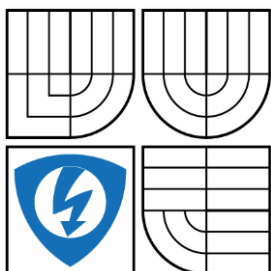


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

**SIMULÁTORY LABORATORNÍCH MODELŮ BEDNY,  
PARKOVIŠTĚ A VRTAČKA V PROSTŘEDÍ CONTROL WEB**

SIMULATORS OF BOXES, PARKING AND DRILL LABORATORY MODELS IN CONTROL  
WEB

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

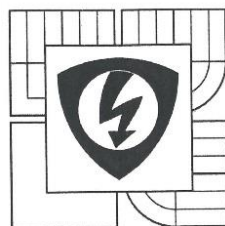
**JIŘÍ JAROŠ**

**VEDOUcí PRÁCE**

SUPERVISOR

**ING. MIROSLAV JIRGL**

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Automatizační a měřicí technika

**Student:** Jiří Jaroš

**Ročník:** 3

**ID:** 164302

**Akademický rok:** 2015/16

## NÁZEV TÉMATU:

### Simulátory laboratorních modelů bedny, parkoviště a vrtačka v prostředí Control Web

#### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Popište laboratorní modely bedny, parkoviště a vrtačka z pohledu funkčnosti a elektrického zapojení.
2. Seznamte se s prostředím Control Web a vytvořte simulátory uvedených laboratorních modelů.
3. Vyberte vhodný programovatelný automat a vytvořte propojení automatu se simulátory.
4. Ověřte funkčnost simulátorů pomocí připojeného programovatelného automatu.

#### DOPORUČENÁ LITERATURA:

Moravské přístroje a.s.. Programový systém Control Web [online]. ©2003. Dostupné z:  
<http://www.moravinst.com/art?id=380&lang=405>.

**Termín zadání:** 8. 2. 2016

**Termín odevzdání:** 23. 5. 2016

**Vedoucí práce:** Ing. Miroslav Jirgl

**Konzultanti bakalářské práce:**

**doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.**  
předseda oborové rady



#### UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Obsahem této bakalářské práce je vytvoření simulací a simulátorů tří laboratorních modelů, a sice třídíčka beden, parkoviště a stojanová vrtačka, v prostředí Control Web. Také jsou vytvořeny ukázkové řídicí programy v TIA Portalu, dle zadání u modelů. Jsou zde popsány použité programy, jednotlivé modely, řídicí elektronika, jednotlivé simulace a simulátory. V příloze jsou pak také řídicí programy vytvořené v TIA Portalu.

## **Klíčová slova**

PLC, simulátor stojanové vrtačky, simulátor třídíčky beden, simulátor parkoviště, simulace, Control Web

## **Abstract**

The subject of this bachelor thesis is creating of simulations and simulators of three laboratory models such as box sorting machine, parking lot and pedestal drill in a Control Web. According to the model tasks in the TIA programme, there are also samples of control programmes created. Used programmes, individual models, control electronics, all of the simulations and simulators are described here. Control programmes created in the TIA Portal are also included in the attachment.

## **Keywords**

PLC, pedestral drill simulator, box sorting machine simulator, parking lot simulator, simulation, Control Web

**Bibliografická citace:**

JAROŠ, J. *Simulátory laboratorních modelů bedny, parkoviště a vrtačka v prostředí Control Web*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Jirgl.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Simulátory laboratorních modelů bedny, parkoviště a vrtačka v prostředí Control Web jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury, firemní dokumentace a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **23. května 2016**

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Miroslavu Jirglovi za rady, pomoc při návrhu řešení, konzultace, ochotu a čas, který věnoval mé bakalářské práci. Také bych chtěl poděkovat panu Tomášovi Mutlovi, za cenné rady ohledně prostředí Control Web.

V Brně dne: **23. května 2016**

.....  
podpis autora

# Obsah

Úvod.....	9
1 Software pro řízení a vizualizaci .....	10
1.1 Control Web .....	10
1.1.1 O software .....	10
1.1.2 Prostředí .....	11
1.2 TIA Portal .....	13
1.2.1 O software .....	13
1.2.2 Prostředí .....	14
2 Popis laboratorních modelů.....	15
2.1 Řídící deska.....	15
2.2 Model stojanové vrtačky.....	18
2.2.1 Zadání úlohy.....	18
2.2.2 Využití řídicí desky .....	19
2.3 Model třídíčky beden .....	21
2.3.1 Zadání úlohy.....	21
2.3.2 Využití řídicí desky .....	22
2.4 Model parkoviště.....	24
2.4.1 Zadání úlohy.....	24
2.4.2 Využití řídicí desky .....	25
3 Simulace .....	27
3.1 Simulace stojanové vrtačky.....	27
3.1.1 Popis.....	27
3.1.2 Manuál .....	28
3.2 Simulace třídíčky beden.....	29
3.2.1 Popis.....	29
3.2.2 Manuál .....	30
3.3 Simulace parkoviště .....	31
3.3.1 Popis.....	31
3.3.2 Manuál .....	32
4 Simulátory .....	33
4.1 Propojení simulátorů s TIA Portal .....	33
4.2 Simulátor stojanové vrtačky.....	35
4.2.1 Popis algoritmu .....	36
4.2.2 Připojení k PLC (S7 -1200) přes TIA Portal.....	38
4.3 Simulátor třídíčky beden.....	39
4.3.1 Popis algoritmu .....	40
4.3.2 Připojení k PLC (S7 -1200) přes TIA Portal.....	42
4.4 Simulátor parkoviště .....	43
4.4.1 Popis algoritmu .....	44
4.4.2 Připojení k PLC (S7 -1200) přes TIA Portal.....	45
5 Demonstrace funkčnosti .....	46
Závěr .....	47
Literatura.....	48
Seznam příloh .....	49

## Seznam Obrázků

Obrázek 1: Prostředí Control Web .....	11
Obrázek 2: Paleta přístrojů.....	11
Obrázek 3: Proměnné .....	12
Obrázek 4: Textový editor .....	12
Obrázek 5: TIA Portal - Úvodní okno.....	14
Obrázek 6: TIA Portal - Prostředí .....	14
Obrázek 7: Řídící deska .....	15
Obrázek 8: Plošný spoj – bottom .....	16
Obrázek 9: Plošný spoj – top .....	16
Obrázek 10: Schéma zapojení .....	17
Obrázek 11: Model stojanové vrtačky .....	18
Obrázek 12: Model stojanové vrtačky - Blokové schéma řídicí desky [4] .....	19
Obrázek 13: Model stojanové vrtačky - zapojení konektoru Cannon 25 [4] .....	20
Obrázek 14: Model třídičky beden.....	21
Obrázek 15: Model třídičky beden - Blokové schéma řídicí desky [5].....	22
Obrázek 16: Model třídičky beden - zapojení konektoru Cannon 25 [5].....	23
Obrázek 17: Model parkoviště .....	24
Obrázek 18: Model parkoviště - Blokové schéma řídicí desky [6] .....	25
Obrázek 19: Model parkoviště - zapojení konektoru Cannon 25 [6] .....	26
Obrázek 20: Simulace stojanové vrtačky .....	27
Obrázek 21: Simulace třídičky beden .....	29
Obrázek 22: Simulace parkoviště.....	31
Obrázek 23: MB_SERVER_DB .....	33
Obrázek 24: Simulátor stojanové vrtačky .....	35
Obrázek 25: Simulátor stojanové vrtačky - vývojový diagram.....	37
Obrázek 26: Simulátor třídičky beden .....	39
Obrázek 27: Simulátor třídičky beden - vývojový diagram .....	41
Obrázek 28: Simulátor parkoviště.....	43
Obrázek 29: Simulátor parkoviště - vývojový diagram .....	44

## Seznam Tabulek

Tabulka 1: Vstupy a výstupy pro model stojanové vrtačky .....	19
Tabulka 2: Vstupy a výstupy pro model třídičky beden .....	22
Tabulka 3: Vstupy a výstupy pro model parkoviště.....	25
Tabulka 4: Proměnné From PLC Stojanová vrtačka.....	38
Tabulka 5: Proměnné To PLC Stojanová vrtačka.....	38
Tabulka 6: Proměnné From PLC - Třídička beden .....	42
Tabulka 7: Proměnné To PLC - Třídička beden .....	42
Tabulka 8: Proměnné From PLC - Parkoviště .....	45
Tabulka 9: Proměnné To PLC - Parkoviště .....	45

# ÚVOD

Cílem mé bakalářské práce je návrh a realizace simulátorů tří laboratorních modelů v laboratorních programovatelných automatech. Jde o model stojanové vrtačky, parkoviště a třídičky beden. Na těchto modelech je vyučováno programování PLC v předmětu BPGA (Programovatelné automaty) a jsou tak velmi fyzicky zatěžovány. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl, že by bylo dobré mít možnost odstavení některého z právě používaných modelů, tak aby nebyla příliš narušena výuka. Zvolil jsem simulátory těchto modelů, vytvořené ve vizualizačním softwaru Control Web. Toto řešení bude v praxi možné využít např. při poruše některého z modelů. Simulátory jsou navrženy tak, aby co nejefektivněji napodobily fyzické modely a to i v případě, že se programátor PLC nebude držet zadání u modelu nebo jeho program bude chybný. Tyto odlišnosti či chyby by se měly projevit stejně jako na skutečném modelu.

# 1 SOFTWARE PRO ŘÍZENÍ A VIZUALIZACI

Pro tuto práci jsou využity dva programovací softwary, a sice vizualizační a řídicí software Control Web 5 [1], ve kterém jsou realizovány simulace a simulátory, a dále software TIA Portal [2] k programování testovacího PLC.

## 1.1 Control Web

Společnost, do jejichž produktů patří Control Web, jsou Moravské přístroje. Na trhu se pohybují více jak 20 let [1]. Soustředí se na vývoj aplikací pro průmysl, laboratoře a školy. Mezi jejich produkty patří například Control Panel a Control Web [1, 3].

### 1.1.1 O software

Control Web je jedním z nejpoužívanějších vizualizačních systémů u nás. Mezi jeho největší výhody patří velmi nízká cena a jednoduchost programování.

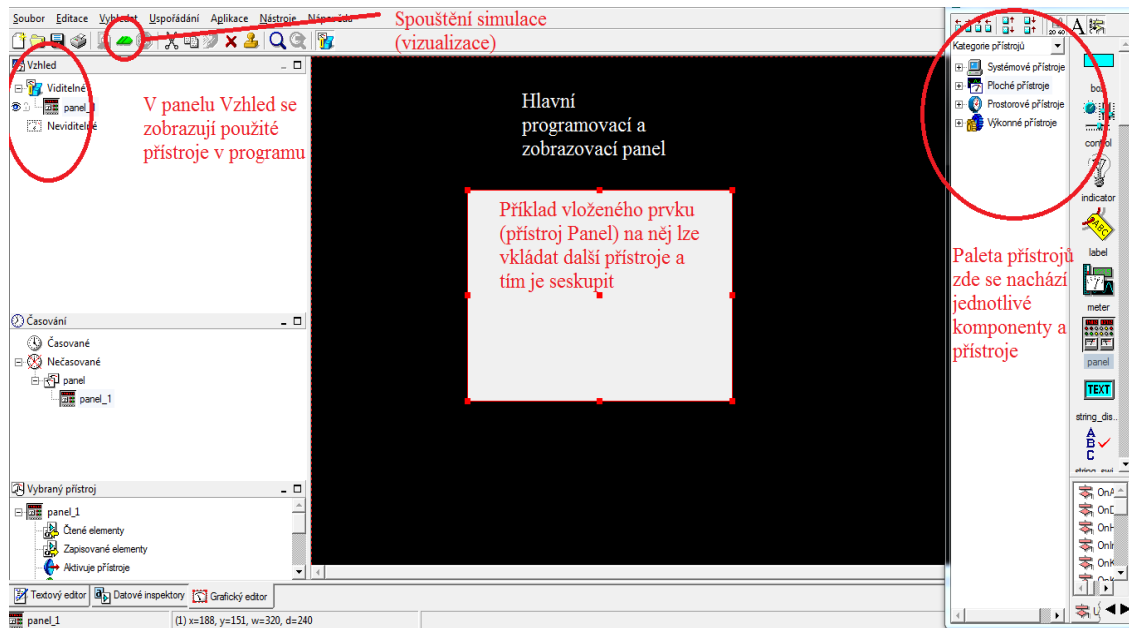
Control Web 5 je druhá verze z řady Control Web, jehož předchůdce byl Control Panel. Dále je k dispozici verze 2000, 6 a nově i 7. Všechny verze mají podobný základ, tedy jak programovací výbavu, tak vizuální vzhled. Jsou zde samozřejmě drobné úpravy vzhledu a nové prvky, ale základ je podobný, což je pro uživatele příjemný aspekt.

Z pohledu možností tvorby vizualizací je to všestranný a velmi rozsáhlý produkt. Využívá technologii postupného skládání programových komponent, za účelem tvorby aplikace (vizualizace). Nespornou výhodou je také možnost řízení PLC přímo z tohoto softwaru. Programátor při tvorbě aplikace pro zákazníka má tedy možnost využít tohoto nejen k vizualizaci, ale také k řízení a ovládání PLC.

Control Web je s jeho velmi nízkou cenou a širokými možnostmi použití využíván nejen v rozsáhlých projektech, ale také v menších aplikacích a ve školách [1, 3].

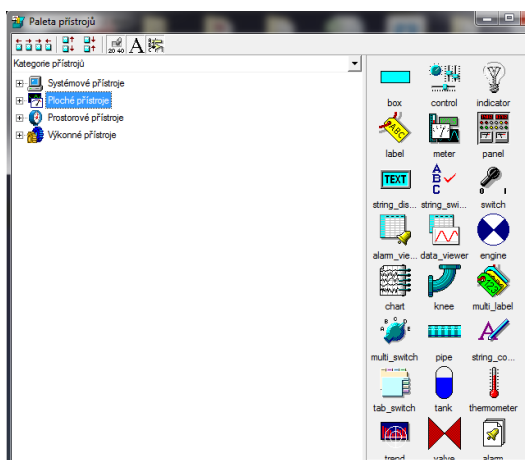
## 1.1.2 Prostředí

Základní obrazovka Control Webu je rozdělena do několika sekcí. Je zde hlavní zobrazovací panel. Zde se tvoří vizuální podoba simulace (vizualizace). Vkládají se zde jednotlivé přístroje, které tvoří celkovou podobu vizualizace. Dále se zde nachází panel Vzhled, kde jsou stromově seřazeny použité prvky, dle vlastníků a viditelnosti. Také je tu Časování. Tam se objevují časované přístroje, tedy ty které jsou periodicky volány za účelem indikace změny prvku či proměnné.



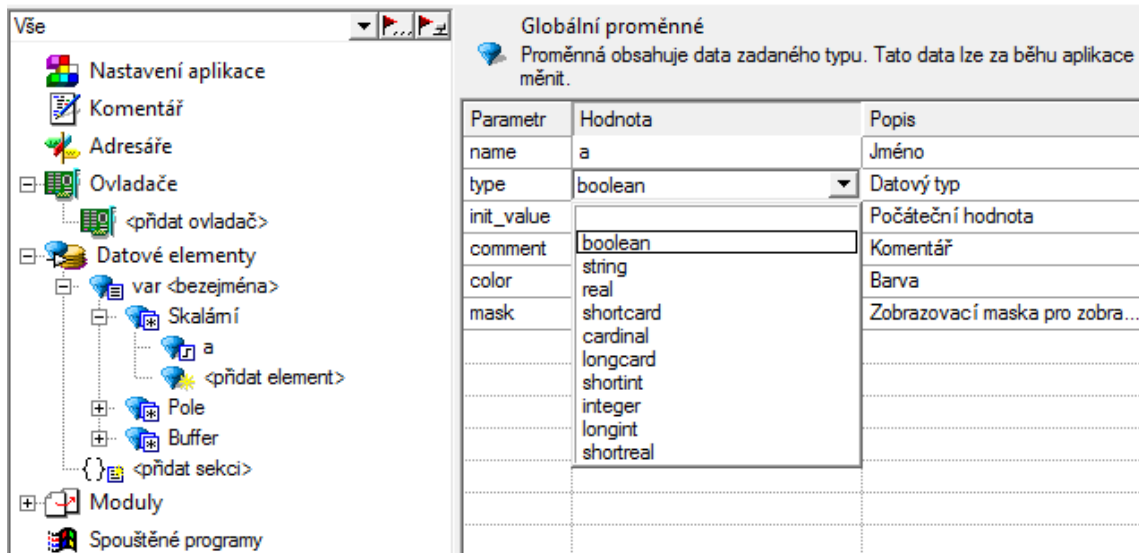
Obrázek 1: Prostředí Control Web

Jeden z nejpoužívanějších panelů je Paleta přístrojů. Jsou zde přehledně rozděleny přístroje podle jejich využití. Nejčastěji jsou využívány Ploché přístroje, které jsou dále děleny dle funkcí na Zobrazování, Ovládání a řízení, apod.



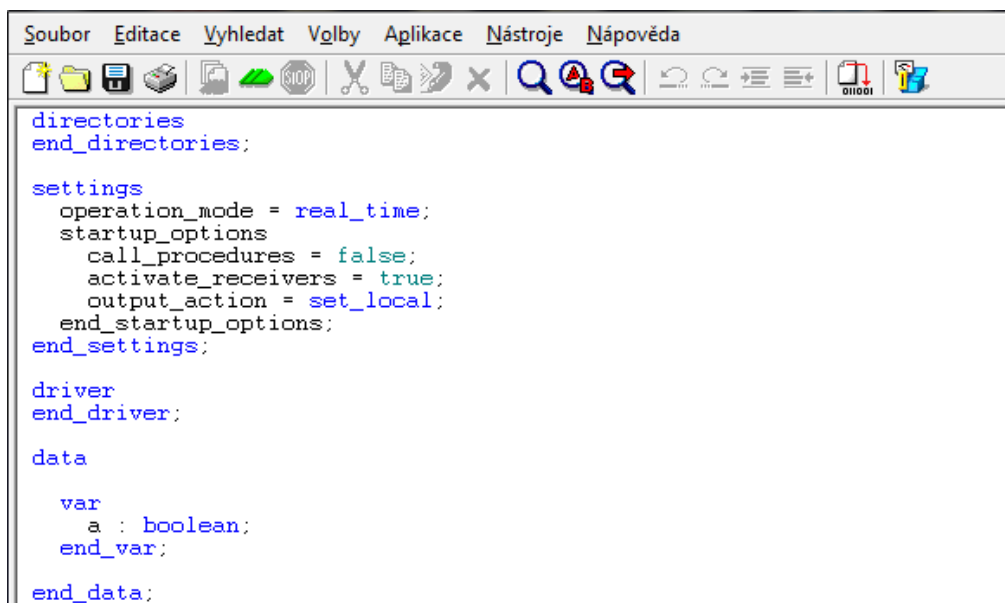
Obrázek 2: Paleta přístrojů

Dalším důležitým aspektem programu je tvorba proměnných. Ty se vytvářejí na kartě Datové inspektory. Zde je možnost v Datových elementech vytvořit proměnné různého typu. Je zde dokonce možnost vytvářet pole či zásobníky.



Obrázek 3: Proměnné

Všechno, co je v programu vytvořeno, se překládá do textové podoby. Textová podoba se nachází na kartě Textový editor. Celý program je možné psát textově, ale tato možnost se spíše využívá až po navržnutí základního konceptu vizuální stránky.



Obrázek 4: Textový editor

## **1.2 TIA Portal**

TIA Portal - je prvním z jednotných programovacích prostředí od společnosti Siemens. Jsou v něm integrovány všechny potřebné nástroje pro programování PLC, vytváření vizualizací a komunikace [2].

### **1.2.1 O software**

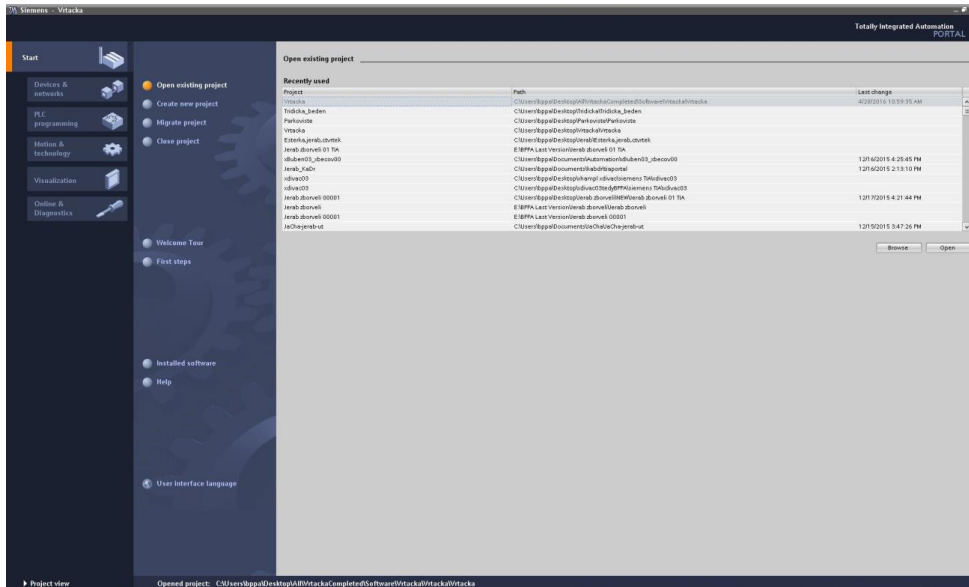
TIA Portal je software obsahující vše co programátor PLC potřebuje, včetně simulátoru PLC, odtud vznikl název „Totally Integrated Automation Portal [2]“.

Hlavní výhodou TIA Portalu je bezpochyby obsah všeho, co je k programování potřeba. Za vizualizační software je tu celá řada verzí WinCC, které lze využít k vytvoření vizualizací v mnoha podobách. V základní verzi TIA Portalu je obsažena verze Basic. Dále jsou zde obsaženy verze Step 7 pro vývoj programu pro PLC. Lze doinstalovat také nástroj PLC Sim pro simulaci PLC. Komunikaci lze zajistit na všech podnikových úrovních od Profinet přes segmenty Profibus až po AS – Interface [2].

Ačkoliv má TIA Portal velkou výhodu v prostředí, které obsahuje většinu prostředků, které programátor potřebuje, má i několik nevýhod. Hlavní jsou poměrně velké požadavky na paměť. Další je například vysoká cena a také absence několika funkcí, které obsahovaly starší produkty z dílny Siemens.

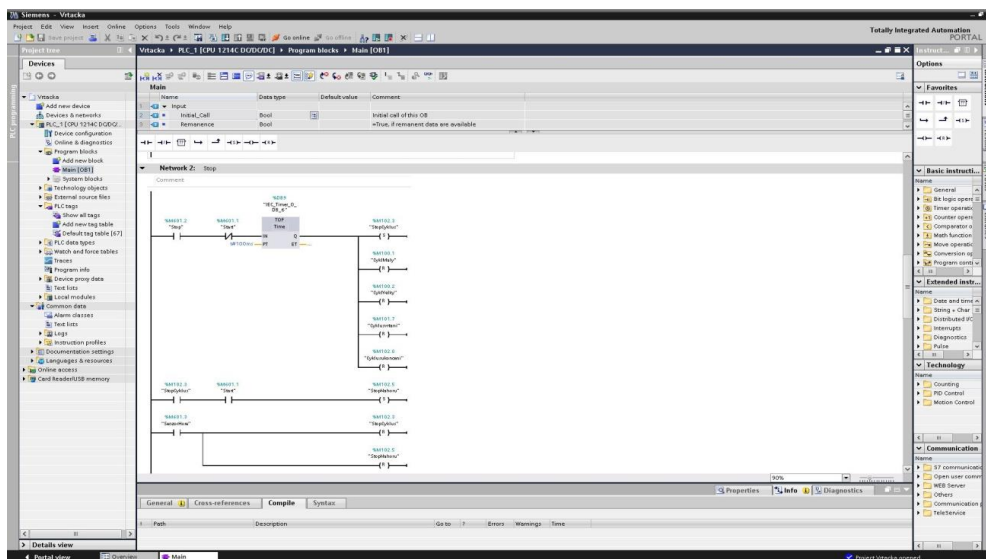
## 1.2.2 Prostředí

Při spuštění TIA Portal nabídne projekty, které byly vytvořeny či spuštěny na tomto počítači. U daného projektu máme také možnosti, které jsou implementovány v podobě postranního menu, například: jaké periferie máme nakonfigurovány, jaké bloky jsou vytvořeny, vizualizace a další.



Obrázek 5: TIA Portal - Úvodní okno

Po stisku tlačítka „Project view“ nás TIA Portal přesune do vybraného projektu. Zde již máme možnosti konfigurace zařízení, vytváření proměnných, vytváření vlastního programu pro PLC a mnoho dalších.

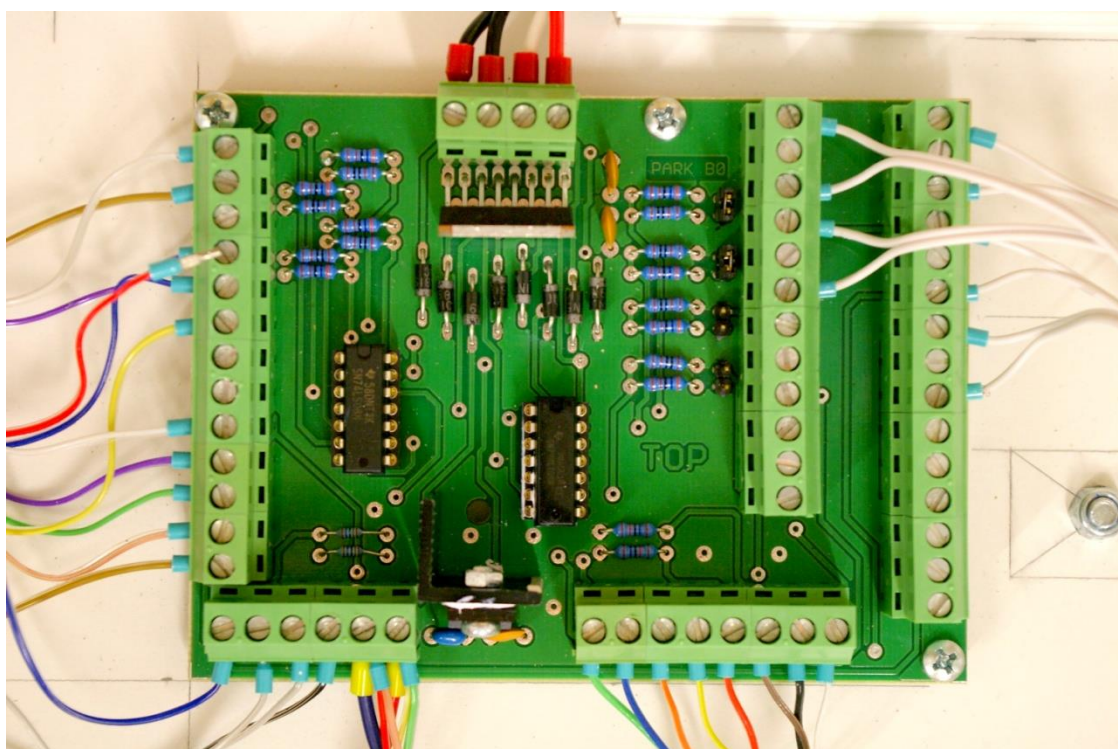


Obrázek 6: TIA Portal - Prostředí

## 2 POPIS LABORATORNÍCH MODELŮ

Modely jsou využívány pro výuku předmětu Programovatelné automaty, kde se studenti učí programovat automaty firmy Allen Bradley a Siemens. Každá úloha obsahuje návod, respektive zadání, jak má daný model fungovat. Ve své práci se zabývám třemi modely, a sice modelem stojanové vrtačky, třídičky beden a vjezdu na parkoviště. Všechny modely byly modernizovány a všechny nové modely obsahují standardně jednu řídicí desku.

### 2.1 Řídicí deska

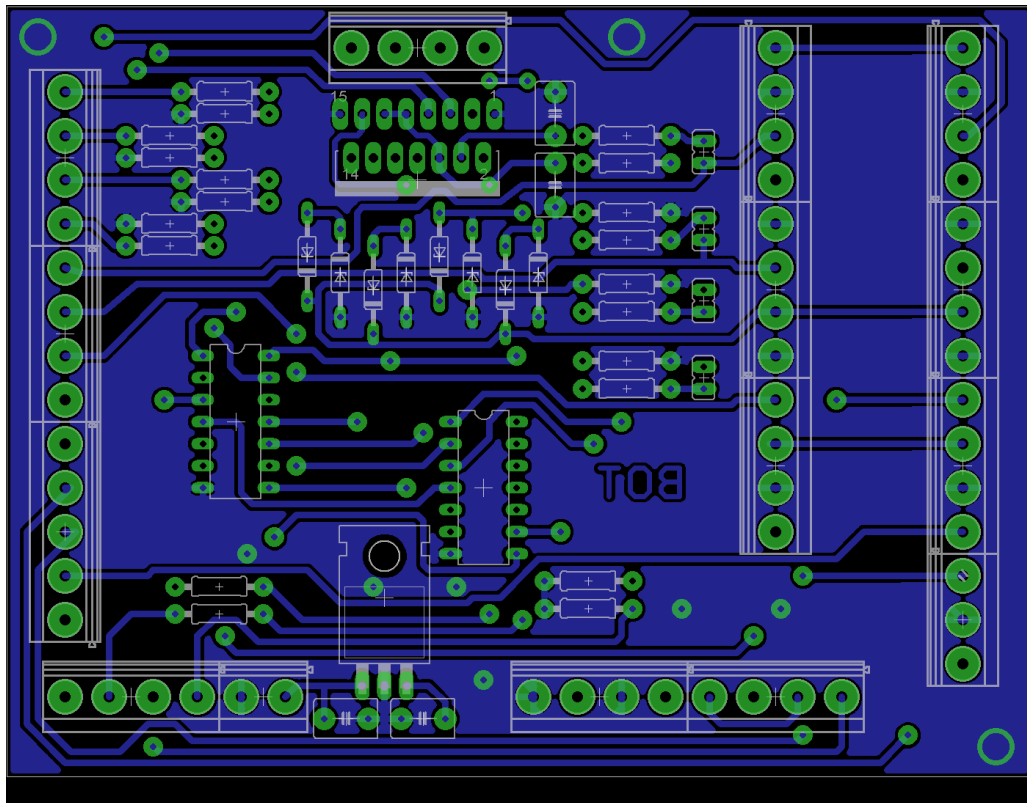


Obrázek 7: Řídicí deska

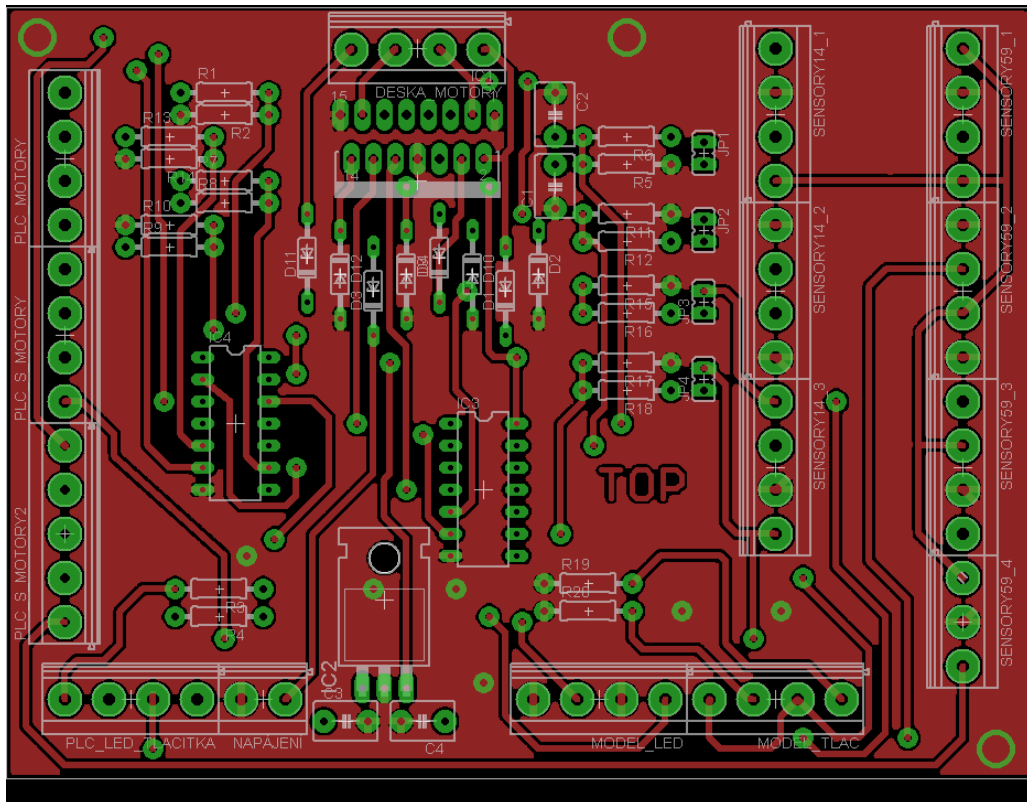
Modely jsou řízeny pomocí PLC. Motory a LED diody jsou připojeny na výstupy PLC, stejně tak jako jsou snímače připojeny na vstupy PLC. Ovšem z důvodu ochrany poškození modelů, které vyplývá z fyzikálních omezení, např. koncových stavů motorů, je nutné hardwarově zabránit možnosti výskytu „nebezpečných“ stavů. Pro tyto účely byla navržena a realizována DPS, která tuto funkci plní. Schéma zapojení této desky společně s deskami plošných spojů je na obrázcích 8-10, její podrobný popis lze nalézt v [7].

Základním prvkem této DPS je dvoukanálový budič s logickými hradly, která znemožňují chod motorů v určitém směru v případě signálů z koncových snímačů.

Plošné spoje DPS:

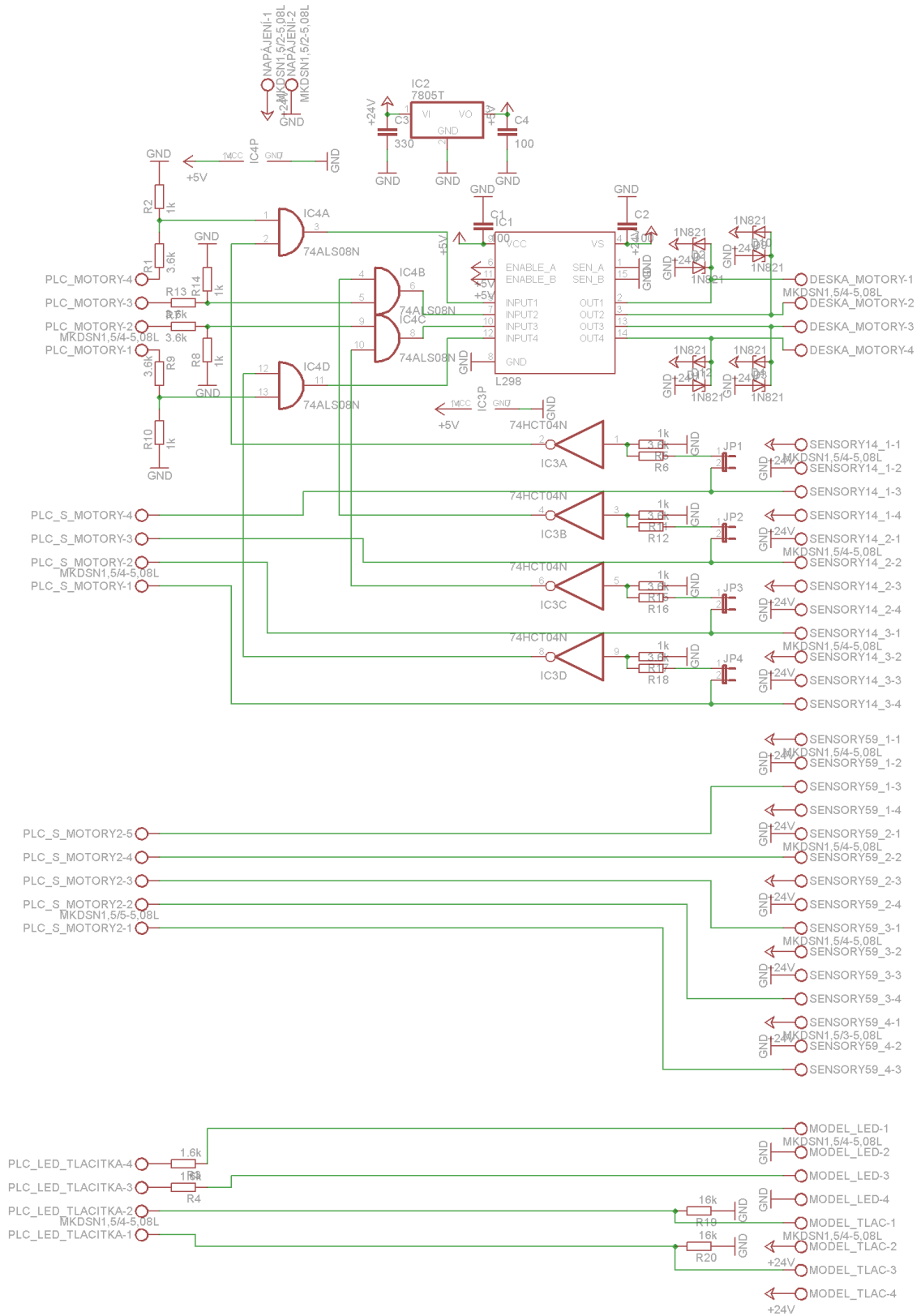


Obrázek 8: Plošný spoj – bottom



Obrázek 9: Plošný spoj – top

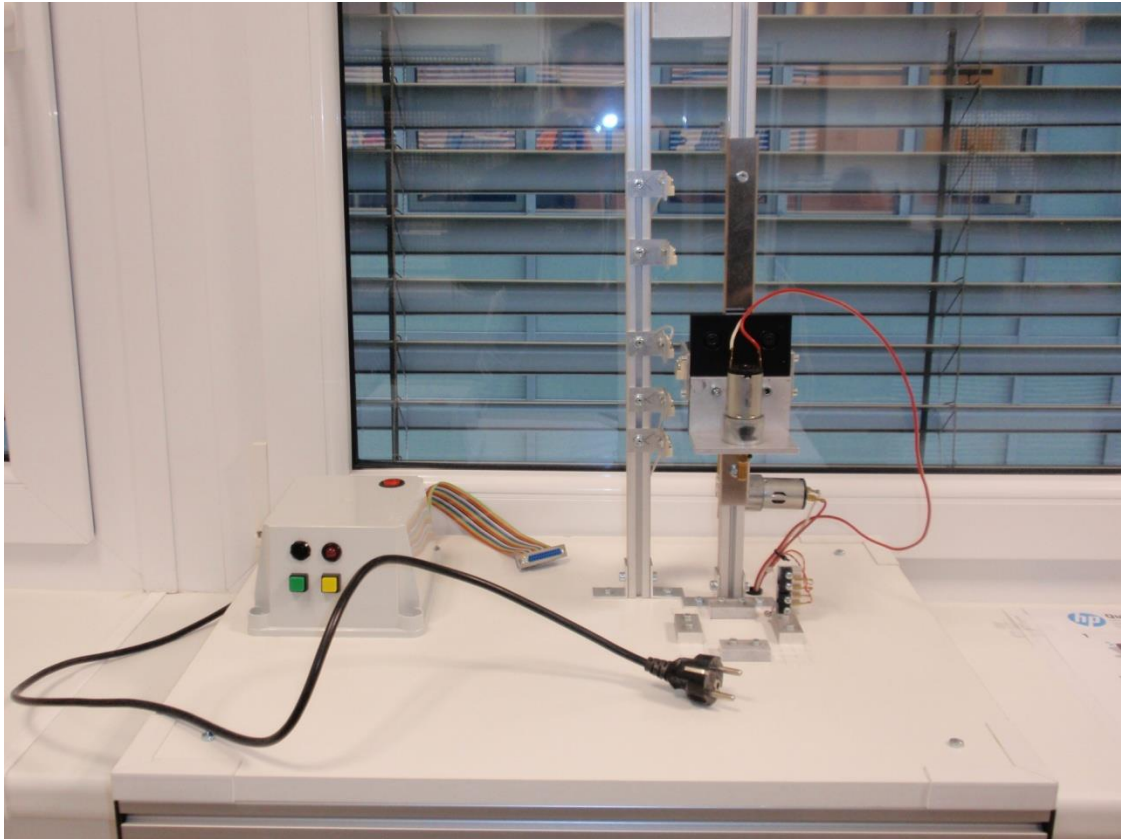
## Schéma zapojení DPS:



Obrázek 10: Schéma zapojení

## 2.2 Model stojanové vrtačky

Tento model byl realizován v rámci bakalářské práce, viz [4]. Model je poměrně jednoduchý, ale o to více je laboratorní úloha názorná. Obsahuje pět senzorů vertikální polohy, z nichž tři jsou využívány na programování. Dále jsou zde dva motory, dvě kontrolky a dvě tlačítka.



Obrázek 11: Model stojanové vrtačky

### 2.2.1 Zadání úlohy

Současné zadání laboratorní úlohy je následující. Vrtačka je určena pro vrtání velkých a malých obrobků. Malé obrobky vrtá naráz, velké nadvakrát. Je-li přítomen obrobek (kontakt *cidlo\_obrobek*), po stlačení tlačítka START se uvádí v činnost vrtání (povelem *vreteno*) a pohyb vrtačky dolů (povelem *pohyb\_dolu*). Malý obrobek (kontakt *cidlo\_obrobek* seplý a *cidlo\_obrobek\_velky* rozeplý) se vrtá do polohy *cidlo\_dolni*. Pro velké obrobky (kontakt *cidlo\_obrobek* seplý a *cidlo\_obrobek\_velky* seplý) se vrtá do polohy *cidlo\_stredni*, poté se vrtačka vrací nahoru do pozice *cidlo\_horni* a poté do *cidlo\_dolni*. Po dosažení polohy *cidlo\_dolni*, vrtačku zvednete (povelem *pohyb\_nahoru*). Při pohybu nahoru nezastavujte vrtání obrobku (povel *vreteno*). Po dosažení polohy *cidlo\_horni*, vrtačku vypněte. Poté je připravena k dalšímu cyklu. Vrtání se dá v kterémkoliv okamžiku zastavit tlačítkem STOP. Po zastavení se

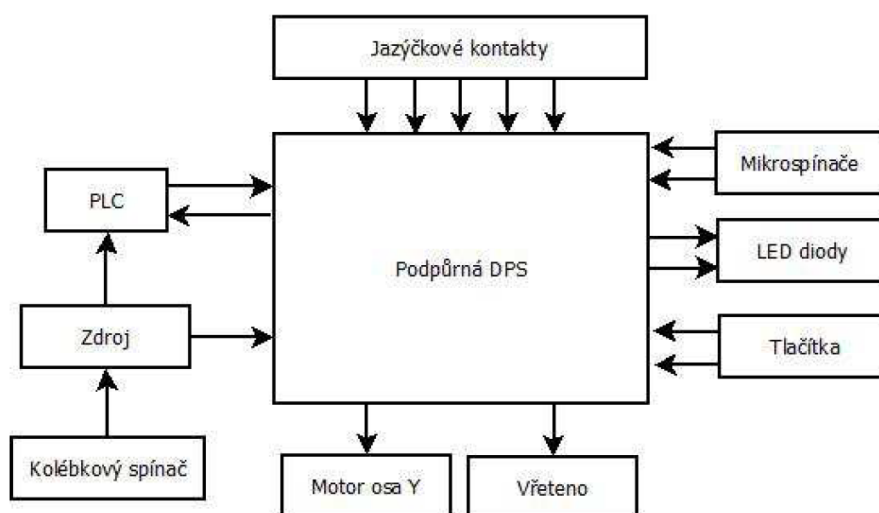
stisknutím tlačítka START vrtačka přesune do výchozí polohy. V případě aktivního vrtání (malý obrobek směr dolů, velký obrobek doprostřed, nahoru a dolů) bliká zelená LED, po dokončení vrtání (koncový směr vzhůru) bliká s jinou periodou červená LED. Po kompletním provrtání tří obrobků se musí po dobu 5s držet obě tlačítka – chlazení. Uběhnutí tohoto času je indikováno rozsvícením obou led. Následně se dají opět vrtat další tři obrobky.

**Tabulka 1: Vstupy a výstupy pro model stojanové vrtačky**

IN	Velký obrobek	Indikace velkého obrobku
IN	Malý obrobek	Indikace malého obrobku
IN	Horní doraz	Bezpečnost
IN	Dolní poloha	Indikace vrtačka dole
IN	Dolní doraz	Bezpečnost
IN	Střední poloha	Indikace vrtačka střed
IN	Start	Start
IN	Horní poloha	Indikace vrtačka nahoře
IN	Stop	Stop
OUT	Povel nahoru	Vrtačka směr nahoru
OUT	Povel dolů	Vrtačka směr dolů
OUT	Zelena LED	Zelená kontrolka
OUT	Vrtání	Spustit vrtání
OUT	Červená LED	Červená kontrolka

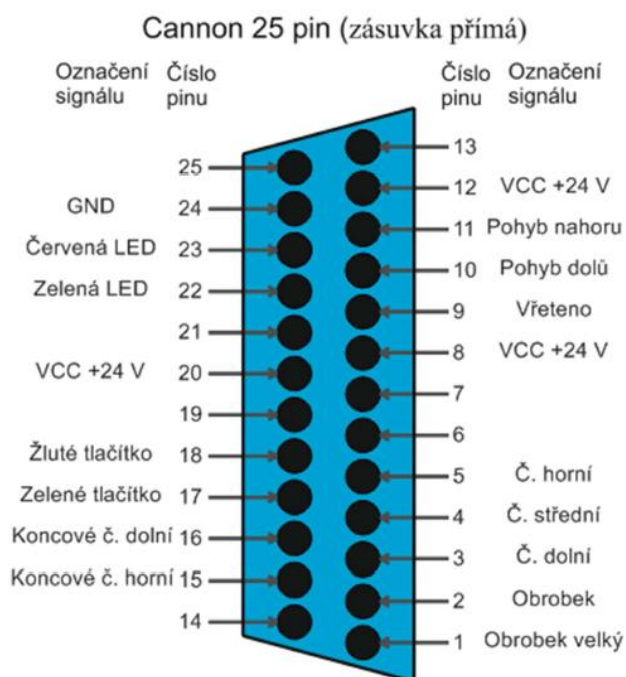
## 2.2.2 Využití řídicí desky

Blokové schéma je převzato z dokumentace modelu respektive z bakalářské práce, která se zabývala návrhem. Ukazuje, které prvky jsou propojeny s řídicí deskou umístěnou ve spod modelu a jsou zde zobrazeny komunikační vazby mezi deskou a prvky. Na obrázku číslo 13 je zobrazen konektor Cannon 25, kde je zobrazeno, jaký pin je přiřazen jakému prvku.



**Obrázek 12: Model stojanové vrtačky - Blokové schéma řídicí desky [4]**

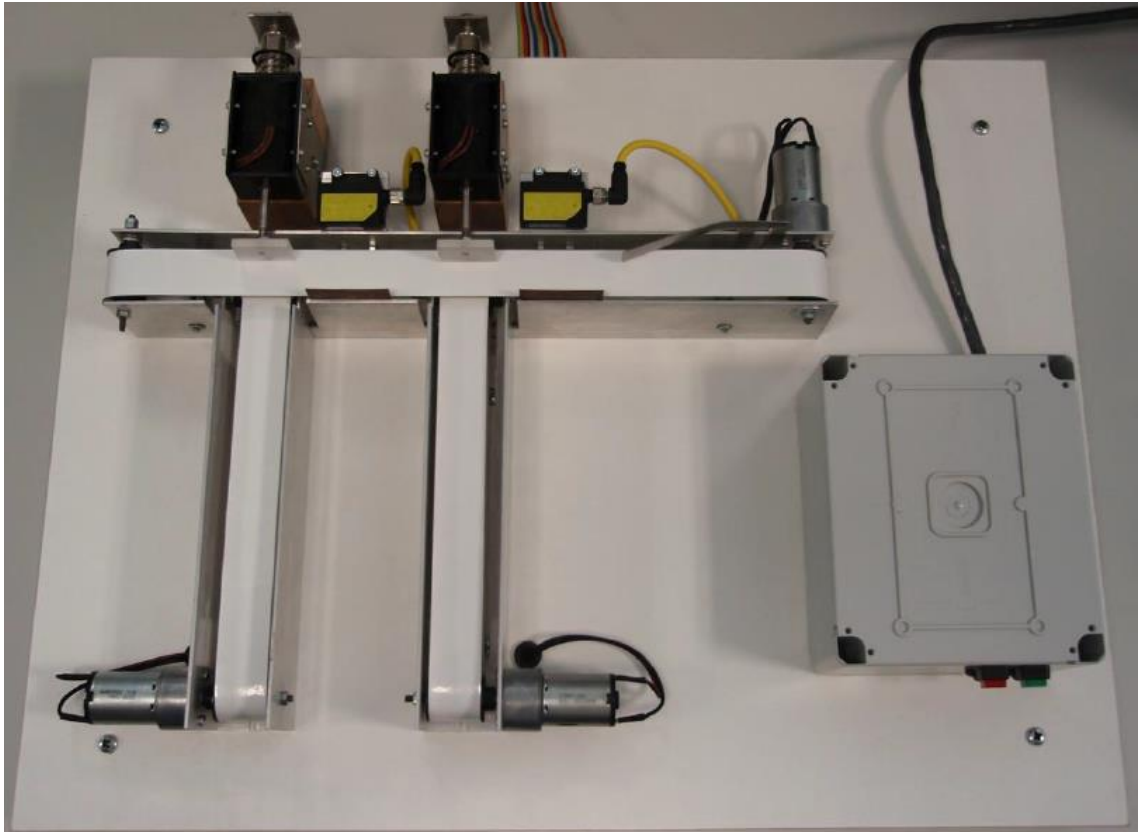
Na obrázku konektoru Cannon 25 níže je uvedeno využití a funkce jednotlivých pinů.



**Obrázek 13: Model stojanové vrtačky - zapojení konektoru Cannon 25 [4]**

## 2.3 Model třídičky beden

Model třídičky se skládá ze třech pásů poháněných motory. Dále jsou zde dva solenoidy a ovládací skříňka. Použity jsou zde dva senzory. Popis modelu lze nalézt v [5].



Obrázek 14: Model třídičky beden

### 2.3.1 Zadání úlohy

Model sestává z jednoho hlavního dopravníku a dvou vedlejších. Po hlavním pásu budou postupně posílány bedny, které budou přesouvány na vedlejší pásy pomocí solenoidů v určitém pořadí. První bednu odsune první solenoid, druhou bednu odsune druhý solenoid a třetí projde až na konec hlavního pásu. Počínaje čtvrtou (sedmou, desátou atd.) bednou se celý cyklus začne opakovat.

Po stisku tlačítka start se rozjede hlavní pás a rozsvítí se zelená dioda. Po pásu jsou postupně posílány bedny s určitými rozestupy (je důležité, aby byly bedny dostatečně rozestoupeny – z důvodu zásahu solenoidu a správné funkce simulátoru). Senzor S1 detekuje bednu, poté sepne se první vedlejší pás po určitém čase i první solenoid. Senzor S2 detekuje druhou bednu, poté sepne se druhý vedlejší pás po určitém čase i druhý solenoid. Třetí bedna projde až na konec hlavního pásu. Čtvrtá bedna se bude chovat jako první. Postup se tedy bude opakovat. Tlačítkem stop dojde k zastavení

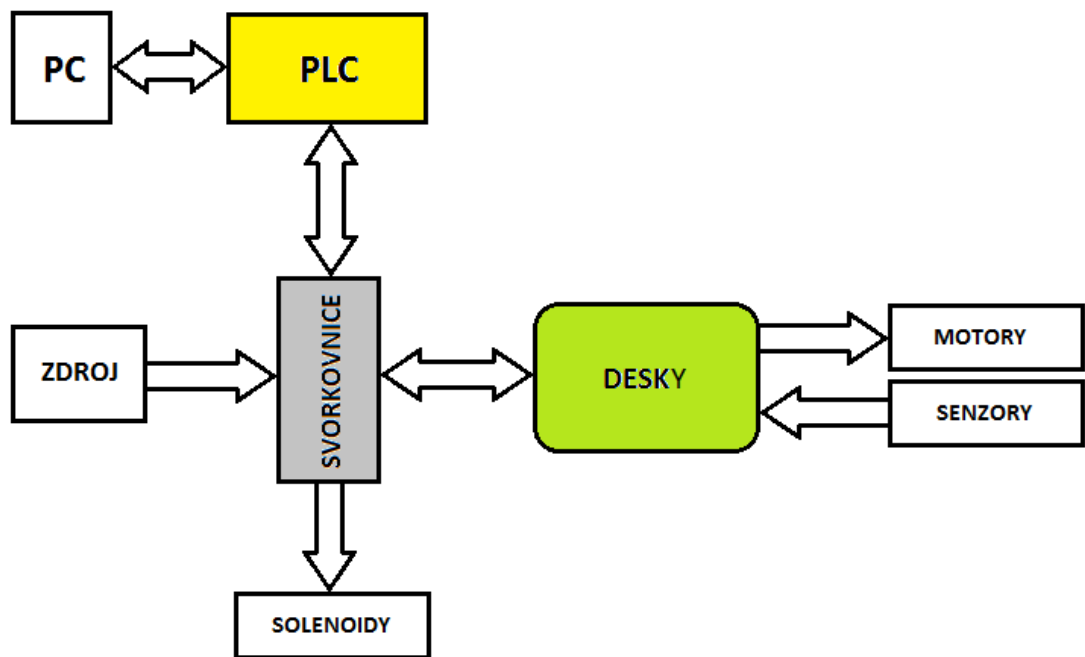
všech pásů a program se resetuje. Zhasne zelená dioda a rozsvítí se červená. Vše se vrátí do počátečního stavu.

Tabulka 2: Vstupy a výstupy pro model třídičky beden

IN	S1	Indikace bedny
IN	S2	Indikace bedny
IN	Start	Start
IN	Stop	Stop
OUT	Zelena LED	Zelená kontrolka
OUT	Červená LED	Červená kontrolka
OUT	M1	Motor hlavního pásu
OUT	M2	Motor prvního vedlejšího pásu
OUT	M3	Motor druhého vedlejšího pásu

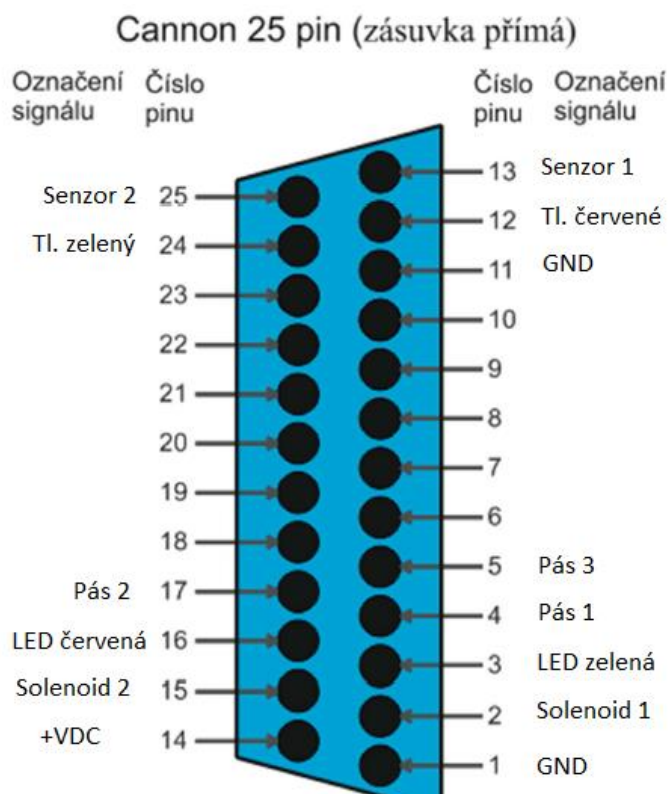
### 2.3.2 Využití řídicí desky

Blokové schéma zapojení řídicí desky s prvky modelu je opět převzato z bakalářské práce, která se zabývá návrhem a konstrukcí modelu. Opět ukazuje, které prvky komunikují přes řídicí desku, přesněji přes dvě řídicí desky.



Obrázek 15: Model třídičky beden - Blokové schéma řídicí desky [5]

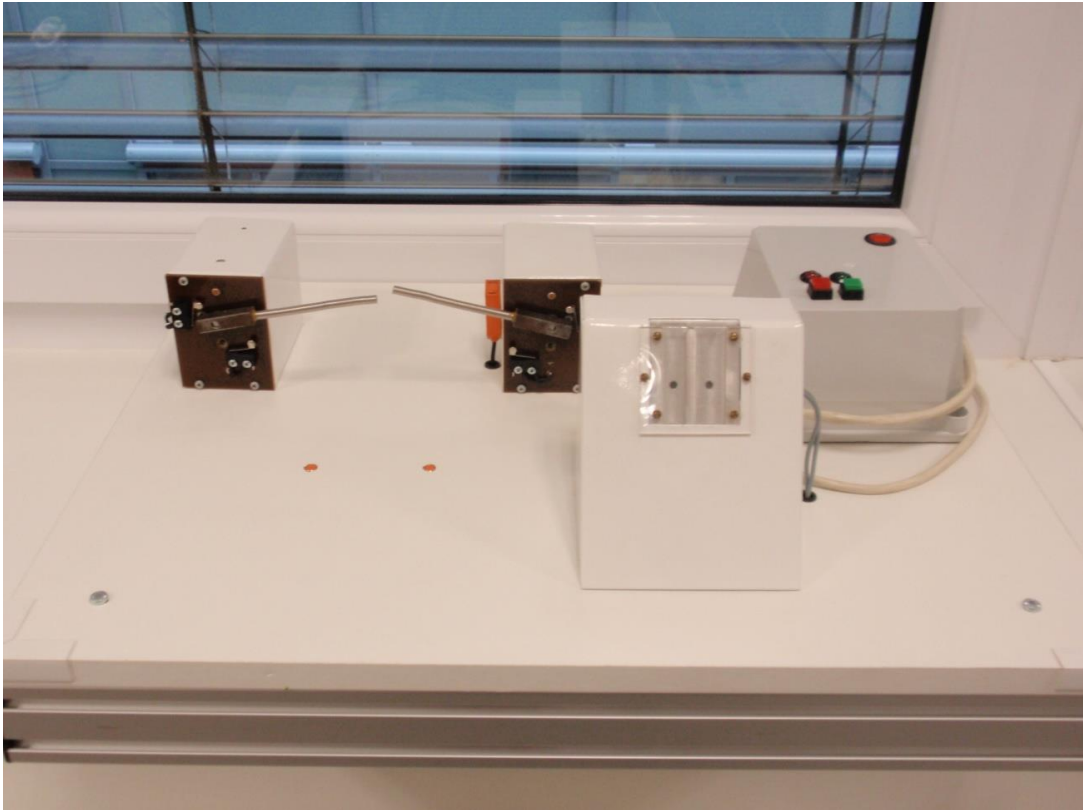
Na obrázku konektoru Cannon 25 níže je uvedeno využití a funkce jednotlivých pinů.



**Obrázek 16: Model třídičky beden - zapojení konektoru Cannon 25 [5]**

## 2.4 Model parkoviště

Tento model byl rovněž modernizován v rámci bakalářské práce, viz [6]. Skládá se ze dvou závor, automatu na mince a ovládacího panelu. Model se vyznačuje velkým počtem senzorů (oproti ostatním), je jich zde použito devět. Jak je vidět z fotografie níže, model obsahuje dvě závory, automat na mince



Obrázek 17: Model parkoviště

### 2.4.1 Zadání úlohy

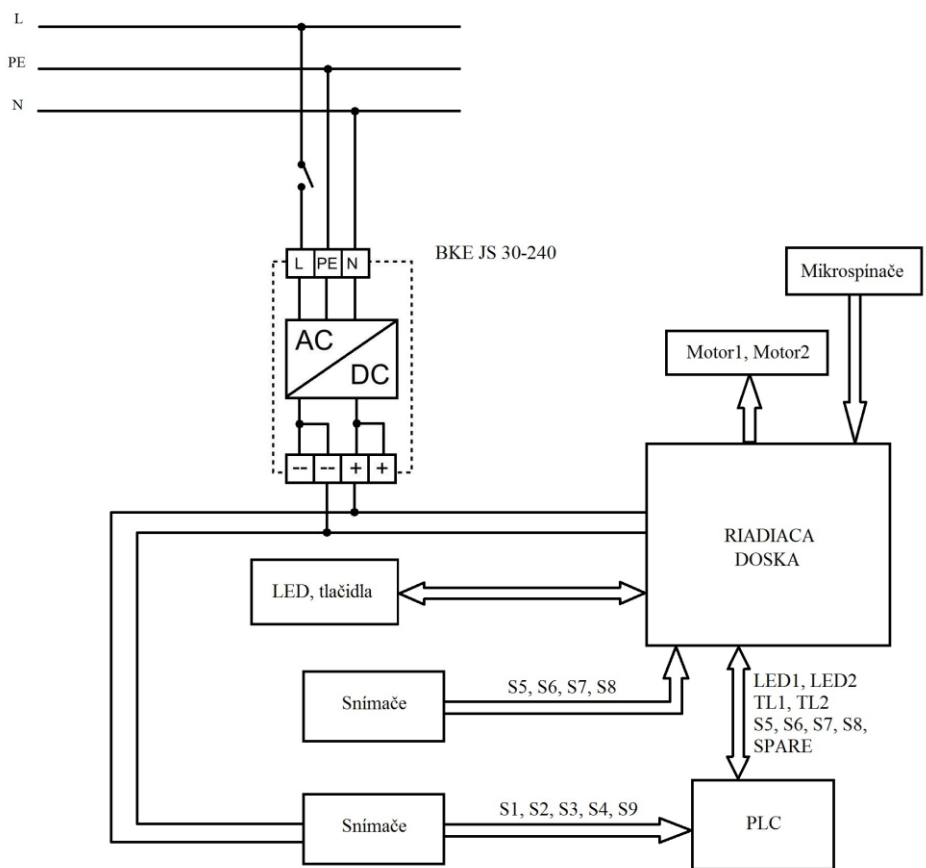
Model se spouští tlačítkem Start a LED diodami se indikuje povolení k vjezdu na parkoviště. Naopak tlačítkem Stop se celý systém vypne a **resetuje (důležité pro simulátor)**. Trvale svítící zelená LED indikuje možný vjezd na parkoviště. Při příjezdu vozidla se rozsvítí červená LED, pokud není zapláceno. Když se za vstup na parkoviště zaplatí, otevřou se dané závory dle typu vozidla a po dobu jejich otevírání bliká zelené světlo. Po otevření závor opět svítí zelená LED, dokud vozidlo nepřejede na parkoviště. Při zavírání závor bliká červená LED. Po uzavření závor se celý cyklus může opakovat

**Tabulka 3: Vstupy a výstupy pro model parkoviště**

IN	S1	Levá závora nahoře
IN	S2	Levá závora dole
IN	S3	Pravá závora nahoře
IN	S4	Pravá závora dole
IN	S5	Mince pro automobil
IN	S6	Mince pro motocykl
IN	S7	Senzor pro přítomnost vozidla
IN	S8	Senzor pro přítomnost automobilu
IN	S9	Vozidlo projelo závorami
IN	Start	Start
IN	Stop	Stop
OUT	Zelena LED	Zelená kontrolka
OUT	Červená LED	Červená kontrolka
OUT	M1	Motor levé závory
OUT	M2	Motor pravé závory

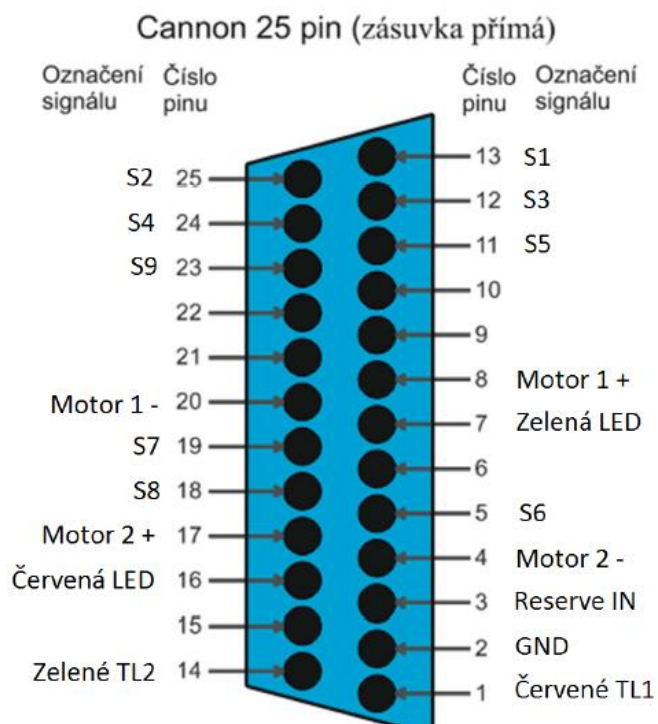
## 2.4.2 Využití řídicí desky

Blokové schéma je opět převzato z bakalářské práce, která se zabývá návrhem a konstrukcí tohoto modelu. Z blokového schématu je patrné, jakým způsobem jsou jednotlivé prvky připojeny k řídicí desce a jak probíhá komunikace mezi nimi.



**Obrázek 18: Model parkoviště - Blokové schéma řídicí desky [6]**

Na obrázku konektoru Cannon 25 níže je uvedeno využití a funkce jednotlivých pinů.

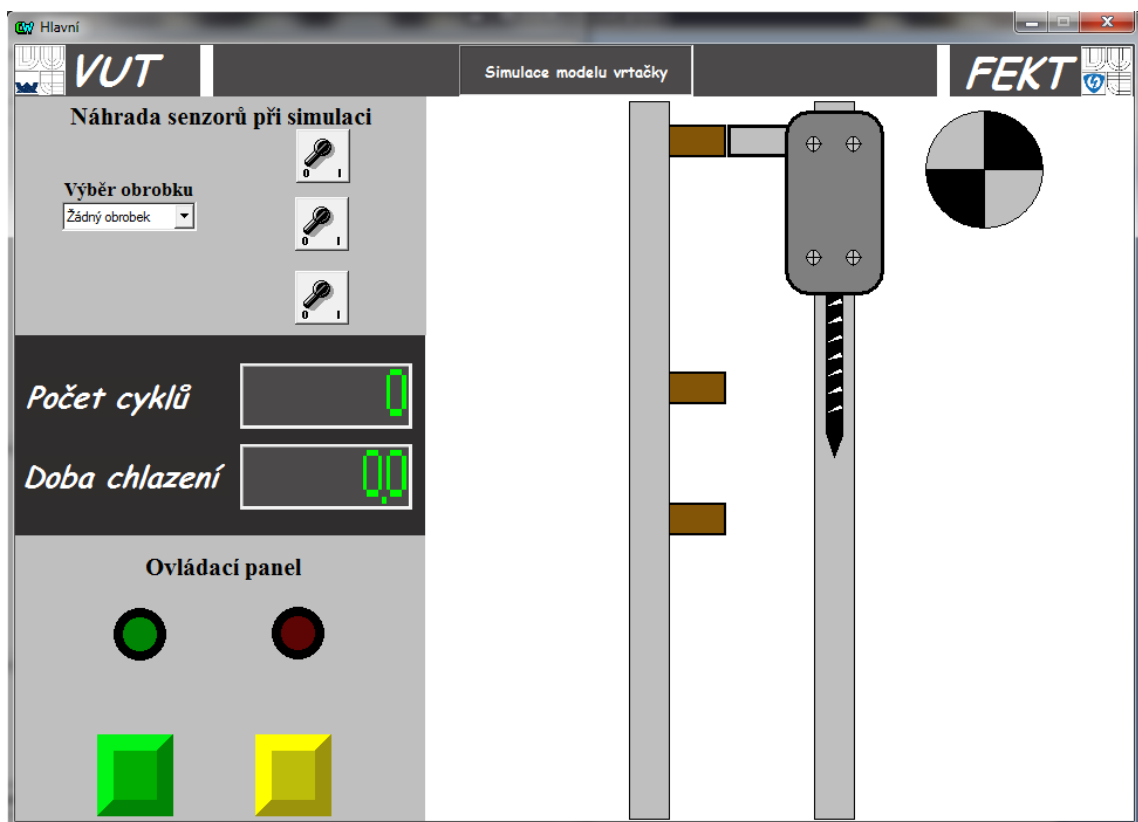


**Obrázek 19: Model parkoviště - zapojení konektoru Cannon 25 [6]**

## 3 SIMULACE

Simulace jsou vytvořené v prostředí Control Web. Je zde snaha především o co nejlepší vystižení jednotlivých modelů a co nejvěrohodnější zachycení jejich pohybů a funkcionality. Všechny simulace pracují dle zadání, které je uvedeno u popisů modelů. Všechny senzory jsou zde simulovány tlačítky. Prakticky se jedná zejména o vizualizaci dané úlohy rozšířenou o možnost přímého ovládání I/O. Propojení s PLC by však bylo v případě potřeby nutné teprve realizovat, což představuje zejména záměnu globálních sensorových proměnných za kanály pro komunikaci s PLC, resp. TIA Portalem.

### 3.1 Simulace stojanové vrtačky



Obrázek 20: Simulace stojanové vrtačky

#### 3.1.1 Popis

Simulace stojanové vrtačky je rozdělena na tři základní části, část vizualizační, ovládací a informační. V pravé části, tedy simulační, je vidět vrtačka, jež zobrazuje, ve které poloze se vrtačka nachází. Dále jsou zde zobrazeny aktivní senzory – zde jsou použity tři. Zobrazuje se zde i vrtaný obrobek (malý/velký). Poslední vizualizační prvek je motor, který informuje o spuštění a roztočení vřetena.

Ovládací část je rozdělena na tři sekce a je umístěna vlevo. První, horní, sekce je zde kvůli simulaci senzorů, které dávají informace o poloze vrtačky a druhu obrobku. Tyto informace bude, při použití v praxi, vizualizace získávat z PLC. Prostřední část zobrazuje informace o počtu cyklů (po třetím cyklu je nutné pětivteřinové chlazení) a o času držení tlačítek Start a Stop (chlazení). Poslední část zobrazuje ovládací panel, který je také fyzicky přítomen na modelu, na kterém jsou tlačítka Start a Stop a také zelená a červená kontrolka.

Poslední, informační, sekce je umístěna nahoře. Je zde zkratka názvu školy a fakulty a také panel, ve kterém jsou zobrazovány základní informace.

### **3.1.2 Manuál**

Pro malý obrobek:

1. Po spuštění simulace nastavíme malý obrobek – náhrada senzorů při simulaci.
2. Sepneme vrchní senzor – náhrada senzorů při simulaci.
3. Stiskneme tlačítko Start – ovládací panel.
4. Rozepneme vrchní senzor a sepneme prostřední.
5. Rozepneme prostřední senzor a sepneme dolní.
6. Rozepneme dolní senzor a sepneme prostřední.
7. Rozepneme prostřední a sepneme horní.

Pro velký obrobek:

1. Po spuštění simulace nastavíme velký obrobek – náhrada senzorů při simulaci.
2. Sepneme vrchní senzor – náhrada senzorů při simulaci.
3. Stiskneme tlačítko Start – ovládací panel.
4. Rozepneme vrchní senzor a sepneme prostřední.
5. Rozepneme prostřední senzor a sepneme vrchní.
6. Rozepneme vrchní senzor a sepneme prostřední.
7. Rozepneme prostřední senzor a sepneme dolní.
8. Rozepneme dolní senzor a sepneme prostřední.
9. Rozepneme prostřední a sepneme horní.

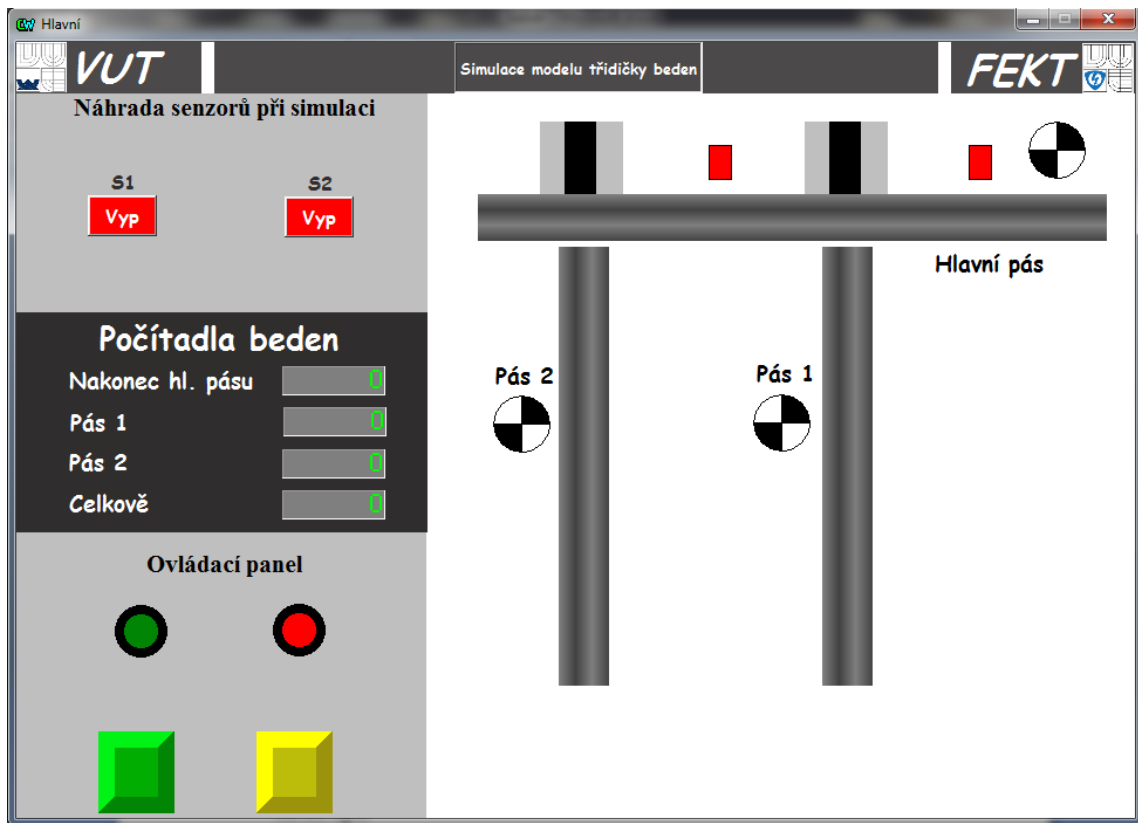
Pro chlazení:

1. Stiskneme tlačítko Start a Stop (použijeme klávesy A a D na klávesnici).

Pro zastavení a inicializaci:

1. Stiskneme tlačítko Stop – vizualizace se zastaví.
2. Chceme – li zinicilizovat, stiskneme tlačítko Start.
3. Vrtačka se rozjede vzhůru, pro ukončení inicializace sepneme vrchní senzor.

## 3.2 Simulace třídičky beden



Obrázek 21: Simulace třídičky beden

### 3.2.1 Popis

Simulace modelu třídičky beden je obdobně jako simulace vrtačky rozdělena do třech částí – vizualizační, ovládací a informační.

V pravé části, tedy simulační, jsou umístěny tři pásy, po kterých jsou posílány bedny. U každého pásu je zobrazen motor, který indikuje, zda se pás rozjel. Dále jsou zde dva senzory, jež zobrazují aktivní senzory. Posledními prvky jsou dva solenoidy, které přesouvají bedny z hlavního pásu na vedlejší.

Ovládací část je rozdělena na opět na tři sekce a je umístěna vlevo. V první, horní, sekci jsou simulovány senzory, které snímají projíždějící bedny. Tyto informace bude, při použití v praxi, vizualizace získávat z PLC. Prostřední část zobrazuje informace o celkovém počtu beden a zároveň o počtu těch, které jsou poslány na první pás, druhý pás a na konec hlavního pásu. Poslední část zobrazuje ovládací panel, který je také fyzicky přítomen na modelu, na kterém jsou tlačítka Start a Stop a také zelená a červená kontrolka.

Poslední, informační, sekce je umístěna nahoře. Je zde zkratka názvu školy a fakulty a také panel, ve kterém jsou zobrazovány základní informace.

### **3.2.2 Manuál**

Pro normální provoz:

Stiskneme tlačítko start, čímž aktivujeme vizualizaci – ovládací panel.

Sepneme senzor S1 – náhrada senzorů při simulaci.

Rozepneme senzor S1.

Po chvíli (aby byl mezi bednami rozestup) opět sepneme senzor S1.

Rozepneme senzor S1.

Opět po chvíli sepneme senzor S1.

Rozepneme senzor S1.

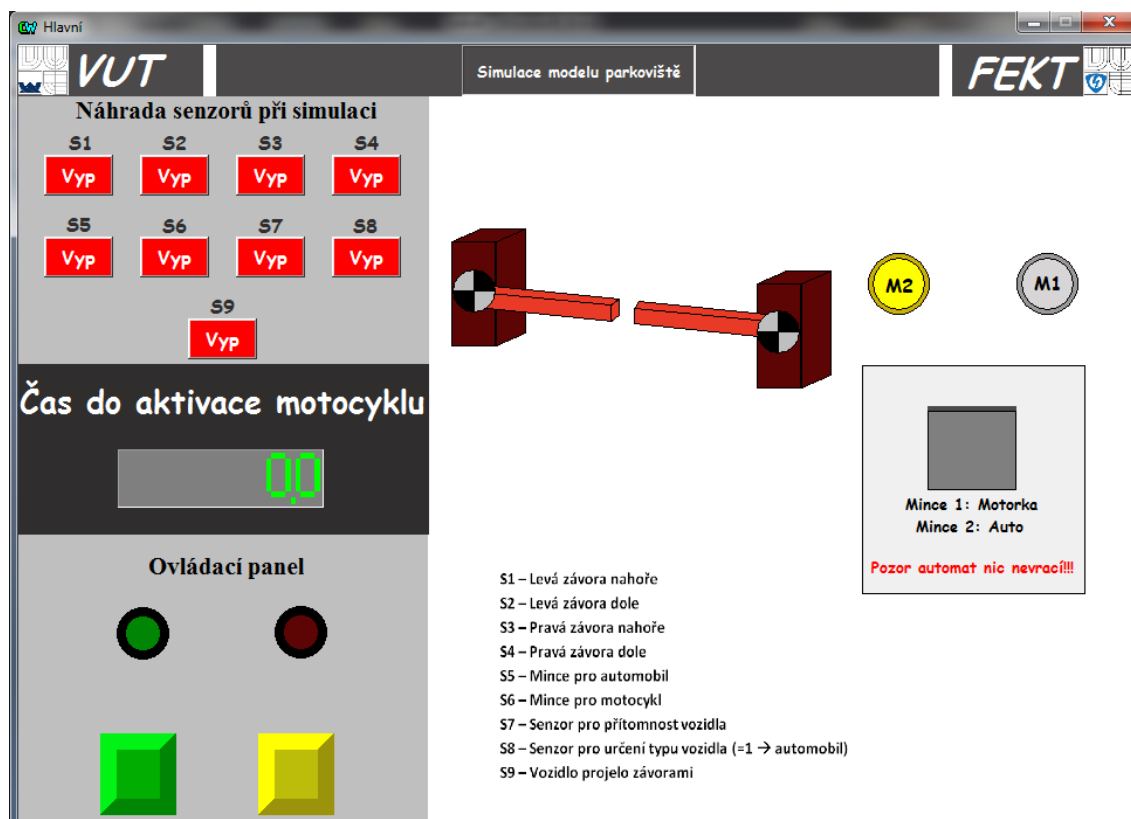
Nyní máme na pásech 3 bedny, první z nich je nejspíše už na prvním vedlejším pásu a další 2 pokračují na hlavním pásu. Až bude první z nich u senzoru S2 je třeba ho sepnout, aby se aktivoval druhý vedlejší pás (není absolutně nutné, jde pouze o to, aby se aktivoval motor u tohoto pásu).

Pro zastavení a inicializaci:

Stiskneme tlačítko Stop – tím se vynulují i počítadla.

Stiskneme Start k opětovné aktivaci.

### 3.3 Simulace parkoviště



Obrázek 22: Simulace parkoviště

#### 3.3.1 Popis

Stejně jako předchozí dvě je simulace parkoviště rozdělena na tři základní části, a sice část vizualizační, ovládací a informační.

V pravé, simulační, části je vstupní brána na parkoviště, která je tvořena dvěma závorami a dvěma motory. Závory ukazují, zda je vstup otevřen či zavřen. Motory signalizují probíhající otevírání/zavírání závor. Dále jsou zde zobrazeny modely automobilu a motocyklu. Nechybí ani vizualizace platebního automatu, do kterého lze vhodit minci pro automobil a minci pro motocykl. Dále je zde popis jednotlivých senzorů.

Ovládací část je i zde rozdělena na tři sekce a je umístěna vlevo. První, horní, sekce je zde kvůli simulaci senzorů, které ukazují polohu závor, typ vozidla a jaká mince byla vhozena. Tyto informace bude, při použití v praxi, vizualizace získávat z PLC. Prostřední část zobrazuje čas do aktivace motocyklu (po aktivaci senzoru S7 jsou 2 vteřiny na to, aby se aktivoval senzor S8 – oba aktivní znamenají automobil). Poslední část zobrazuje ovládací panel, který je také fyzicky přítomen na modelu, na kterém jsou tlačítka Start a Stop a také zelená a červená kontrolka.

Poslední, informační, sekce je umístěna nahoře. Je zde zkratka názvu školy a fakulty a také panel, ve kterém jsou zobrazovány základní informace.

### **3.3.2 Manuál**

Pro automobil:

1. Sepneme senzory S2 a S4 (závory nahoře) – náhrada senzorů při simulaci
2. Sepneme senzor S5 (mince pro automobil)
3. Stiskneme tlačítko Start – ovládací panel
4. Sepneme senzor S7 (přítomnost vozidla) a do 2 vteřin i senzor S8 (automobil)
5. Rozepneme senzory S2 a S4
6. Sepneme senzory S1 a S3
7. Rozepneme senzory S7 a S8
8. Sepneme senzor S9
9. Rozepneme senzory S1 a S3
10. Sepneme senzory S2 a S4
11. Rozepneme senzor S9 a S5

Pro motocykl:

1. Sepneme senzory S2 a S4 (závory nahoře) – náhrada senzorů při simulaci
2. Sepneme senzor S6 (mince pro motocykl)
3. Stiskneme tlačítko Start – ovládací panel
4. Sepneme senzor S7 (přítomnost vozidla)
5. Rozepneme senzor S4
6. Sepneme senzor S3
7. Rozepneme senzor S7
8. Sepneme senzor S9
9. Rozepneme senzor S3
10. Sepneme senzor S4
11. Rozepneme senzor S9 a S6

Pro zastavení a inicializaci:

1. Stiskneme tlačítko Stop – vizualizace se zastaví.

## 4 SIMULÁTORY

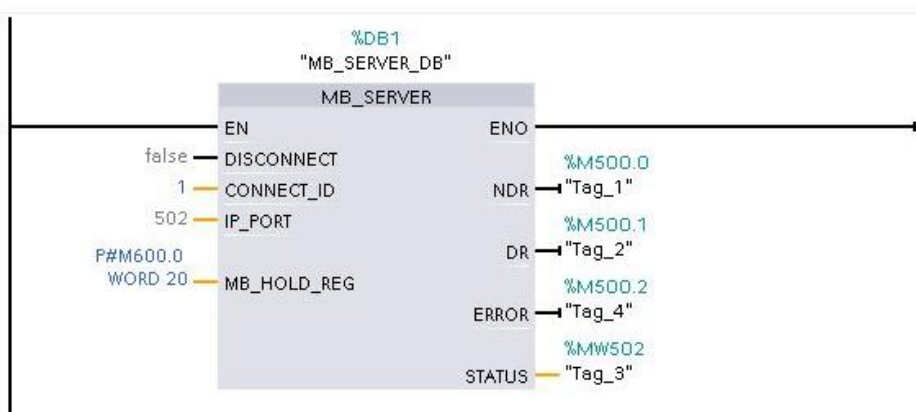
Simulátory jsou stejně jako simulace vytvořené v prostředí Control Web. Hlavním rozdílem mezi simulacemi a simulátory je ten, že simulace fungují zcela samostatně a simulují chování modelu pro konkrétní zadání. Simulátory jsou však navrženy tak, aby reálně simulovaly daný model a zároveň byly i stejně programovatelné. Jde v podstatě o „interaktivní“ simulátory, které lze přes PLC naprogramovat k různým úkonům, avšak úloha by se měla alespoň blížit zadané. Z časových důvodů nebylo možné otestovat simulátory pro všechny alternativy, ale každá pohyblivá část v simulátoru je ve většině případů programována samostatně, právě kvůli možné změně zadání.

K řízení simulátorů je použito PLC S7-1200, které je kompaktní a rozšiřitelné. Je vybaveno integrovanými I/O a rozhraním PROFINET pro programování. Toto PLC lze programovat v prostředí TIA Portal, které nabízí několik programovacích jazyků, jako LADDER, FBD či STL. Pro tyto úlohy byl použit právě LADDER. Pro komunikaci PLC a Control Webu je využit komunikační protokol MODBUS/TCP.

### 4.1 Propojení simulátorů s TIA Portal

Pro komunikaci PLC s Control Web je nutné vložit do kódu komunikační prostředek s názvem „MB\_SERVER\_DB“, který lze nalézt v sekci Communication ve složkách Others/MODBUS TCP.

Zde, jak je vidět na obrázku níže, je třeba nastavit několik vstupně výstupních parametrů. Nejdůležitější je však nastavení parametrů v levé části, která jsou nastaveny podle obrázku. Je zde otevření komunikace, uzavření komunikace, identifikace, IP port, a hlavně rozsah adres (paměti) určené čistě pro komunikaci (v tomto případě s Control Webem).



Obrázek 23: MB\_SERVER\_DB

Na straně Control Webu je komunikace MODBUS/TCP realizována mapovacím souborem mbustcp.dmf, kde je vždy určitý rozsah adres přiřazen určitému typu proměnných. Zde jsou využity pouze 2 typy a tedy i 2 rozsahy adres:

100 - 199 real bidirectional

200 - 299 boolean bidirectional

Dále je použit parametrizační soubor MBUSTCP.PAR, kde se nastavuje komunikace:

Mode=RTU

CheckTime=50000

ConnectOnStartup=false

EnableMonitor=true

Timeout=1000

DisablePresetSingleRegister=false

MaxRegistersInBlock=100

TraceOutput=None

Dále jsou zde definované kanály (definice IP adresy, rozsah kanálů, typ, směr komunikace apod.)

V Control Webu je pak volán driver:

```
driver MODBUS : 'dummy.dll', 'mbustcp.dmf', 'MBUSTCP.PAR'; end_driver;
```

U každého ze simulátorů jsou uvedeny komunikační kanály, které jsou použity, a jejich adresy. To pro samotného uživatele (programátora PLC) není až tak důležité. Jeho úkolem bude nastavit komunikaci v TIA Portalu. Ovšem pokud bude třeba nějaká změna na rozhraní Vstup - Výstup, bude třeba zasáhnout i do této části. Důležité bude nastavit správně komunikaci na straně TIA Portalu, která je popsána výše.

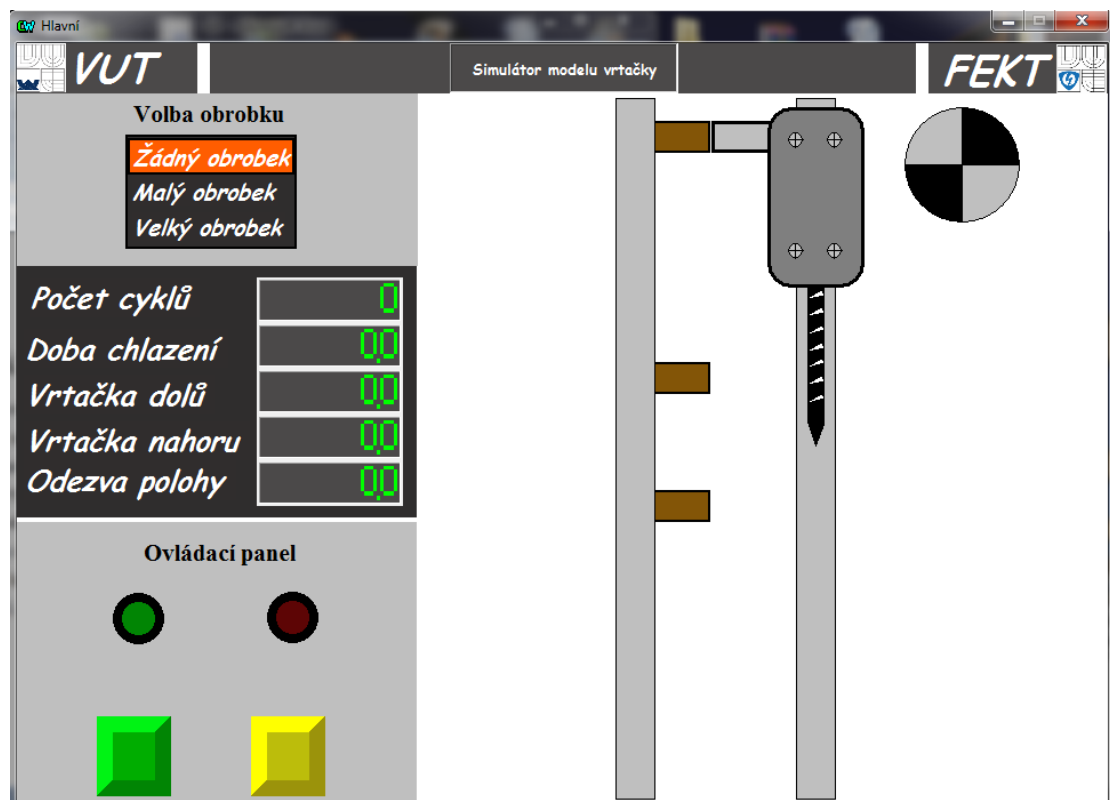
## 4.2 Simulátor stojanové vrtačky

Simulátor stojanové vrtačky je podobně jako simulace rozdělena do několika částí.

V levé části je umístěn ovládací panel, který koresponduje s reálným panelem. Zde se dá využít stisk tlačítek z klávesnice (Start = A a Stop = D). Dále je zde informační panel, kde jsou informace o tom, jak dlouho trvá pohyb vrtačky směrem dolů a nahoru (základní nastavení je na 5 vteřin, po kterých se vrtačka přesune z jedné pozice do druhé). Dále je tu informace o zpoždění odezvy senzorů, opět z důvodů zpoždění reakce, jinak by to příkazy z PLC vykonalo velmi rychle a uživatel by neměl šanci zpozorovat, co všechno se provedlo. Také jsou zde informace obdržené z PLC o počtu cyklů a době chlazení. Poslední prvek v této části, je volba typu obrobku.

V právě části simulátoru je již model vrtačky. Jak bylo již řečeno, může se zadání pro tuto úlohu změnit a simulátor by se měl i tak chovat stejně jako model. Jediná věc, kterou je třeba zachovat, je funkce tlačítka Stop. Model funguje v podstatě tak, že dostane pokyn Dolů a vrtačka se uvede do pohybu a po 5 vteřinách se přesune na prostřední senzor. Po malé chvilce (Odezva polohy) se dá opět do pohybu, po dalších 5 vteřinách se dostane do dolní polohy a ukončí pohyb.

Okno simulátoru stojanové vrtačky je na obrázku 24.



Obrázek 24: Simulátor stojanové vrtačky

## 4.2.1 Popis algoritmu

Jak již bylo zmíněno, každý objekt je programován jako samostatná jednotka, která reaguje na určité podněty (výstupy z PLC) a v závislosti na jeho vnitřním algoritmu je pak spínán některý z výstupů (vstupy do PLC).

Displeje a multiswitch (volba obrobku), jsou jednoduché objekty Control Webu, které stačí pouze naparametrovat a ony vykonávají svoji danou funkci. U displeje jsou to zobrazované hodnoty. U multiswitchu je to volba typu obrobku, kde se zvolená proměnná nastaví na true.

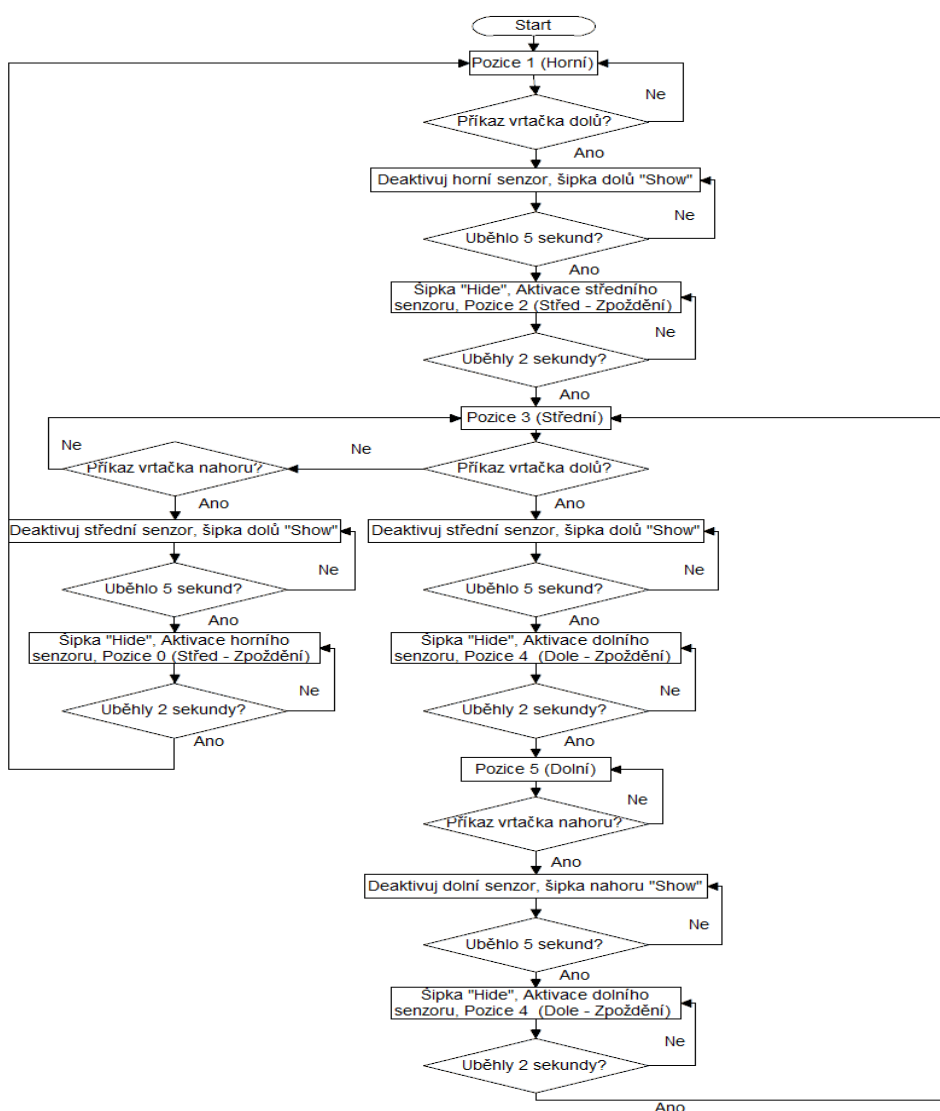
Další již o něco složitější jsou objekty kontrolních LED a tlačítek. Ty jsou kvůli věrnějšímu zobrazení ovládacího panelu namalovány. Jak tlačítka, tak kontrolky jsou namalovány pro stav true i false. Tyto objekty, zobrazující dva různé stavy, jsou položeny na sebe a podle stavu proměnné se zobrazí daný objekt. U tlačítka je to tak, že po stisku objektu se aktivuje proměnná a v závislosti na jejím stavu se objeví objekt značící stisknuté tlačítko.

Objekty na pravé straně jsou programovány velice podobným stylem. V případě aktivace proměnné „FromPLC.VrtaniPLC“ se aktivuje otáčení motoru. Pokud se aktivuje některý ze senzorů, zviditelní se zelený objekt indikující stav true (překryje hnědý objekt). Pokud je zvolen obrobek, zviditelní se objekt, jenž ho znázorňuje. Pouze objekty zobrazující vrtačku a objekty zobrazující její pohyb (šipky) nejsou závislé na žádné proměnné, ale jsou zobrazovány podle stavu, ve kterém se nachází řídicí algoritmus.

Fyzický model vrtačky se nemůže pohybovat libovolně, je závislý na fyzikálních zákonech a nemůže tedy přeskočit například z horní polohy do dolní, aniž by projel střední. A takto by se tedy neměl chovat ani simulátor. O toto se stará hlavní algoritmus, který na základně aktuální polohy a příkazu z PLC, určuje kde se vrtačka nachází a kam se aktuálně pohybuje. Algoritmus je rozdělen do pěti stavů, které jsou vždy podmíněny číslem pozice, která určuje, v jakém stavu se nacházela vrtačka, a samozřejmě aktivovaným senzorem.

Pozice 0 – ta se aktivuje, pokud byla vrtačka ve střední poloze a dostala pokyn jet nahoru a zároveň se aktivoval horní senzor (to se stane po pěti sekundách). V tuto chvíli se zobrazí, jak bylo řečeno výše, zelený objekt znázorňující aktivní horní senzor. Dále se objeví objekt znázorňující vrtačku v horní poloze a spustí se čas zpoždění, který je vidět na displeji „Odezva polohy“. Toto zpoždění je tu z jednoho důvodu. Pokud chce programátor, aby vrtačka sjela například z horní polohy přímo do dolní, tak by ani nezaregistroval, že se vůbec aktivoval střední senzor, protože by to přeskočilo z pohybu mezi horním a středním rovnou na pohyb střední – dolní. Toto zpoždění zajistí, že minimálně dvě sekundy bude vidět, že je senzor aktivní a tudíž, že tudy vrtačka projíždí.

I v reálu je senzor aktivní po nějakou dobu, když vrtačka projíždí. Po uplynutí tohoto zpoždění se aktivuje Pozice 1. Nyní se čeká na aktivaci proměnné „FromPLC.VrtackaDoluPLC“ (výstup z PLC). Pokud se aktivuje, deaktivuje se proměnná horního senzoru, zobrazí se šipka dolů a spustí se pěti sekundové zpoždění, které simuluje dobu pohybu vrtačky ke střednímu senzoru. Poté se aktivuje Pozice 2, aktivuje se proměnná středního senzoru, šipka zmizí, zobrazí se aktivní senzor a opět se spustí dvou sekundové zpoždění. Po uplynutí se algoritmus přesune do Pozice 3 a čeká na příkaz pro pohyb dolu či nahoru a dle toho se tato sekvence příkazů stále opakuje i pro pozice 4 (dvou sekundové čekání v dolní poloze) a 5 (čekání na příkaz pohyb nahoru). V diagramu níže je zjednodušeně popsán základní algoritmus funkce simulátoru vrtačky.



Obrázek 25: Simulátor stojanové vrtačky - vývojový diagram

## 4.2.2 Připojení k PLC (S7 -1200) přes TIA Portal

Zde jsou tabulky vstupů a výstupů pro simulátor stojanové vrtačky. Je zde uveden název a index proměnné v Control Webu, což není pro uživatele až tak důležité, ale zároveň je tu uvedena adresa této proměnné v TIA Portalu. Pokud uživatel nastaví správně komunikaci dle návodu, budou adresy proměnných shodné s tabulkou.

**Tabulka 4: Proměnné From PLC Stojanová vrtačka**

Název	Control Web		TIA Portal	Typ
Červená LED	LedCerPLC	MODBUS – 212	M600.4	BOOL
Zelená LED	LedZelPLC	MODBUS – 213	M600.5	BOOL
Vrtačka Dolů	VrtackaDoluPLC	MODBUS – 214	M600.6	BOOL
Vrtačka Nahoru	VrtackaNahoruPLC	MODBUS – 215	M600.7	BOOL
Vrtání	VrtaniPLC	MODBUS – 216	M603.0	BOOL
Počet cyklů	PocetCyklu	MODBUS – 102	MW604	REAL
Čas chlazení	CasChlazení	MODBUS – 105	MD608	REAL

**Tabulka 5: Proměnné To PLC Stojanová vrtačka**

Název	Control Web		TIA Portal	Typ
Start	StartPLC	MODBUS – 211	M601.1	BOOL
Stop	StopPLC	MODBUS – 212	M601.2	BOOL
Horní Senzor	SenzorHorePLC	MODBUS – 213	M601.3	BOOL
Střední Senzor	SenzorStredPLC	MODBUS – 214	M601.4	BOOL
Dolní Senzor	SenzorDolePLC	MODBUS – 215	M601.5	BOOL
Malý Obrobek	MalyObrobekPLC	MODBUS – 207	M601.7	BOOL
Velký Obrobek	VelkyObrobekPLC	MODBUS – 208	M600.0	BOOL

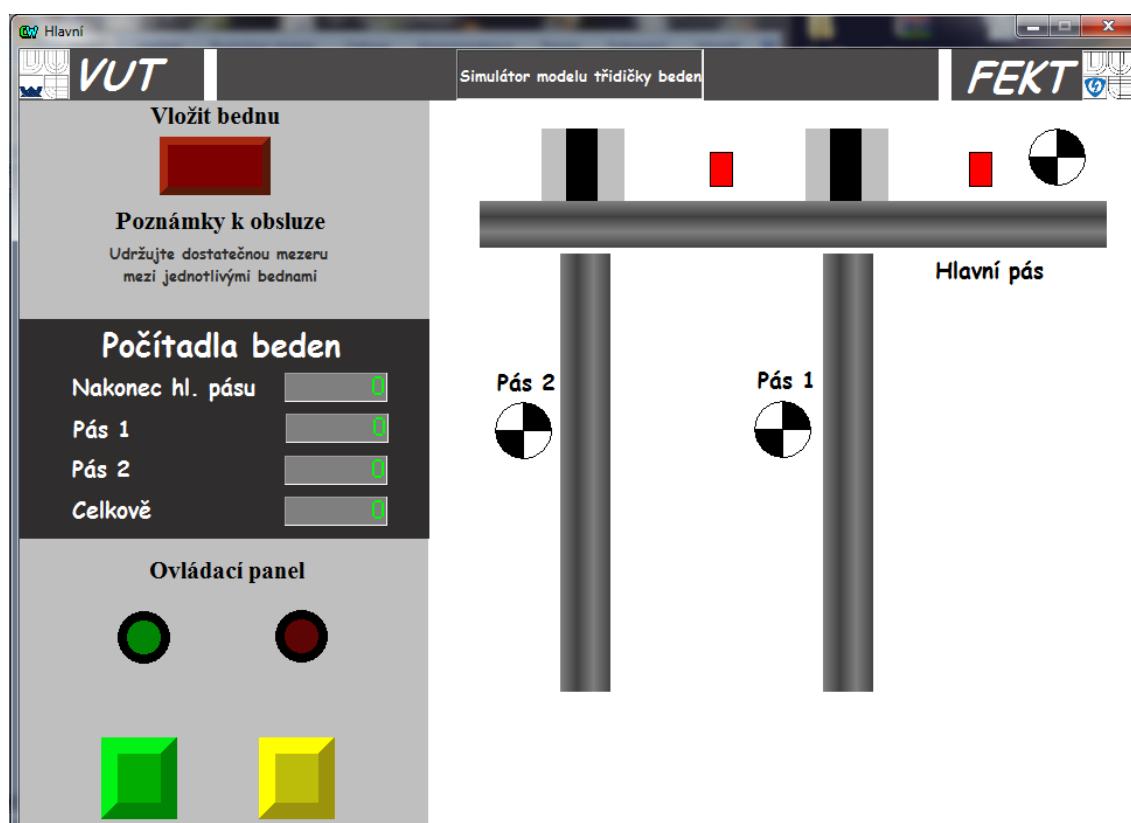
### 4.3 Simulátor třídičky beden

Simulátor třídičky je opět rozdělen do několika základních částí.

V levé části je opět umístěn ovládací panel s tlačítky Start a Stop a se zeleným a červeným indikátorem. Dále je tu informační část, kam bude uživatel (programátor PLC) zapisovat počty beden, které projeli daným pásem či celkové množství. Poslední panel obsahuje tlačítko pro přidání bedny na hlavní pás. Zde ne nutně upozornit, že je třeba dodržovat určitou vzdálenost mezi bednami, z důvodů možného chybného chování simulátoru při použití některého solenoidu.

V pravé části jsou umístěny 3 dopravníkové pásy, z nichž jeden je hlavní a 2 vedlejší. Pohyby pásů jsou simulovány motory u každého z pásů. Bedny se pohybují po pásech pouze v případě, že jsou tyto motory aktivní. Opět by se měl simulátor chovat stejně jako model, ale opět je však třeba zachovat funkci tlačítka Stop a počítat s vložením bedny na počátek hlavního pásu

Okno simulátoru třídičky beden je na obrázku 26.



Obrázek 26: Simulátor třídičky beden

### 4.3.1 Popis algoritmu

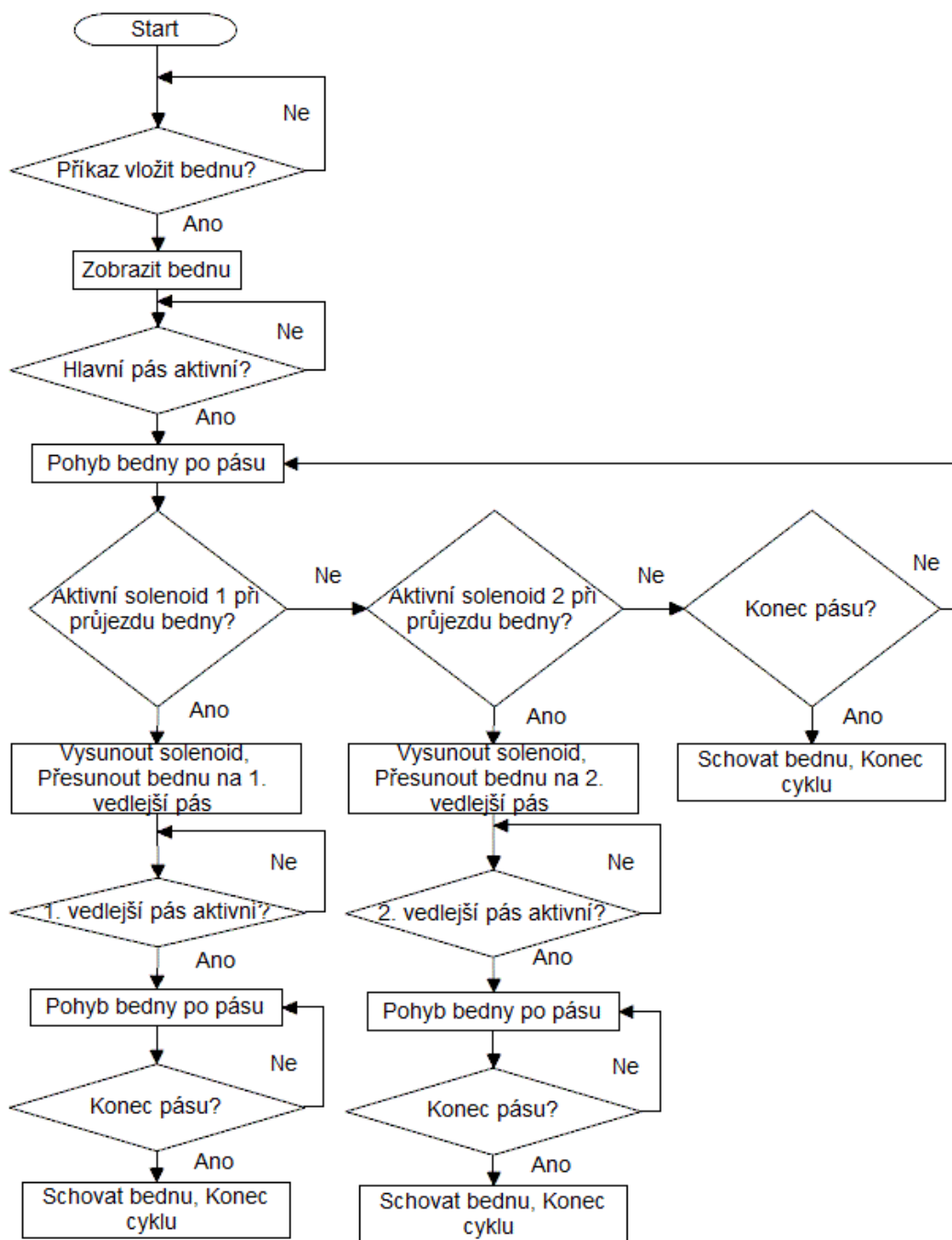
Jak již bylo zmíněno každý objekt je programován jako samostatná jednotka, která reaguje na určité podněty (výstupy z PLC) a v závislosti na jeho vnitřním algoritmu je pak spínán některý z výstupů (vstupy do PLC).

Displeje, jsou jednoduché objekty Control Webu, které stačí pouze naparametrovat a ony vykonávají svoji danou funkci. U displeje jsou to zobrazované hodnoty. Další již o něco složitější jsou objekty kontrolních LED a tlačítek. Ty jsou kvůli věrnějšímu zobrazení ovládacího panelu namalovány. Jak tlačítka, tak kontrolky jsou namalovány pro stav true i false. Tyto objekty, zobrazující dva různé stavy, jsou položeny na sebe a podle stavu proměnné se zobrazí daný objekt. U tlačítka je to tak, že po stisku objektu se aktivuje proměnná a v závislosti na jejím stavu se objeví objekt značící stisknuté tlačítko.

Objekty na pravé straně jsou programovány velice podobným stylem. Aktivace pásu znamená spuštění motoru u daného pásu. Pokud se aktivuje některý ze senzorů, zviditelní se zelený objekt indikující stav true (překryje červený objekt).

Řešení toho algoritmu zabralo nejvíce času. Problémů se objevilo hned několik. Hlavní byl ten, že každá vložená bedna musí mít možnost jet v podstatě kamkoli a to jen v závislosti na aktivaci solenoidů a to navíc pouze v určitém místě (čase, kdy bedna projíždí kolem solenoidu). Dalším bylo mít možnost vložit více beden na jednu. První problém jsem vyřešil relativně složitým algoritmem, ten druhý pouhým rozkopírováním daného algoritmu 10x, čímž je omezen počet beden na 10.

Celý algoritmus je podmíněn důležitým pravidlem - pokud není aktivní některý z pásů na, kterém se objeví bedna, tak se bedna nepohybuje. Poté je tam organizační „switch-case“, který pouze říká, která bedna je právě na řadě. A samotný algoritmus pro jednu bednu je následující. Po vložení bedny na hlavní pás, který je aktivní, se začne bedna přesouvat po páse. Když se přiblíží do určité vzdálenosti k prvnímu solenoidu, pokračuje sice v pohybu, ale pokud je stále v určitém rozsahu kolem solenoidu a solenoid se aktivuje, tak přesune bednu na první vedlejší pás. Pokud se tak nestane, tak bedna pokračuje k druhému senzoru, který se aktivuje při projetí bedny kolem něj. Až bedna dorazí k druhému solenoidu, opakuje se situace jako u prvního solenoidu. Pokud se aktivuje, přesune bednu na druhý vedlejší pás, pokud ne dojde bedna na konec hlavního pásu. Na vývojovém diagramu níže je opět uveden základní algoritmus a myšlenka cyklu jedné bedny.



Obrázek 27: Simulátor třídičky beden - vývojový diagram

### 4.3.2 Připojení k PLC (S7 -1200) přes TIA Portal

Zde jsou tabulky vstupů a výstupů pro simulátor třídičky beden. Stejně tak jako u simulátoru vrtačky je v tabulkách níže uveden název a index proměnné v Control Webu a zároveň je tu uvedena adresa této proměnné v TIA Portalu. Pokud uživatel nastaví správně komunikaci dle návodu, budou adresy proměnných shodné s tabulkou.

**Tabulka 6: Proměnné From PLC - Třídička beden**

Název	Control Web		TIA Portal	Typ
Červená LED	LedCerPLC	MODBUS – 212	M600.4	BOOL
Zelená LED	LedZelPLC	MODBUS – 213	M600.5	BOOL
Pás 1 (Hlavní)	Pas1PLC	MODBUS – 214	M600.6	BOOL
Pás 2	Pas2PLC	MODBUS – 215	M600.3	BOOL
Pás 3	Pas3PLC	MODBUS – 216	M603.0	BOOL
Solenoid 1	Solenoid1PLC	MODBUS – 209	M600.1	BOOL
Solenoid 2	Solenoid2PLC	MODBUS – 207	M601.7	BOOL
P. beden pás hlavní	HlavniPasPocetPLC	MODBUS – 102	MW604	REAL
P. beden pás 1	Pas1PocetPLC	MODBUS – 105	MW610	REAL
P. beden pás 2	Pas2PocetPLC	MODBUS – 107	MW614	REAL
Celkový počet	CelkovyPocetPLC	MODBUS – 110	MW620	REAL

**Tabulka 7: Proměnné To PLC - Třídička beden**

Název	Control Web		TIA Portal	Typ
Start	StartPLC	MODBUS – 201	M601.1	BOOL
Stop	StopPLC	MODBUS – 202	M601.2	BOOL
Senzor 1	S1PLC	MODBUS – 203	M601.3	BOOL
Senzor 2	S2PLC	MODBUS – 204	M601.4	BOOL

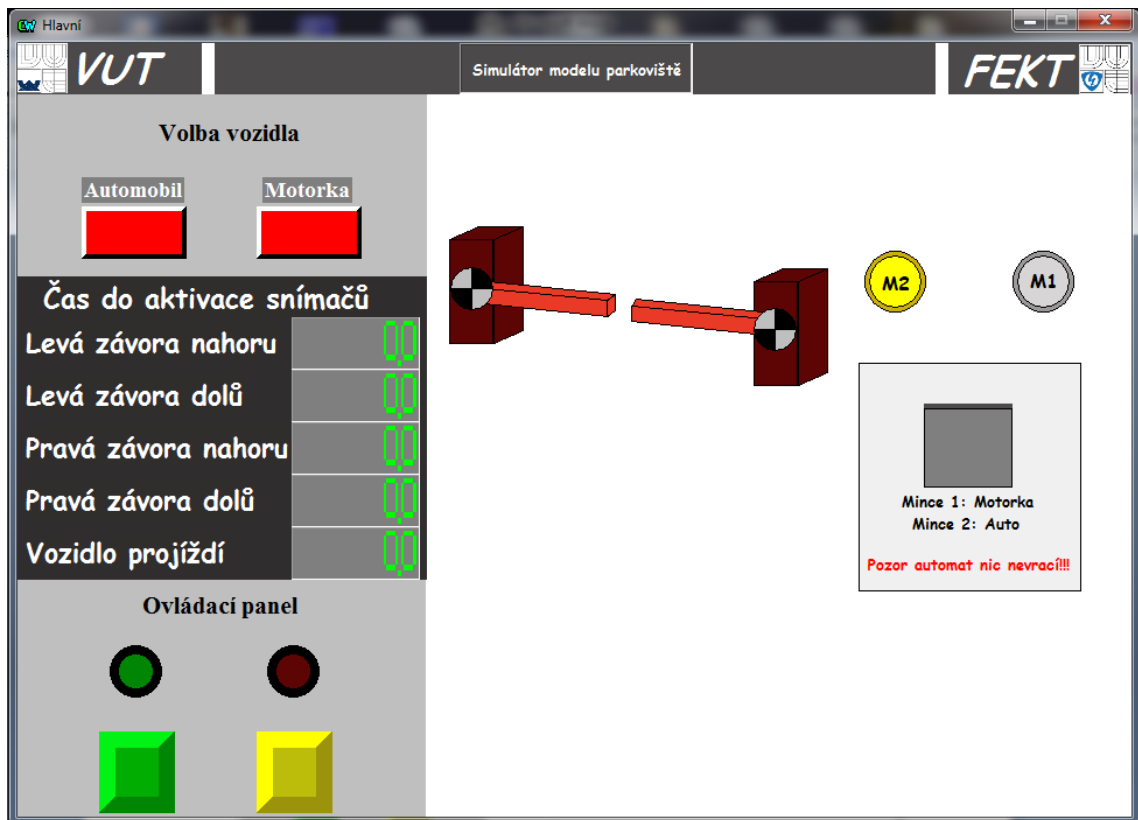
## 4.4 Simulátor parkoviště

Stejně jako u předchozích simulátorů je základní obrazovka rozdělena na 2 části.

V levé je umístěn ovládací panel s tlačítky a indikátory. Jsou zde zobrazeny časy do aktivace senzorů, které aktivuje simulátor. Pro příklad, pokud simulátor dostane z PLC příkaz, aby zvednul levou závoru, tak simulátor aktivuje levý motor a zároveň čas „Levá závora nahoru“, po jehož uběhnutí se aktivuje proměnnou. LevaZavoraHore“, která se zašle do PLC. V této části je umístěna také volba automobilu či motocyklu.

V druhé části jsou umístěny závory s motory, dále automat pro vhození mincí (ty se zde vkládají automaticky). Po stisku některého z tlačítek Automobil či Motorka se zde objeví model automobilu či motocyklu.

Okno simulátoru parkoviště je na obrázku 28.



Obrázek 28: Simulátor parkoviště

## 4.4.1 Popis algoritmu

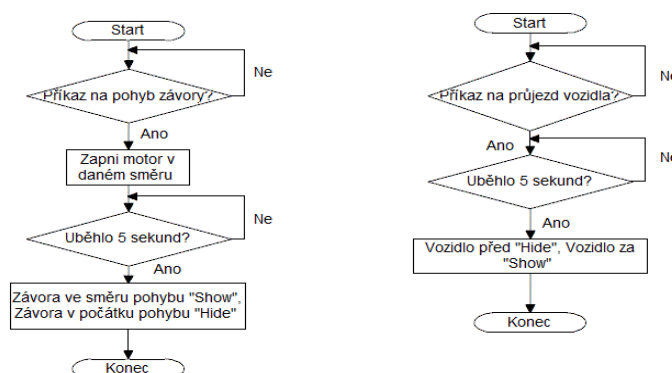
Jak již bylo zmíněno každý objekt je programován jako samostatná jednotka, která reaguje na určité podněty (výstupy z PLC) a v závislosti na jeho vnitřním algoritmu je pak spínán některý z výstupů (vstupy do PLC). Displeje a tlačítka pro volbu vozidla jsou jednoduché objekty Control Webu, které stačí pouze naparametrovat a ony vykonávají svoji danou funkci. U displeje jsou to zobrazované hodnoty. U tlačítek jsou to proměnné, u kterých se změní hodnota z true na false.

Další již o něco složitější jsou objekty kontrolních LED a tlačítek. Ty jsou kvůli věrnějšímu zobrazení ovládacího panelu namalovány. Jak tlačítka, tak kontrolky jsou namalovány pro stav true i false. Tyto objekty, zobrazující dva různé stavy, jsou položeny na sebe a podle stavu proměnné se zobrazí daný objekt. U tlačítka je to tak, že po stisku objektu se aktivuje proměnná a v závislosti na jejím stavu se objeví objekt značící stisknuté tlačítko.

Objekty na pravé straně jsou programovány velice podobným stylem. Aktivace některé mince znamená, vložení dané mince do automatu. Pokud se aktivuje pohyb některé ze závor, motor dané závor se začne točit směrem odpovídajícím pohybu. To opět trvá 5 sekund, poté se aktivuje konečná poloha odpovídající pohybu. Pokud se aktivuje některá z poloh závor (horní, dolní), zobrazí se závora v této poloze. Také vozidlo se zobrazí po jeho výběru a poté podle toho zda může jet (závor jsou nahoře a je aktivní proměnná „ToPLC.VozidloMuzeJet“ se zobrazí za závorami).

U tohoto simulátoru není zvláštní algoritmus pro hlídání fyzikálních pravidel, protože je z tohoto pohledu model parkoviště velice jednoduchý a každý prvek si toto hlídal sám. Složitost byla v nadměrném počtu výstupů (vstupů do PLC) než bylo u ostatních.

V diagramech níže jsou uvedeny jen dva příklady z několika menších algoritmů.



Obrázek 29: Simulátor parkoviště - vývojový diagram

#### 4.4.2 Připojení k PLC (S7 -1200) přes TIA Portal

I zde máme tabulky, kde je uveden název a index proměnné v Control Webu a zároveň je tu uvedena adresa této proměnné v TIA Portalu. Pokud uživatel nastaví správně komunikaci dle návodu, budou adresy proměnných shodné s tabulkou.

**Tabulka 8: Proměnné From PLC - Parkoviště**

Název	Control Web		TIA Portal	Typ
Červená LED	LedCerPLC	MODBUS – 212	M600.4	BOOL
Zelená LED	LedZelPLC	MODBUS – 213	M600.5	BOOL
Levá závora dolů	LZavDoluPLC	MODBUS – 214	M600.6	BOOL
Pravá závora dolů	PZavDoluPLC	MODBUS – 215	M603.0	BOOL
Levá závora nahoru	LZavNahoruPLC	MODBUS – 216	M600.7	BOOL
Pravá závora nahoru	PZavNahoruPLC	MODBUS – 217	M603.1	BOOL

**Tabulka 9: Proměnné To PLC - Parkoviště**

Název	Control Web		TIA Portal	Typ
Start	StartPLC	MODBUS – 201	M601.1	BOOL
Stop	StopPLC	MODBUS – 202	M601.2	BOOL
Levá dole	LZavDolePLC	MODBUS – 203	M601.3	BOOL
Levá nahoře	LZavHorePLC	MODBUS – 204	M601.4	BOOL
Pravá dole	PZavDolePLC	MODBUS – 205	M601.5	BOOL
Pravá nahoře	PZavHorePLC	MODBUS – 206	M601.6	BOOL
Auto	AutoPLC	MODBUS – 207	M601.7	BOOL
Motorka	MotorkaPLC	MODBUS – 208	M600.0	BOOL
Mince pro auto	MinceAutoPLC	MODBUS – 209	M600.1	BOOL
Mince pro motorku	MinceMotoPLC	MODBUS – 210	M600.2	BOOL
Vozidlo projelo	VozidloProjeloPLC	MODBUS – 211	M600.3	BOOL
Vozidlo může jet	VozidloMuzeJetPLC	MODBUS – 218	M603.2	BOOL

## 5 DEMONSTRACE FUNKČNOSTI

Funkčnost simulátorů byla, jak již bylo zmíněno, ověřena a vyzkoušena naprogramováním daných úloh pomocí TIA Portalu. Tyto vytvořené programy byly poté nahrány do PLC S7-1200, který se tímto stal řídicí jednotkou simulátorů. Na základě vstupů (tlačítka a senzory ze simulátorů) spínal výstupy (akční členy v simulátoru), které „rozpohybovaly“ dané segmenty v simulátoru.

Z testování každého simulátoru bylo pořízeno video pro demonstraci funkčnosti a kvůli možnosti efektivní ukázky. Tyto videa jsou umístěny v příloze, viz čísla 11,12 a 13.

Pro uvedení některého projektu do provozu uvedu příklad na simulátoru parkoviště. Na přiloženém CD otevřu složku Priloha → Parkoviste → Software → Simulator (zde se otevře Control Web simulátor). Poté spustím TIA Portal, vytvořím nový projekt a udělám hardwarovou konfiguraci. Nyní se přesunu na stranu 33 tohoto dokumentu a podle návodu nastavím komunikaci mezi TIA Portalem a Control Webem. Nyní se přesunu na stranu 45 a podle tabulky si vytvořím komunikační bity nebo číselné proměnné, pokud je simulátor obsahuje. Nyní lze již začít programovat dle nějakého zadání. Pokud si programátor nebude jistý funkčností simulátoru, může ho vyzkoušet s testovacím řídicím programem, který je ve složce Software → Ridici program. Tento program odpovídá zadání úlohy, které je uvedeno u každého modelu v tomto dokumentu a byl použit právě pro testování daného simulátoru. Samozřejmě nemusí odpovídat aktuálnímu zadání daného projektu, ale jak je uvedeno výše simulátor je interaktivní stejně jako je fyzický model sám, proto by jeho reakce měla být stejná jako u modelu. Z toho vyplývá, že pokud řídicí program funguje na fyzickém modelu, tak by měl s velkou pravděpodobností fungovat i na simulátoru. Příloha také obsahuje reporty z TIA Portalu, kde jsou vidět řídicí programy. V příloze jsou obsaženy také videa ukazující funkčnost jednotlivých simulátorů, ty jsou na těchto videích řízeny přiloženými řídicími programy.

## ZÁVĚR

Ve své semestrální a bakalářské práci jsem vytvořil simulace a simulátory laboratorních úloh parkoviště, vrtačky a třídičky beden. Simulace zobrazují pohyby a funkci modelu pro dané zadání. Není možné ho programovat, lze pouze tlačítka simulovat signály senzorů a sledovat pohyby modelu pro dané zadání. Simulace sloužily primárně jako vizualizace dané úlohy, ovšem rozšířené o možnost simulování jednotlivých vstupů a výstupů, a po menších úpravách by také mohly být pro tyto účely využity. Vytvořeny byly krom potřeby vizualizace zejména za účelem možnosti testování jednotlivých stavů modelu. Dalším krokem pak bylo vytvořit simulátory těchto tří modelů. Hlavním rozdílem mezi simulací a simulátorem je ten, že simulátor lze programovat naprosto stejně jako model. Je stejně interaktivní jako model sám a není omezen pouze na jedno zadání. V praxi by měl být schopen plně nahradit model. Všechny simulátory byly otestovány pomocí PLC S7-1200, které bylo programováno přes prostředí TIA Portal. Na jednotlivé simulátory byly implementovány algoritmy podle zadání, které jsou popsány u každého modelu. Simulátory byly otestovány pro několik alternativ v podobě různých přístupů k programování a byly tak odladěny pro požadovanou funkci. Zejména z časových důvodů však nebylo možné otestovat všechny možné přístupy a alternativy. Avšak vzhledem k faktu, že každý prvek, který reaguje na některý z příkazů z PLC, je programován samostatně bez ohledu na chování ostatních, by měly být simulátory funkční pro většinu alternativ.

# LITERATURA

- [1] Moravské přístroje a.s.. Programový systém Control Web. *moravinst.com* [online]. ©2003 [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: <http://www.moravinst.com/art?id=380&lang=405>
- [2] Siemesn s.r.o.. TIA Portal. *siemens.com* [online]. ©2016 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z <http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?ctxnh=2416f2e791&ctxp=home&cpage=2>
- [3] Moravské přístroje a.s.. Stažení dokumentů. *Mii.cz* [online]. ©2003 [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/cat?id=68&lang=405>
- [4] DVORÁK, J. *Model stojanové vrtačky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 46s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [5] SODOMKA, P. *Model přepravniku beden*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 36s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [6] HOLÍČEK, Jozef *Model parkoviska*: bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2015. 46 s. Vedoucí práce bol Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [7] LESAIN, Pierre-Yves. CREATION OF A PARKING MODEL. Brno University of Technology Faculty of Electrical Engineering and Communication, Kolejní 2906/4, 612 00 Brno CZECH REPUBLIC, 2012.

## SEZNAM PŘÍLOH

- 1) Simulátor stojanové vrtačky
- 2) Simulátor třídičky beden
- 3) Simulátor parkoviště
- 4) Simulace stojanové vrtačky
- 5) Simulace třídičky beden
- 6) Simulace parkoviště
- 7) Řídící program v TIAPortalu pro simulátor stojanové vrtačky
- 8) Řídící program v TIAPortalu pro simulátor třídičky beden
- 9) Řídící program v TIAPortalu pro simulátor parkoviště
- 10) Demonstrační video funkčnosti simulátoru stojanové vrtačky
- 11) Demonstrační video funkčnosti simulátoru třídičky beden
- 12) Demonstrační video funkčnosti simulátoru parkoviště