního modelu myčky aut pomocí PLC automatu. Cílem je upravit stávající model po hardwarové stránce, vytvořit program pro PLC a přidat HMI panel pro ovládání a vizualizaci celé soustavy. Funkčnost modelu je demonstrována na vytvořené aplikaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

myčka aut, PLC automat, logické řízení, HMI panel, vizualizace.

TITLE

CONTROL OF CAR WASH MODEL WITH PLC

ANNOTATION

The work deals with the control of laboratory model of car wash using PLC. The aim is to modify the hardware of the existing model, create a PLC program and add an HMI panel to control and visualize the entire system. The functionality of the model is demonstrated on the created application.

KEYWORDS

Car wash, PLC, Logic control, HMI panel, Visualization.

OBSAH

	Seznam zkratk a značek.....	9
	Seznam symbolů proměnných veličin a funkcí.....	10
	Seznam ilustrací.....	11
	Seznam tabulek.....	13
	ÚVOD.....	14
1	TEORETICKÁ ČÁST.....	15
1.1	Teorie logického řízení.....	15
1.1.1	Logické obvody.....	15
1.1.2	Logika obvodů.....	16
1.1.3	Logické funkce.....	16
1.1.4	Realizace logických obvodů.....	18
1.1.5	Kombinační logické obvody.....	18
1.1.6	Sekvenční logické obvody.....	19
1.2	Prostředky logického řízení.....	19
1.2.1	PLC.....	19
1.2.2	Struktura PLC.....	20
1.2.3	Kompaktní.....	20
1.2.4	Modulární.....	21
1.2.5	Program.....	21
1.2.6	Programovací jazyky.....	22
1.2.7	HMI.....	23
2	PRAKTICKÁ ČÁST.....	24
2.1	Popis modelu.....	24
2.1.1	Motory.....	26
2.1.2	H-můstky.....	26
2.1.3	Měniče napětí.....	27
2.1.4	Ultrazvukové senzory.....	28
2.1.5	Optické brány.....	29
2.1.6	Arduino.....	29
2.1.7	PLC.....	30
2.1.8	I/O modul.....	33
2.1.9	HMI panel.....	34

2.1.10	Propojení komponentů.....	35
2.2	Tvorba programového vybavení.....	41
2.2.1	Vývojové prostředí Arduino	41
2.2.2	Program pro Arduino 1	41
2.2.3	Program pro Arduino 2.....	42
2.2.4	Vývojové prostředí Mosaic	44
2.2.5	Program pro PLC.....	44
2.3	Funkce modelu	48
3	ZÁVĚR.....	50
	POUŽITÁ LITERATURA	51
	PŘÍLOHY	53

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
HMI	Human Machine Interface
IR	Infrared
LED	Light Emitting Diode
PLC	Programmable Logic Controller
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory

SEZNAM SYMBOLŮ PROMĚNNÝCH VELIČIN A FUNKCÍ

f	frekvence, Hz
I	elektrický proud, A
l	délka, m
R	elektrický odpor, Ω
t	čas, s
U	elektrické napětí, V
X	nezávisle proměnná
Y	závisle proměnná

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Řídicí soustava se zpětnou vazbou	15
Obr. 1.2 – Grafické zobrazení funkce NOT.....	16
Obr. 1.3 – Grafické zobrazení funkce OR	17
Obr. 1.4 – Grafické zobrazení funkce AND	18
Obr. 1.5 – Blokové schéma PLC	20
Obr. 1.6 – Kompaktní PLC Tecomat Foxtrot	21
Obr. 1.7 – Modulární PLC Tecomat TC700.....	21
Obr. 1.8 – Cyklus programu v PLC	22
Obr. 1.9 – Programovací jazyky PLC	23
Obr. 1.10 – HMI panel.....	23
Obr. 2.1 – Fotografie myčky.....	25
Obr. 2.2 – Fotografie rozvaděče	25
Obr. 2.3 – Schéma H-můstku L298N	26
Obr. 2.4 – Modul s H-můstkem	27
Obr. 2.5 – Napěťový měnič	28
Obr. 2.6 – Ultrazvukový senzor vzdálenosti.....	28
Obr. 2.7 – Infračervený přijímač	29
Obr. 2.8 – Arduino Uno	30
Obr. 2.9 – PLC Tecomat Foxtrot CP-1005	31
Obr. 2.10 – Rozměry PLC CP-1005	31
Obr. 2.11 – Modul IR-1501 a jeho rozměry	34
Obr. 2.12 – Operátorský panel ID-17	35
Obr. 2.13 – Svorky panelu ID-17	35
Obr. 2.14 – Blokové schéma modelu.....	36
Obr. 2.15 – Vývojový diagram programu pro Arduino 1	42
Obr. 2.16 – Vývojový diagram programu pro Arduino 2	43
Obr. 2.17 – 1. část programu pro PLC.....	44
Obr. 2.18 – 2. část programu pro PLC.....	45
Obr. 2.19 – 3. část programu pro PLC.....	45
Obr. 2.20 – 4. část programu pro PLC.....	45
Obr. 2.21 – 5. část programu pro PLC.....	46
Obr. 2.22 – 6. část programu pro PLC.....	46

Obr. 2.23 – 7. část programu pro PLC	47
Obr. 2.24 – 8. část programu pro PLC	47
Obr. 2.25 – 9. část programu pro PLC	48

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 – Pravdivostní tabulka funkce NOT	16
Tab. 1.2 – Pravdivostní tabulka funkce OR.....	17
Tab. 1.3 – Pravdivostní tabulka funkce AND.....	18
Tab. 2.1 – Vstupy a výstupy modulu s H-můstkem.....	27
Tab. 2.2 – Popis svorek PLC CP-1005	32
Tab. 2.3 – Tabulka zapojení Arduino 1	37
Tab. 2.5 – Tabulka zapojení Arduino 2	38
Tab. 2.6 – Tabulka zapojení PLC	39
Tab. 2.7 – Tabulka zapojení rozšiřujícího modulu	40
Tab. 2.8 – Tabulka zapojení HMI panelu	40

ÚVOD

Použití PLC automatů je možné v dnešní době označit za zcela běžné. Využití nachází v mnoha různých odvětvích, ať už se jedná o inteligentní rodinné domy, rozsáhlé kancelářské budovy, obrovské výrobní haly, ostrovní systémy ve městech, nebo třeba distribuční sítě dodavatelů energií. Možnosti těchto systémů jsou velmi rozsáhlé. Trend automatizace je v průmyslu stále více probírané téma a právě PLC automaty jsou často jednoznačnou odpovědí na neustále se zrychlující výrobní procesy. Rychlost a efektivita řízení nejrůznějších procesů je rozhodující. Robustnost a spolehlivost těchto zařízení je také předurčuje k nasazení v náročných průmyslových podmínkách.

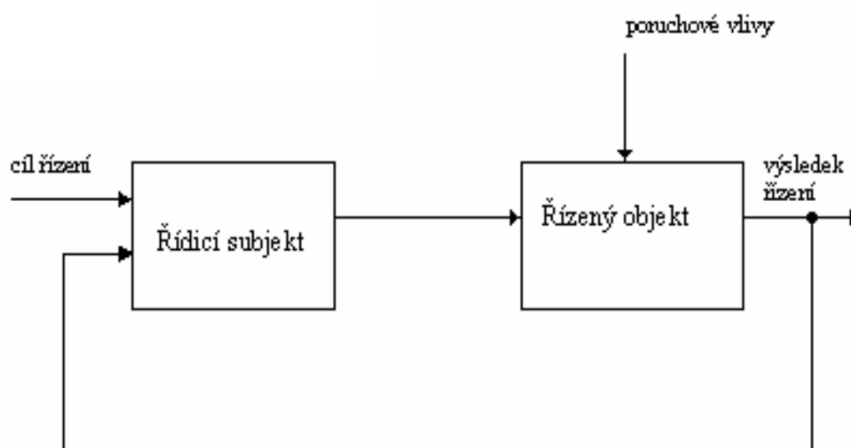
Další z výhod je centralizace celého řízení. Právě to dělá z takto vybudovaného systému tolik efektivní celek. Pro představu je možné si to znázornit na příkladu rodinného domu. V dnešní době je možné zakoupit řadu různých zařízení, jež mají člověku ušetřit práci a vylepšit uživatelský zážitek z daného výrobku. Může se jednat o různé inteligentní spotřebiče. Všechny tyto věci mohou být užitečné a člověku zpříjemnit užívání. Problém může nastat ve chvíli, kdy je v domácnosti takových věcí více a každá z nich má jiný ovladač, nebo třeba mobilní aplikaci, přes kterou se ovládá. Právě tyto nepřehlednosti PLC eliminuje. Při kvalitním návrhu a realizaci je možné dosáhnout centralizovaného ovládání celého domu z jednoho elektronického zařízení v jediné aplikaci. Podobný princip funguje v průmyslu, nebo v jakémkoli dalším odvětví, kde se PLC používá.

Těchto vlastností je využíváno i v této práci. Úkolem je zrealizovat řízení modelu myčky aut. Z technického hlediska jde o řízení několika akčních členů na základě dat z různých senzorů. Právě k tomu je PLC vhodné. Model bude ovládán prostřednictvím HMI panelu, který umožní i vizualizaci soustavy. V kapitole 1 je pozornost zaměřena na teorii logického řízení. Dále jsou vysvětleny vlastnosti a význam PLC automatu. V kapitole 2 je podrobně popsán celý model myčky. Je zde vysvětleno, k jakým úpravám došlo, jaké řídicí prvky jsou použity a jak je vše zapojeno. Poté je objasněn program pro PLC i další prvky. Celý model bude názornou ukázkou řízení soustavy prostřednictvím PLC. Budoucím studentům bude sloužit jako praktický příklad možného využití PLC automatu v praxi.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 TEORIE LOGICKÉHO ŘÍZENÍ

Logické řízení, jak už samotný název napovídá, označuje jistou činnost. Jde o proces, při kterém jsou zpracovávány určité informace, na základě nichž je následně ovlivňován řízený objekt k dosažení stanoveného cíle. Porozumění celé problematice usnadní obr. 1.1, na němž je zobrazen typický příklad řízení. Ten je teoretickým základem pro pochopení systémů řízení. Základem je řídicí subjekt, který na základě řídicích instrukcí na vstupu ovládá řízený objekt. Z obrázku je zřejmé, že na řízený objekt působí také určité poruchové vlivy. Úkolem řídicího subjektu je dosáhnout požadovaného výsledku na výstupu modelu i navzdory těmto vlivům. Dále je patrné, že z výstupu modelu se zpět na vstup vrací tzv. zpětná vazba. Ta je základem celého řízení. Řídicímu subjektu zajišťuje údaje o tom, jaký je průběh a výsledek řízení. Na základě těchto informací pak řídicí subjekt upravuje ovládání řízeného objektu (Burý, 2007).



Obr. 1.1 – Řídicí soustava se zpětnou vazbou
(Burý, 2007)

1.1.1 Logické obvody

Logické obvody jsou takové obvody, na jejichž vstupy jsou přiváděny signály, které nabývají jedné z dvou možných hodnot. Tyto signály jsou pak dále obvodem zpracovány a ten pak na svém výstupu generuje také dvouhodnotové řídicí signály určené pro ovládání řízeného objektu. Logický obvod reaguje na kombinaci vstupních signálů podle toho, jakým způsobem je navržen. Vždy se řídí logikou určující chování těchto obvodů (Burý, 2007).

1.1.2 Logika obvodů

Jak již bylo nastíněno, logické obvody pracují s určitou logikou. Tyto zákonitosti se označují jako logika tzv. výroků. Každý výrok může nabývat pouze dvou stavů a to pravda nebo nepravda. V číslicové technice jsou tyto stavy reprezentovány stavy 1 (pravda) nebo 0 (nepravda). V souvislosti s tím je třeba vysvětlit význam logických úrovní 0 a 1. Každý z těchto stavů odpovídá libovolné napěťové úrovni. Pokud je logická 0 reprezentována nižším napětím, než logická 1, jedná se o pozitivní logiku. V opačném případě jde o negativní logiku (Mašková, 2017).

1.1.3 Logické funkce

Po vysvětlení, co je to logický obvod a na jakém principu funguje, je důležité ukázat, jakým způsobem jsou výroky dále zpracovávány. Pro tyto účely slouží logické funkce, které popisují vztahy mezi různými stavy a jejich spojeními. Tak vznikají nové stavy, jež jsou přímo závislé na svých předchůdcích. Tři základní logické funkce budou nyní blíže popsány.

První z těchto funkcí je NOT – negace. Na rozdíl od dalších dvou se jedná o logickou funkci jedné proměnné. Vstupní proměnná může nabývat hodnot 1 nebo 0. Výstupní proměnou je poté opačná hodnota té vstupní. Tato závislost je vyjádřena vztahem

$$Y = \bar{X}, \quad (1.1)$$

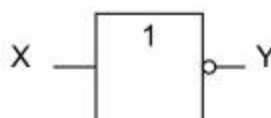
kde Y je výstupní proměnná,

\bar{X} – negovaná vstupní proměnná.

Kombinace vstupů a výstupů logických funkcí se také uvádějí do tabulky, nazývané jako pravdivostní tabulka. Pravdivostní tabulku negace je uvedena v tab. 1.1. Na obr. 1.2 je zobrazena grafická značka této funkce (Mašková, 2017).

Tab. 1.1 – Pravdivostní tabulka funkce NOT

X	Y
0	1
1	0



Obr. 1.2 – Grafické zobrazení funkce NOT (PLC automatizace, 2013)

Další v pořadí je funkce OR – logický součet. Nyní se již jedná o logickou funkci více proměnných. Výstupní proměnná této funkce je ve stavu 1 v případě, že je ve stavu 1 alespoň jedna ze vstupních proměnných. Naopak pokud jsou všechny vstupní proměnné ve stavu 0, pak je i výstupní proměnná ve stavu 0. Tato závislost je vyjádřena vztahem

$$Y = X_1 + X_2, \quad (1.2)$$

kde Y je výstupní proměnná,

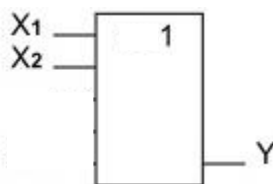
X_1 – první vstupní proměnná,

X_2 – druhá vstupní proměnná.

Praktické využití má tato funkce v případě, kdy je k dosažení nějakého cíle nutné splnění alespoň jedné podmínky. To je zřetelné z tab. 1.2. Na obr. 1.3 je pak grafické zobrazení této funkce (Mašková, 2017).

Tab. 1.2 – Pravdivostní tabulka funkce OR

X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Obr. 1.3 – Grafické zobrazení funkce OR
(PLC automatizace, 2013)

Poslední ze tří základních logických funkcí je funkce AND – logický součin. Výstupní proměnná této funkce je ve stavu 1 pouze v případě, že jsou ve stavu 1 všechny vstupní proměnné. Pokud je ve stavu 0 i pouze jedna z mnoha vstupních proměnných, výstupní proměnná je vždy 0. To je jednoznačně odvoditelné z matematického vyjádření této funkce

$$Y = X_1 \cdot X_2, \quad (1.3)$$

kde Y je výstupní proměnná,

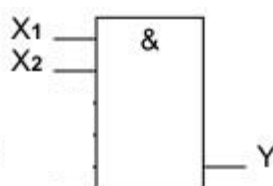
X_1 – první vstupní proměnná,

X_2 – druhá vstupní proměnná.

Tohoto se využívá v situacích, kdy je k provedení určité operace nutné splnění všech podmínek. Pro doplnění je níže uvedena pravdivostní tabulka tab. 1.3 a na obr. 1.4 grafické zobrazení (Mašková, 2017).

Tab. 1.3 – Pravdivostní tabulka funkce AND

X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Obr. 1.4 – Grafické zobrazení funkce AND (PLC automatizace, 2013)

Tyto tři funkce tvoří základ tzv. Booleovy algebry. Při dodržení zákonů, které tato algebra má, je možné prostřednictvím tří výše popsaných funkcí vytvořit jakoukoli jinou logickou funkci. Na základě toho jsou vyráběny elektronické obvody schopné generovat tyto funkce. Takovým obvodům se říká logické obvody, jak již bylo uvedeno dříve.

1.1.4 Realizace logických obvodů

Oblast elektronických zařízení se rychle vyvíjí a jinak tomu není ve vývoji logických obvodů. První logické obvody byly realizovány kontaktními relé. Ty pak byly nahrazovány polovodičovými obvody a následně tranzistory. Poté přišly první integrované obvody, programovatelné automaty a počítače, jak jsou známé dnes. Logické obvody se dělí na kombinační logické obvody a sekvenční logické obvody. Rozdíl mezi nimi bude nyní blíže vysvětlen (Burý, 2007).

1.1.5 Kombinační logické obvody

Název napovídá, že u těchto obvodů je důležitá určitá kombinace. Konkrétně tak, že jakákoliv kombinace proměnných na vstupu vždy odpovídá pouze jediné kombinaci proměnných na výstupu. Výstup obvodu je tedy vždy přímo závislý na hodnotě vstupu v daný

okamžik. Kombinační logické obvody nemají žádné paměťové členy, které by dokázaly uchovat hodnoty nějakých dřívějších proměnných pro další využití (Mašková, 2017).

1.1.6 Sekvenční logické obvody

Sekvenční obvody mají základní funkci stejnou jako kombinační obvody a to ovlivnění výstupních proměnných kombinací vstupních proměnných. Hlavní rozdíl je v tom, že obsahují paměťové členy schopné uchovat předešlé stavy vstupních proměnných. Tyto dřívější stavy je pak možno dále využít. Sekvenční logické obvody se dále dělí na synchronní a asynchronní, podle toho, zda na vstup mají přivedeny synchronizační hodinové impulzy či nikoliv. Pomocí nich jsou řízeny změny vnitřních proměnných (Mašková, 2017).

1.2 PROSTŘEDKY LOGICKÉHO ŘÍZENÍ

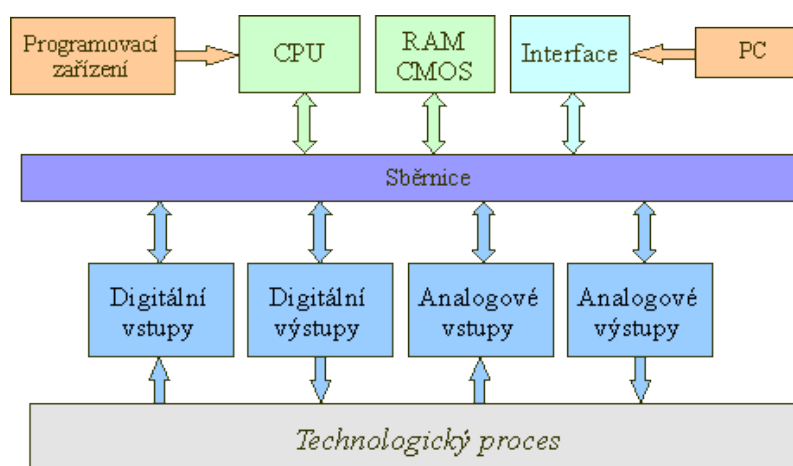
Doposud se práce zabývala obvodem pevnou logikou, kdy je funkce obvodu předem určena vnitřní strukturou, tedy propojením uvnitř obvodu. Zcela jinak je tomu ale u tzv. programovatelných automatů. Chování zde určuje program a nikoliv pevné propojení. Programovatelné automaty se proto vyznačují značnou výhodou, neboť jeden stejný automat je možné použít v nesčetném množství různých aplikací. Programovatelnými logickými automaty (anglicky: Programmable Logic Controller) se budu práce dále blíže zabývat. Bude vysvětleno, jak PLC funguje, jaké jsou druhy PLC, čím se typicky vyznačuje a jak se ovládá (Burý, 2007).

1.2.1 PLC

PLC je malý průmyslový počítač používaný především ve výrobě a průmyslu pro řízení strojů nebo výrobních linek. Je řízen mikroprocesorem s vlastním operačním systémem. Tento počítač je navržen tak, aby byl schopen řídit automatizační úlohy v reálném čase, tedy s co nejkratší dobou odezvy. Vznik PLC se datuje někdy od roku 1970, kdy první programovatelné automaty nahrazovaly tehdy používané reléové systémy. Požadavky na PLC jsou vysoké. Vzhledem k nasazení ve výrobě musí být systém robustní, aby odolal průmyslovému prostředí, a musí být co nejméně poruchový. Dalším požadavkem je velká rychlost, protože neustále zpracovává velké množství signálů. Dále musí být jednoduše rozšiřitelný o další periferie. Takový řídicí systém musí být jednoduše ovladatelný a musí zaručit bezpečnost zařízení i obsluhy. Mezi nejznámější světové výrobce PLC patří Siemens, Omron, Mitsubishi, Rockwell nebo Allen-Bradley. Známe je také české PLC Tecomat od výrobce Teco Kolín (Teco, 2016).

1.2.2 Struktura PLC

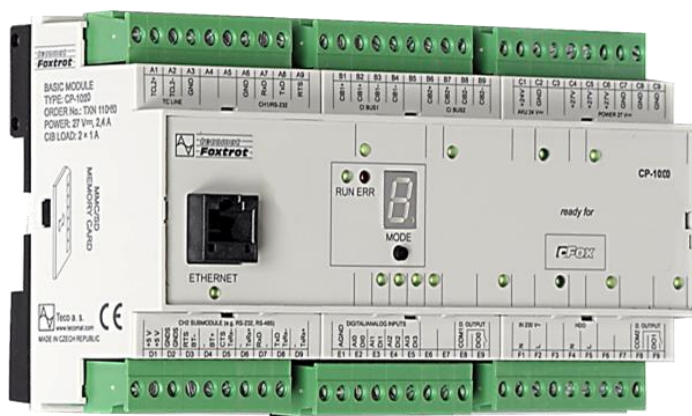
Základem PLC je obvykle řídicí mikroprocesor a paměť. Ta bývá rozdělena na tři části: 1. paměť RAM pro program, 2. paměť RAM pro data a 3. paměť EEPROM pro parametry. PLC dále disponuje digitálními a analogovými vstupy a výstupy a komunikačním rozhraním pro komunikaci s nadřazeným systémem. Často se jedná o rozhraní Ethernet. Poslední základní součástí PLC je systémová sběrnice pro komunikaci s rozšiřujícími moduly v rámci rozsáhlejšího systému nebo dalšími PLC. Blokové schéma PLC je zobrazeno na obr. 1.5. Podle typu konstrukce se PLC dělí na kompaktní a modulární (Mašková, 2017).



Obr. 1.5 – Blokové schéma PLC
(352 Lab, 2015)

1.2.3 Kompaktní

U kompaktního systému jsou všechny potřebné součásti osazeny v rámci jednoho modulu. Mezi ně patří CPU, několik analogových a digitálních vstupů a výstupů a komunikační rozhraní. Obvykle jsou rozšiřitelné o další moduly, se kterými PLC komunikuje po sběrnici. Počet modulů, které je možné k PLC připojit, bývá omezen. Je tedy vhodný spíše pro menší aplikace. Výhodou kompaktních PLC je rychlost přístupu k perifériím, které jsou přímo na řídicí jednotce, protože signály nemusí procházet přes řadič sběrnice. Další výhodou je nižší cena oproti modulárním systémům. Příkladem kompaktního PLC je Tecomat Foxtrot na obr. 1.6 (Teco, 2016).



Obr. 1.6 – Kompaktní PLC Tecomat Foxtrot (BVV, 2015)

1.2.4 Modulární

V případě modulárního PLC je celý systém rozdělen na jednotlivé moduly. To znamená, že CPU, vstupy a výstupy, napájecí zdroj a další funkční moduly jsou samostatnými komponenty. Obvykle se zde počítá s větším množstvím zpracovávaných signálů, takže je možné k tomuto PLC připojit větší množství modulů a má i větší paměť pro data a program. Je tedy zřejmé, že modulární PLC s možností řídit velké množství výstupů je vhodné pro nasazení v složitých aplikacích ve výrobě. Naproti tomu kompaktní PLC s menším počtem vstupů a výstupů se využívá spíše pro menší aplikace jako třeba domácí automatizace. Příkladem modulárního PLC je Tecomat TC700 na obr. 1.7 (Teco, 2007).



Obr. 1.7 – Modulární PLC Tecomat TC700 (EMEA gateway, 2013)

1.2.5 Program

V kapitole 1.2.2 již bylo zmíněno, že PLC disponuje rozhraním pro komunikaci s okolím. Prostřednictvím tohoto rozhraní se PLC také programuje. Výrobci PLC k tomuto účelu

poskytují své prostředí, ve kterém je to možné. Programátor vytvoří program, ve kterém definuje chování vstupů a výstupů, a ten poté uloží do paměti PLC. Operační systém uvnitř PLC pak zajistí, aby byl program neustále cyklicky vykonáván. Typický cyklus uživatelského programu v PLC je znázorněn na obr. 1.8. Nejdříve dojde k přípravě PLC na řešení cyklu programu (režie), poté jsou do operační paměti zapsány hodnoty ze vstupů. Následuje vykonání samotného programu na základě vstupních hodnot a následně zapsání výsledků do výstupů (Teco, 2007).

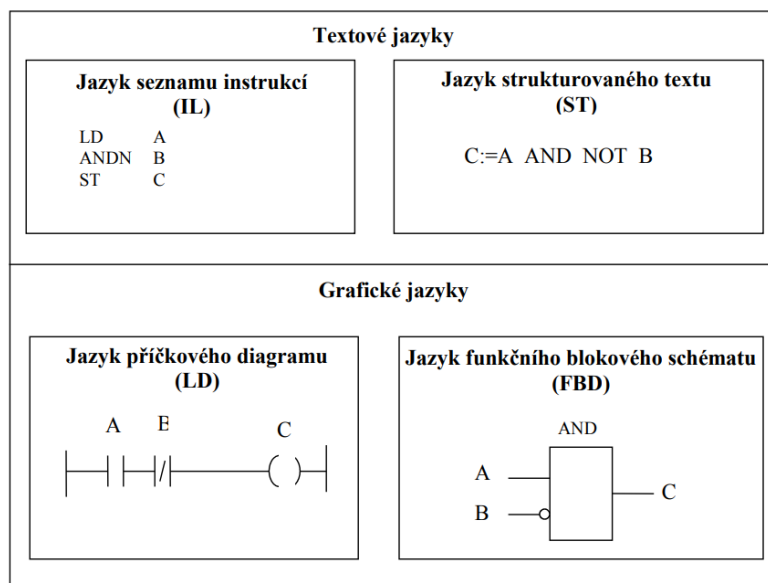


Obr. 1.8 – Cyklus programu v PLC
(Mylms, 2017)

1.2.6 Programovací jazyky

Pro programování PLC automatů vznikla sjednocující norma. Konkrétně se jedná o normu IEC 61131-3 popisující základní programovací jazyky pro PLC. Díky tomu je možné předejít možným nedorozuměním i přes velké množství výrobců PLC a programovacích prostředí. Jazyky se dělí na jazyky textové a grafické. Přehled těchto jazyků je na obr. 1.9. Je zde ukázán rozdílný zápis logické funkce ANDN v každém z jazyků (Teco, 2007).

Z jazyka FBD je dále odvozen jazyk nazývaný CFC. Stejně jako v případě FBD je program uspořádán do bloků. Kromě vodorovného propojování umožňuje ale i svislé propojování a program pak působí přehledněji. Z logického hlediska je také mnohem snazší na pochopení a umožňuje relativně rychlé proniknutí do problematiky i člověku, který nemá velké zkušenosti s programováním (Teco, 2007).



Obr. 1.9 – Programovací jazyky PLC
(Teco, 2007)

1.2.7 HMI

Dalším pojmem, který bude vysvětlen, je HMI (Human Machine Interface). Jde o spojovací prostředek mezi člověkem a daným systémem. Obsluze určitého systému umožňuje prostřednictvím tohoto zařízení kontrolu a ovládání takového systému. Účelem HMI je tedy vizualizace a ovládání.

V praxi je toto realizováno panelem, který má obvykle displej a několik tlačítek, nebo klávesnici. S rozvojem technologií se také stále častěji využívají dotykové obrazovky. V takovém případě pak panel může tvořit pouze velký displej. HMI panely v dnešní době umožňují například animovat určité procesy, zobrazovat provozní a chybová hlášení, zobrazovat grafy, spravovat přístup oprávněných osob, vzdálenou správu a mnoho dalších užitečných funkcí. Podle způsobu a prostředí použití se vyrábí různé panely. Ať už jde o sofistikované panely pro běžné použití nebo velmi robustní panely určené pro těžký průmysl. Jak například může HMI panel vypadat, je zobrazeno na obr. 1.10.



Obr. 1.10 – HMI panel
(Comfile technology, 2019)

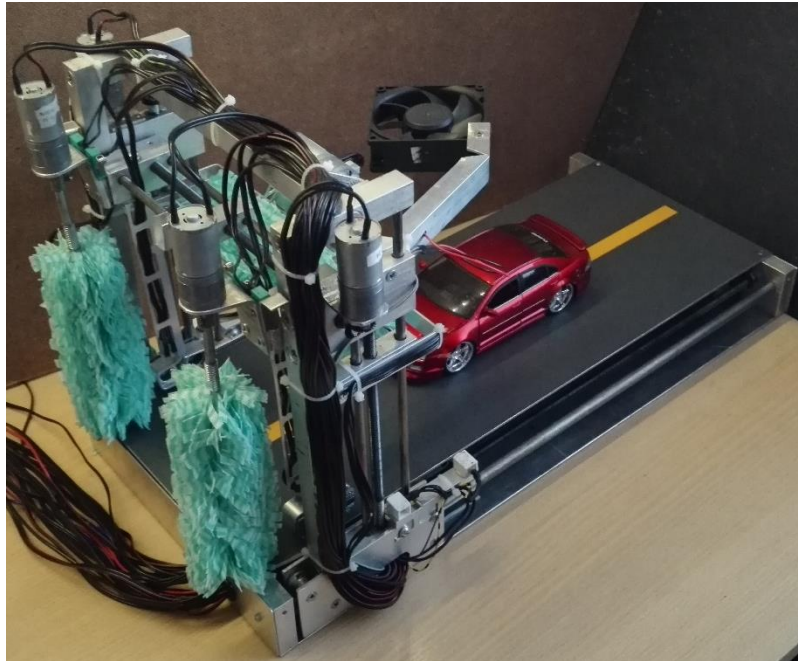
2 PRAKTICKÁ ČÁST

Tato část se již zaměřuje na samotný model myčky. Je zde vysvětlen celý výrobní proces modelu. Nejdříve je uveden popis konstrukce a její úpravy. Je zde objasněno, jak model funguje po mechanické stránce. Poté jsou popsány prostředky řízení a proces uvedení do provozu. Tato kapitola se nejprve zaměřuje na hardwarové prostředky a poté na software všech použitých komponentů.

2.1 POPIS MODELU

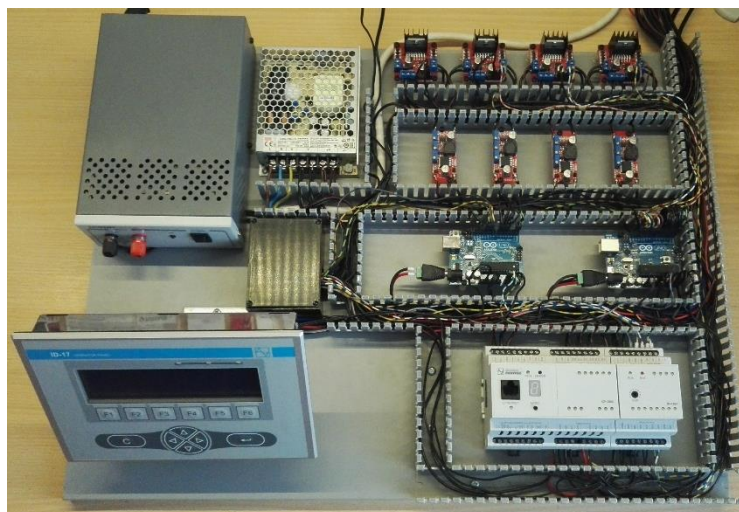
Celý model se skládá ze dvou hlavních částí. První částí je samotná myčka. Jedná se o zmenšený model klasické myčky na auta, která se nachází u benzínových pump. Fotografie myčky je na obr. 2.1. Rozměry myčky jsou cca 56 cm na délku, 26 cm na šířku a 33 cm na výšku. Celá konstrukce je vyrobena z hliníkových plechů, profilů a tyčí. Základnou je velký plech, na kterém je upevněna spodní část myčky. Spodní část slouží jako pojezd celého modelu a pohybuje soustavou kartáčů dopředu a dozadu. Hlavním článkem spodního pojezdu je motor, který otáčí dvěma závitovými tyčemi. Použité motory budou popsány dále. Závitové tyče jsou dlouhé jako model samotný a na koncích jsou zasazeny do hliníkových bloků. Rovnoběžně s těmito tyčemi jsou vedeny dvě hladké tyče, po kterých jezdí horní část myčky. Na každé ze závitových tyčí jsou nasazeny hliníkové bloky s vyříznutým závitem. Dá se tedy říci, že jsou na nich našroubovány. K těmto blokům se závitem jsou na každé straně pevně přidělány základny horní části. Na těchto základnách jsou kolečka, díky kterým model jezdí po hladkých tyčích. Proti sobě jsou zde také připevněny infračervené diody a snímače sloužící jako optické brány. Celá spodní část je zaryta ještě jedním velkým plechem, na němž je umístěn model auta, sloužící pro demonstraci funkce myčky. Ze základen horní části ční dva hliníkové profily, které jsou na svých koncích spojené dalším profilem a tvoří tak rám horní části. Vodorovně s těmito profily jsou umístěny dvě závitové tyče tvořící pojezd pro vrchní kartáč. Tento pojezd funguje na stejném principu jako spodní pojezd. Na vrchu modelu je umístěn motor, který pomocí soustavy ozubených kol otáčí závitovými tyčemi a způsobuje posouvání horního kartáče nahoru a dolů. O otáčení tohoto kartáče se stará další motor připevněný přímo k ose kartáče. Pod horním profilem tvořícím horní část rámu jsou další závitové tyče. Každou z nich otáčí další motor a slouží jako pojezdy pro boční kartáče. O otáčení těchto kartáčů se starají jiné motory připevněné na osách kartáčů. V horní části je také prostřednictvím hliníkového profilu připevněn ventilátor o průměru 8 cm. Na blocích, se kterými se pohybují všechny kartáče, jsou připevněny profily, pomocí nichž jsou na pojezdy kartáčů umístěny ultrazvukové senzory pro

měření vzdálenosti. Na koncích všech pojezdů jsou koncové kontakty indikující případný dojezd pojezdu do konce. Napájecí a datové vodiče jsou pomocí plastových stahovacích pásků staženy ke konstrukci myčky a v jednom svazku svedeny do spodní části. Všechny kabely z myčky vycházejí v zadní části a jsou přivedeny do druhé části modelu.



Obr. 2.1 – Fotografie myčky

Druhou částí modelu je rozvaděč, na kterém jsou umístěny a propojeny všechny řídicí a silové prvky. Fotografie rozvaděče je na obr. 2.2. Základem rozvaděče je dřevotřísková deska o délce 44,5 cm a šířce 58 cm. Všechny kabely na rozvaděči jsou uloženy do kabelového žlabu s drážkami a je tak eliminována nepřehlednost v kabelech. Veškeré prvky umístěné na rozvaděči a myčce budou dále blíže popsány.



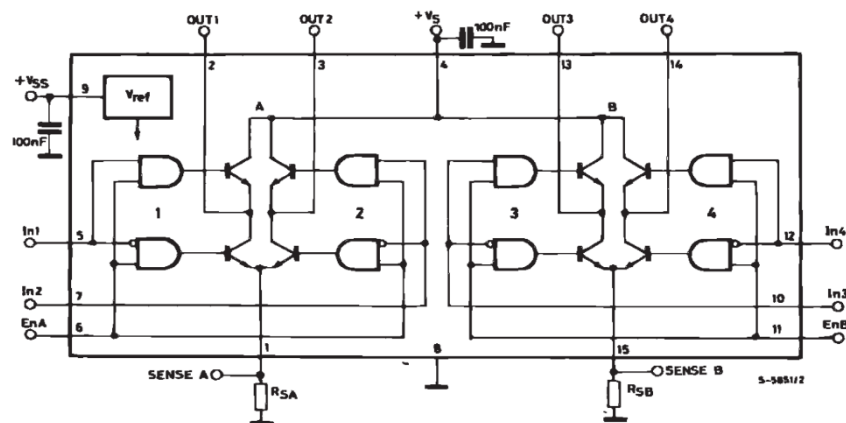
Obr. 2.2 – Fotografie rozvaděče

2.1.1 Motory

Pro pohyb všech pojezdů a kartáčů na myčce jsou použity motory. Na myčce se jich nachází sedm. Jedná se o klasické stejnosměrné motory s označením GA25Y370-34 s udanou rychlostí otáčení 293 otáček za minutu. Ty pohánějí většinu prvků na myčce. Pouze u dolního pojezdu je použit motor s označením GA25Y370-75 s rychlostí otáčení 131 otáček za minutu. Všechny motory jsou napájeny stejnosměrným napětím 6 V. Měřením bylo zjištěno, že bez zatížení odebírají proud v rozmezí 600 až 700 mA. Na motorech jsou namontované převodovky upravující rychlosti otáčení pro potřeby úlohy.

2.1.2 H-můstky

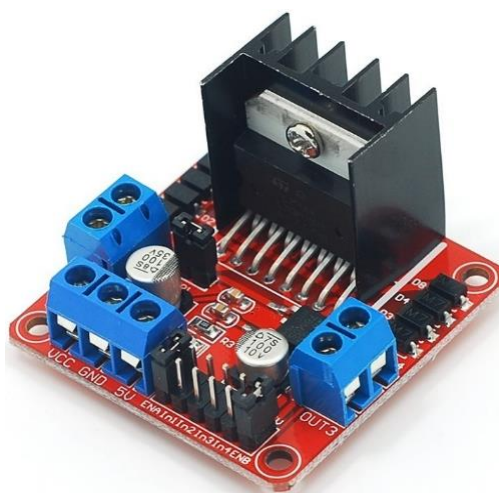
Vzhledem k tomu, že na myčce je třeba otáčet motory oběma směry, bylo nutné přidat zařízení, které by to umožnilo. K tomuto účelu slouží H-můstek. Obecné schéma je zobrazeno na obr. 2.3. Jedná se o součástku, jež pomocí několika tranzistorů umožňuje otáčet polaritu vstupního napětí. Pro účely modelu byl vybrán H-můstek s označením L298N umístěný na hotovém modulu. Ten umožňuje řídit dva stejnosměrné motory dvěma směry. Modul je zobrazen na obr. 2.4. Na rozvaděči jsou tyto moduly celkem čtyři. V tab. 2.1 je podrobný popis zapojení vstupů a výstupů. Funkce modulu je snadno pochopitelná. Na svorku VCC se přivede požadované stejnosměrné napětí pro motory v rozmezí od 5 V do 35 V. Na svorku GND zem zdroje. Pakliže je nutné řídit dva motory, nechají se propojky na pinech EN A a EN B zasunuté. Do svorek OUT1, OUT2, OUT3 a OUT4 se připojí samotné motory. Po přivedení 5 V na pin In1 se motor 1 začne otáčet jedním směrem. Pokud se 5 V přivede na pin In2, motor se bude otáčet druhým směrem. Funkce pinů In3 a In4 je totožná s druhým motorem. Velikost proudu protékajícího můstkem může dosáhnout maximální hodnoty 2 A, krátkodobě 3 A.



Obr. 2.3 – Schéma H-můstku L298N
(ST, 1998)

Tab. 2.1 – Vstupy a výstupy modulu s H-můstkem

Svorka	Popis
In1, In2	Řízení motoru 1
In3, In4	Řízení motoru 2
EN A	Aktivace motoru 1
EN B	Aktivace motoru 2
OUT1, OUT2	Výstup pro motor 1
OUT3, OUT4	Výstup pro motor 2
VCC	Vstupní napětí pro motory
GND	Zem
5 V	Napájení logiky modulu



Obr. 2.4 – Modul s H-můstkem
(Laskarduino, 2019)

2.1.3 Měníče napětí

V kapitole 2.1.1 bylo uvedeno, že použité motory odebírají bez zátěže proud 0,6–0,7 A. Po mechanickém zatížení v pojezdech myčky ale motory odebírají proud přibližně 1 A. Při sepnutí všech motorů tak celkový odběr proudu může být až 7 A. Bohužel není možné zakoupit napájecí zdroj, který by byl schopný při napětí 6 V takový proud dodávat. Proto je použit zdroj s výstupním napětím 12 V a maximálním proudem 8,5 A. Napětí je následně zmenšováno z 12 V na potřebných 6 V pro motory. K tomuto účelu jsou použity stejnosměrné napěťové

měníče s označením LM2596. Ty umožňují plynulé nastavení výstupního napětí v rozmezí 5 – 35 V.

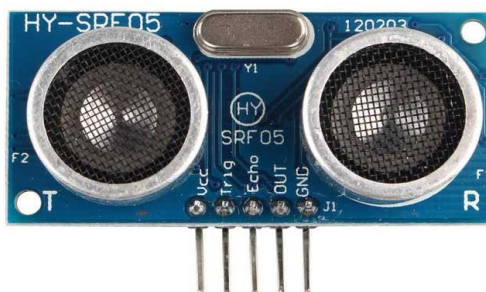
Tyto měniče disponují omezovačem výstupního proudu na výstupních svorkách. Díky tomu jsou chráněny H-můstky před případným přetížením. Měníče jsou na rozvaděči celkem čtyři. Každému modulu s H-můstkem je předřazen právě jeden tento měnič. Na obr. 2.5 je zobrazeno, jak měnič vypadá. Na vstupy IN+ a IN- se připojuje napětí, které je třeba zmenšit. Prvním potenciometrem zleva se nastavuje velikost výstupního napětí. Druhý potenciometr nemá vliv na funkci. Nastavuje se jím pouze velikost proudu, při které se rozsvítí indikační LED. Posledním potenciometrem se nastavuje proudové omezení výstupu.



Obr. 2.5 – Napěťový měnič
(Arduino – shop, 2018)

2.1.4 Ultrazvukové senzory

Díky prostředkům uvedeným v kapitolách 2.1.1 – 2.1.3 model dokáže pohybovat kartáči. Aby však myčka fungovala automaticky, je nutné měřit vzdálenost kartáčů od modelu auta. K tomuto účelu jsou použity ultrazvukové senzory vzdálenosti nesoucí označení HY-SRF05. Jeden tento senzor je zobrazen na obr. 2.6.



Obr. 2.6 – Ultrazvukový senzor vzdálenosti
(Dealextreme, 2017)

Senzor je napájen stejnosměrným napětím 5 V a umožňuje měřit vzdálenost v rozsahu 2 – 450 cm. Funguje na principu ultrazvukového přijímače a vysílače. Při přivedení impulsu na pin Trig senzor vyšle ultrazvukovou vlnu a spustí měření času. Vyslaná vlna se odrazí od

měřeného předmětu a vrátí se zpět. Přijímač tuto vlnu detekuje, ukončí měření času a tuto skutečnost inicializuje na pinu Echo. Z naměřeného času se následně vypočítá měřená vzdálenost. Tyto senzory jsou na myčce použity tři, pro každý kartáč jeden. Připojeny jsou k řídicí desce Arduino, která bude popsána později.

2.1.5 Optické brány

Na myčce jsou nainstalovány dvě optické brány. Slouží pro detekci pozice kartáčů vůči modelu auta. Při přerušení brány řídicí jednotka rozpozná, že kartáče již jsou v pozici, kdy může začít mytí auta. Při přejetí auta bránou a opětovném spojení brány se mycí proces ukončí. K tomu jsou použity dvě infračervené LED diody a naproti nim umístěné infračervené přijímače. Diody i přijímače jsou připojeny k desce Arduino a napájeny 5 V. Při ozáření přijímače infračerveným světlem je na výstupní svorce přijímače možné naměřit 0 V. Pokud přijímač nedetekuje infračervené světlo, generuje na svém výstupu 5 V. Diodu však není možné pouze rozsvítit. Pro správnou funkci přijímače je nutné, aby přerušovaně svítila s určitou frekvencí. V případě použitých přijímačů jde o frekvenci 32,7 kHz. Přijímač je zobrazen na obr. 2.7. První pin zleva je pro výstupní signál. Na další dva se připojuje zem a 5 V.



Obr. 2.7 – Infračervený přijímač
(GME, 2015)

2.1.6 Arduino

Pro řízení senzorů a zpracování hodnot z nich je použita řídicí deska Arduino. Konkrétně se jedná o Arduino s označením Uno. Arduino Uno na obr. 2.8 je mikrokontrolér, jehož základem je čip ATmega328P. Na desce jsou všechny jeho piny vyvedeny do připojovacích lišt. Deska zároveň disponuje napájecím konektorem, USB rozhraním a resetovacím tlačítkem. Uživatel má k dispozici 14 kombinovaných digitálních vstupů/výstupů, z nichž 6 nabízí výstup s pulzní šířkovou modulací (PWM). Dále 6 analogových vstupů, které ale mohou být také použity jako digitální vstupy/výstupy. Na desce se také nachází 3 piny GND – zem, a po jednom pinu 3,3 V a 5 V. Pro napájení je nutný stejnosměrný zdroj napětí v rozmezí

6 – 20 V. V případě modelu je použit zdroj o výstupním napětí 12 V. Maximální hodnota proudu na pin činí 20 mA.



Obr. 2.8 – Arduino Uno
(Arduino, 2018)

Na rozvaděči modelu je možné najít tyto desky dvě. Každá z nich zastává jinou funkci. Pomocí prvního desky jsou realizovány optické brány. Obstarává blikání infračervených LED o požadované frekvenci a přijímání signálů z infračervených přijímačů. Na základě stavů optických bran pak po sériové lince předává pokyny druhé desce, které je nadřazená. Realizuje také komunikaci s nadřazeným PLC. Prostřednictvím dvou pinů přijímá pokyny od PLC. Další dva piny pak slouží k předávání požadavků z desky do PLC.

Druhé Arduino primárně zajišťuje funkci ultrazvukových senzorů. Poté, co přijme povel od nadřazené desky, zahájí měření vzdálenosti kartáčů od modelu auta. Na základě těchto hodnot prostřednictvím H-můstků ovládá motory, které posouvají kartáče. Z toho vyplývá, že toto Arduino zajišťuje přibližování a oddalování kartáčů vůči autu. Pro napájení senzorů je použit externí 5V zdroj. Na desku jsou z PLC přivedeny i signály z koncových kontaktů. V případě dojetí pojezdu až do konce se napájení konkrétního motoru ukončí.

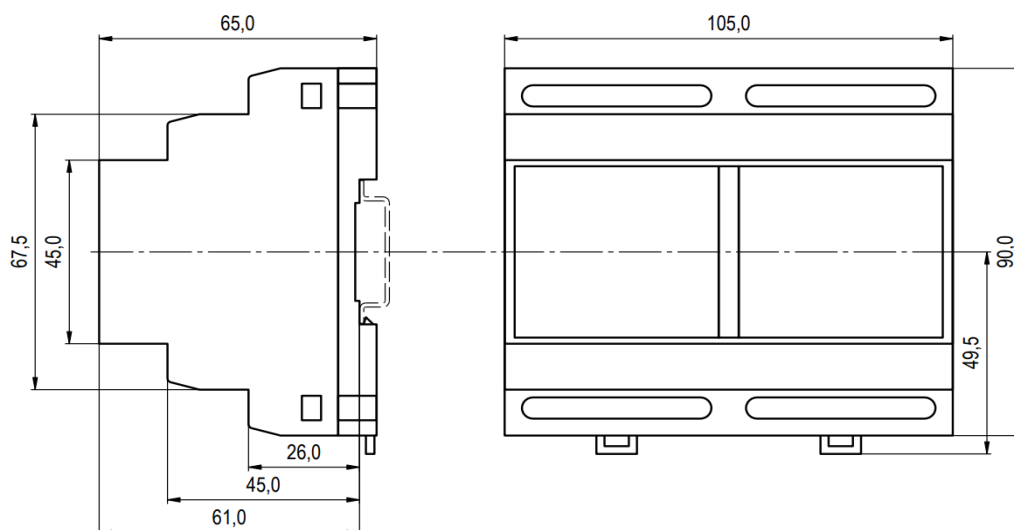
2.1.7 PLC

Oběma deskám Arduino je nadřazen PLC automat, který řídí celý proces mytí. Pro řízení modelu myčky je použit PLC Tecomat od české firmy Teco Kolín a.s. Úplný název použitého modelu je Tecomat Foxtrot CP-1005. Jedná se o starší model vyráběný do roku 2012. Oproti novějšímu modelu se liší pouze vzhledem, protože starší model má pevné svorky na kabely, zatímco novější je vybaven vyjímatelnými svorkovnicemi. Jak toto PLC vypadá, je zobrazeno na obr. 2.9.



Obr. 2.9 – PLC Tecomat Foxtrot CP-1005
(Kuchta elektro, 2011)

Automat je uzpůsoben pro montáž do rozvaděče. Je uschován v ochranném plastovém krytu a na zadní straně má drážky pro přichycení na DIN lištu. PLC a moduly z řady Foxtrot se vyrábí v násobcích šířky 1M, což odpovídá šířce jednoho jističe. Tento konkrétní automat má šířku 6M. Kompletní rozměry jsou zobrazeny na obr. 2.10.



Obr. 2.10 – Rozměry PLC CP-1005
(Teco, 2017)

Základem automatu jsou tři hlavní části. První částí je hlavní procesor, který zajišťuje sériovou komunikaci, rozhraní Ethernet a sběrnici TCL2, sloužící pro komunikaci s dalšími moduly. Další částí je procesor pro komunikaci po sběrnici CIB, ta ale v projektu není využita. Poslední částí je systémová sběrnice pro obsluhu vstupů a výstupů. Kompletní popis všech svorek je v tab. 2.2. PLC se napájí stejnosměrným napětím 24 V ze zdroje umístěného na

rozvaděči. Modul disponuje jednou systémovou sběrnici TCL2, jednou sběrnici CIB a jedním sériovým komunikačním kanálem. Uživatel má k dispozici dva analogové výstupy, 6 kombinovaných digitálních/analogových vstupů a 6 digitálních výstupů. Modul také nabízí osazení vnitřním submodule, podle kterého mají pak určené svorky různou funkci. V případě tohoto projektu PLC žádným submodule osazen není.

Tab. 2.2 – Popis svorek PLC CP-1005

Svorka	Označení	Popis
A1	TCL2+	Systémová sběrnice TCL2
A2	TCL2–	
A3	GND	Napájení modulu
A4	+24V	
A5	CIB+	Systémová sběrnice CIB
A6	CIB–	
A7	RxD	Sériový komunikační kanál
A8	TxD	
A9	RTS	
B1	GND	Zem
B2	AO0	Analogové výstupy
B3	AO1	
B4	DI0 AI0	Digitální / Analogové vstupy
B5	DI1 AI1	
B6	DI2 AI2	
B7	DI3 AI3	
B8	DI4 AI4	
B9	DI5 AI5	
C1		Svorky pro volitelný submodule. Není osazeno.
...		
C9		

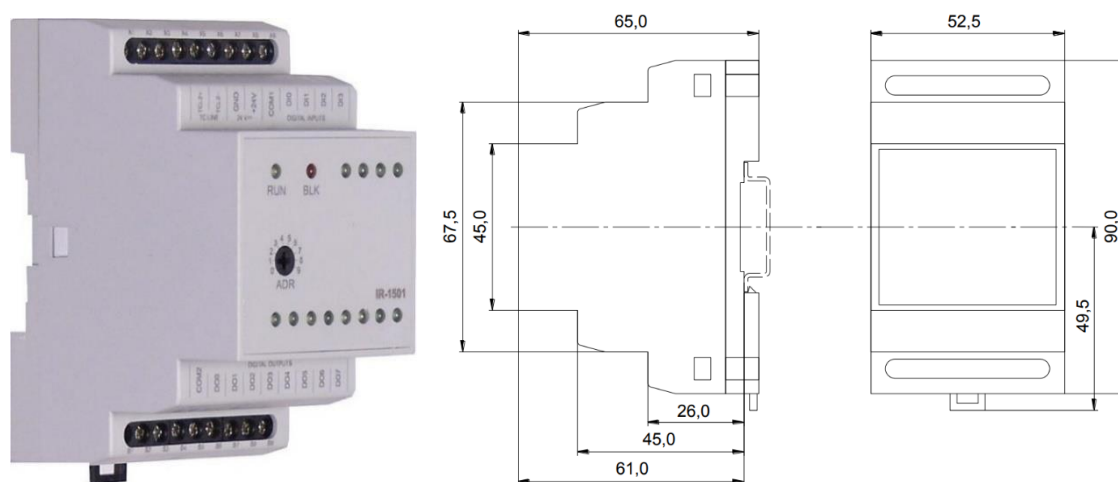
Tab. 2.2 – Popis svorek PLC CP-1005 – pokračování

Svorka	Označení	Popis
D1	COM1	Společný vodič pro skupinu relé
D2	DO0	Reléové výstupy
D3	DO1	
D4	DO2	
D5	Bez svorky	
D6	COM2	Společný vodič pro skupinu relé
D7	DO3	Reléové výstupy
D8	DO4	
D9	DO5	

K propojení PLC s dalšími použitými moduly se využívá sběrnice TCL2. Moduly se na sběrnici zapojují za sebou, jeden za druhým. Na konci je sběrnici nutné zakončit externím odporem 120 Ω. V případě modelu je za PLC zapojen jeden rozšiřující modul a jeden HMI panel. Modul i panel budou popsány dále. Kombinované digitální/analogové vstupy lze nastavit na zadní straně automatu. Pro každou svorku jsou vyvedeny dva propojovací piny. V případě nasunutí propojky na tento pár bude svorka nastavena jako analogový vstup. Bez propojky je svorka nastavena jako digitální vstup. V tomto případě jsou všechny svorky nastaveny jako digitální vstupy a jsou na ně připojeny koncové kontakty na myčce, které spínají 24 V a PLC toto vyhodnotí jako logickou 1. Digitální výstupy se využívají pro řízení H-můstků. Na společných svorkách COM1 a COM2 je připojeno napětí 5 V, které potom relé spínají. Logická 1 na vstupech i výstupech je indikována rozsvícením LED diody příslušné svorky na čelním panelu.

2.1.8 I/O modul

Protože počet vstupů a výstupů umístěných přímo na PLC pro potřeby modelu nedostačuje, je přidán jeden rozšiřující modul s dalšími vstupy a výstupy. Nese označení Tecomat Foxtrot IR-1501. Zobrazen je na obr. 2.11, kde jsou také jeho kompletní rozměry. Stejně jako PLC, je modul uzpůsoben k montáži na DIN lištu a jeho šířka je 3M. Rovněž se jedná o starší model s pevnými svorkami.



Obr. 2.11 – Modul IR-1501 a jeho rozměry
(Teco, 2016)

Modul nabízí 4 digitální vstupy a 8 reléových výstupů. Vstupy se nachází na horní straně modulu na svorkách A6 – A9. Na svorce A5 se zapojuje společný vodič vstupních signálů. Na spodní straně modulu se nachází svorky reléových výstupů. Konkrétně na svorkách B2 – B9. Svorka B1 slouží pro připojení společného vodiče. Modul je napájen stejnosměrným napětím 24 V a k PLC je připojen prostřednictvím sběrnice TCL2. Na modelu slouží vstupy tohoto modulu pro přijímání požadavků z desky Arduino. Vzhledem k tomu, že u desky Arduino je logická 1 reprezentována 5 V a u modulu 24 V, bylo nutné tento problém vyřešit. Proto jsou použita externí kontaktní relé se spínacím napětím 5 V. Při přivedení 5 V na cívku, relé sepne spínaných 24 V. Výstupy modulu jsou použity pro přenos signálů do desky Arduino. Prvních 6 výstupů pro koncové kontakty a zbývající 2 pro povely desce. Stav vstupů i výstupů je stejně jako u PLC indikován LED diodami na čelním panelu.

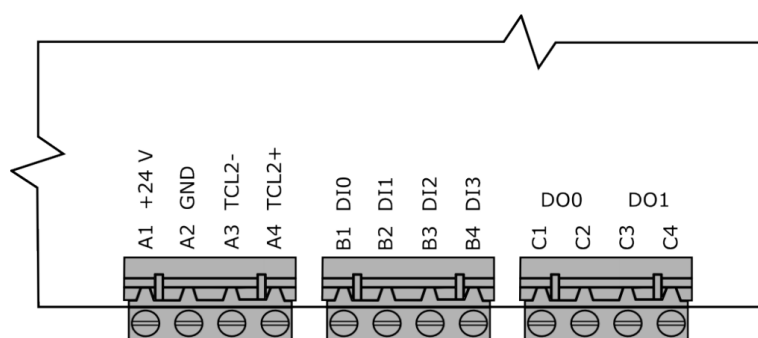
2.1.9 HMI panel

Doposud byly představeny řídicí prvky použité pro řízení celého modelu. Zbývá uvést prostředek, který uživateli umožní model ovládat. Proto je rozvaděč osazen také HMI panelem. Je použit panel Tecomat ID-17 určený pro řídicí systémy Tecomat Foxtrot. Panel disponuje modře podsvíceným displejem s bílým písmem o rozlišení 240×64 pixelů. Pod displejem se nachází 6 tlačítek s označením F1 – F6 pro funkce definované programem. Níže jsou 4 navigační tlačítka pro orientaci v menu. Nalevo od nich je umístěno tlačítko C a napravo tlačítko Enter. Funkci tlačítek C i Enter je možné definovat programem, u navigačních tlačítek to možné není. Nad displejem se nachází tři LED diody – zelená, žlutá a červená. Ty je možné také ovládat. Panel je zobrazen na obr. 2.12.



Obr. 2.12 – Operátorský panel ID-17
(Teco, 2016)

Na zadní straně panelu se nacházejí odnímatelné připojovací svorkovnice. Ty jsou zobrazeny na obr. 2.13. Na svorky A1 a A2 se připojuje napájecí napětí 24 V a zem. Na svorky A3 a A4 sběrnice TCL2. Vzhledem k tomu, že tento panel je v případě modelu posledním prvkem na sběrnici, je nutné sběrnici ukončit zakončovacím členem. Proto je mezi svorky A3 a A4 vložen odpor o velikosti 120 Ω. Svorky B1 – B4 je možné využít jako digitální vstupy. Svorky C1 – C4 jsou osazeny dvěma reléovými kontakty. Na modelu jsou na digitální vstupy B1 a B2 připojeny dva koncové kontakty. První relé na svorkách C1 a C2 spíná ventilátor na myšce, výstup druhého relé C4 je připojen na resetovací piny desek Arduino a spíná vůči nim zem připojenou na svorce C3.

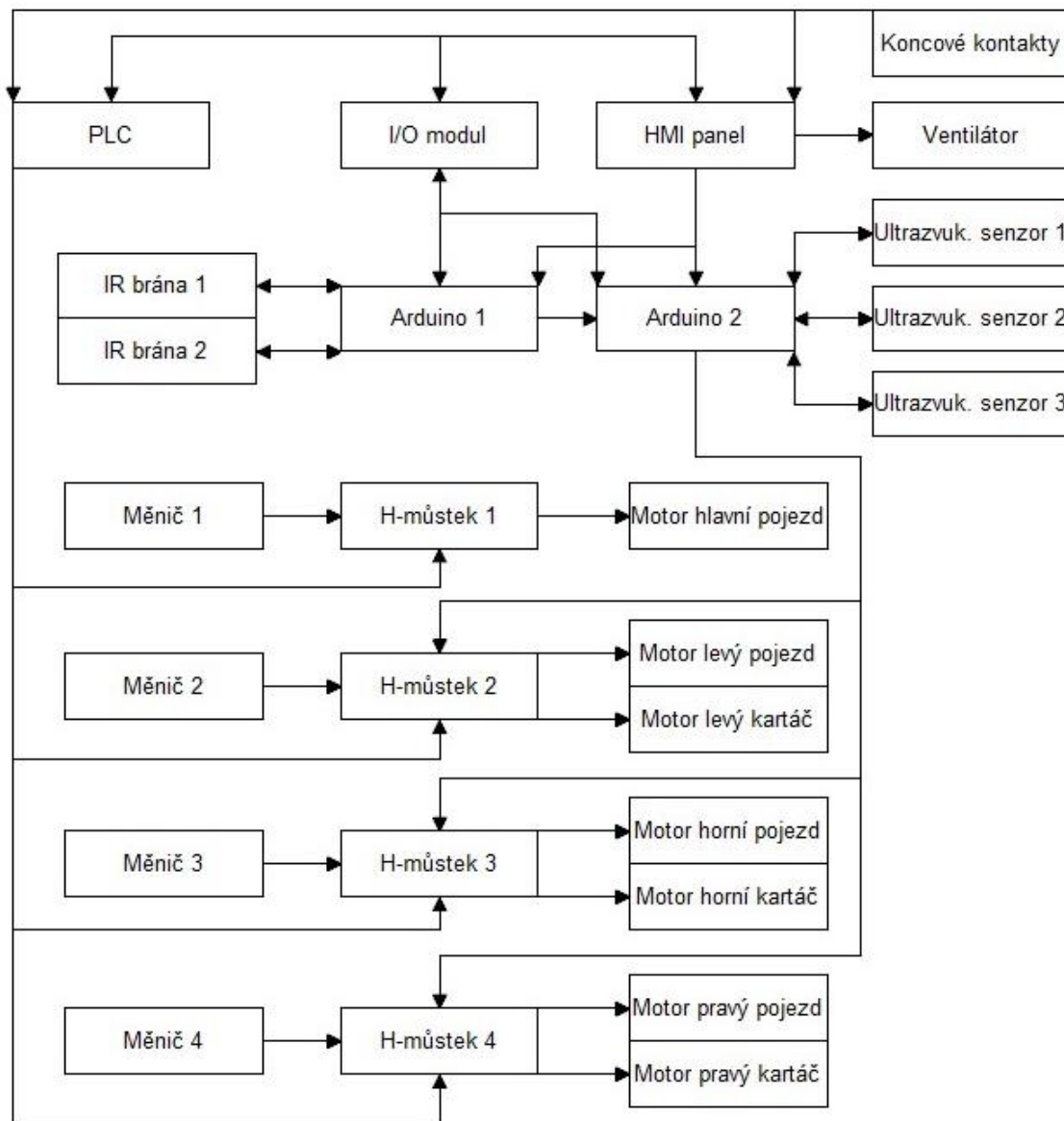


Obr. 2.13 – Svorky panelu ID-17
(Teco, 2009)

2.1.10 Propojení komponentů

Výše uvedený popis je shrnutím všech použitých komponentů. Na obr. 2.14 je zobrazeno blokové schéma celého modelu. Tento obrázek napomůže k pochopení vzájemného propojení komponentů. Dále je v tabulkách uveden podrobný výpis všech společných

propojení. V tab. 2.3 je popis zapojení pinů první desky Arduino, v tab. 2.4 druhé desky. Tab. 2.5 popisuje zapojení PLC a tab. 2.6 zapojení rozšiřujícího modulu. Poslední tab. 2.7 popisuje zapojení operátorského panelu. Každá tabulka vždy obsahuje označení konkrétního pinu, s jakou jednotkou je tento pin propojen, označení pinu na propojené jednotce a o jaký signál se jedná.



Obr. 2.14 – Blokové schéma modelu

Tab. 2.3 – Tabulka zapojení Arduino 1

Označení	Do jednotky	Do svorky	Popis
GND	Zem		
13	Nevyužito		
12	Nevyužito		
11	I/O modul	A8	Rezerva
10	I/O modul	A7	Zap/vyp boční kartáče
9	I/O modul	A6	Vypnutí horního kartáče
8	Nevyužito		
7	Výstup zadního IR přijímače		
6	Zadní IR LED		
5	Přední IR LED		
4	Výstup předního IR přijímače		
3	Nevyužito		
2	Nevyužito		
1	Arduino 2	0	Sériová komunikace
0	Arduino 2	1	
Reset	HMI panel	C4	Reset Arduina
GND	Zem		
GND			
A0	I/O modul	B8	Povel od PLC k ukončení programu
A1	I/O modul	B9	Rezerva
A2	Nevyužito		
A3	I/O modul	B2	Spodní kontakt horního kartáče
A4	Nevyužito		
A5	Nevyužito		

Tab. 2.4 – Tabulka zapojení Arduino 2

Označení	Do jednotky	Do svorky	Popis
GND	Zem		
13	H-můstek 3	IN4	Horní kartáč dolu
12		IN3	Horní kartáč nahoru
11	H-můstek 2	IN4	Levý kartáč vpravo
10		IN3	Levý kartáč vlevo
9	H-můstek 4	IN3	Pravý kartáč vlevo
8		IN4	Pravý kartáč vpravo
7	Levý senzor vzdálenosti	Echo	Levý senzor vzdálenosti
6		Trig	
5	Horní senzor vzdálenosti	Trig	Horní senzor vzdálenosti
4		Echo	
3	Pravý senzor vzdálenosti	Trig	Pravý senzor vzdálenosti
2		Echo	
1	Arduino 1	0	Sériová komunikace
0	Arduino 1	1	
Reset	HMI panel	C4	Reset Arduina
GND	Zem		
GND	Zem		
A0	I/O modul	A9	Zap/vyp hlavní pojezd
A1	I/O modul	B3	Horní kontakt horního kartáče
A2	I/O modul	B4	Pravý kontakt pravého kartáče
A3	I/O modul	B5	Levý kontakt pravého kartáče
A4	I/O modul	B6	Pravý kontakt levého kartáče
A5	I/O modul	B7	Levý kontakt levého kartáče

Tab. 2.5 – Tabulka zapojení PLC

Označení	Do jednotky	Do svorky	Popis
A1	I/O modul	A1	Sběrnice TCL2
A2	I/O modul	A2	
A3	I/O modul	A3	Zem
A4	I/O modul	A4	+24 V
A5	Nevyužito		
A6			
A7			
A8			
A9			
B1	Nevyužito		
B2			
B3			
B4	Spodní kontakt horního kartáče		
B5	Horní kontakt horního kartáče		
B6	Pravý kontakt pravého kartáče		
B7	Levý kontakt pravého kartáče		
B8	Pravý kontakt levého kartáče		
B9	Levý kontakt levého kartáče		
C1 - C9	Pro submodul - nevyužito		
D1	+5 V		
D2	H-můstek 1	IN3	Hlavní pojezd dopředu
D3		IN4	Hlavní pojezd dozadu
D4	H-můstek 2	IN2	Zap/vyp levý kartáč
D5	Bez svorky		
D6	+5 V		
D7	H-můstek 3	IN1	Zap/vyp horní kartáč
D8	H-můstek 4	IN1	Zap/vyp pravý kartáč
D9	Nevyužito		

Tab. 2.6 – Tabulka zapojení rozšiřujícího modulu

Označení	Do jednotky	Do svorky	Popis
A1	HMI panel	A4	Sběrnice TCL2
A2	HMI panel	A3	
A3	HMI panel	A2	Zem
A4	HMI panel	A1	+24 V
A5	Zem		
A6	Arduino 1	9	Vypnutí horního kartáče
A7	Arduino 1	10	Zap/vyp boční kartáče
A8	Arduino 1	11	Rezerva
A9	Arduino 2	A0	Zap/vyp hlavní pojezd
B1	Zem		
B2	Arduino 1	A3	Spodní kontakt horního kartáče
B3	Arduino 2	A1	Horní kontakt horního kartáče
B4	Arduino 2	A2	Pravý kontakt pravého kartáče
B5	Arduino 2	A3	Levý kontakt pravého kartáče
B6	Arduino 2	A4	Pravý kontakt levého kartáče
B7	Arduino 2	A5	Levý kontakt levého kartáče
B8	Arduino 1	A0	Povel Arduinu k ukončení programu
B9	Arduino 1	A1	Rezerva

Tab. 2.7 – Tabulka zapojení HMI panelu

Označení	Do jednotky	Do svorky	Popis
A1	+24 V		
A2	Zem		
A3	Sběrnice TCL2		
A4			
B1	Zadní kontakt hlavního pojezdu		
B2	Přední kontakt hlavního pojezdu		
B3	Nevyužito		
B4	Nevyužito		

Tab. 2.7 – Tabulka zapojení HMI panelu – pokračování

C1	Zem		
C2	Ventilátor	Mínus ventilátoru	
C3	Zem		
C4	Arduina	Reset	Reset Arduin

2.2 TVORBA PROGRAMOVÉHO VYBAVENÍ

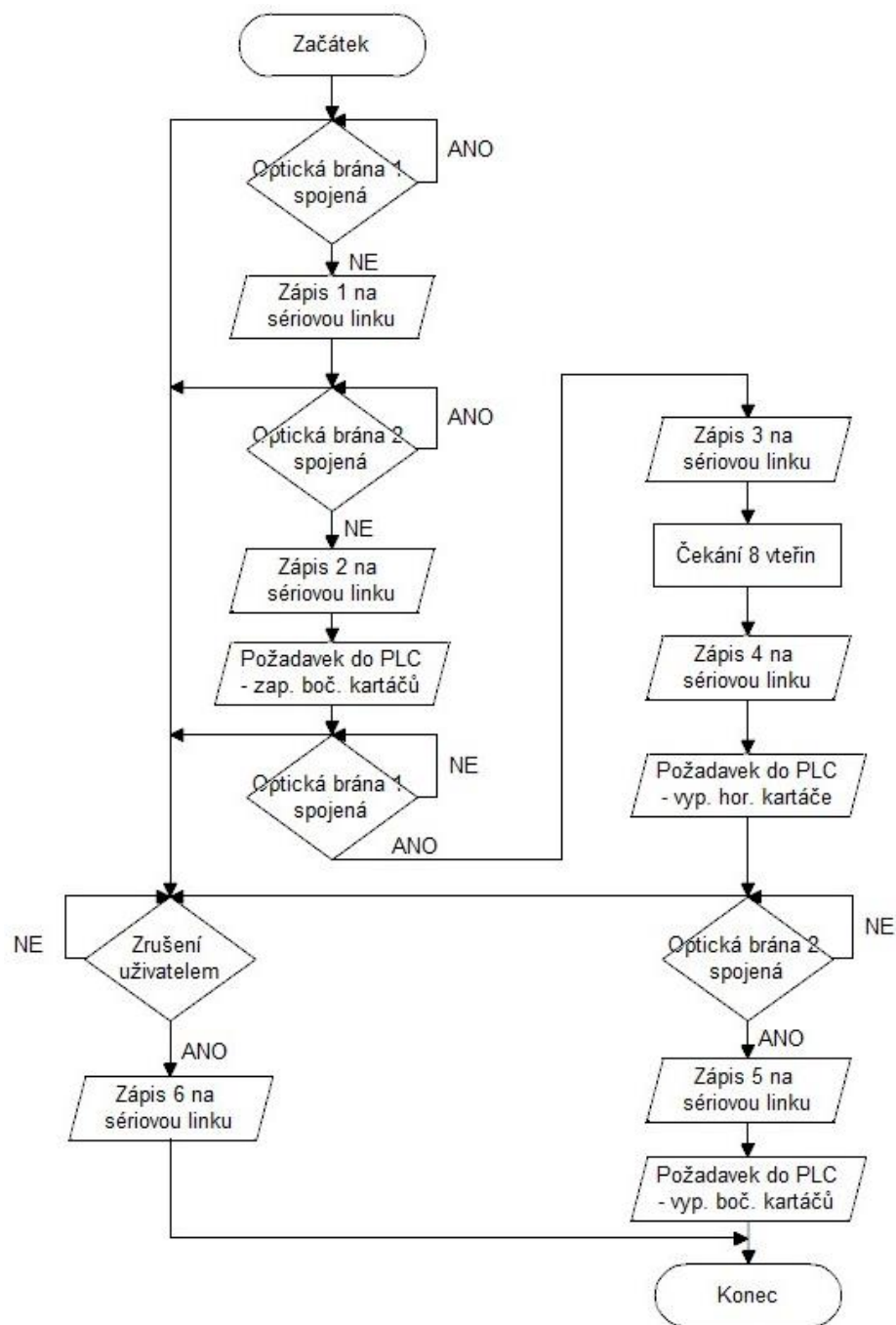
Aby byl model plně funkční, musel být napsán řídicí program, který definuje veškeré funkce. Vzhledem k tomu, že k řízení modelu jsou použity tři různé řídicí jednotky, musel být napsán program pro každou z nich. Byl vytvořen algoritmus zajišťující společnou činnost všech těchto jednotek. Jako řídicí jednotky jsou použity dvě desky Arduino a jedno PLC. Arduino i PLC se programuje prostřednictvím vlastního vývojového prostředí. Nejdříve budou představena tato prostředí a poté budou popsány samotné programy definující chování modelu.

2.2.1 Vývojové prostředí Arduino

Desky Arduino se programují prostřednictvím stejnojmenného vývojového prostředí. To je zdarma a je volně ke stažení na internetových stránkách výrobce. Prostředí je lehce pochopitelné a jednoduše ovladatelné. Jedná se o textový editor rozšířený o potřebné funkce. Mezi ně patří základní práce se souborem, přidání vytvořené knihovny, kontrola správnosti kódu, možnost nahrání programu do desky prostřednictvím USB portu nebo zobrazení sériového monitoru. Samotný program se píše v jazyce Wiring, který je podobný jazyku C++ a je velice jednoduchý a srozumitelný i pro začátečníky.

2.2.2 Program pro Arduino 1

První Arduino je nadřazeno druhému Arduino a na základě stavů optických bran mu po sériové lince předává povely k ovládání pojezdů kartáčů. To je prováděno postupným zápisem čísel 1 – 6 na sériovou linku. Význam těchto čísel bude popsán v kapitole 2.2.3. Zajišťuje také předávání požadavků do PLC a přijímání povelů. Informuje PLC o tom, kdy je možné spustit a ukončit otáčení kartáčů. Na obr. 2.15 je zobrazen vývojový diagram programu pro Arduino 1.

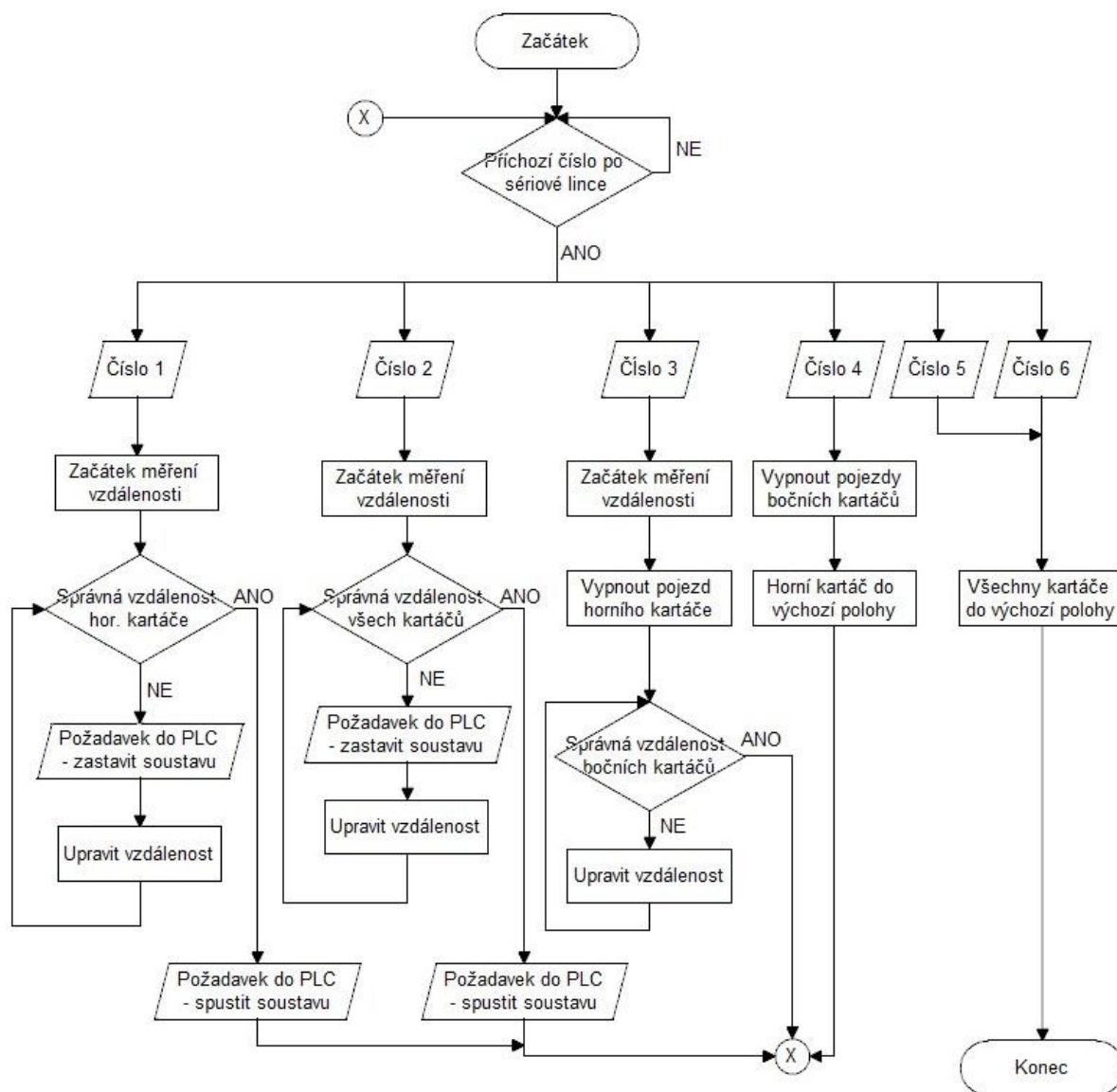


Obr. 2.15 – Vývojový diagram programu pro Arduino 1

2.2.3 Program pro Arduino 2

Druhé Arduino na základě povelů přijatých po sériové lince od prvního Arduina provádí úkony s pojezdy kartáčů. K tomu využívá měření vzdálenosti prostřednictvím ultrazvukových senzorů. Při přijmutí čísla 1 po sériové lince se začne vykonávat kopírování modelu auta horním kartáčem. Arduino řídí pojezd kartáče tak, aby byl neustále ve stejné vzdálenosti od auta. Číslo 2 na sériové lince znamená začátek pojezdů bočních kartáčů. Řízení těchto pojezdů funguje na

stejném principu, jako je tomu u horního kartáče. Třetí funkce pokračuje v měření bočních vzdálenosti od auta. Měření vzdálenosti horním senzorem je v této fázi ukončeno a kartáč pouze dojíždí do konce auta ve stejné výšce. Čtvrtá funkce znamená konec činnosti horního kartáče, kdy jeho pojezd dojde do své krajní polohy. Pátá funkce uskuteční to samé s bočními pojezdy kartáčů. Pokud Arduino přečte ze sériové linky číslo 6, znamená to, že uživatel ukončil mycí program a všechny kartáče se mají navrátit do původní krajní polohy. Celý program pro Arduino 2 je vysvětlen pomocí vývojového diagramu na obr. 2.16.



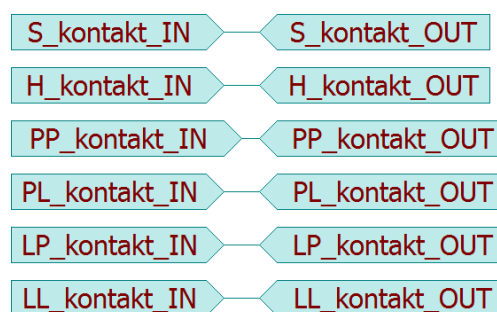
Obr. 2.16 – Vývojový diagram programu pro Arduino 2

2.2.4 Vývojové prostředí Mosaic

K programování PLC Tecomat slouží prostředí Mosaic vytvořené společností Teco Kolín. Jedná se o nástroj určený pro kompletní konfiguraci, programování a obsluhu všech PLC, modulů a rozšiřujících periférií tohoto výrobce. Tento software je volně k stažení ze stránek výrobce ve verzi Lite. Ta plně dostačuje k vytvoření a odladění kompletního programu v integrovaném simulátoru. Pro plnou funkci a možnost nahrání programu do PLC je však potřeba hardwarový klíč. Ten byl pro účely této práce zapůjčen od fakulty. Prostředí nabízí tvorbu programů v jazycích ST, IL, LD, FBD a CFC. Všechny byly popsány v kapitole 1.2.6. K programování PLC byl vybrán jazyk CFC, který svou strukturou usnadňuje pochopení chodu programu. K vytvoření programu pro HMI panel byl použit nástroj Grafický PanelMaker integrovaný v prostředí Mosaic. Ten kromě funkcí tlačítek umožňuje definovat obsah zobrazovaný na displeji panelu.

2.2.5 Program pro PLC

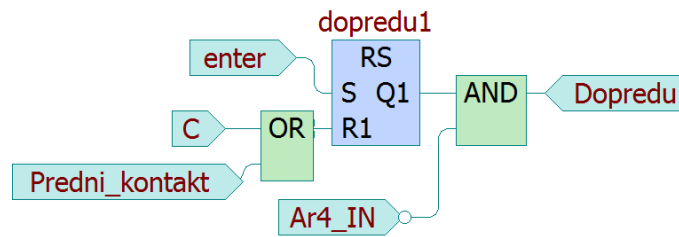
PLC má úlohu hlavního řídicího prvku a zajišťuje funkce obou desek Arduino. Program pro PLC je v jazyce CFC, takže se nejedná o klasický psaný kód, jako tomu bylo u Arduina. Všechny části programu jsou reprezentovány různými skupinami bloků. Tyto skupiny budou nyní blíže popsány. Prostředí Mosaic umožňuje ke každé sorce přiřadit alias. Díky tomu je mnohem jednodušší orientovat se v použitých vstupech a výstupech. První skupina bloků je zobrazena na obr. 2.17. Levou skupinu vstupů tvoří koncové kontakty připojené na vstupní svorky PLC automatu. Při sepnutí kontaktu tak dojde i k sepnutí výstupu na rozšiřujícím modulu, k němuž jsou připojené piny Arduina 2.



Obr. 2.17 – 1. část programu pro PLC

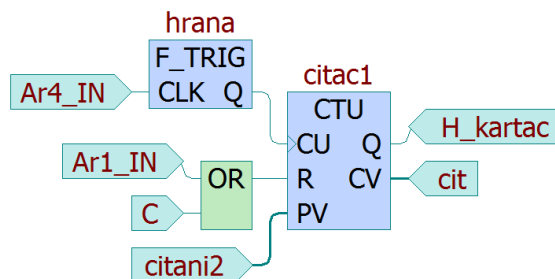
Na obr. 2.18 je zobrazen program, jehož výstupem je pohyb hlavního pojezdu myčky směrem dopředu. Při stisknutí tlačítka Enter se RS klopný obvod nastaví na logickou 1. Pokud je vstup Ar4 z Arduina ve stavu 0, jsou funkcí AND splněny obě podmínky a sepne se výstup

Dopředu. Vstup Ar4_IN je negovaný, takže ke splnění podmínky je nutné, aby byl ve stavu 0. Stisknutí tlačítka C nebo sepnutí předního kontaktu resetuje klopný obvod a soustava se zastaví.



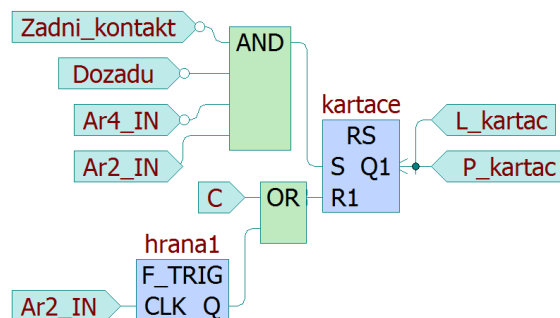
Obr. 2.18 – 2. část programu pro PLC

Dalším skupinou je program pro ovládání otáčení horního kartáče. Ten je zobrazen na obr. 2.19. Základem je čítač inicializovaný na číslo 1 proměnnou citani2. Čítač navýší sestupná hrana signálu Ar4 z Arduina a horní kartáč se začne otáčet. Vstup Ar1 nebo tlačítko C čítač resetuje a kartáč se přestane otáčet.



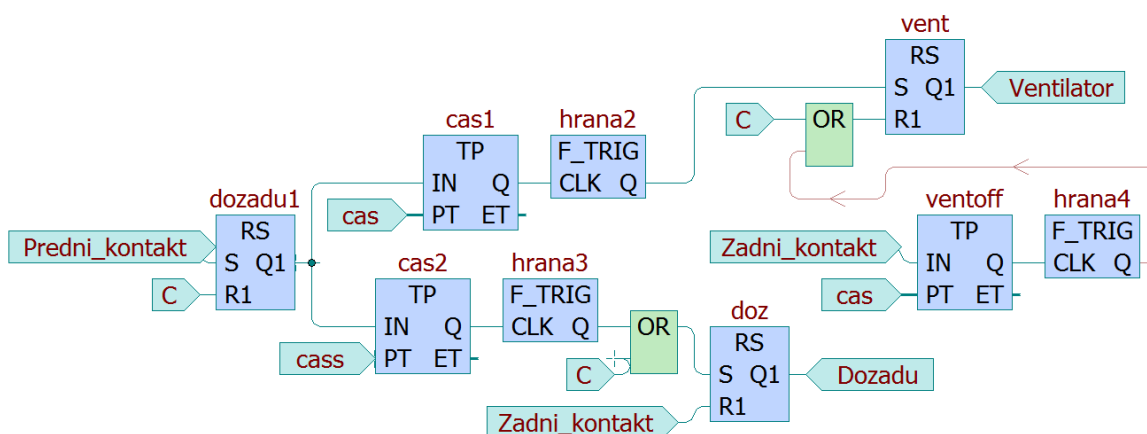
Obr. 2.19 – 3. část programu pro PLC

Následuje program pro otáčení bočních kartáčů na obr. 2.20. Kartáče jsou spínány RS klopným obvodem. K jeho nastavení je nutné splnit 4 podmínky. Nesmí být sepnutý zadní kontakt, soustava nesmí jet dozadu, nesmí být sepnutý vstup Ar4 a vstup Ar2 naopak sepnutý být musí. První tři podmínky jsou negované, proto musejí být ve stavu 0. Klopný obvod resetuje tlačítko C nebo sestupná hrana vstupu Ar2. Pak se otáčení kartáčů zastaví.



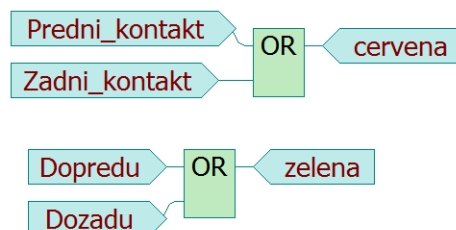
Obr. 2.20 – 4. část programu pro PLC

Pátý program je zobrazen na obr. 2.21. Tato skupina bloků zajišťuje proces sušení. Na začátku je klopný obvod RS, který je do stavu logické 1 nastaven sepnutím předního kontaktu. Tento signál se dále rozděluje do dvou větví. V horní větvi se sepne čítač, který po dobu pěti sekund generuje na svém výstupu logickou 1. Pět sekund je nastaveno proměnnou s názvem „cas“. Po těchto pěti sekundách sestupná hrana nastaví klopný obvod s názvem „vent“ a ventilátor se začne otáčet. Ve spodní větvi je zcela totožný časovač, pouze je nastaven proměnnou s názvem „cass“ na sedm sekund. Po sedmi sekundách sestupná hrana nastaví následující klopný obvod a soustava se začne pohybovat směrem dozadu. Při sepnutí zadního kontaktu se pohyb dozadu zastaví. Zadní kontakt prostřednictvím časovače na pět sekund a sestupné hrany ukončí otáčení ventilátoru. Stisknutí tlačítka C zastaví ventilátor a začne pohybovat soustavou směrem dozadu.



Obr. 2.21 – 5. část programu pro PLC

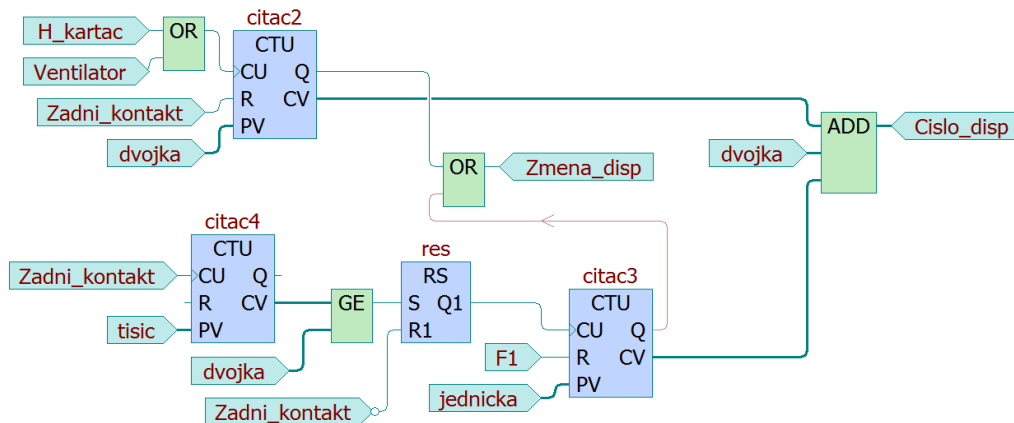
Soustava bloků na obr. 2.22 již ovlivňuje chování operátorského panelu. Sepnutí předního nebo zadního kontaktu rozsvítí červenou LED na přední straně panelu. Pakliže se soustava pohybuje ať už dopředu nebo dozadu, na panelu svítí zelená LED.



Obr. 2.22 – 6. část programu pro

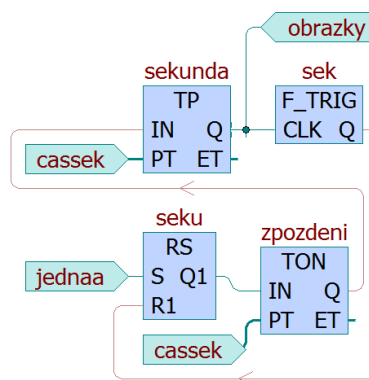
Výstup následující části programu je též určen pro HMI panel. Skupina bloků na obr. 2.23 způsobuje změny zobrazovaných obrazovek na displeji panelu. Vše začíná čítačem nastaveným na čítání do dvou prostřednictvím proměnné dvojka. Ten je navýšen nejdříve

spuštěním horního kartáče a poté sepnutím ventilátoru. Tím čítač sepne výstup pro změnu displeje. Hodnota čítače se přičte k dvojce v bloku ADD a na panelu se zobrazí obrazovka 4. Zadní kontakt tento čítač resetuje. Zadní kontakt také navyšuje čítač 4. Když je hodnota tohoto čítače větší než 2, nastaví se RS klopný obvod, který sepne čítač 3. To má za následek zapnutí výstupu pro změnu displeje a zobrazení obrazovky číslo 3.



Obr. 2.23 – 7. část programu pro PLC

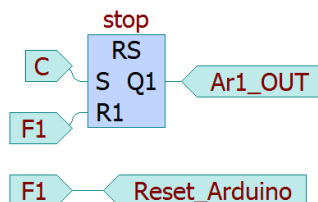
Poslední důležitou částí pro panel je program na obr. 2.24. Jeho funkcí je generování signálu, který po jedné vteřině mění logické stavy 1 a 0. Tyto stavy jsou pak zapsány do proměnné „obrazky“. Ta slouží k přepínání dvoustavových obrázků na displeji panelu. Základem je RS klopný obvod s dominantní funkcí reset nastaveným proměnnou „jedna“. Za ním je zařazen blok pro zpoždění náběžné hrany o jednu vteřinu. Ten sepne čítač, který na vteřinu generuje logickou 1. Sestupná hrana tohoto signálu resetuje klopný obvod a proces se opakuje.



Obr. 2.24 – 8. část programu pro PLC

Nyní zbývá poslední část programu zobrazená na obr. 2.25. Při stisknutí tlačítka C se přes klopný obvod sepne výstup Ar1 do desky Arduino. Tím se desce předá povel pro přerušení

programu. Stisknutím F1 se vysílání tohoto signálu ukončí. F1 také sepne relé pro reset obou desek Arduino, aby program na nich bylo možné provést znovu.



Obr. 2.25 – 9. část programu pro PLC

2.3 FUNKCE MODELU

V kapitolách 2.1 a 2.2 bylo popsáno, jakým způsobem model myčky funguje po mechanické stránce, jaké akční prvky a senzory jsou použity a jakými řídicími prvky je model osazen. Taktéž bylo objasněno programové vybavení, zajišťující požadované chování modelu. Nyní bude krok po kroku popsána výsledná funkce modelu.

Na začátku se na operátorském panelu zobrazí oznámení, vyzívající uživatele ke stisknutí tlačítka Enter. Po stisknutí Enter se soustava začne pohybovat dopředu, směrem k modelu auta. Na panelu se zobrazí oznámení o probíhajícímu mytí. Poté co model auta přeruší první optickou závorku, soustava se zastaví a k autu se začne přibližovat horní kartáč. Po dosažení požadované vzdálenosti od auta, se spustí otáčení kartáče a soustava se opět začne pohybovat směrem dopředu. Horní kartáč neustále udržuje požadovaný odstup od auta a kopíruje tak jeho tvar. Při přerušení druhé optické závorky se soustava opět zastaví a k autu se přiblíží boční kartáče. Po dosažení správné vzdálenosti se boční kartáče začnou otáčet a soustava pokračuje v pohybu. Boční kartáče stejně jako horní kopírují tvar auta. Po opětovném spojení první optické brány se horní kartáč přestane otáčet a vrátí se do nejvyšší polohy. Po spojení druhé brány se přestanou otáčet boční kartáče a vrátí se každý do své krajní polohy. Soustava pokračuje v pohybu dopředu, dokud nesepe přední koncový kontakt. V této poloze se zastaví, spustí se ventilátor a soustava se začne pohybovat směrem dozadu. Tím je napodobeno sušení auta. To je oznámeno i na operátorském panelu. Když soustava dokončí pohyb dozadu, sepne zadní koncový kontakt, zastaví se a vypne se ventilátor. Na panelu se zobrazí oznámení o dokončení programu a nabídne možnost nového mytí stisknutím tlačítka F1. Stiskem F1 se objeví úvodní hlášení, jaké bylo zobrazeno na začátku a celý proces je možné opakovat.

Během procesů mytí a sušení lze program ukončit tlačítkem C. Stisknutím C během mytí se všechny kartáče zastaví a navrátí se do krajní polohy. Soustava se zastaví a začne se pohybovat zpátky směrem dozadu, dokud nesepe zadní kontakt. Během navracení se myčky do původní polohy panel vybídne k vyčkání na dokončení operace. Poté je opět možné stisknutím tlačítka F1 opakovat celý mycí program.

3 ZÁVĚR

Cílem práce bylo upravit stávající model myčky na auta a rozšířit ho o systém řízení, který na modelu napodobí chování skutečné myčky. K tomuto účelu byl sestaven rozvaděč, osazený řídicími prvky potřebnými k realizaci řízení. Mezi tyto prvky patří dvě desky Arduino a PLC automat nadřazený těmto deskám. PLC je rozšířeno o jeden modul vstupů a výstupů a HMI panel. Operátorský panel umožňuje ovládání modelu a zároveň na něm probíhá vizualizace aktuálních stavů myčky. Řídicí jednotky pracují s hodnotami ze senzorů umístěných přímo na myčce. Použity jsou ultrazvukové senzory vzdálenosti pro měření vzdálenosti kartáčů od modelu auta a infračervené brány, sloužící k detekci polohy soustavy vůči autu. Na základě toho pak probíhá řízení motorů, které přímo pohybují s pojezdy myčky. Kartáče se díky tomu pohybují tak, že kopírují tvar modelu auta.

Model funguje poměrně spolehlivě. Občas se však objeví chyby způsobené různými záškrtami nebo chybami měření senzorů. To je způsobeno technologií použitých senzorů. Ultrazvukové senzory namířené v různých polohách proti sobě někdy vykazují problém se vzájemným rušením. Toto se však stává jen velmi zřídka. Nejčastější chyba nastává v situaci, kdy horní kartáč sjíždí ke kapotě modelu auta. Vzhledem k tomu, že kapota auta je zahnutá, signál ze senzoru se ne vždy odrazí kolmo zpět a senzor stav vyhodnotí jako vzdálenost mimo měřicí rozsah.

POUŽITÁ LITERATURA

- Arduino Uno. In: *Arduino* [online]. 2018 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://store-cdn.arduino.cc/uni/catalog/product/cache/1/image/500x375/f8876a31b63532bbba4e781c30024a0a/a/0/a000066_front_1_1.jpg
- Blokové schéma PLC. In: *352 Lab* [online]. 2015 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: http://352lab.vsb.cz/Podklady/03_PAR/img/RS/plc.gif
- BURÝ, A.: *Teorie systémů a řízení* [online]. Ostrava, Technická univerzita v Ostravě, 2007 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~bur50/TAR07.pdf>
- BURÝ. *Řídicí soustava se zpětnou vazbou* [online]. Ostrava: Technická univerzita v Ostravě, 2007 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~bur50/TAR07.pdf>
- Cyklus programu v PLC. In: *Mylms* [online]. 2017 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz/wp-content/uploads/2017/05/sequencer-step7-7.png>
- Grafické zobrazení funkce AND. In: *PLC automatizace* [online]. 2013 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://plc-automatizace.cz/image/knihovna/LC-AND.jpg>
- Grafické zobrazení funkce NOT. In: *PLC automatizace* [online]. 2013 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://plc-automatizace.cz/image/knihovna/LC-NOT.jpg>
- Grafické zobrazení funkce OR. In: *PLC automatizace* [online]. 2013 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://plc-automatizace.cz/image/knihovna/LC-OR.jpg>
- HMI panel. In: *Comfile Technology* [online]. 2019 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://cdn10.bigcommerce.com/s-hcazw/products/264/images/1097/CHA-102WR_1__54360.1483950549.1280.1280.jpg?c=2
- Infračervený přijímač. In: *GME* [online]. 2015 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.gme.cz/data/product/480_480/pctdetail.520-045.1.jpg?ts=1503665445
- Kompaktní PLC Tecomat Foxtrot. In: *BVV* [online]. 2015 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/public/galleries/32/31012/ridici-system-tecomatfoxtrot.png?72a922988e41f949c0862f332a079fbf>
- MAŠKOVÁ, D.: *Logické řazení* [online]. 2016 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/23206563-Logicke-rizeni-nejcasteji-0-1-obecneji-l-h-je-li-to-fyzikalne-vystiznejsi-vypnuto-zapnuto-pro-slovní-pojmy-ne-ano-false-true-f-t.html>
- Modul IR-1501 a jeho rozměry. In: *Teco* [online]. Kolín: Teco, 2016 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.Tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv11501_00_foxtrot_ir-1501_cz_en
- Modul s H-můstkem. In: *Laskarduino* [online]. 2019 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://laskarduino.cz/1217-large_default/h-mustek-pro-krokovy-motor-l298n-dualni-motorovy-modul.jpg
- Modulární PLC Tecomat TC700. In: *EMEA gateway* [online]. 2013 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: http://emeagateway.eu/emea/repozytorium/Image/TC700/TECOMAT_TC700_1.png
- Napěťový měnič. In: *Arduino-shop* [online]. 2018 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://arduino-shop.cz/photos/produkty_gal/f/4/4434.jpg?m=1507201408
- Operátorský panel ID-17. In: *Teco* [online]. Kolín: Teco, 2016 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/uploads/Products/product_201/600_HMI_ID-17_01.jpg

- PLC Tecomat Foxtrot CP-1005. In: *Kuchta elektro* [online]. 2011 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.kuchta-elektro.cz/docs/shop/original/600_FOXTROT_IR-1501_02.jpg
- Programovací jazyky PLC. In: *Teco* [online]. Kolín: Teco, 2007 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00321_01_mosaic_progiec_cz
- Rozměry PLC CP-1005. In: *Teco* [online]. Kolín: Teco, 2017 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00435_01_foxtrot_cp_1005
- Schéma H-můstku L298N. In: *GME* [online]. Itálie: STMicroelectronics, 1998 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.332-005.1.pdf>
- Svorcky panelu ID-17. In: *Teco* [online]. Kolín: Teco, 2009 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.Tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv14004_01_hmi_id-17_cz
- TECO a.s.: *Foxtrot – Ovládej svůj dům! Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot* [online]. 3. vydání, Kolín, 2016, [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://www.Tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00416_01_cfoxrfoxprojektovani_cz
- TECO a.s.: *Operátorský panel ID-17* [online]. 1. vydání, Kolín, 2009, [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://www.Tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv14004_01_hmi_id-17_cz
- TECO a.s.: *Periferní moduly PLC Tecomat Foxtrot* [online]. 8. vydání, Kolín, 2016, [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://www.Tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00412_01_foxtrot_perifanalogdig_tcl2_cz
- TECO a.s.: *Programování PLC podle normy IEC61131-3v prostředí Mosaic* [online]. 10. vydání, Kolín, 2007, [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://www.TECOMat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00321_01_mosaic_progiec_cz
- TECO a.s.: *Programovatelné automaty Tecomat Foxtrot CP-1005, CP-1015* [online]. 9. vydání, Kolín, 2017, [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://www.Tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00435_01_foxtrot_cp_1005
- TECO a.s.: *Tecomat Foxtrot. Programovatelné automaty, základní dokumentace modulu CP-1005* [online]. 4. vydání, Kolín, 2012, [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://www.TECOMat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv11005_00_foxtrot_cp-1005_cz_en
- TECO a.s.: *Tecomat Foxtrot. Základní dokumentace modulu IR-1501* [online]. 3. vydání, Kolín, 2017, [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://www.Tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv11501_00_foxtrot_ir-1501_cz_en
- TECO a.s.: *Začínáme v prostředí MOSAIC* [online]. 8. vydání, Kolín, 2010, [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://www.Tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00320_01_mosaic_progstart_cz
- Ultrazvukový senzor vzdálenosti. In: *Dealextrême* [online]. 2017 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://img.dxcn.com/productimages/sku_418349_1.jpg

Příloha k bakalářské práci
Řízení modelu myčky aut pomocí PLC
Lukáš Leitl

CD

Obsah

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF
- 2 Program pro Arduino 1
- 3 Program pro Arduino 2
- 4 Program pro PLC