

Modifikace modelu výdejového automatu a jeho řízení programovatelným automatem

Kristián Albl

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav automatizace a řídicí techniky

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Kristián Albl**
Osobní číslo: **A21687**
Studijní program: **B0714A150006 Aplikovaná informatika v průmyslové automatizaci**
Specializace: **Inteligentní systémy s roboty**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Modifikace modelu výdejového automatu a jeho řízení programovatelným automatem**
Téma práce anglicky: **Modification of a Vending Machine Model and Its Control by a Programmable Logic Controller**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši na téma týkající se způsobu řízení, komunikace a možností programovatelných automatů.
2. Navrhněte modifikaci modelu výdejového automatu, a to jak po stránce samotného modelu, tak i po stránce ovládacích a řídicích zařízení. Proveďte realizaci tohoto návrhu.
3. Pro upravený model vytvořte ilustrativní příklady, včetně vizualizace daného procesu ve vybraném SCADA/HMI systému. Ověřte také možnost vzdáleného řízení a monitorování modelu.
4. Vytvořte samostatnou dokumentaci obsahující popis jednotlivých částí upraveného modelu a jeho propojení s okolím.

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

Seznam doporučené literatury:

1. BASTIAN, Peter. Praktická elektrotechnika. 2., dopl. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2006. ISBN 80-86706-15-X.
2. ŠMEJKAL, Ladislav a MARTINÁSKOVÁ, Marie. PLC a automatizace. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.
3. ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
4. Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic [internet] 11.vydání. 2009. [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://catalog.tecomat.cz/produkt/programovani-dle-normy-iec-61-131#download>.
5. Industry Online Support [internet]. 2017 [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/>.
6. MORAVSKÉ PŘÍSTROJE, a.s.: Programový systém Control Web [internet]. 2017. [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <http://www.mii.cz>.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Navrátil, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: **8. prosince 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2024**

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 8. prosince 2023

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této práce je inovace stávajícího modelu výdejového automatu. Inovace modelu jsou zaměřeny zejména na zjednodušení hardwarových a mechanických prvků automatu. Model výdejového automatu, jehož součástí je také HMI displej, je určen pro podporu výuky a měl by tak umožnit studentům realizovat jeho řízení pomocí jednoho z použitých programovatelných automatů, tj. PLC Tecomat Foxtrot CP-2005, případně PLC Siemens Simatic S7-1214 . Model bude umožňovat také ovládání využitím aplikace ControlWeb, případně také vzdálené ovládání přes webové rozhraní daného PLC.

Klíčová slova: Model výdejového automatu, PLC Tecomat Foxtrot 2, PLC Siemens S7-1214, HMI, ControlWeb

ABSTRACT

The aim of this work is to innovate the existing model of a vending machine. The innovations of the model are mainly focused on simplifying the hardware and mechanical components of the machine. The vending machine model, which includes an HMI display, is intended to support education and should enable students to control it using one of the programmable controllers, namely the PLC Tecomat Foxtrot CP-2005 or the PLC Siemens Simatic S7-1214. The model will also allow control through the ControlWeb application, as well as remote control via the web interface of the given PLC.

Keywords: Vending Machine Model, PLC Tecomat Foxtrot 2, PLC Siemens S7-1214, HMI, ControlWeb

Děkuji Ing. Pavlu Navrátilovi, Ph.D. za vedení této Bakalářské práce, důkladné konzultace v průběhu práce, náměty na možná řešení problémů a doporučení ohledně psané části práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

OBSAH	6
ÚVOD.....	9
TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 PLC.....	11
1.1 Hardware	11
1.1.1 CPU.....	12
1.1.2 Paměťová jednotka	12
1.1.3 Rozhraní vstupů a výstupů.....	13
1.1.4 Zdroj.....	14
1.1.5 Komunikační rozhraní	15
1.1.6 Speciální funkce PLC	16
1.2 Software	17
1.2.1 Programování PLC	18
1.3 Komunikace PLC s okolím.....	21
1.3.1 Profinet.....	21
1.3.2 Profibus.....	22
1.3.3 Epsnet.....	23
1.3.4 Modbus	24
2 VÝDEJOVÉ AUTOMATY	26
2.1 Princip	26
2.1.1 Druhy Mechanismů.....	26
2.1.2 Způsoby placení	28
PRAKTICKÁ ČÁST	29
3 MODEL VÝDEJOVÉHO AUTOMATU	30
3.1 Modifikace předchozího modelu.....	30
3.1.1 Mechanické modifikace	31
3.1.2 Elektronické modifikace	32
3.2 Mechanické prvky automatu	35
3.2.1 Uchycení na HMI displej a klávesnici	35
3.2.2 Držáky na komponenty a uchycení na DIN lištu	36
3.2.3 Sensor dopadu.....	36
3.3 Elektronické prvky automatu	37
3.3.1 Celkové zapojení.....	37
3.3.2 PCB Deska	38
3.3.3 PLC Tecomat	39
3.3.4 PLC Siemens.....	39
3.3.5 HMI displej	40
3.3.6 Mincovník	40
3.3.7 RFID	41
3.3.8 Ostatní komponenty	41
4 SOFTWARE MODELU	42
4.1 Obecný Princip programu.....	42
4.2 Komunikace s komponenty modelu	43
4.2.1 RFID	43
4.2.2 Tlačítková klávesnice	43
4.2.3 HMI displej	44

4.3	Programování HMI displeje.....	44
4.3.1	Nastavení komunikace	44
4.3.2	Zápis a čtení	45
4.3.3	Vizualizace.....	45
4.4	Programování PLC Tecomat	46
4.4.1	Softwarové nastavení	46
4.4.2	Program.....	47
4.4.3	Vizualizace.....	48
4.5	Programování PLC Siemens	49
4.5.1	Softwarové nastavení	49
4.5.2	Program.....	50
4.5.3	Vizualizace.....	51
4.6	Vizualizace v Softwaru ControllWeb 8	52
4.6.1	Nastavení komunikace	52
4.6.2	Vizualizace.....	54
	ZÁVĚR	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	57
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

ÚVOD

Téma bakalářské práce zahrnuje inovaci a modifikaci výukového modelu výdejového automatu. Teoretická část práce slouží k pochopení a vysvětlení fungování výdejových automatů a jejich řízení pomocí PLC. Praktická část je postavena na těchto znalostech a rozebírá jejich samotnou implementaci do modelu.

Po teoretické stránce obsahuje význam řízení výdejového automatu pomocí PLC, popis fyzické struktury a fungování PLC, samotné programování PLC z pohledu standardizovaných IEC norem, stejně jako možnosti komunikace PLC s okolím za využití softwarových protokolů či hardwarového propojení. Dále se zabývá popisem principu výdejového automatu.

Praktická část zahrnuje rozbor modifikací a inovací modelu, s ukázkou některých CAD modelů nynějších komponentů modelu, popisem elektroniky modelu a porovnáním s předchozím stavem modelu. Poslední část rozebírá princip a strukturu programu, na kterém model funguje, software užitý pro programování modelu, komunikace jednotlivých komponentů modelu, technické parametry použitých PLC značek Tecomat a Siemens a ovládání modelu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PLC

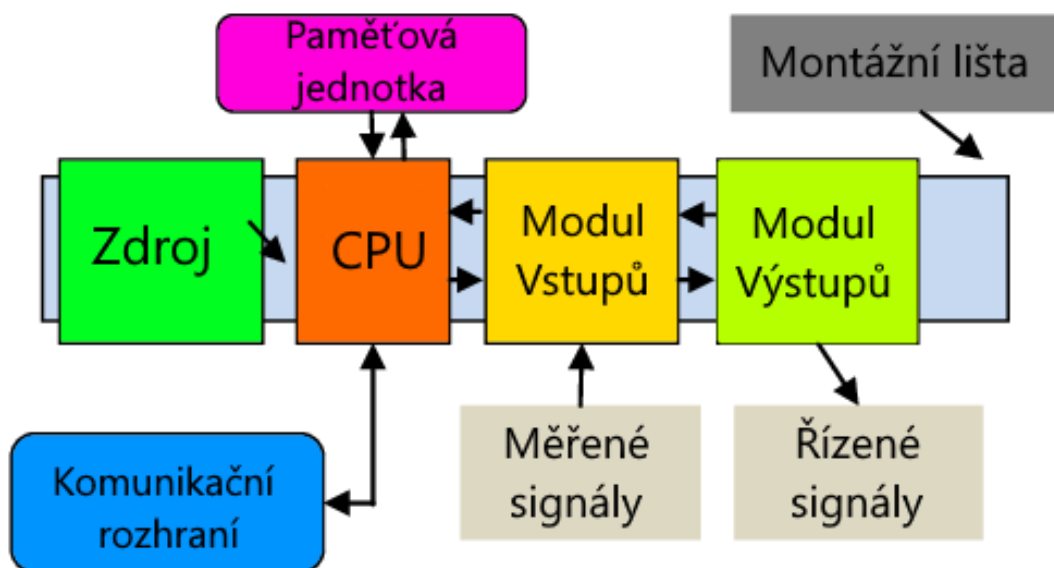
Programmable logic controller (PLC), česky programovatelný automat, lze obecně definovat jako programovatelný řídicí systém užívaný pro řízení procesů v průmyslu [1]. Základní rozdíly PLC oproti standardnímu počítači spočívají jak ve fyzickém provedení, zejména v odolnosti vůči vnějším vlivům, například teplotě a vibracím, tak i ve způsobu vykonávání programu a samotném programování.

1.1 Hardware

Hardware popisuje fyzické komponenty, které tvoří celek PLC. Každá část hardwaru PLC je navržena k vykonávání konkrétní úlohy. Bez těchto hardwarových komponentů nemůže PLC systém efektivně fungovat [2]. Tyto komponenty se dají rozdělit na:

- CPU(Procesor)
- Paměťovou jednotku
- Rozhraní vstupů a výstupů
- Zdroj
- Komunikační rozhraní
- Speciální funkce PLC

Propojení a vzájemná komunikace jednotlivých prvků:



Obrázek 1: Schématický diagram hardwaru PLC

1.1.1 CPU

Central Processing Unit (CPU), česky Centrální výpočetní jednotka nebo krátce procesor, řídí veškerou aktivitu PLC. To zahrnuje skenování programu, provádění programu, správu úložiště dat, směrování datového toku a řízení komunikace mezi různými rozhraními [2]. Na rozdíl od standardního počítače mají PLC nižší spotřebu, v řádu nižších desítek wattů. To způsobuje také nižší frekvenci procesoru, ale pro účely PLC naprosto dostačující. Tato jednoduše procesoru PLC zvyšuje spolehlivost a umožňuje téměř nepřetržitý provoz, nutný v průmyslových aplikacích.

Většina dnešních PLC obsahuje pouze jeden fyzický procesor, nicméně u některých výkonnějších PLC se lze setkat s implementací několika jader nebo procesorů. To umožňuje rychlejší provoz uživatelského programu tím, že operace jsou rozděleny mezi těchto několik procesorů [3]. Například PLC s dvěma procesory může mít kontrolní procesor pro manipulaci s daty a složité výpočty, a druhý logický procesor pro provádění logiky, časování, počítání a dalších funkcí aplikace.

1.1.2 Paměťová jednotka

Paměťový prostor PLC se skládá z programové, datové a systémové (firmware) paměti. Nejpoužívanějšími typy paměti v PLC jsou RAM (Random Access Memory) a ROM (Read Only Memory) [4].

V paměti typu RAM je po spuštění uložen uživatelský program, proměnné, se kterými program pracuje a hodnoty vstupů a výstupů. Při přepisu programu dojde ke kompletnímu smazání předchozích dat v RAM. Velikost této paměti se liší dle typu PLC, ale ve většině případů se jedná o jednotky až desítky megabytů.

ROM paměť se skládá z programů a dat, která jsou nezbytně nutná k chodu PLC. Tato data jsou neměnná, a jejich obsah je určen výrobcem a modelem.

1.1.3 Rozhraní vstupů a výstupů

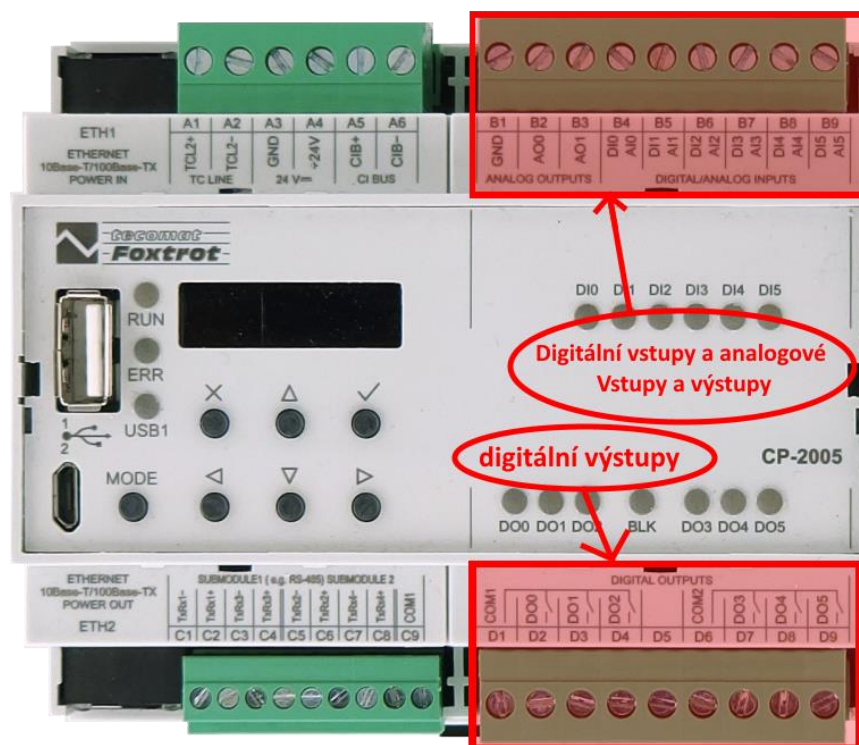
I/O rozhraní, česky rozhraní vstupů a výstupů, informuje CPU o stavu fyzicky připojených vstupů k PLC, jako jsou tlačítka, spínače, senzory a podobně. Taktéž umožňuje ovládání fyzicky připojených výstupů, například motorů, ventilátorů, indikátorů nebo alarmů.

Vstupy a výstupy lze obecně rozdělit na digitální a analogové.

Digitální vstupy a výstupy přijímají nebo posílají hodnotu logické 1 nebo 0, což odpovídá zapnuto-vypnuto. Nejčastěji jsou realizovány pomocí tranzistorů nebo reléových spínačů. Mohou pracovat s různými úrovněmi napětí. Například 0V, 5V, 12V, 24V.

Analogové signály nabývají hodnot v určeném rozsahu, které jsou vyjádřeny napětím nebo proudem na svorkách. Napětí v rozsahu 0-10V a proud v rozsahu 4-20mA jsou nejčastěji používané hodnoty pro analogové signály u PLC [2]. A/D převodník poté numericky vyjádří tuto hodnotu napětí nebo proudu v souladu s nastaveným rozlišením, typicky 8-12 bitů.

Realizace na PLC je provedena pomocí svorkovnic. Pro lepší představu následuje znázornění umístění těchto svorkovnic na základním modulu PLC Tecomat Foxtrot 2 CP-2005, který je jedním z použitých PLC v praktické části práce.

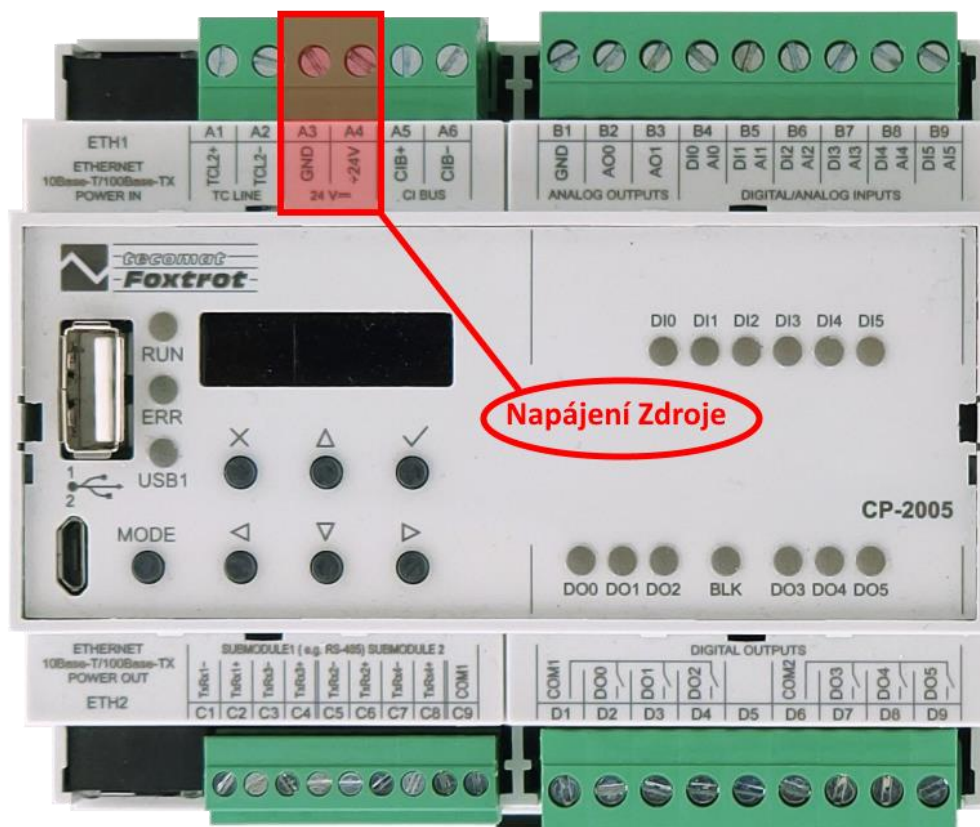


Obrázek 2: Umístění svorkovnic pro I/O na PLC Tecomat Foxtrot 2 CP-2005

1.1.4 Zdroj

Hlavním účelem napájecího zdroje PLC je přeměna dostupného napětí napájecího zdroje na napětí, které lze použít procesorem a dalšími moduly PLC. Nejčastějšími vstupními napětími napájecího zdroje PLC jsou 230V střídavého napětí a 24V stejnosměrného napětí.

Realizace propojení zdroje s napájením je provedena pomocí svorkovnice, podobně jako u I/O rozhraní.



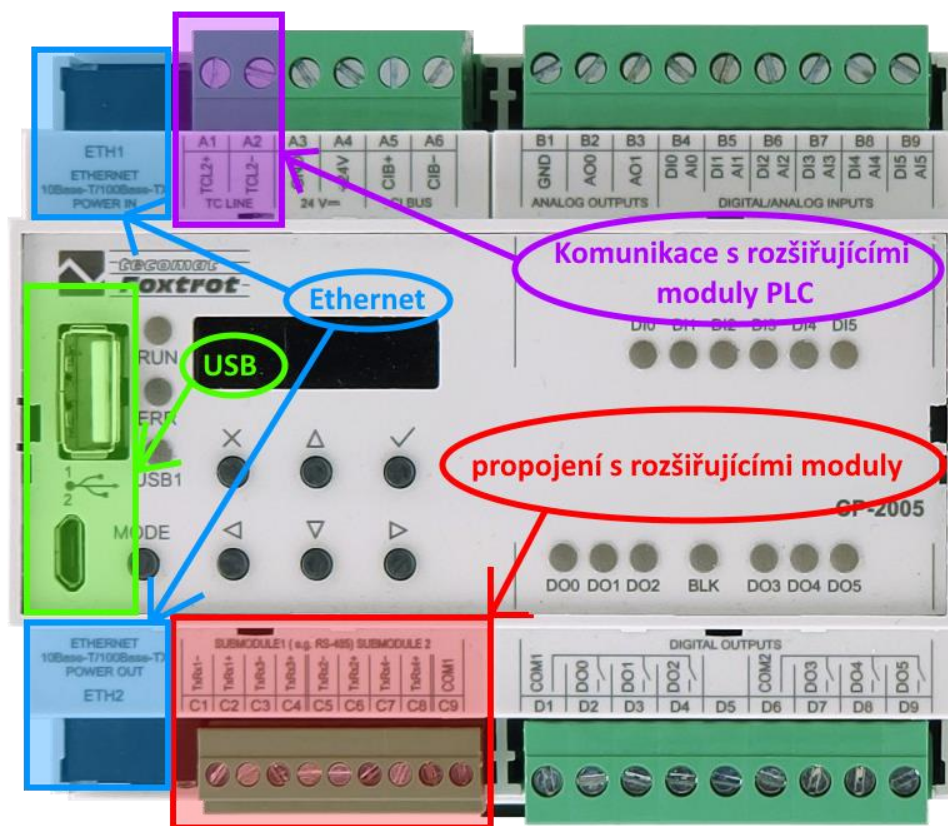
Obrázek 3: Umístění svorkovnice pro zdroj na PLC Tecomat Fochtrot 2 CP-2005

1.1.5 Komunikační rozhraní

Pokud je to nutné pro aplikaci PLC, je možné se základním modulem PLC propojit další prvky, které vyžadují komplexnější zapojení než standardní I/O zařízení, například HMI displeje, zařízení, které užívají komunikaci via RS232, RS485 a Ethernet, rozšiřující moduly PLC, a podobně.

Tato komunikace může probíhat pomocí různých sběrnic a protokolů, jak je popsáno v kapitole 1.3.

Realizace na PLC může být provedena například podle níže uvedeného obrázku.



Obrázek 4: umístění komunikačních prvků na PLC Tecomat Foxtrot 2 CP-2005

1.1.6 Speciální funkce PLC

Součástí PLC jsou také speciální funkce, které se liší dle výrobce a modelu. Nejčastěji zahrnují modul hodin (RTC), čítače a časovače [5].

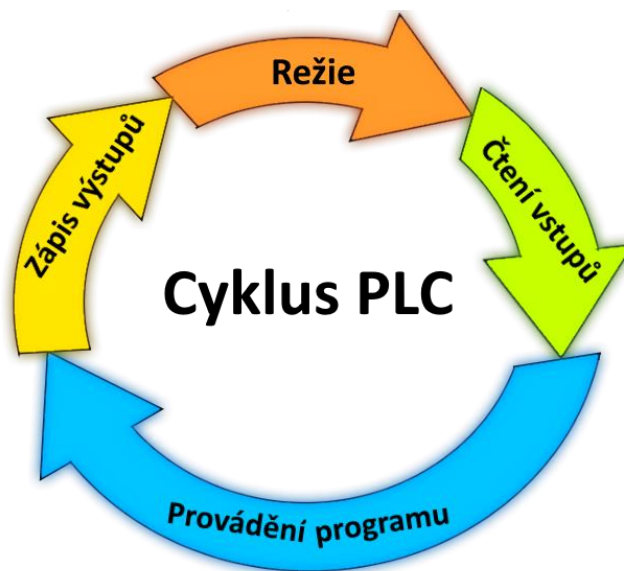
Modul hodin slouží k čtení reálného času a umožňuje PLC provádět akce v konkrétních časech nebo intervalech.

Čítače, jak název naznačuje, čítají impulsy, které jsou zpracovány programem, a lze tak sledovat například počet stisknutí tlačítka. Jejich rychlost odpovídá nebo je menší než cyklus PLC.

Časovače, podobně jako čítače, jsou zpracovány programem a slouží k odměřování časových intervalů.

1.2 Software

Software PLC lze chápat jako virtuální nástroje, které poskytují uživateli prostředky k vytvoření funkční aplikace. Typickým přístupem k řízení programu PLC je cyklické vykonávání v programové smyčce, kdy CPU provádí příkazy přesně tak, jak jsou seřazené v programu uživatele [1]. Následuje znázornění průběhu cyklu PLC.



Obrázek 5: Znázornění průběhu cyklu PLC [1].

1. Na začátku každého cyklu jsou zapsány hodnoty výstupů upravené programem (obrazy výstupů) na fyzické výstupy.
2. Režie provede systémovou aktualizaci (aktivuje procesy pro další cyklus, aktualizuje časové proměnné a podobně).
3. Poté jsou přečteny aktuální hodnoty všech vstupů a jsou uloženy pro práci v programu, tyto hodnoty se nazývají obrazy vstupů.
4. Na konec se provádí uživatelský program, který může přepisovat hodnoty obrazů výstupů a číst hodnoty obrazů vstupů. [1]

Po splnění posledního příkazu proběhne návrat na začátek programu, dochází tedy k nekonečné smyčce. Každé PLC, které funguje tímto způsobem, má také časový limit na vykonání jedné otočky cyklu. V případě překročení tohoto limitu, z důvodu chyby nebo uživatelem vytvořené nekonečné smyčky, PLC program zastaví a oznámí fatální chybu [1].

Hlavní výhodou tohoto přístupu je předcházení chybám způsobených změnou hodnot vstupů a výstupů v průběhu programu. Někteří výrobci užívají jiné metody řízení programu,

například PLC od výrobce PLC SAIA přistupují k vstupům a výstupům dle potřeby programu nebo umožňují aktuální přístup k hodnotám jako speciální funkci.

1.2.1 Programování PLC

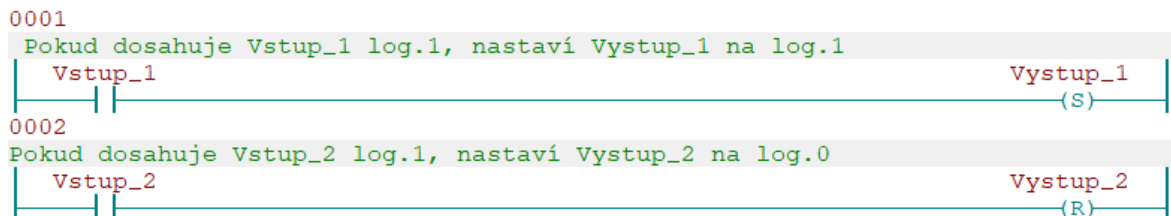
Z důvodu standardizace programování PLC byla vytvořena sada programovacích jazyků, která sjednocuje syntaxi a tím nahrazuje příliš vysoké množství existujících programovacích jazyků. Tato sada podléhá normě IEC 1131-3 (v evropské legislativě označené jako IEC EN 61131-3), a většina výrobců PLC tuto normu přijala jako vlastní směrnici [6].

Mezi nejpoužívanější jazyky této sady patří:

- LD (Ladder Diagram).
- FBD (Function Block Diagram).
- IL (Instruction List).
- ST (Structured Text).
- SFC (Sequential Function Chart).

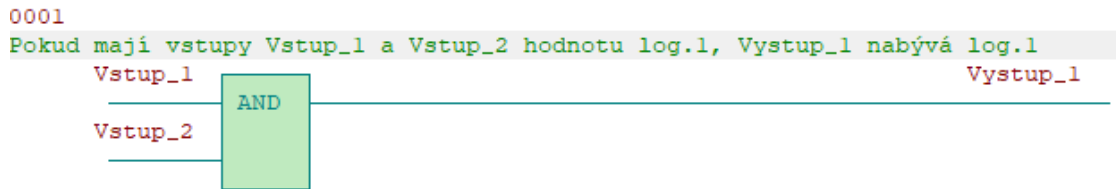
Každý z těchto programovacích jazyků umožňuje navrhnout program co nejvhodnějším způsobem s ohledem na schopnosti a uvažování uživatele. Sada také obsahuje některé rozšíření programovacích jazyků, jako například **CFC (Continuous Function Chart)**, což je nadstavba FBD s možností zpětnovazebného zapojení.

Ladder diagram je grafický programovací jazyk postaven na reléové logice. Díky tomu je velmi snadně pochopitelný uživateli s elektrotechnickým vzděláním a patří mezi nemálo používané jazyky v sadě. Níže je uveden příklad kódu LD.



Obrázek 6: Příklad kódu LD

Function Block Diagram podobně jako LD je grafickým jazykem, který umožňuje řízení různými algoritmy a funkcemi v podobě bloků, které jsou propojeny se vstupy, výstupy, nebo jinými bloky. Níže je uveden příklad kódu FBD.



Obrázek 7: Příklad kódu FBD

Instruction List je jedním ze dvou textových programovacích jazyků v sadě, programování se zde velmi podobá programování v Assembly jazyce, kdy každý řádek kódu obsahuje jednu základní instrukci a posloupnost programu je zajištěna skoky mezi instrukcemi. Níže je uveden příklad kódu IL.

```
// Pokud mají Vstup_1 nebo Vstup_2 hodnotu log.1, Vystup_1 nabývá log.1
LD Vstup_1
OR Vstup_2
ST Vystup_1
```

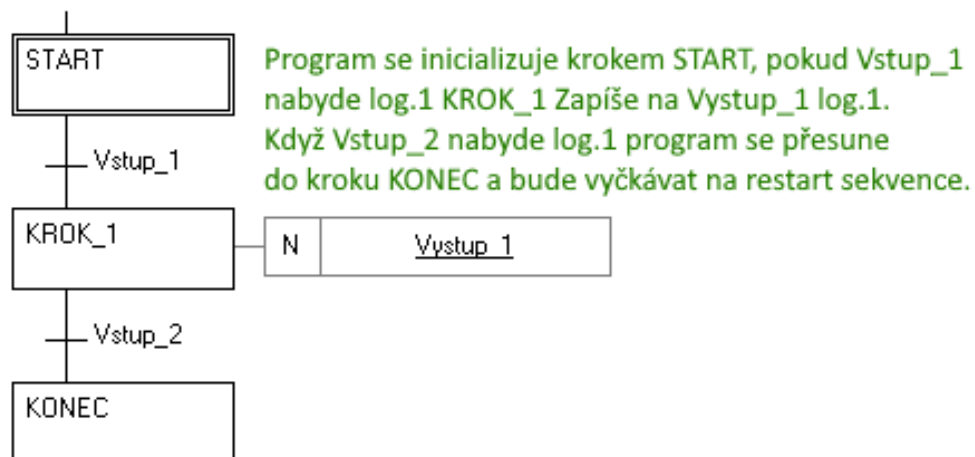
Obrázek 8: Příklad kódu IL

Structured Text je druhým textovým jazykem v sadě. Na rozdíl od IL se již více podobá moderním nízkourovňovým programovacím jazykům, jako je například Pascal, nebo C, díky tomu je více přístupný uživatelům se zkušenostmi s programováním. Níže je uveden příklad kódu v ST.

```
// Pokud má Vstup_1 hodnotu log.1 a Vstup_2 hodnotu log.0
// ,nabývá Vystup_1 hodnoty log.1
IF (Vstup_1 = true AND Vstup_2 = false)
THEN Vystup_1 := true;
END_IF;
```

Obrázek 9: Příklad kódu ST

Sequential Function Chart je grafickou nadstavbou sady. V zásadě kombinuje princip ostatních grafických jazyků. Příkazy jsou prováděny v sérii kroků a přechodů, kde každý krok může obsahovat programové bloky jakéhokoliv jazyka sady. Níže je uveden příklad schéma kódu SFC.



Obrázek 10: Příklad schéma kódu SFC

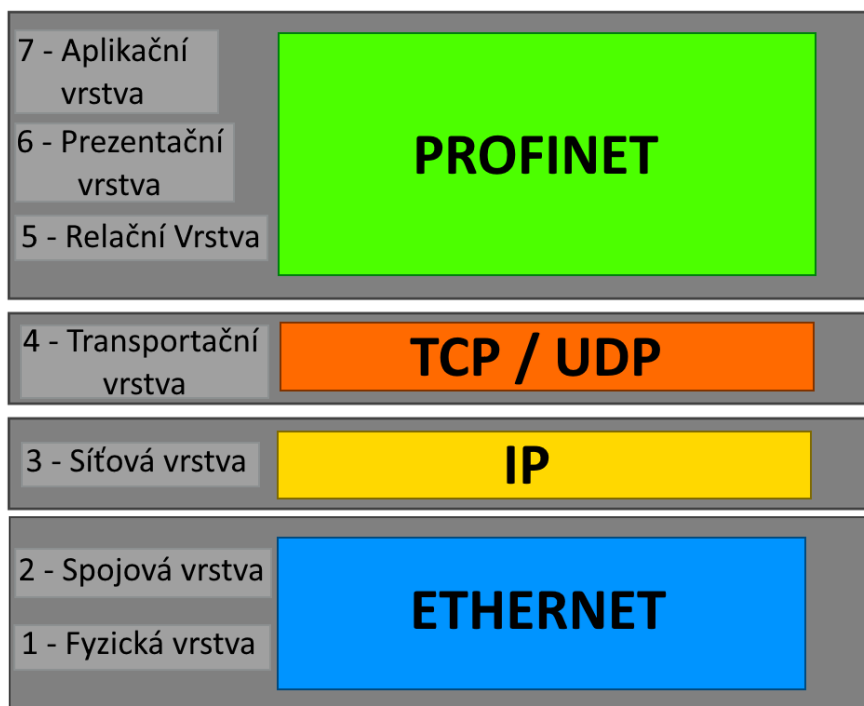
1.3 Komunikace PLC s okolím

Pro posílání a přijímání instrukcí a signálů ostatních prvků celkové aplikace je možné kromě vstupního a výstupního rozhraní použít i komunikaci přes různé průmyslové sběrnice, které kvůli vysokému objemu přenesených dat vyžadují užití speciálních komunikačních protokolů. V následujících podkapitolách jsou blíže popsány nejčastěji používané z těchto komunikačních možností.

1.3.1 Profinet

Protokol Profinet slouží k průmyslové komunikaci a implementuje IT standardy pro přenos dat, konkrétně TCP/IP a XML. Tím je zajištěna komunikace mezi značným počtem průmyslových přístrojů, například HMI displejů nebo komplexnějších senzorů [7].

Jednotlivé přístroje, které jsou součástí Profinetu, jsou propojeny sběrnicemi Ethernet. Samotná architektura Profinetu je postavena na modelu ISO/OSI, jak je znázorněno na následujícím obrázku.



Obrázek 11: ISO/OSI model Profinetu

Přístup k komunikaci je zde deterministický, což znamená, že časování posílání dat je nastaveno tak, aby vše bylo doručeno právě v tu chvíli, kdy je to očekáváno.

Profinet lze využít pro dva druhy aplikací. První je Profinet **CBA** (Component Based Automation), kde Profinet pracuje s informacemi ze všech propojených zařízení, což umožňuje vytvoření komplexní aplikace pro spolupráci a komunikaci všech přístrojů v síti [7].

Druhým druhem aplikace je Profinet **I/O**, který je určen pro komunikaci se vstupními a výstupními zařízeními. Používá se pro aplikace, které vyžadují velmi nízkou odezvu.

Profinet poskytuje také tři druhy komunikačních kanálů:

- **TCP/IP** je užíván pro operace, kde komunikace není časově kritická, jako například konfigurace. Důvodem je delší odezva, kolem 100 ms.
- **RT** kanál doručuje data podstatně rychleji, a proto je užíván pro časově kritické operace, jako například I/O komunikace. Odezva závisí na designu sítě.
- **IRT**, podobně jako RT, má velmi rychlou odezvu, ale také kompenzuje zpoždění posílaných dat, čímž zvyšuje přesnost taktu. Používá se zejména pro řízení pohybu. [7]

1.3.2 Profibus

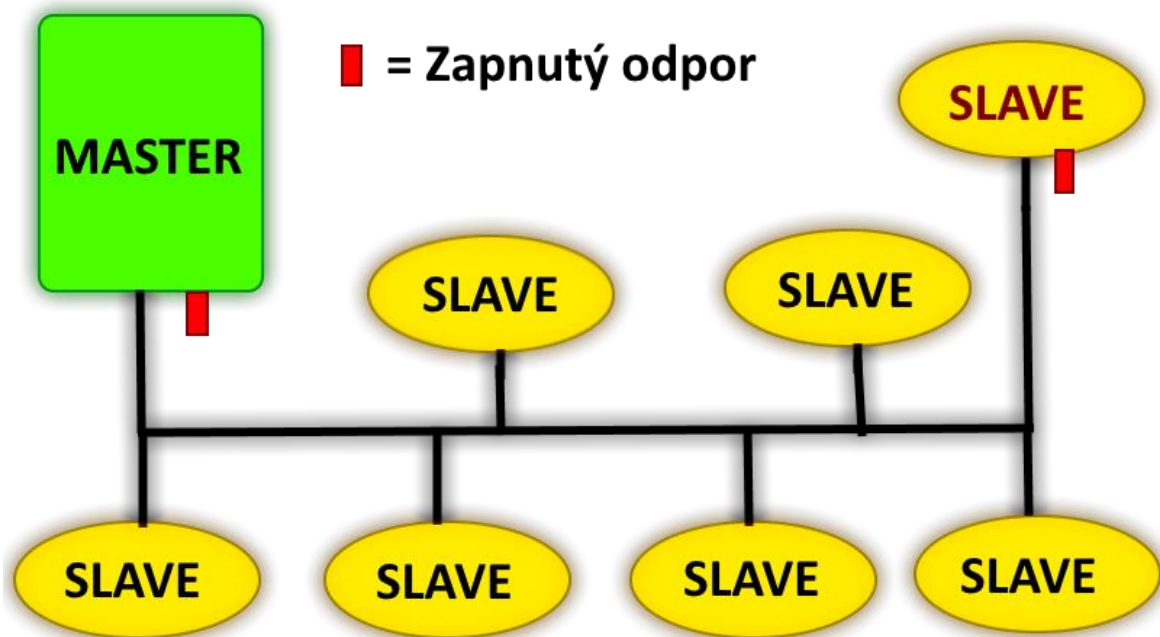
Protokol Profibus, podobně jako Profinet, slouží primárně k průmyslové komunikaci, avšak na rozdíl od Profinetu je založen na komunikačním standardu RS-485. Pro přenos dat se zde využívá kroucená stíněná dvojlinka, kde stínění zároveň slouží jako uzemnění, a dvě hlavní linky jsou schopny přenosu nebo příjmu dat. Díky tomu je síť založená na protokolu Profibus velmi odolná vůči elektromagnetickému šumu a dalším rušivým prvkům [8].

Dle implementace lze Profibus rozdělit na dva typy:

- **Profibus DP**, který se převážně používá v průmyslové automatizaci pro komunikaci prvků výrobních linek. Zařízení propojená tímto způsobem mají vlastní napájení a přenosová rychlost se pohybuje přibližně od 500 Kb/s do 12 Mb/s, v závislosti na vzdálenosti zařízení. Přenos dat je zajištěn sběrnici RS-485.
- **Profibus PA**, užívaný pro aplikace v nebezpečném prostředí, které nevyžadují vysokou přenosovou rychlost. Přenosová rychlost je zde fixních 31,25 Kb/s. Přenos dat a napájení zařízení probíhá stejnou sběrnici, v tomto případě MBP-IS, která poskytuje dodatečnou ochranu sítě v případě poškození vodičů. [9]

Topologicky je možné uspořádat Profibus síť lineárně nebo hvězdicově. Pro většinu aplikací je vhodnější lineární uspořádání, a proto je více používané. Samotná síť je postavena na principu Master-Slave, kde Master zařízení řídí komunikaci v síti tím, že zahajuje nebo ukončuje komunikaci s podřízenými zařízeními-Slave. Toto uspořádání se nazývá segment. Profibus podporuje až 9 segmentů (Master zařízení), každý s až 32 zařízeními (Slave zařízení). Pokud má síť více než jeden segment, je zde komunikace řízena vzájemným udělováním priority jednotlivých Masterů [8].

Každý segment musí být jasně definován, k tomu slouží elektrická součástka, která je zabudována do každého standardního konektoru Profibus. Tuto součástku lze zapnout nebo vypnout. Zapnutá definuje začátek a konec segmentu a nazývá se takzvaně "zapnutý odpor". Schéma jednoho segmentu sítě Profibus je zobrazeno níže.



Obrázek 12: Segment sítě Profibus. [8]

1.3.3 Epsnet

Protokol Epsnet je protokol určený pro komunikaci, exkluzivně produktů značky TECOMAT. Komunikace je zde řízena na principu dotaz-odpověď. Komunikaci vyvolává nadřazené zařízení, které bývá zpravidla počítač, nebo HMI displej vybavený softwarem a ovladači pro komunikaci s zařízením značky TECOMAT. Protokol podporuje komunikaci na principu UDP/TPC přes rozhraní Ethernet. [10]

Obecná struktura protokolu umožňuje komunikaci ve dvou směrech:

- **Nadřazená stanice** → **podřízená stanice**, kde podřízená stanice vyvolá dotaz na nadřazenou stanici a ta vyšle zprávu.
- **Podřízená stanice** → **nadřazená stanice**, kde nadřazená stanice vyžádá potvrzení a podřízená stanice zašle odpověď.

Data jsou zde posílána v packetu se záhlavím délky 6 bytů, poté následuje vlastní zpráva. Data záhlaví určují konkrétní parametry komunikace.

- **byte 0 až 1** určuje číslo relace.
- **byte 2** kód režimu komunikace.
- **byte 3** je rezervní.
- **byte 4 až 5** určuje délku vlastních dat k zaslání, kde byte 4 obsahuje vyšší byte a byte 5 nižší byte délky. [10]

1.3.4 Modbus

Protokol Modbus patří mezi nejstarší a zároveň nejrozšířenější průmyslové komunikační protokoly. Primárně se používá pro komunikaci zařízení s PLC. Princip komunikace je založen, stejně jako u Profibusu, na principu Master-Slave, kde Slave zařízení pouze reagují na požadavky posílané Master zařízením. Protokol Modbus podporuje přenos dat rozhraní RS-485, RS-422, RS-232 a Ethernet. [12]

Protokol Modbus je rozdělen na tři typy komunikace:

- **RTU**, který slouží pro binární sériový přenos přes rozhraní RS-485, RS-232 a RS-422.
- **ASCII** je obdobou RTU, ale přenos je realizován v AsciiHex formát.
- **TCP** užívá standardu TCP/IP, komunikace probíhá přes Ethernet. [11]

Data jsou posílána v paketech rozdělena do jednotlivých sekcí, viz obrázek níže.



Obrázek 13: Paket protokolu Modbus[12]

V sekci vyhrazené pro adresu zařízení o velikosti 1 bytu, hodnoty 0-247 slouží pro běžná zařízení, zatímco hodnoty 248-255 jsou speciálně vyhrazené adresy. Kód funkce definuje operaci, která se má vykonat, konkrétně čtení nebo zápis digitálních a analogových vstupů a výstupů. Také lze definovat speciální operace, jako je diagnostika komunikace. V datové sekci jsou přenášena data. Pokud je nutné poslat hodnotu větší než 1 byte, nejvyšší byte je vždy přenesen jako první a nejnižší byte jako poslední. Kontrolní součet, také označovaný jako CRC, je dvoubytová hodnota, která slouží k ověření správnosti přenosu. Za ukončení jednoho přenosu se považuje časová mezera o délce 1.5 až 2 vysílané byty, kde délka mezery je určena přenosovou rychlostí. [12]

2 VÝDEJOVÉ AUTOMATY

Výdejové automaty se mohou jevit jako relativně nový aspekt lidské společnosti, avšak mají kořeny až ve starověkém Řecku, kde kolem roku 215 př. n. l. řecký inženýr a matematik Hérón Alexandrijský vynalezl zařízení na výdej svěcené vody za tehdejší mince. Ke komerčnímu rozšíření výdejových automatů ale došlo až ke konci 19. století, kdy tyto automaty sloužily k výdeji obálek, knih, pohlednic a podobně. [13]

V dnešní době se můžeme setkat s různými typy výdejových automatů, ať už z pohledu produktů, které nabízí, velikosti, sofistikovanosti nebo druhu peněz, které podporují. Tato kapitola zejména rozebírá technickou stránku dnešních výdejových automatů a jejich součástí.

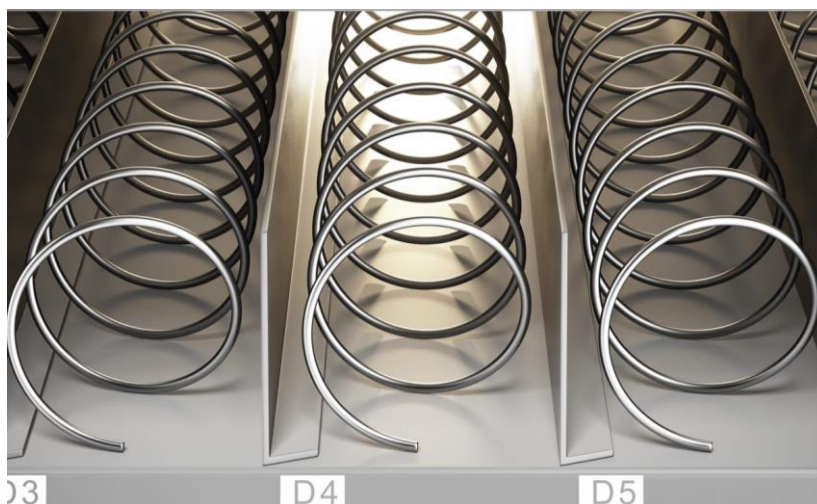
2.1 Princip

Ačkoliv existuje velké množství různých typů výdejových automatů, jejich samotná funkce zůstává stejná: vyměnit adekvátní množství peněz za vybraný produkt. Implementace tohoto principu lze z technického pohledu rozdělit na mechanismus, jakým automat vydává produkty, a způsob placení za produkt. [13]

2.1.1 Druhy Mechanismů

V dnešní době se mezi nejvíce rozšířené mechanismy výdejových automatů řadí:

Spirálový mechanismus, výdej produktu zde probíhá rotací spirály v jednom směru, kde produkt následně dopadne do prostoru pro výdej zákazníkovi. Výhodou je jednoduchost a cena automatu s tímto mechanismem. Obrázek mechanismu níže. [13]



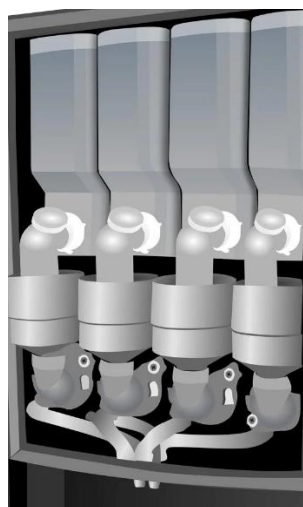
Obrázek 14: Spirálový mechanismus výdejového automatu

Zdvihací mechanismus je vylepšení spirálového mechanismu, které obsahuje pohyblivý odběrový zásobník, který najede pod určené místo vybraného produktu. Po shoení produktu ze spirály, nebo obdobného mechanismu, zásobník najede zpět do prostoru pro výdej zákazníkem. Toto vylepšení omezuje poškození produktu důsledkem pádu, ale přidává na ceně automatu. Obrázek mechanismu níže. [14]



Obrázek 15: Zdvihací mechanismus výdejového automatu

Klapkový mechanismus může obsahovat několik zásobníků na tekuté směsi, otevřením konkrétních klapek dochází ke smísení tekutin a vytvoření konkrétního zákazníkem vybraného produktu v nádobě, která je většinou poskytnuta automatem. Tento mechanismus se používá zejména v automatech na kávu, nebo jiné teplé nápoje. Obrázek mechanismu níže.[13]



Obrázek 16: Klapkový mechanismus výdejového automatu

2.1.2 Způsoby placení

Způsobem placení se rozumí, jaký typ měny dokáže výdejový automat přijmout, konkrétně mince, bankovky nebo elektronické platby.

Automaty na mince byly prvním typem automatů, které byly užívány. Původně se potýkaly s některými problémy, jako je zasekávání mincí v automatu, ale díky jednoduchosti rozpoznání jednotlivých mincí (například na základě hmotnosti, tvaru, materiálu nebo velikosti) byly historicky nejvíce rozšířené.

S pokrokem technologie a vyšším počtem používaných bankovek začaly výdejové automaty podporovat platby i bankovkami, kromě mincí. Pro implementaci těchto platebních systémů jsou automaty náročnější, jelikož bankovky mají obdobnou hmotnost a materiál. K jejich rozlišení se využívají senzory, jako jsou ultrafialové, infračervené nebo magnetické senzory, které analyzují prvky jako vzory, vodoznaky, rozměry nebo speciální ochranné prvky bankovek. Tyto senzorické systémy jsou výrazně dražší a náročnější na údržbu než mincovníky.

Posledním používaným typem platby výdejových automatů je elektronická platba. Na rozdíl od fyzické měny zde není potřeba implementovat jakýkoliv typ senzorů stačí pouze čtečka platebních karet nebo generátor platebního QR kódu a řídicí elektronika. [13][15]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 MODEL VÝDEJOVÉHO AUTOMATU

Primárním účelem reálného modelu je rozšíření možností výuky předmětu Programovatelné automaty o výdejový automat, s možnostmi řízení pomocí PLC Tecomat a Siemens a vizualizací na HMI Weintek. Z tohoto důvodu splňuje standardy vhodné pro výuku, nikoliv pro reálné provozování, nicméně jeho rozměry, konstrukce a součástky jsou navrženy a vybrány tak, aby co nejvíce odpovídaly skutečnosti.

3.1 Modifikace předchozího modelu

Daný reálný model výdejového automatu byl vytvořen v rámci diplomové práce v roce 2014 a později upraven v rámci bakalářské práce v roce 2018. Nyní se tedy jedná o další úpravu po 10 letech existence automatu, a proto je zde v porovnání s původním modelem mnoho úprav, jak z mechanického, tak i elektronického hlediska. Porovnání předchozích modelů s nynějším je uvedeno níže (Původní model vlevo, předchozí model uprostřed, nynější model vpravo).



Obrázek 17: Porovnání všech modelů výdejového automatu

Detailní porovnání prvního a předchozího modelu je součástí bakalářské práce z roku 2018[19].

3.1.1 Mechanické modifikace

Díky rozšíření technologie 3D tisku bylo možné na modelu modifikovat, nebo přidat následující prvky.

- Uchycení na nový displej a klávesnici(Předchozí vlevo, nový vpravo).



Obrázek 18: Porovnání uchycení displeje s předchozím modelem

- Odebrání dřevěného válce a nový snímací aparát výdejové zóny(předchozí verze vpravo, nová verze vlevo).



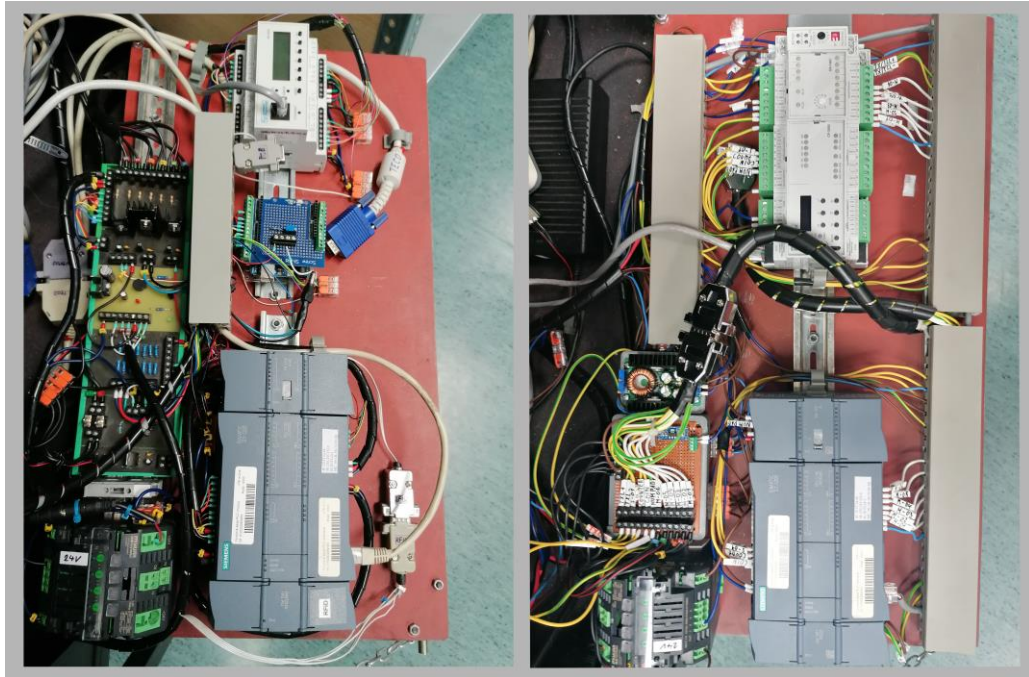
Obrázek 19: Porovnání výdejové zóny s předchozím modelem

- Součástky umístěné v oblasti s PLC.

3.1.2 Elektronické modifikace

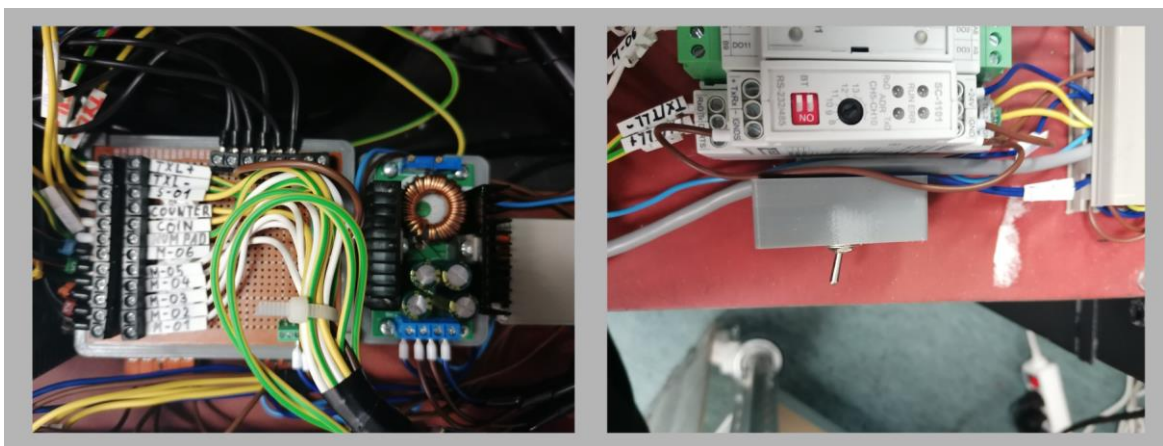
V rámci dané bakalářské práce byly na modelu provedeny některé úpravy za účelem aktualizace vstupně-výstupních komponent a také zjednodušení celkové správy modelu. Proto byly provedeny následující změny.

- Porovnání všech elektronických změn v oblasti PLC (Předchozí vlevo, nyní vpravo).



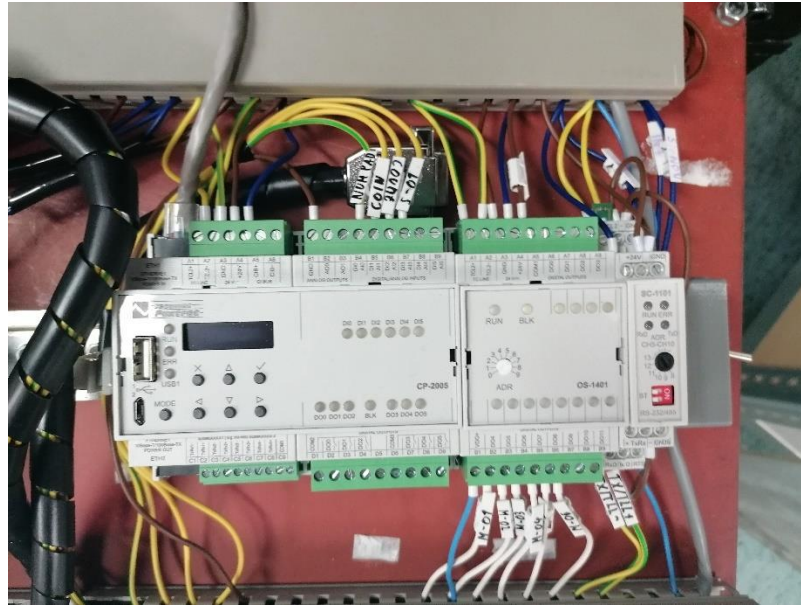
Obrázek 20: Celkové porovnání elektroniky s předchozím modelem

- Po odstranění Arduina, bylo možné desky plošných spojů nahradit stabilizátory napětí, třípolohovým přepínačem a PCB deskou, z důvodu jednodušší údržby a nižší komplexnosti celkového zapojení.



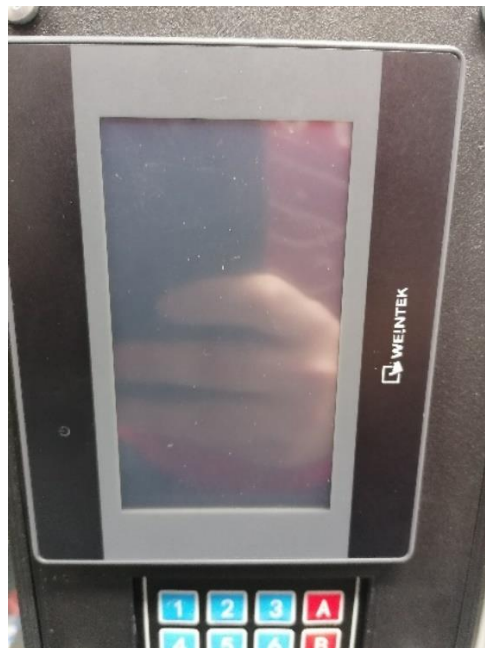
Obrázek 21: Nová elektronika v oblasti PLC

- Předchozí PLC Tecomat Foxtrot, bylo nahrazeno novějším modelem Tecomat Foxtrot 2 CP-2005, ke kterému byly také přidány rozšiřující moduly, modul transistorových výstupů (OS-1401) a modul pro komunikaci RS-232 (SC-1101).



Obrázek 22: Nové PLC Tecomat Foxtrot 2 cp-2005

- LCD displej byl vyměněn za průmyslový HMI displej, který je dotykový a umožňuje komunikaci s připojenými zařízeními přes zvolené protokoly, např. protokol MODBUS..



Obrázek 23: Nový HMI displej Weintek MT 8051 iP

- RFID a mincovník byly vyměněny za novější typy.



Obrázek 24: RFID a mincovník

- Byl přidán Ethernet switch pro komunikaci mezi jednotlivými zařízeními v modelu, tj. PLC a HMI a také pro komunikaci s PC přes nějž se daná zařízení programují.



Obrázek 25: Nový Ethernet switch

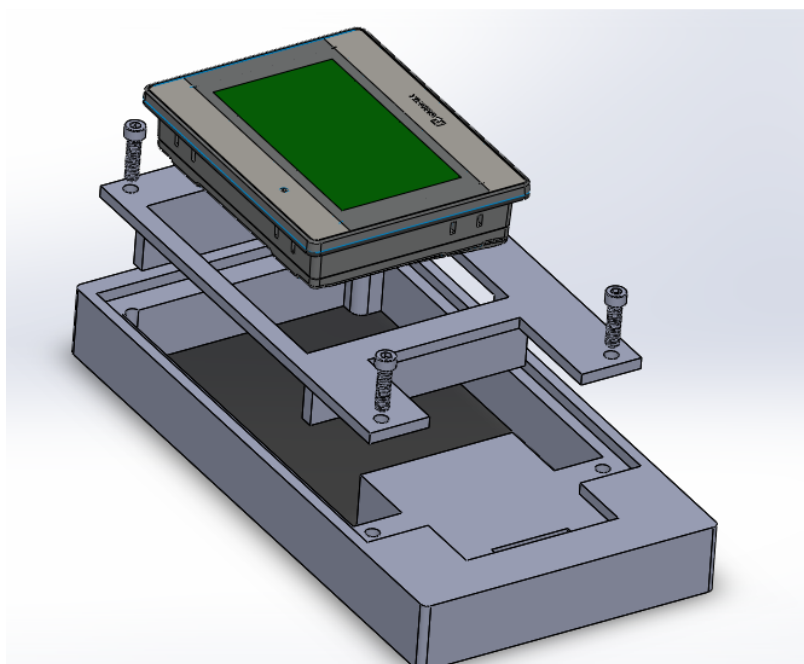
- Manuální řízení bylo odstraněno.
- Byly odstraněny konektory na spojení s manuálním ovládáním, RFID čtečkou a Arduinem.

3.2 Mechanické prvky automatu

Tato kapitola obsahuje návrhy a popis mechanických prvků přidaných, případně vytvořených v rámci zpracování této bakalářské práce.

3.2.1 Uchycení na HMI displej a klávesnici

Jelikož rozměry nového HMI displeje, neumožnily využít starý systém uchycení, byly navrženy dvě nové součástky, které slouží jako zapuštění pro displej a klávesnici.



Obrázek 26: Návrh uchycení HMI displeje

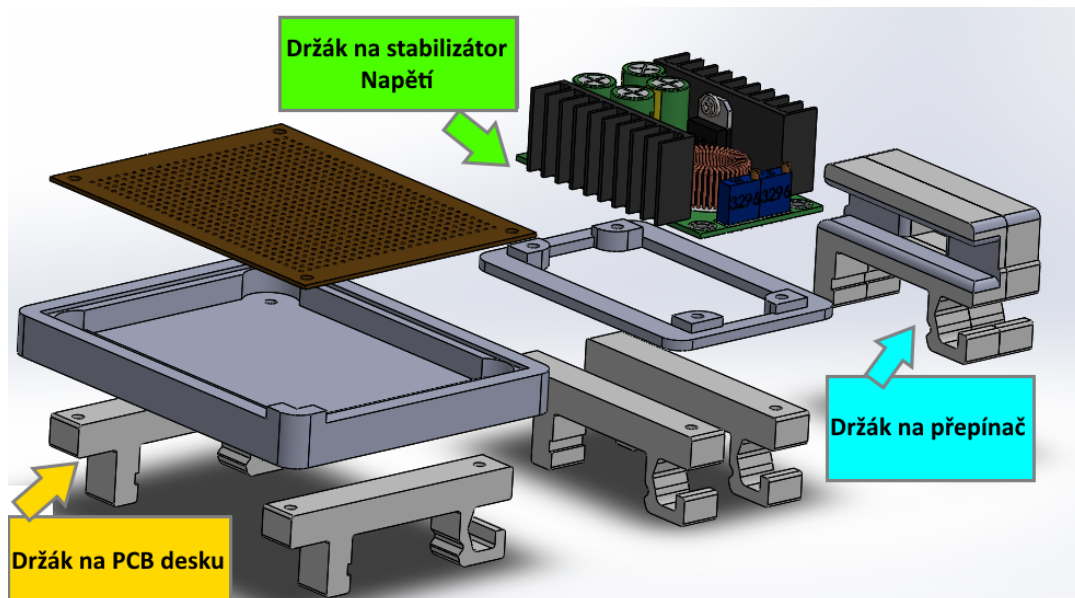
Spodní díl uchycení slouží jako pevná platforma pro zapuštění HMI displeje. Je vyroben na průmyslové 3D tiskárně z materiálu ABS, který patří mezi nejpevnější standardní materiály pro 3D tisk.

Horní díl zajišťuje, že displej je uchycen nehybně, a proto byly rozměry nastaveny tak, aby se displej do dílu natlačil. Tento díl je vyroben na méně sofistikované 3D tiskárně z materiálu PETG, který je více pružný než materiál ABS. Tato vyšší pružnost omezuje časové opotřebení dílu.

Díl je k modelu automatu připevněn čtyřmi šrouby M5 s čtyřmi maticemi uvnitř modelu. Kabeláž klávesnice a displeje je svedena využitím existujících průchodů v modelu, které v předchozí verzi byly využity k jiným účelům.

3.2.2 Držáky na komponenty a uchycení na DIN lištu

V modelu výdejového automatu je k dispozici několik DIN lišt, proto pro umístění některých komponentů byly navrženy držáky, které lze jednoduše umístit na DIN lištu.

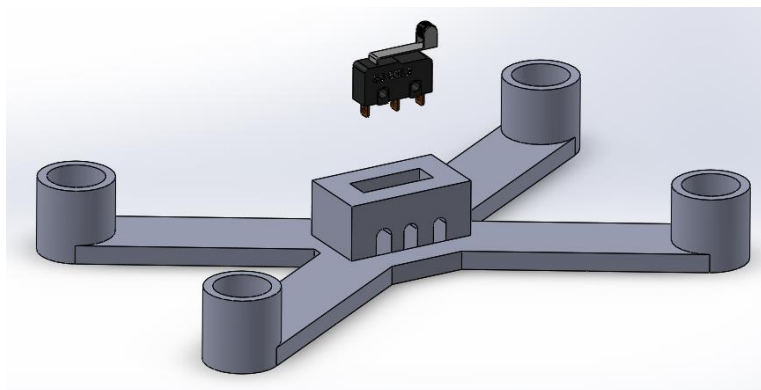


Obrázek 27: Návrh na držáky a uchycení na DIN lištu

Všechny díly jsou vyrobeny na 3D tiskárně z materiálu PETG, přičemž byla zohledněna pružnost, dostupnost a jednoduchost tisku tohoto materiálu. Díly jsou spojeny šrouby M3 a zajištěny maticemi ve spodních částech dílů. Držák na přepínač je samostatný díl, který nevyžaduje dodatečnou montáž.

3.2.3 Sensor dopadu

Byl navržen zcela nový systém založený na mechanickém spínači a plastovém plátu, který slouží jako páka pro vyvinutí tlaku na spínač (viz Obrázek 19). Mechanický spínač je umístěn v dílu, který zároveň funguje jako fyzická bariéra mezi modelem a plastovým plátem.



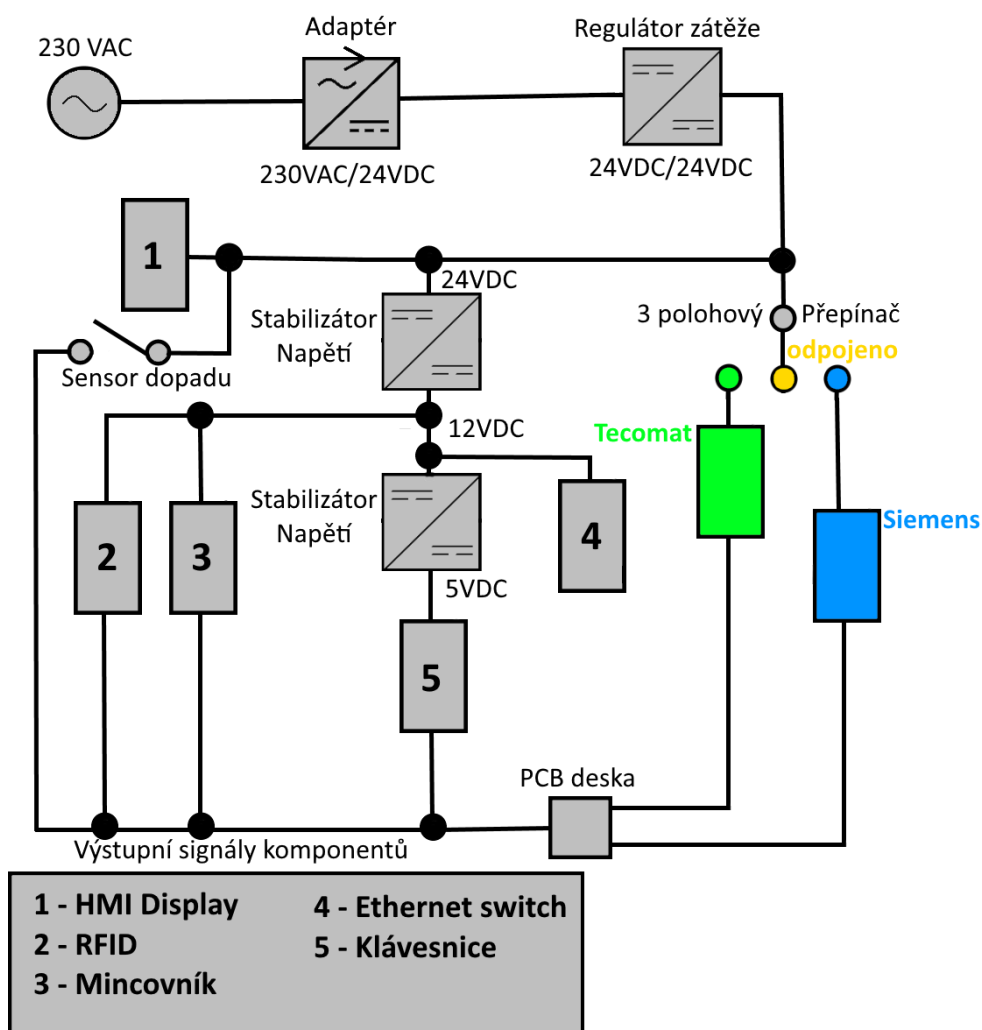
Obrázek 28: Aparát sensoru dopadu

3.3 Elektronické prvky automatu

V této kapitole se nachází popis funkce a zapojení jednotlivých elektronického prvků využitých u inovovaného modelu výdejového automatu.

3.3.1 Celkové zapojení

Schéma zapojení všech komponentů modelu výdejového automatu je uvedeno na následujícím obrázku.

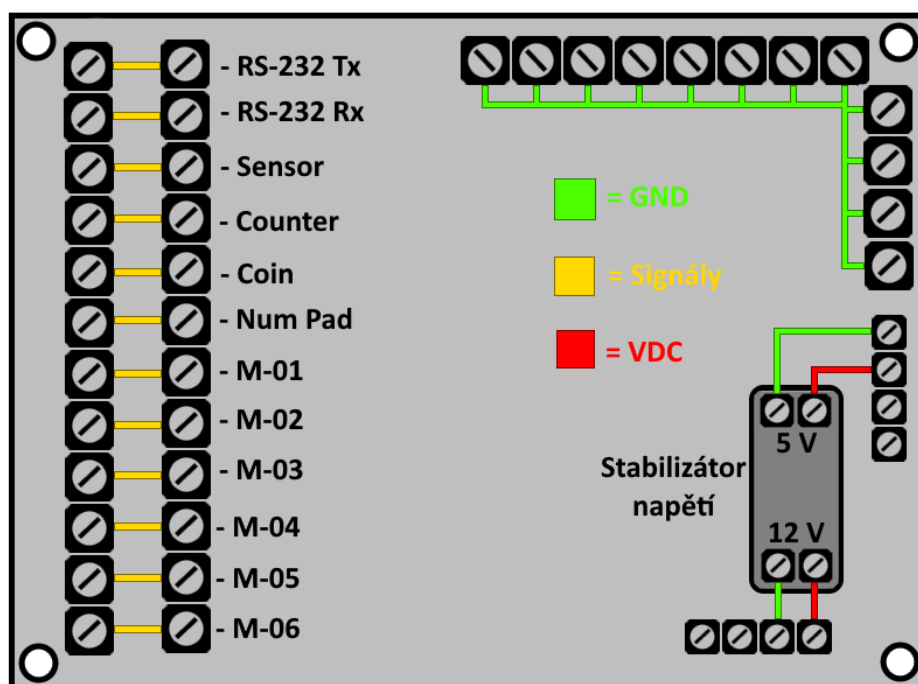


Obrázek 29: Celkové zapojení modelu výdejového automatu

Ethernet switch je Ethernet kabely propojen s oběma PLC a HMI displejem. Propojení PLC s výstupními signály komponentů je realizováno přes PCB desku, Jejímž výstupem je 15 pinový konektor spojen s jedním z PLC (viz Obrázek 20).

3.3.2 PCB Deska

PCB deska v modelu výdejového automatu slouží, jako mezikrok spojení vstupních a výstupních signálů s konektorem pro spojení PLC (viz Obrázek 21). Také se zde nachází svezení uzemnění motorů a stabilizátor napětí z 12 V na 5 V stejnosměrného napětí. Samotná PCB deska je prototypová, tedy není tištěná přímo na konkrétní účel, tudíž je možné její spoje libovolně upravit dle potřeby. PCB deska pro samotnou funkci modelu není potřebná, ale její implementace umožňuje jednodušší údržbu a případnou diagnostiku poruch. Schéma zapojení PCB desky níže.



Obrázek 30: Schéma zapojení PCB desky

Názvy signálů na schématu jsou zkratky užité na identifikaci vstupů a výstupů PLC, konkrétní popis je následující:

- **RS-232 Tx** je vysílací signál rozhraní RS-232 z pohledu PLC-RFID.
- **RS-232 Rx** je přijímací signál rozhraní RS-232 z pohledu PLC-RFID.
- **Sensor** je výstupní signál sensoru dopadu.
- **Coin** a **Counter** jsou výstupní signály mincovníku.
- **Num pad** je výstupní signál tlačítkové klávesnice.
- Signály **M-01** až **M-06** jsou vstupní signály do motorů (zapnuto-vypnuto).

3.3.3 PLC Tecomat

Jednou z řídicích jednotek modelu je PLC Tecomat Foxtrot 2 CP-2005 s rozšiřujícími moduly pro komunikaci RS-232/RS-485 (SC-1101) a transistorové výstupy (OS-1401). Základní parametry této konfigurace v modelu výdejevého automatu jsou následující:

- Paměť pro uživatelský program o velikosti 1 MB.
- Interního disk pro ukládání souborů o velikosti 128 MB.
- RAM o velikosti 16 MB.
- Lokální komunikace s uživatelem přes OLED displej (4 řádky/grafický) a 6 tlačítkovou klávesnici.
- CPU s jedním jádrem o rychlosti 792 Mhz.

Na základním modulu, jsou využity 3 digitální transistorové vstupy, pro čtení signálu z mincovníku a sensoru dopadu. Také jeden transistorový vstup nakonfigurován jako analogový vstup, pro čtení signálu z tlačítkové klávesnice.

Na modulu pro transistorové výstupy je využito 6 digitálních transistorových výstupů pro ovládání motorů.

Modul pro komunikaci RS-232/RS-485 je zapojen v konfiguraci pro komunikaci přes rozhraní RS-232.

3.3.4 PLC Siemens

Druhou řídicí jednotkou modelu je Siemens S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC s rozšiřujícími moduly pro komunikaci RS-232 (CM-1241) a modulem pro analogové vstupy (SM-1231). Základní parametry této konfigurace v modelu výdejevého automatu jsou následující:

- Paměť pro uživatelský program o velikosti 4 MB.
- RAM o velikosti 100 kB.

Je nutné dodat, že prodejce neuvádí více relevantních základních informací o jednotce.

Na základním modulu, jsou využity 3 digitální transistorové vstupy, pro čtení signálu z mincovníku a sensoru dopadu. Také 6 digitálních transistorových výstupů pro ovládání motorů.

Na modulu pro analogové vstupy je využit jeden vstup pro čtení signálu tlačítkové klávesnice.

3.3.5 HMI displej

Pro reálnou vizualizaci modelu výdejového automatu slouží HMI displej Weintek MT 8051 iP (viz Obrázek 23), který má následující parametry, tedy:

- RAM o velikosti 128 MB a Flash paměť o stejné velikosti.
- Dotykový LCD displej o úhlopříčce 4,3 palců a rozlišení 480x270 pixelů.
- Možnosti komunikace přes Ethernet, RS-232, RS-485 a USB 2.0.
- Napájení 18-28 VDC.
- 32-bit CPU s frekvencí 600 MHz.

V modelu je displej napájen z regulátoru zátěže, tedy 24V stejnosměrného napětí. Displej také umožňuje uzemnění kostry, toho zde není využito, jelikož je uchycen v plastové konstrukci (viz Obrázek 26).

3.3.6 Mincovník

Mincovník užitý v modelu (viz Obrázek 24) je napájen 12 V stejnosměrného napětí. Na zadní straně mincovníku, pomocí zabudovaných přepínačů a tlačítek, se dají nastavit následující parametry, tedy:

- Délka vysílaného pulsu 10ms - 25ms - 50ms.
- Typ kontaktu signálu Coin N.C.(Normaly Closed) a N.O. (Normaly Opened).
- Počet akceptovatelných druhů mincí 1-6.
- Počet vzorků pro konkrétní druh mince 1-20.
- Počet vyslaných signálů pro konkrétní druh mince 1-50.
- Přesnost detekce mincí 1-20.

Výstupní signály mincovníku jsou nazvané Coin a Counter, kde Counter má neměnný typ kontaktu N.O. Oba signály posílají stejný počet pulsů po korektním přečtení mince. Aktuální nastavení parametrů mincovníku je následující, tedy:

- Délka vysílaného pulsu **50ms**.
- Typ kontaktu signálu Coin **N.O.**
- Počet akceptovatelných druhů mincí **1**.
- Počet vzorků **10**.
- Počet vyslaných signálů **1**.
- Přesnost detekce mincí **8**, jak je doporučeno v návodu k mincovníku.

3.3.7 RFID

RFID užitý v modelu (viz Obrázek 24) je napájen 12 V stejnosměrného napětí. Komunikuje s PLC přes rozhraní RS-232 a má následující parametry, tedy:

- Výstupní datový formát 8HD10.
- Rychlost komunikace 9600 bps.
- Podporované frekvence 13,56 MHz.

Výstupem RFID jsou 4 vodiče, kde první slouží k posílání dat a druhý k příjmu dat přes RS-232 rozhraní, zbylé 2 jsou nevyužity.

3.3.8 Ostatní komponenty

Součástí elektroniky modelu výdejového automatu jsou také následující komponenty.

- 6 stejnosměrných motorů napájených 24 V stejnosměrného napětí s maximálním odběrem 0,1 A.
- Step down stabilizátor napětí DC/DC se vstupním napětím v rozsahu 8V až 40 V stejnosměrného napětí a výstupním napětím v rozsahu 1,25 V až 36 V stejnosměrného napětí.
- Maticová tlačítková klávesnice 4x4.
- Regulátor zátěže modelu nastaven na maximální odběr proudu 1 A.

4 SOFTWARE MODELU

Tato kapitola se věnuje popisu programu, použitých softwarů a typy komunikace v modelu výdejového automatu.

4.1 Obecný Princip programu

Pro korektní funkci výdejového automatu je nutné, aby program zajišťoval výběr, platbu a výdej produktů se zpětnou vazbou, jak ve formě ověření provedení těchto funkcí, tak i informováním zákazníka o procesu výdeje produktu.

V modelu výdejového automatu jsou tyto funkce navázány na konkrétní elektronické a mechanické prvky automatu, tedy:

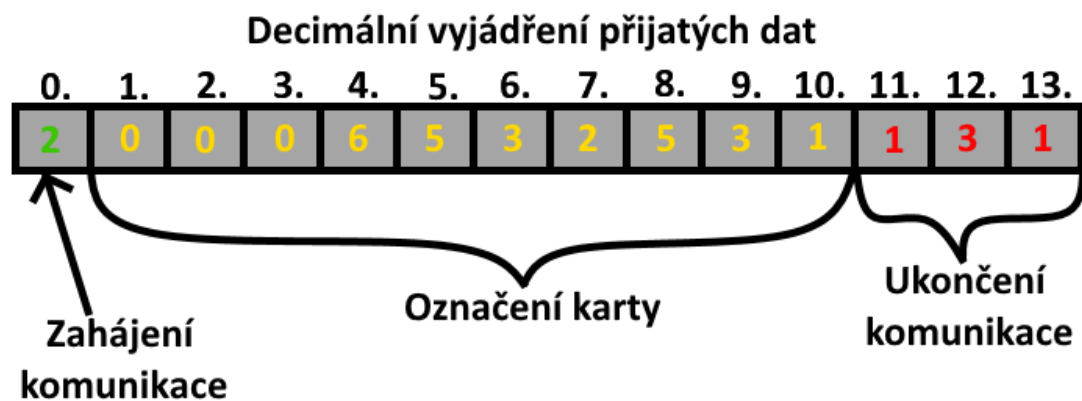
- **Výběr** se provádí pomocí tlačítkové klávesnice.
- **Zpětná vazba výběru** je zajištěna HMI displejem, který zobrazuje informace pro výběr produktu a umožňuje zrušení transakce. Také časovým omezením, po kterém se v případě neaktivity zákazníka program navrátí do původního stavu.
- **Platba** se provádí ve dvou režimech, závislých na výběru platby zákazníkem. V režimu platby mincemi se při každém signálu o příjmu mince inkrementuje přijatý počet mincí a když se rovná hodnotě produktu, program se posune do výdeje. V režimu platby kartou se po přiložení korektní karty (karta uvedena v programové databázi karet), přičte hodnota produktu k sumě plateb daného identifikátoru karty, poté se program přesune do výdeje.
- **Zpětná vazba platby** je zajištěna HMI displejem, který zobrazuje číslo vybraného produktu, jeho cenu a umožňuje zrušení transakce. Dále tady platí stejné časové omezení, jako při výběru. V případě, že položka není dostupná nebo dojde k jiné chybě se program vrátí do původního stavu.
- **Výdej** je již zajištěn pouze programem a nevyžaduje aktivitu zákazníka. Program aktivuje motor přiřazený k zaplacené položce.
- **Zpětná vazba výdeje** je zajištěna HMI displejem, který zobrazuje informaci o provedení transakce. Dále senzorem dopadu, kde v případě jeho sepnutí se program vrátí do původního stavu a zaznamená si, že konkrétní produkt byl vydán. Také časovým omezením, které zde po určité době, pokud není sepnut sensor dopadu, vyšle na určený email informaci o poruše na konkrétním výdejovém mechanismu a znemožní další výdej pomocí tohoto mechanismu, poté se navrátí do původního stavu.

4.2 Komunikace s komponenty modelu

Tato kapitola popisuje, jaké druhy komunikace jsou v modelu použity, případně jakým způsobem probíhá čtení některých signálů.

4.2.1 RFID

Komunikace s RFID čtečkou probíhá přes rozhraní RS-232 při rychlosti 9600 bps. Zapojení komunikace u obou PLC umožňuje čtení a zápis na zařízení, ale zápis zde není využit. RFID čtečka reaguje na přiložení karet o frekvenci 13,56 MHz. Po přečtení karty čtečkou je vyslán signál udávající označení karty ve formátu 8H10D. Čtečka celkově posílá 14 bytů v řadě, kde první informuje o navázání komunikace, následuje označení karty a poslední 3 byty značí ukončení komunikace. Po přečtení karty tedy PLC přijme pole signálů, které může vypadat následovně.



Obrázek 31: Decimální vyjádření přijatých dat z RFID čtečky

Pokud by tedy bylo obdrženo takové pole signálů z RFID čtečky, dané označení karty by bylo číselně vyjádřeno jako 0006532531.

4.2.2 Tlačítková klávesnice

Výstupem tlačítkové klávesnice je 8 digitálních signálů. Vzhledem k omezenému množství vstupů na PLC a zjednodušení celkového zapojení, byl v rámci Diplomové práce v roce 2014[20] navržen napěťový dělič, jehož výstupem je napětí v rozmezí 0-5 V stejnosměrného. Při využití děliče je tedy 8 výstupních signálů převedeno na jeden analogový signál, kde každé tlačítko při stisku, představuje rozmezí napětí v rámci desítek až stovek setin V.

4.2.3 HMI displej

Komunikace HMI-PLC Tecomat probíhá přes protokol Modbus TCP/IP, přes rozhraní Ethernet, kde PLC Tecomat je nastaven jako client a HMI displej jako server. PLC Tecomat pro komunikaci používá univerzální Ethernet kanál. V aplikaci je zde komunikace oboustranná. Data mezi PLC a HMI jsou přenášena periodicky.

Komunikace HMI-PLC Siemens probíhá přes protokol Profinet, kde nastavení této komunikace v softwaru EasyBuilderPro je vázaná přímo na daný model PLC Siemens. V aplikaci je zde komunikace také oboustranná. V tomto případě má HMI přes parametrický soubor přístup k adresám uživatelsky definovaných proměnných v PLC Siemens. Výměna dat zde také probíhá periodicky.

4.3 Programování HMI displeje

Programování HMI displeje bylo provedeno v programu EasyBuilderPro, ve kterém je možné nastavit parametry komunikace a vizualizaci HMI displeje. Také zde lze pracovat s registry displeje a programovat vlastní makro programy, pro složitější aplikace.

4.3.1 Nastavení komunikace

V programu EasyBuilderPro, byli vytvořeny následující zařízení.

Local HMI	Local HMI	Local	MT8051P / MT8052P (272 x 480)
Local Device 4	TECOMAT	Local	MODBUS TCP/IP
Local Server	MODBUS Server	Local	MODBUS Server
Local Device 5	Siemens S7-1200/S7-1500	Local	Siemens S7-1200/S7-1500 (Absolute Addressing) (Ethernet)

Obrázek 32: Nastavení zařízení v programu EasyBuilderPro

- Zařízení **Local HMI** odpovídá reálnému HMI displeji v modelu výdejového automatu.
- Zařízení **TECOMAT** je konfigurace IP adresy a portu pro komunikaci s PLC Tecomat.
- Zařízení **MODBUS Server** je konfigurace virtuálního serveru pro komunikaci s PLC Tecomat, včetně namapování adres užívaných pro výměnu dat.
- Zařízení **Siemens S7-1200/S7-1500** je konfigurace IP adresy, portu a reálných adres uživatelských proměnných v paměti PLC Siemens.

Výměna dat mezi PLC-HMI a HMI-PLC je prováděna automaticky. Jelikož reálný model výdejového automatu neumožňuje, aby byly najednou zapnuté obě PLC, v HMI displeji byly také potlačeny chybové zprávy, které hlásí chybu při nulové odezvě jakéhokoliv zařízení.

4.3.2 Zápis a čtení

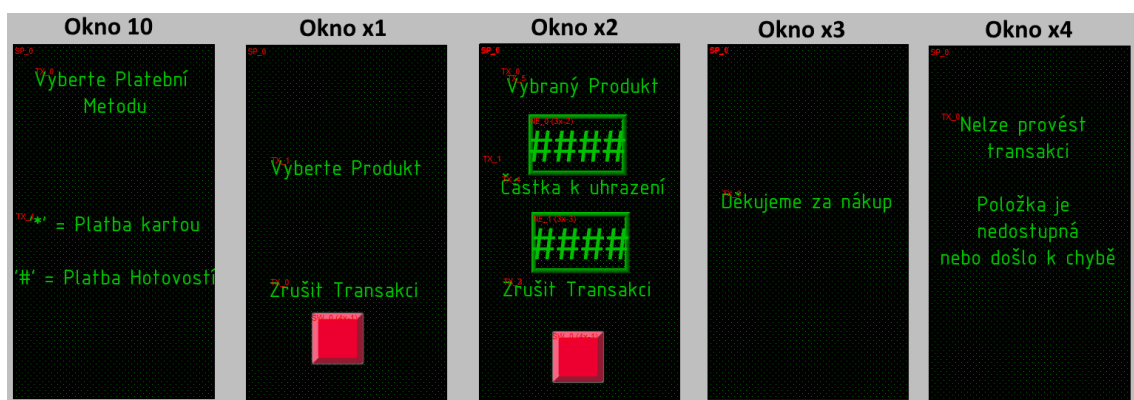
Program EasyBuilderPro umožňuje zápis a čtení registrů, nebo uživatelských proměnných několika způsoby:

- **Data Transfer** je jednoduchá periodická výměna dat. Lze nastavit, jaký registr HMI se zapíše na danou adresu zařízení, nebo uživatelskou proměnnou a naopak.
- **PLC Controll** umožňuje přiřadit konkrétní adresu, nebo uživatelskou proměnnou zařízení pro ovládání některých systémových funkcí HMI displeje.
- **Přímé přiřazení.** V programu jde také provést zápis hodnoty objektu například dvoustavového tlačítka přímo na danou adresu, nebo uživatelskou proměnnou zařízení.

V modelu výdejového automatu je využito funkce PLC Controll, pro změnu aktuálního okna. Dále přímého přiřazení k vratnému tlačítku, které slouží ke zrušení transakce uživatelem. Také přímého přiřazení k poli pro zobrazení celočíselných hodnot, pro čtení vybraného produktu a ceny produktu z PLC.

4.3.3 Vizualizace

Pro vizualizaci aktuálního stavu výdeje produktu bylo v programu EasyBuilderPro, vytvořeno několik oken. Okna jsou měněna konkrétními adresami v PLC kde hodnota proměnné na adrese přímo odpovídá aktuálnímu oknu. Počáteční okno je pro obě PLC stejné, následující okna jsou pro každé PLC jiná, z důvodu zápisu dat na odpovídající adresy každého PLC. Po vizuální stránce jsou okna pro obě PLC totožná. Okna určená pro PLC Tecomat jsou číslována ve formátu 1x a pro PLC Siemens 2x, kde x je poslední číslo udávající aktuální okno. Následuje přehled vizualizačních oken.



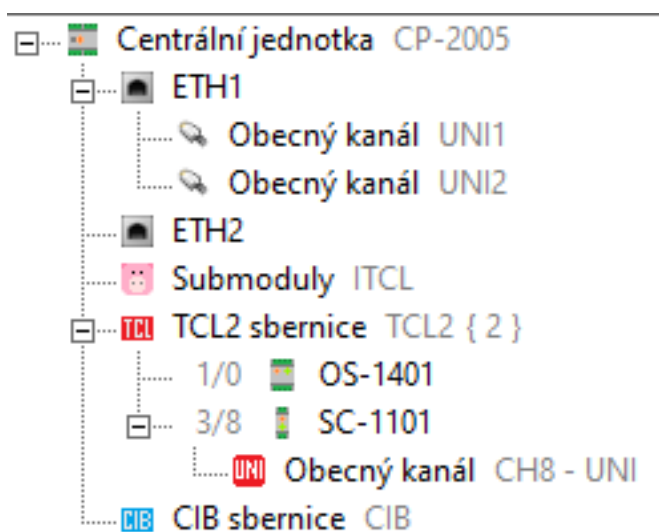
Obrázek 33: Vizualizační Okna HMI Displeje

4.4 Programování PLC Tecomat

Programování PLC Tecomat, bylo provedeno v programu Mosaic 2022, který podporuje programování ve všech jazycích normy IEC.

4.4.1 Softwarové nastavení

Aby bylo možné programovat PLC Tecomat, je zapotřebí nastavit všechny nutné parametry pro korektní komunikaci se všemi moduly a zařízeními.



Obrázek 34: Softwarové nastavení PLC Tecomat

Na znázornění výše lze vidět, že základní a rozšiřující moduly jsou nastaveny pro vzájemnou komunikaci přes TCL2 sběrnici. Dále jsou zde uživatelsky vytvořené univerzální kanály, tedy:

- **UNI1** slouží pro komunikaci s HMI, protokolem Modbus.
- **UNI2** navazuje komunikaci s DNS serverem sítě UTB pro posílání Emailů.
- **CH8** je univerzální kanál rozšiřujícího modulu nastaven pro komunikaci přes rozhraní RS-232.

4.4.2 Program

Všechny součásti programu pro PLC Tecomat, byly napsány v jazyce ST. Program obsahuje programový blok „*Main*“, ve kterém se provádí základní logika a volání 9 funkcí, které plní konkrétní úlohy. Logika programu odpovídá obecnému principu popsaném v kapitole 4.1.

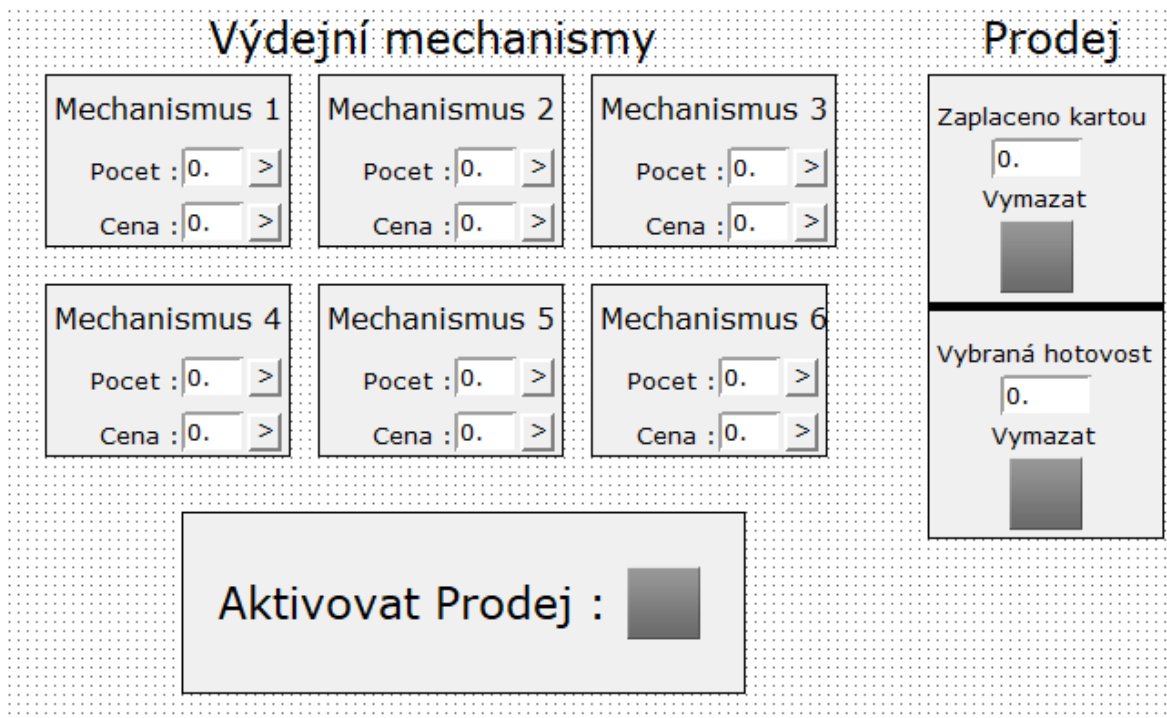
Dané úlohy funkcí programu jsou následující:

- **ReadNumPad**, převádí analogové hodnoty tlačítkové klávesnice na celočíselné hodnoty 0-16, kde nula se zapisuje v případě, že žádné tlačítko není stisknuto a ostatní hodnoty odpovídají konkrétnímu tlačítku.
- **ProductStock**, blokuje postup programu, před aktivací prodeje .
- **ProductLineStatus**, po vybrání produktu na tlačítkové klávesnici kontroluje, zda vybraná položka obsahuje alespoň jeden produkt.
- **Cardpayment**, po přiložení karty na RFID čtečku, porovná označení karty s předdefinovanou databází karet. Pokud je přiložená karta v databázi, přičte cenu vybraného produktu do proměnné, navázané na danou kartu a platba se považuje za provedenou.
- **CoinPayment**, při vložení mince odečte hodnotu mince od ceny vybraného produktu. Jakmile se hodnota vložených mincí rovná ceně vybraného produktu, platba se považuje za provedenou.
- **ReleaseProduct**, po zavolání spustí motor odpovídající slotu vybraného produktu. Po sepnutí sensoru dopadu se motor zastaví.
- **ErrorReset**, slouží k navrácení programu do původního stavu, v případě chyby v jedné z ostatních funkcí, nebo při dokončení transakce.
- **ErrorCheck**, po zavolání kontroluje, zaprvé, zda provedení konkrétní části transakce netrvá příliš dlouhou dobu. Zadruhé, zda nedošlo k poruše výdejového mechanismu a v takovém případě pošle Email informující o čase a číslu slotu, na kterém byla porucha zjištěna. Pro posílání Emailů je využita knihovna InternetLib.
- **MODBUS**, zajišťuje komunikaci s HMI displejem. Pro komunikaci je využita knihovna ModbusRTULib.

4.4.3 Vizualizace

Vizualizace projektu byla pro PLC Tecomat realizována v nástroji WebMaker, který poskytuje software Mosaic. Vzhledem k úloze jakou plní výdejový automat, není zapotřebí pomocí vizualizace zajistit ovládání hardwarových prvků modelu.

Následuje popis vizualizace v nástroji WebMaker.



Obrázek 35: Vizualizace pomocí nástroje WebMaker

Kompletní vizualizaci v nástroji WebMaker tvoří jedno okno, které slouží k nastavení automatu a čtení statistik prodeje a to následovně:

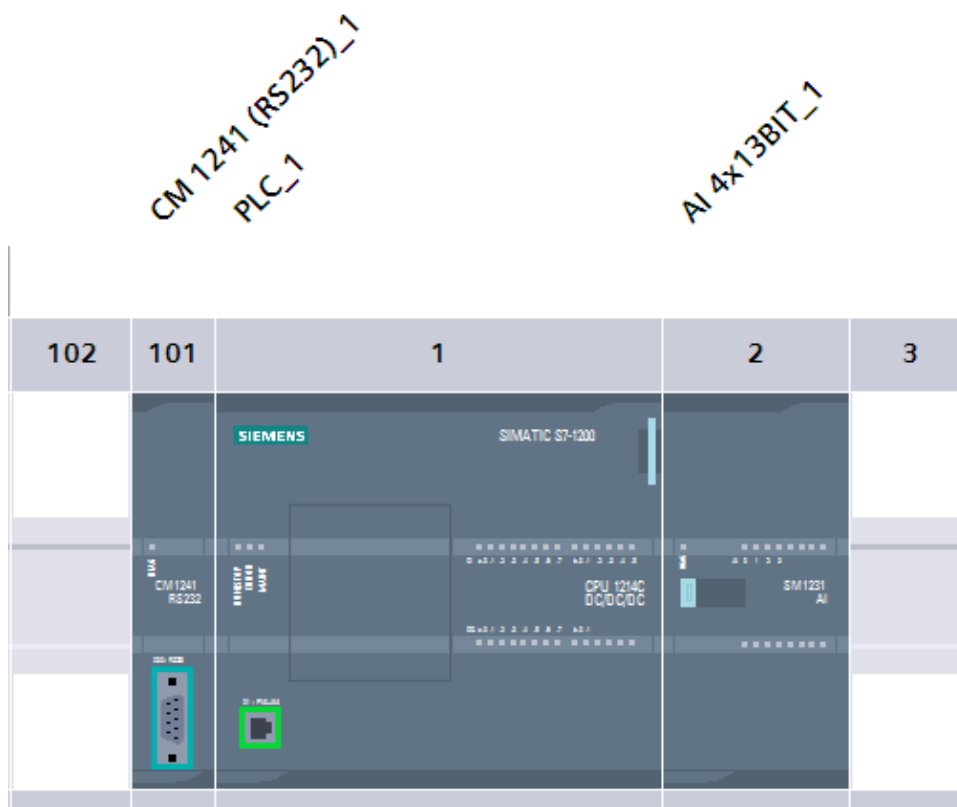
- V polích jednotlivých mechanismů, označených výše nápisem „*Výdejní mechanismy*“, lze zadávat počet produktů a cenu produktu.
- V poli označeném výše nápisem „*Prodej*“ lze sledovat hodnotu všech plateb, rozděleny na platby kartou a hotovostí. Také lze tyto statistiky vynulovat tlačítkem vymazat.
- Tlačítko v poli označeném nápisem „*Aktivovat prodej*“, slouží k povolení prodeje. Po restartu PLC Tecomat je nutné prodej znovu povolit.

4.5 Programování PLC Siemens

Programování PLC Siemens, bylo provedeno v programu TiaPortal 15, který standardně podporuje programování v jazycích FBD, ST a LD.

4.5.1 Softwarové nastavení

Aby bylo možné programovat PLC Tecomat, je zapotřebí nastavit všechny nutné parametry pro korektní komunikaci se všemi moduly a zařízeními.



Obrázek 36: Softwarové nastavení PLC Siemens

Na grafickém znázornění konfigurace lze vidět základní modul a rozšiřující moduly PLC Siemens. Toto znázornění odpovídá reálnému zapojení a komunikace mezi moduly je realizována vlastní sběrnicí. Komunikace s HMI přes ethernet probíhá přes port 102, což je standardně užívaný port pro komunikaci protokolem Profinet. Komunikace s RFID přes rozhraní RS232 nevyžaduje další nastavení. Verze firmwaru základního modulu je 4.1.

4.5.2 Program

Na rozdíl od programu PLC Tecomat, zde byli pro program využity všechny podporované jazyky. Program obsahuje programový blok „*Main*“, vytvořen v jazyce LD, ve kterém se provádí základní logika a volání 9 funkcí, které plní konkrétní úlohy. Jelikož deklarace proměnných v programu TiaPortal je provedena pomocí datových bloků, které mají vlastní nastavení a účel je nutno tyto bloky zmínit. obsahující proměnné Logika programu odpovídá obecnému principu popsaném v kapitole 4.1.

Dané úlohy funkcí a datových bloků programu jsou následující:

- **Read_Num_Pad** (jazyk ST), převádí analogové hodnoty tlačítkové klávesnice na celočíselné hodnoty 0-16, kde nula se zapisuje v případě, že žádné tlačítko není stisknuto a ostatní hodnoty odpovídají konkrétnímu tlačítku.
- **Product_line_status** (jazyk ST), po vybrání produktu na tlačítkové klávesnici kontroluje, zda vybraná položka obsahuje alespoň jeden produkt.
- **RFID_RS232** (jazyk FBD), při přiložení karty zapíše označení karty do pole ASCII znaků a poté pole převede do jednoho řetězce. Tato funkce také volá následující funkci.
- **Card_payment** (jazyk ST), Porovnává předané označení karty s předdefinovanou databází karet. Pokud je přiložená karta v databázi, přičte cenu vybraného produktu do proměnné, navázané na danou kartu a platba se považuje za provedenou.
- **Coin_payment** (jazyk FBD), při vložení mince odečte hodnotu mince od ceny vybraného produktu. Jakmile se hodnota vložených mincí rovná ceně vybraného produktu, platba se považuje za provedenou.
- **Release_product** (jazyk ST), po zavolání spustí motor odpovídající slotu vybraného produktu. Po sepnutí sensoru dopadu se motor zastaví.
- **Email_Text** (jazyk ST), převádí textové řetězce a proměnné do souvislého textu.
- **Error_Check** (jazyk FBD), po zavolání kontroluje, zaprvé, zda provedení konkrétní části transakce netrvá příliš dlouhou dobu. Zadruhé, zda nedošlo k poruše výdejového mechanismu a v takovém případě pošle Email informující o čase a číslu slotu, na kterém byla porucha zjištěna. Pro posílání Emailů je využita knihovna T_MAIL.
- **Error_Reset** (jazyk FBD), slouží k navrácení programu do původního stavu, v případě chyby v jedné z ostatních funkcí, nebo při dokončení transakce.
- **Global Var** (datový blok 1), slouží pro většinu proměnných v programu, je nastaven na optimalizované adresování.

- **MODBUS_DB** (datový blok 7), slouží pro výměnu proměnných mezi HMI-PLC. Je zde nastaveno absolutní adresování, protože symbolické adresování je v softwaru EasyBuilderPro podporováno pouze do verze firmwaru 3.0.
- **WebVizualization** (datový blok 333), je určen pro proměnné užívané ve vizualizačních softwarech, protože vizualizační program WebServer standardně užívá právě datový blok 333. Datový blok je nastaven na absolutní adresování, jinak nelze korektně namapovat adresy proměnných.

4.5.3 Vizualizace

Software TiaPortal 15, na rozdíl od softwaru Mosaic 2022 nepodporuje vlastní vizualizaci. Nástrojem WebServer, se ale lze v prohlížeci připojit na IP adresu PLC a následně monitorovat a zapisovat proměnné v závislosti na nastavení zabezpečení v softwaru Tiaportal 15. V tomto případě je vše povoleno Pro realizaci vizualizace v jednom okně, nástrojem WebServer je nutné vytvořit dané okno v libovolném HTML editoru, ale vzhledem k možnosti komplexnější vizualizace v softwaru ControlWeb 8, bylo v tomto případě využito možností daného softwarového nástroje ControlWeb 8.

4.6 Vizualizace v Softwaru ControllWeb 8

Komplexní vizualizace obou PLC byla provedena v softwaru ControllWeb 8. Tato kapitola popisuje nastavení komunikace a ovládání PLC pomocí této vizualizace.

4.6.1 Nastavení komunikace

Podobně jako u HMI displeje i u softwaru ControllWeb 8 je nutné korektně namapovat proměnné pro komunikaci, zde je to prováděno pomocí ovladače na konkrétní značku PLC parametrického a mapovacího souboru, kde:

- **Ovladač PLC**, je nutno nainstalovat a aktivovat do daného projektu.

Parametr	Hodnota
Jméno	Tecomat
Ovladač	Ovladač pro PLC Tecomat v.4.16
Parametrický soubor	tecomat.PAR
Mapovací soubor	tecomat.DMF
Mód	run
Skrytý	false

Obrázek 37: Příklad nastavení ovladače v programu ControllWeb 8

- **Parametrický soubor**, slouží k identifikaci konkrétního PLC v síti a jeho nastavení.

```
[Settings]
Ethernet           = true
ComDriver          = CWCOMM.DLL
SrcAdr             = 0
NumRepeat          = 2
Timeout            = 2000
MaxExceptions      = 1000
Trace              = none

[Channels]
Block = 100, 115, 0@10.53.24.67, R,   int16, 3519, bidirect
Block = 116, 121, 0@10.53.24.67, R,   int16, 3507, bidirect
Block = 122, 123, 0@10.53.24.67, R,   uint16, 3551, bidirect
Block = 124, 124, 0@10.53.24.67, R,   bool18, 3555
```

Obrázek 38: Příklad parametrického souboru v programu ControllWeb 8

- **Mapovací soubor**, obsahuje seznam kanálů použitých v komunikaci, včetně jejich funkce (například vstupní proměnná), datového typu a logické adresy v PLC.

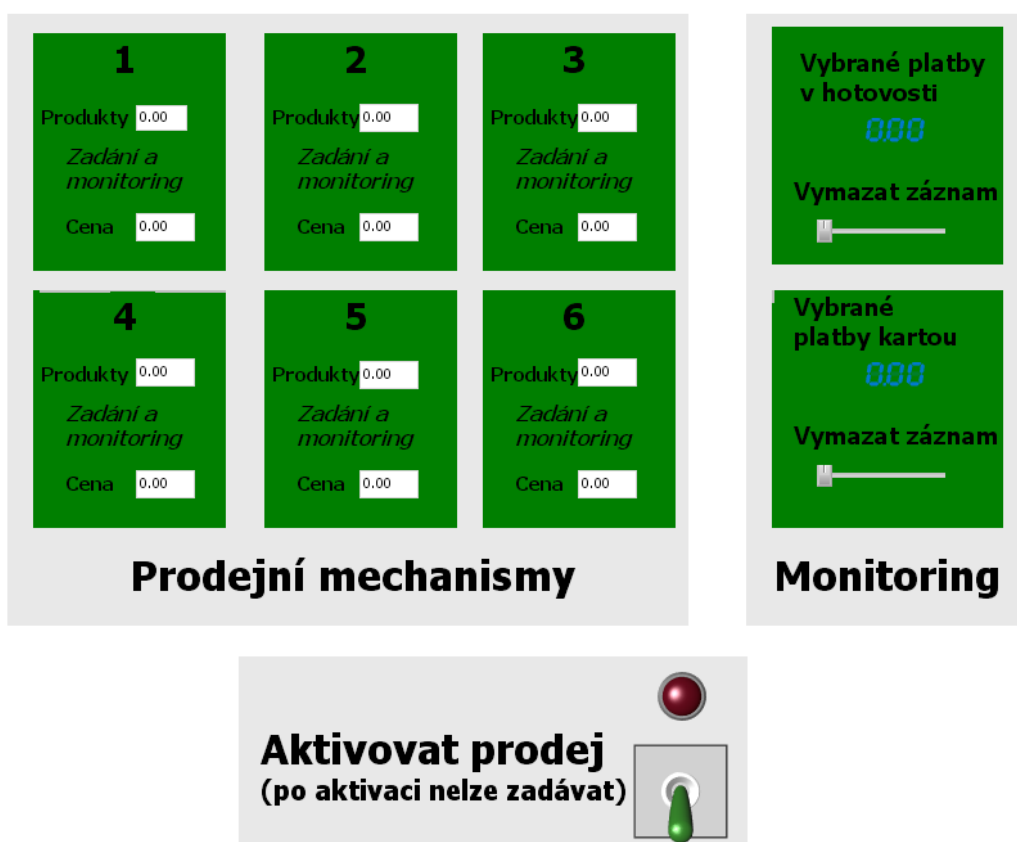
```
begin
  1 real input
  2 boolean output
  3 real input
  4 real input
  5 real input
  6 real input
  8 real input
  9 real input
  10 real input
  11 real input
  12 boolean output
  13 real input
  14 boolean output
  15 real input
  100 - 115 integer bidirectional
  116 - 121 integer bidirectional
  122 - 123 integer bidirectional
  124 boolean output
end.
```

Obrázek 39: Příklad mapovacího souboru v programu ControlWeb 8

4.6.2 Vizualizace

Vytvořená vizualizace v softwaru ControllWeb 8 umožňuje zápis a monitoring daných proměnných PLC. Tato vizualizace je použita pro obě PLC se změnou pouze v nastavení komunikace. Vzhledem k úloze jakou plní výdejový automat, není zapotřebí pomocí vizualizace zajistit ovládání hardwarových prvků modelu. Vizualizace obsahuje pouze jedno okno, ale zobrazení je realizováno ve dvou režimech. Režim setup, kde je možné nastavit hodnoty daných proměnných a režim run, který slouží ke sledování těchto proměnných.

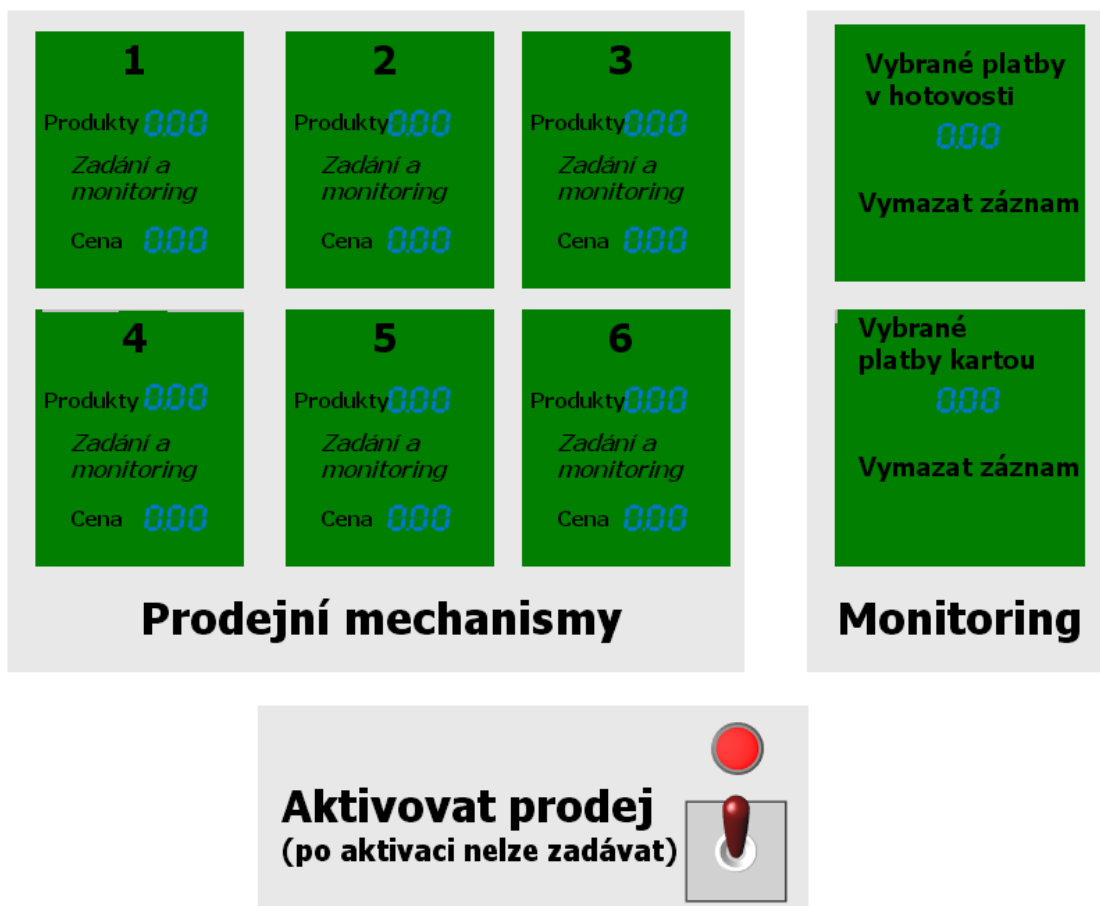
Následuje popis vizualizace v režimu setup:



Obrázek 40: Vizualizace ControllWeb 8 v režimu setup

- Pole označené nápisem „*Prodejní mechanismy*“, umožňuje v tomto režimu nastavení počtu produktů a cenu pro konkrétní výdejové mechanismy.
- Pole označené nápisem „*Monitoring*“, v tomto režimu umožňuje vynulovat, nebo jinak upravit hodnoty vybraných plateb v hotovosti a kartou.
- V poli označeném nápisem „*Aktivovat prodej*“, se nachází přepínač a indikátor. Při zapnutém stavu se mění režim vizualizace a je povolen prodej produktů, po zapnutí již nelze měnit hodnoty. V tomto stavu je přepínač vypnutý.

Následuje popis vizualizace v režimu run:



Obrázek 41: Vizualizace ControllWeb 8 v režimu run.

- Pole označené nápisem „*Prodejní mechanismy*“, umožňuje v tomto režimu sledování počtu produktů a cenu konkrétních výdejových mechanismů.
- Pole označené nápisem „*Monitoring*“, v tomto režimu umožňuje sledování hodnot přijatých plateb kartou a hotovostí.
- V poli označeném nápisem „*Aktivovat prodej*“, se nachází přepínač a indikátor. Při zapnutém stavu se mění režim vizualizace a je povolen prodej produktů, po zapnutí již nelze měnit hodnoty. V tomto stavu je přepínač zapnutý.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala aktualizací modelu výdejového automatu z hlediska hardwaru a softwaru. Cílem bylo poskytnout studentům předmětu programovatelné automaty, Fakulty aplikované informatiky na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně, opravený a plně funkční aktualizovaný model výdejového automatu. Modifikací předchozího modelu bylo dosaženo eliminace některých složitých hardwarových prvků automatu, možnosti vizualizace pomocí HMI displeje a celkového zjednodušení práce s modelem po stránce softwaru.

Vytvořené programy a samostatná dokumentace Bakalářské práce mohou sloužit jako opora pro budoucí studentské projekty na modelu, kde si studenti mohou vyzkoušet práci s PLC Tecomat Foxtrot 2 a PLC Siemens S7 1200, zpracování signálu přes rozhraní RS232 a práci s průmyslovým HMI displejem Weintek.

Poskytnuté podklady ve formě samostatné dokumentace a CAD modelů mechanických prvků automatu umožní jasnou identifikaci případných poruch a jejich jednoduchou opravu. Obsahem podkladů je dále také návod k obsluze, popis komunikace a programování HMI displeje, seznam použitých komponentů a kompletní popis elektronického zapojení celého modelu.

Vzhledem k rozsahu úprav předchozího modelu bylo nutné většinu elektronického zapojení modelu zcela předělat, což se ukázalo jako velmi časově náročné a problematické. Je však nutné dodat, že v rámci této Bakalářské práce autor ověřil a prakticky aplikoval znalosti z nemála tematických okruhů, což je velmi důležité pro budoucí činnost.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠMEJKAL, Ladislav a MARTINÁSKOVÁ, Marie. PLC a automatizace. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.
- [2] PLC Hardware: A Detailed Overview With Component Examples [internet]. 2023. [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: <https://ladderlogicworld.com/plc-hardware/>.
- [3] The Concept of a Dual-Core PLC [internet]. 2023. [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: <https://encyclopedia.pub/entry/52218>
- [4] Introduction to Programmable Logic Controllers - Part I [internet]. 2020. [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: <https://pdhonline.com/courses/e116/PLC-module1.pdf>
- [5] Programovatelné logické automaty [internet]. [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: <https://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F5/F5k53-PLC.htm#k53>
- [6] Bristol Babcock, IEC-1131 - The First Universal Process Control Language [internet]. 2016. [cit. 2024-02-02]. Dostupné z: <https://www.automation.com/en-us/articles/2016-1/iec-1131-the-first-universal-process-control-langu>.
- [7] What is ProfiNet : Architecture, Working, Types & Its Applications [internet]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://www.elprocus.com/profinet/>
- [8] ZÁKLADNÍ INFORMACE O PRŮMYSLOVÉ SBĚRNICI PROFIBUS – ČÁST I. [Internet]. 2013. [cit. 2024-21-02]. Dostupné z: <https://foxon.cz/blog/18-prakticka-teorie/162-zakladni-informace-o-prumyslove-sbornici-profibus-cast-i>
- [9] PROFIBUS DP vs PA: What Are the Main Differences? [Internet]. [cit. 2024-21-02]. Dostupné z: <https://procentec.com/content/profibus-dp-vs-pa-what-are-the-main-differences/>
- [10] SÉRIOVÁ KOMUNIKACE PROGRAMOVATELNÝCH AUTOMATŮ TECOMAT FOXTROT 2 A TC800 [internet]. 2023. [cit. 2024-27-04]. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/download/get/txv00469_01_foxtrot2_s-riov-komunikace_u02_c/117/
- [11] Protokol Modbus RTU v kostce s popisy a příklady. [Internet]. [cit. 2024-04-03]. Dostupné z: <https://ipc2u.cz/blogs/news/protokol-modbus-rtu-v-kostce-s-popisy-a-priklady>

- [12] NOVÁK, Petr. ModBus – Protokol. [Internet]. 2021. [cit. 2024-04-03]. Dostupné z: [https://cyber.felk.cvut.cz/novakpe/Information/CommunProtocols/Mod-Bus%20\(2021-05-06\).pdf](https://cyber.felk.cvut.cz/novakpe/Information/CommunProtocols/Mod-Bus%20(2021-05-06).pdf)
- [13] Vending machine process – Step by step. [Internet]. 2024. [cit. 2024-04-03]. Dostupné z: <https://www.daalchini.co.in/blog/vending-machine-working-process/>
- [14] PRITCHARD, Grant. Vending machine with elevator delivery of vended product to customer access. [Internet]. 2012. [cit. 2024-04-03]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US20120277904A1/en>
- [15] MAO, Alice. How does the vending machine work? [Internet]. 2020. [cit. 2024-06-03]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/how-does-vending-machine-work-alice-han>
- [16] BASTIAN, Peter. Praktická elektrotechnika. 2., dopl. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2006. ISBN 80-86706-15-X.
- [17] ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
- [18] Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic [internet] 11.vydání. 2009. [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://catalog.tecomat.cz/produkt/programovani-dle-normy-iec-61-131#download>.
- [19] STRNAD, Martin. Inovace modelu výdejového automatu a jeho řízení pomocí programovatelného automatu [internet]. 2018 [cit. 2024-17-04]. Dostupné z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/43137>
- [20] ČERMÁK, Tomáš. Nový model pro výuku programování v předmětu Programovatelné automaty [internet]. 2014 [cit. 2024-30-4]. Dostupné z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/30218>
- [21] Industry Online Support [internet]. 2017 [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/>.
- [22] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE, a.s.: Programový systém Control Web [internet]. 2017. [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <http://www.mii.cz>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- PLC Programmable logic controller (Programovatelný automat).
- IEC International Electrotechnical Commission (Mezinárodní Elektrotechnická Komise).
- RAM Random Access Memory (Paměť náhodného přístupu).
- ROM Read Only Memory (Paměť pouze pro čtení).
- I/O Inputs and Outputs (vstupy a výstupy).
- CPU Centall Processing Unit (Centrální výpočetní jednotka).
- LD Ledder Diagram (Žebříkový diagram).
- ST Structured Text (Strukturovaný text).
- IL Instruction List (Instrukční list).
- FBD Function Block Diagram (Diagram funkčních bloků).
- SFC Sequential function chart (Sekvenčně funkční graf).
- HMI Human Machine Interface (Lidsko strojové rozhraní).
- TCP Transmission Control Protocol (Protokol kontroly přenosu).
- IP Internet Protocol (Internetový protokol).
- UDP User Datagram Protocol (Protokol uživatelských datagramů).
- DNS Domain Name System (Systém doménových jmen).
- RTC Real Time Clock (Hodiny reálného času).
- XML Extensible Markup Language (Rozšiřitelný značkovací jazyk).
- GND Ground (uzemnění).
- RFID Radio Frequency Identification (Identifikátor radiových frekvencí).
- PCB Printed Circuit Board (Tištěná obvodová deska).
- LCD Liquid Crystal Display (Display tekutého krystalu).

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schématický diagram hardwaru PLC.....	11
Obrázek 2: Umístění svorkovnic pro I/O na PLC Tecomat Foxtrot 2 CP-2005.....	13
Obrázek 3: Umístění svorkovnice pro zdroj na PLC Tecomat Foxtrot 2 CP-2005....	14
Obrázek 4: umístění komunikačních prvků na PLC Tecomat Foxtrot 2 CP-2005.....	15
Obrázek 5: Znárodnění průběhu cyklu PLC [1].....	17
Obrázek 6: Příklad kódu LD	18
Obrázek 7: Příklad kódu FBD	19
Obrázek 8: Příklad kódu IL	19
Obrázek 9: Příklad kódu ST.....	19
Obrázek 10: Příklad schéma kódu SFC	20
Obrázek 11: ISO/OSI model Profinetu	21
Obrázek 12: Segment sítě Profibus. [8].....	23
Obrázek 13: Paket protokolu Modbus[12].....	24
Obrázek 14: Spirálový mechanismus výdejového automatu	26
Obrázek 15: Zdvihací mechanismus výdejového automatu	27
Obrázek 16: Klapkový mechanismus výdejového automatu.....	27
Obrázek 17: Porovnání všech modelů výdejového automatu	30
Obrázek 18: Porovnání uchycení displeje s předchozím modelem	31
Obrázek 19: Porovnání výdejové zóny s předchozím modelem.....	31
Obrázek 20: Celkové porovnání elektroniky s předchozím modelem.....	32
Obrázek 21: Nová elektronika v oblasti PLC	32
Obrázek 22: Nové PLC Tecomat Foxtrot 2 cp-2005	33
Obrázek 23: Nový HMI displej Weintek MT 8051 iP.....	33
Obrázek 24: RFID a mincovník.....	34
Obrázek 25: Nový Ethernet switch	34
Obrázek 26: Návrh uchycení HMI displeje	35
Obrázek 27: Návrh na držáky a uchycení na DIN lištu	36
Obrázek 28: Aparát sensoru dopadu	36
Obrázek 29: Celkové zapojení modelu výdejového automatu	37
Obrázek 30: Schéma zapojení PCB desky.....	38
Obrázek 31: Decimální vyjádření přijatých dat z RFID čtečky.....	43
Obrázek 32: Nastavení zařízení v programu EasyBuilderPro	44

Obrázek 33: Vizualizační Okna HMI Displeje.....	45
Obrázek 34: Softwarové nastavení PLC Tecomat.....	46
Obrázek 35: Vizualizace pomocí nástroje WebMaker	48
Obrázek 36: Softwarové nastavení PLC Siemens	49
Obrázek 37: Příklad nastavení ovladače v programu ControllWeb 8	52
Obrázek 38: Příklad parametrického souboru v programu ControllWeb 8	52
Obrázek 39: Příklad mapovacího souboru v programu ControllWeb 8	53
Obrázek 40: Vizualizace ControllWeb 8 v režimu setup	54
Obrázek 41: Vizualizace ControllWeb 8 v režimu run.....	55

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: Program PLC Tecomat

Příloha PII: Program PLC Siemens

Příloha PIII: Program HMI Displeje

Příloha PIV: Vizualizace ControllWeb 8

Příloha PV: CAD modely

Příloha PVI: Samostatná dokumentace

