

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2018

Dominik Váňa



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

SIMULACE MODELU POMOCÍ NÁSTROJE SIMIT

MODEL SIMULATION USING SIMIT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Váňa

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jakub Arm

BRNO 2018

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Dominik Váňa

ID: 174421

Ročník: 3

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Simulace modelu pomocí nástroje SIMIT

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je vytvoření simulátoru laboratorního modelu "Kmeny" a "Počítání zboží na dopravníku" v prostředí SIMIT.

1. Seznamte se s PLM simulačním nástrojem SIMIT.
2. Proved'te rešerši simulačních nástrojů výrobních strojů/procesů řízených pomocí PLC.
3. Vytvořte simulátory laboratorních modelů "Kmeny" a "Počítání zboží na dopravníku" v prostředí SIMIT.
4. Ověřte jejich funkčnost pomocí simulovaného PLC a vyhodnoťte vlastnosti celého systému.
5. Zdokumentujte vytvořené simulátory a jejich ovládání.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Firemní literatura firmy Siemens.

Termín zadání: 5.2.2018

Termín odevzdání: 21.5.2018

Vedoucí práce: Ing. Jakub Arm

Konzultant:

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

Tato bakalářská práce je zaměřena na simulaci technologického procesu. Teoretická část textu pojednává o simulačních nástrojích dostupných na trhu. Pozornost je věnována nástroji SIMIT, který je velmi komplexním řešením pro simulaci procesů. V práci je popsáno základní ovládání a postup tvorby v tomto nástroji. V teoretickém rozboru jsou uvedeny možnosti jeho rozšíření o knihovny. O těchto knihovnách, které umožňují výrazně více možností simulace, je uveden stručný popis. SIMIT je nástrojem virtuálního zprovoznění, přístup navrhování technologických procesů, který se využívá k simulaci virtuálního modelu továrny (digitální továrna), jeho testování a odladění před případným nasazením. Tento přístup je ekonomicky výhodný a časově úsporný. V praktické části práce byly vytvořeny dva simulátory vybraných úloh z předmětu Programovatelné automaty (BPGA) nástrojem SIMIT. V práci jsou uvedena modelová schémata simulovaných procesů, která nahrazují reálný fyzický model. Výsledkem práce jsou vytvořené simulátory, popis jejich ovládání a zhodnocení vlastností simulátorů a programu SIMIT.

KLÍČOVÁ SLOVA

Simulace technologického procesu, simulační software, SIMIT Simualtion-Framework, STEP7 Manager, PLM, virtuální zprovoznění, PLCSIM, Průmysl 4.0

ABSTRACT

This bachelor's thesis is focused on simulating a technological proces. The teorethical part of the text deals with the simulation tools available on the market. Special attention is paid to SIMIT tool, which is a complex solution for simulating processes. The thesis describes the basic control and the procedure of creation in this tool. The theoretical analysis presents the possibilities of its extension with additional libraries. It contains a brief description about these libraries, which provide much more simulation options. SIMIT is a virtual commissioning tool, a process design approach that is used to simulate a virtual factory model, test it, and debug it before it is deployed. This is a cost-effective and time-saving approach. In the practical part of the thesis two simulators were created with the SIMT tool, each of which simulates an excercise from the subject „Programmable logigs controllers“ (BPGA). The thesis presents model schemes of simulated processes that replace the real physical model. The results of the work are the created simulators, descriptions of their operation and evaluation of their features and the properties of the SIMT program itself.

KEYWORDS

Simulation of technological process, simulation software, SIMIT Simualtion-Framework, STEP7 Manager, PLM, Virtual Commissioning, PLCSIM, Industry 4.0

VÁŇA, Dominik. *Simulace modelu pomocí nástroje SIMIT*. Brno, 2018, 111 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce: Ing. Jakub Arm

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Simulace modelu pomocí nástroje SIMIT“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury 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/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jakubovi Armovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno

.....

podpis autora



COMPAS automatizace, spol. s.r.o.
Nádražní 610/26, CZ-59101
Žďár nad Sázavou
Czech Republic
<https://www.compas.cz/>

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval společnosti COMPAS automatizace, spol s.r.o.; za poskytnutí simulačního nástroje SIMIT 9 Simulation Framework. Především bych chtěl poděkovat panu Ing. Martinovi Horkému, který byl ochoten se mnou veškerý postup konzultovat a poskytovat cenné rady k tvorbě v nástroji SIMIT.

Brno

.....

podpis autora

Obsah

Úvod	15
1 Přehled simulačních nástrojů	17
1.1 Siemens Tecnomatix (Digitální továrna)	17
1.1.1 Tecnomatix Manufacturing Planning and Management	17
1.1.2 Tecnomatix Manufacturing Simulation and Validation	19
1.1.3 Tecnomatix Product Launch and Production	21
1.1.4 SIMATIC S7 PLCSIM	22
1.1.5 OMRON CX-Simulator	23
1.1.6 Siemens PLC Simulator a Plant Simulator FACTORY I/O	23
1.1.7 ANT Automation	24
1.1.8 Ostatní	25
1.1.9 Siemens SIMIT 9	25
2 Seznámení se SIMIT	26
2.1 SIMIT simulace	26
2.1.1 Základní rozdělení SIMIT simulace	27
2.1.2 Struktura programu SIMIT	27
2.1.3 Úpravy během simulace	29
2.1.4 Simulace signální úrovně	31
2.1.5 Simulace úrovně zařízení (Device level)	34
2.1.6 Simulace procesní úrovně	35
2.2 Vizualizace v SIMIT	36
2.2.1 Tvorba pozadí simulace	37
2.2.2 Tvorba grafiky - ventily, motory	38
2.2.3 Vytvoření simulace	38
2.3 Simulace přepouštění nádrží	42
3 Knihovny komponent nástroje SIMIT	44
3.1 BASIC	44
3.1.1 BASIC komponenty a jejich popis	44
3.2 FLOWNET	46
3.2.1 FLOWNET komponenty a jejich popis	46
3.3 CONTEC	51
3.3.1 CONTEC komponenty a jejich popis	51

4	Tvorba simulátorů	52
4.1	Zadání úloh	52
4.1.1	Úloha 1: „Třídění kmenů“	52
4.1.2	Úloha 2: „Počítání zboží na dopravníku“	53
4.2	Vypracování úloh	55
4.2.1	Řídicí algoritmus úlohy „Třídění kmenů“	55
4.2.2	Modelová schémata úlohy „Třídění kmenů“	58
4.2.3	Vizualizace úlohy „Třídění kmenů“	63
4.2.4	Řídicí algoritmus úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	64
4.2.5	Modelová schémata úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	66
4.2.6	Vizualizace úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	73
4.3	Řešení	74
4.3.1	Připomínky k vlastnímu řešení úlohy „Třídění kmenů“	74
4.3.2	Připomínky k vlastnímu řešení úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	75
4.4	Ovládání simulátorů	76
4.4.1	Úloha „Třídění kmenů“	76
4.4.2	Úloha „Počítání zboží na dopravníku“	77
5	Vyhodnocení vlastností nástroje SIMIT	79
5.1	Vlastnosti simulátorů a systému	79
5.1.1	Vlastnosti simulátoru „Třídění kmenů“	79
5.1.2	Vlastnosti simulátoru „Počítání zboží na dopravníku“	79
5.1.3	Vlastnosti systému	80
6	Závěr	81
	Literatura	82
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	84
	Seznam příloh	85
A	Dodatkové tabulky	86
A.1	Tabulka prvků pro SIMIT	86
A.2	Varianty SIMIT	87
B	Komplexní příklad simulace v SIMIT	88
C	Vývojový diagram úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	89
D	Vizualizační okna simulátorů v SIMIT a WinCC	90

E	Ovládání simulátoru „Třídění kmenů“	94
F	Ovládání simulátoru „Počítání zboží na dopravníku“	98
G	Ukázky PLC kódu řídicích systémů	102
H	Vybraná SIMIT schémata úlohy „Třídění kmenů“	105
I	Vybraná SIMIT schémata úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	108
J	Obsah přiloženého CD a použitý software	111
	J.1 Struktura CD	111
	J.2 Použitý software	111

Seznam obrázků

1	Průmysl 4.0 - převzato z [18]	16
1.1	Ukázka nástroje Line Designer - převzato z [5]	18
1.2	Ukázka nástroje Process Simulate Assembly - převzato z [5]	19
1.3	Ukázka nástroje Process Simulate Assembly - převzato z [5]	20
1.4	Ukázka nástroje Plant Simulation - převzato z [5]	21
1.5	Ukázka nástroje FactoryFLOW - převzato z [5]	21
1.6	Ukázka nástroje Factory I/O - převzato z [12]	24
1.7	Ukázka z ReplicAnt VR - převzato z [6]	24
2.1	Porovnání reálné továrny a simulované továrny - převzato z [3]	26
2.2	Základní rozložení programu SIMIT - převzato z [3]	28
2.3	Postup importování signálů ze SIMATIC manageru pro PLCSIM - převzato z [3]	32
2.4	Test komunikace SIMIT s PLCSIM - převzato z [3]	32
2.5	Ukázka prázdného schématu pro tvorbu modelů - převzato z [3]	34
2.6	Příklad parametrizace vstupního konektoru - převzato z [3]	35
2.7	Výsledek parametrizace řízeného ventilu - převzato z [3]	36
2.8	Výsledek parametrizace toku materiálu do reaktorů - převzato z [3]	36
2.9	Výsledek parametrizace reaktoru - převzato z [3]	37
2.10	Výsledek parametrizace nádrže se surovým materiálem - převzato z [3]	37
2.11	Tvorba pozadí pro vizualizaci - převzato z [3]	38
2.12	Přidání vizualizace do projektového stromu	39
2.13	Výběr analogové hodnoty - převzato z [3]	39
2.14	Dílčí ikony pro tvorbu animace jednoho objektu	40
2.15	Nastavení jednotlivých výstupu (parametrizace) - převzato z [3]	40
2.16	Nastavení animace (zobrazení na signál) - převzato z [3]	41
2.17	Nastavení pro animaci úrovně naplnění - převzato z [3]	41
2.18	Nastavení pohybu - část a) - převzato z [1]	42
2.19	Nastavení pohybu - část b) - převzato z [1]	42
2.20	Ukázka simulace nádrží	43
3.1	Ukázka komponenty Valve a její použití - převzato z [1]	46
3.2	Ukázka úpravy parametrů komponenty joint - převzato z [1]	47
3.3	Ukázka komponenty PipeMeasure - převzato z [1]	48
3.4	Ukázka komponenty PressureIndicator - převzato z [1]	48
3.5	Ukázka komponenty StorageTankLiquid - převzato z [1]	49
3.6	Ukázka komponenty DrumTank - převzato z [1]	49
3.7	Ukázka komponenty ElectricHeater - převzato z [1]	50
3.8	Ukázka komponenty HeatExchanger - převzato z [1]	50

3.9	Ukázka knihovny CONTEC - převzato z [1]	51
4.1	Zjednodušené schéma úlohy „Třídění kmenů“ - převzato a upraveno z [14]	52
4.2	Fotografie laboratorního přípravku úlohy „Třídění kmenů“	53
4.3	Zjednodušené schéma úlohy „Třídění kmenů“ - převzato z [14]	54
4.4	Fotografie laboratorního přípravku úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	55
4.5	Ukázka funkce FC1 úlohy „Třídění kmenů“ v programu STEP7 Manager	56
4.6	Ukázka funkce FC2 úlohy „Třídění kmenů“ v programu STEP7 Manager	57
4.7	Ukázka funkce FC3 úlohy „Třídění kmenů“ v programu STEP7 Manager	57
4.8	Kontrola HW konfigurace - přístup k adresám proměnných	58
4.9	Kontrola HW konfigurace - ukázka symbolické tabulky	58
4.10	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - generátor pulsů pro pohyb kmenů	59
4.11	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - změna polohy malého kmene	60
4.12	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - změna polohy klapky K1	60
4.13	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - testování klapky K1	61
4.14	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - volba malého kmene	61
4.15	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - resetování volby malého kmene	62
4.16	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - nastavení rychlosti dopravníku	62
4.17	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - čidlo dopravníku	63
4.18	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - čidlo detekce spadu malého kmene	63
4.19	Ukázka vizualizace SIMIT - úloha „Třídění kmenů“	64
4.20	Ukázka vizualizace WinCC - úloha „Třídění kmenů“	65
4.21	Ukázka komunikace s PLCSIM - úloha „Třídění kmenů“	66
4.22	Ukázka funkce FC2 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager	67
4.23	Ukázka funkce FC3 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager	67
4.24	Ukázka funkce FC4 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager	68

4.25	Ukázka funkce FC5 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager	68
4.26	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - generátor pulsů pro simulaci pohybu	68
4.27	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - pohyb matice beden	69
4.28	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - pohyb prázdné bedny	69
4.29	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - pohyb plné bedny	70
4.30	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - pohyb zboží (dávkování 3)	71
4.31	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - spuštění a vypínání dávkování 3	72
4.32	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - resetovací merker pro vypnutí dávkování	72
4.33	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - zobrazování plnicích se beden	72
4.34	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - čidlo zboží	73
4.35	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - čidlo bedny	73
4.36	Ukázka vizualizace SIMIT - úloha „Počítání zboží na dopravníku“	74
4.37	Ukázka vizualizace WinCC úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	75
4.38	Ukázka komunikace s PLCSIM úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	76
B.1	Komplexní projekt od firmy Siemens - dostupné z [10]	88
C.1	Stavový automat úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	89
D.1	Ukázka vizualizace SIMIT - úloha „Třídění kmenů“	90
D.2	Ukázka vizualizace WinCC - úloha „Třídění kmenů“	91
D.3	Ukázka vizualizace SIMIT - úloha „Počítání zboží na dopravníku“	92
D.4	Ukázka vizualizace WinCC úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	93
E.1	Popis simulátoru úlohy „Třídění kmenů“	94
E.2	Popis ovládání simulátoru úlohy „Třídění kmenů“ - panel I.	95
E.3	Popis ovládání simulátoru úlohy „Třídění kmenů“ - panel II.	96
E.4	Popis ovládání simulátoru úlohy „Třídění kmenů“ - panel III.	97
F.1	Popis simulátoru úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	98
F.2	Popis ovládání simulátoru úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - panel I.	99

F.3	Popis ovládání simulátoru úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - panel II.	100
F.4	Popis ovládání simulátoru úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - panel III.	101
G.1	Ukázka funkce FC2 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager - část a)	102
G.2	Ukázka funkce FC2 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager - část b)	103
G.3	Ukázka funkce FC1 úlohy „Třídění kmenů“ v programu STEP7 Manager	104
H.1	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - změna polohy malého kmene	105
H.2	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - změna polohy klapky K1	106
H.3	Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - čidlo dopravníku	107
I.1	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - simulace pohybu prázdné bedny	108
I.2	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - simulace pohybu zboží (dávkování 3)	109
I.3	Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - čidlo detekující zboží	110

Seznam tabulek

2.1	Legenda navigačního stromu projektu	30
A.1	Přehled možných zobrazovacích a vstupních komponent pro vizualizaci	86
A.2	Varianty produktu SIMIT (převzato a upraveno z [5])	87

Úvod

Cílem této bakalářské práce je seznámit čtenáře se simulačním nástroji technologických procesů dostupných na trhu. Hlavním těžištěm práce je nástroj SIMIT od firmy Siemens.

Cílem praktické části bakalářské práce bylo vytvořit simulaci zadaného výrobního procesu, která by byla vhodná pro testování tohoto procesu. Simulace je vytvořena v prostředí SIMIT. Jedná se o simulaci dvou vybraných úloh z předmětu BPGA (Programovatelné automaty), založených na jednoduchých dopravníkových systémech. Konkrétně se jedná o úlohy „Třídění kmenů“ a „Počítání výrobků na dopravníku“.

Kapitola 1 je věnována přehledu simulačních nástrojů (řešení), které jsou k dispozici na trhu, od jednoduchých simulačních nástrojů přes složitější až po komplexní řešení. Každému z uvedených je věnován stručný popis jeho možností a zajímavostí.

Druhá kapitola je věnována popisu nástroje SIMIT. Pojednává o tom, jak vypadá simulace v SIMIT a jak je simulace rozdělena do několika úrovní. Je zde také popsána základní struktura programu SIMIT, implementace procesních signálů. Dále popisuje, jak lze provádět změny během simulace, a na závěr popisuje postup, jak vytvořit simulaci základního výrobního procesu.

Třetí kapitola pojednává o základních a rozšiřujících knihovnách (komponent, ovladačů atd.). Jsou zde uvedeny krátké popisy těchto knihoven, k čemu jsou vhodné a jak je použít. Jednotlivé prvky komponent jsou v této části také popsány.

Čtvrtá kapitola je věnována praktické části modelování simulátorů. Jsou zde uvedeny ukázky modelových schémat jednotlivých simulátorů a je popsána jejich funkcionality. Následně je demonstrováno propojení SIMIT se simulovaným PLC a vizualizačním programem WinCC. V této kapitole je popsáno ovládání jednotlivých simulátorů.

Kapitola 5 se věnuje vyhodnocení výsledků, výhodám a nevýhodám simulátorů vytvořených v prostředí SIMIT a případnému využití simulátorů.

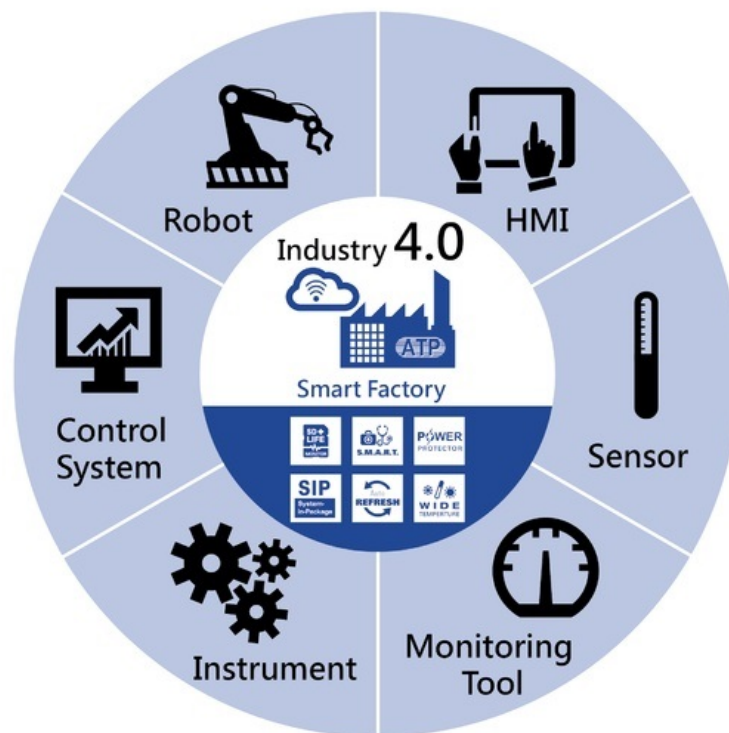
Poslední kapitola obsahuje shrnutí bakalářské práce a jejího řešení.

Virtuální zprovoznění a Průmysl 4.0

Trendem současného průmyslu je navyšování výrobních kapacit za současného zkracování termínů pro návrh a zprovoznění výrobních linek. Tyto dva jevy mají za následek, že se zvyšuje riziko chyb při návrhu, implementaci a odlaďování výrobních systémů, které zdržují výrobu a zvyšují výdaje. Nalezení chyby při návrhu je ekonomičtější než při nasazování nebo dokonce při produkci (pravidlo 1:10:100).

Z těchto důvodů se vyvíjí simulační nástroje. Cílem je snaha odladit systémy ještě před jejich implementací. Systémy se odladují simulací na virtuálních modelech (odtud pojem „virtuální zprovoznění“), které věrohodně kopírují následný technologický proces. Tím je možné předcházet zmíněným problémům. Pomocí dnešních simulačních nástrojů lze v této digitální podobě (virtuálním modelu) snadno odsimulovat, odladit a ověřit mechanické, elektrické i programově-logické vlastnosti systémů. Následně vytvořené simulace je možné propojit s fyzickými či simulovanými (emulovanými) řídicími systémy PLC.

Virtuální zprovoznění je součástí vize Průmysl 4.0. Průmyslem 4.0 („chytrá továrna“; „digitální továrna“; „továrna budoucnosti“ nebo „4. průmyslová revoluce“) je označován současný trend automatizace v technologickém procesu výroby. Cílem této vize je plně automatizovaná výroba (nikoliv samostatně automatizované linky) a vytvoření kyberneticko-fyzikálních systémů (CPS = systém spolupracujících výpočetních prvků, které řídí fyzické subjekty) a „cloudové“ zpracování informací [16], [17].



Obr. 1: Průmysl 4.0 - převzato z [18]

1 Přehled simulačních nástrojů

Kapitola seznamuje čtenáře s dostupnými simulačními nástroji na trhu, a to převážně s nástroji od společnosti Siemens. Jedná se o nástroje Tecnomatix a simulační nástroj SIMIT, který je těžištěm této bakalářské práce a kterému je věnována největší pozornost. Podrobněji je čtenář s tímto nástrojem seznámen v kapitole 2, která pojednává o základních vymoženostech a funkcionalitách tohoto nástroje.

V této kapitole jsou také uvedeny simulační nástroje od ostatních společností, či další „primitivní“ freeware a online simulační nástroje, které nedisponují sofistikovanými možnostmi.

1.1 Siemens Tecnomatix (Digitální továrna)

S pojmem digitální továrna se často setkáváme v rámci řízení průmyslových procesů. Tento pojem zahrnuje soubor modelů a nástrojů umožňujících průběžné řízení dat, komplexní plánování, projektování, ověřování a průběžné vylepšování technologického procesu skutečné továrny. Mezi tyto nástroje patří i vizualizace a simulace, které nám dávají přesné informace o tom, jak továrna bude pracovat. Dochází tak k minimalizaci chyb, které by se mohly objevit při zavedení výroby [5].

Tecnomatix je obsáhlá sada aplikací (nástrojů) pro realizaci inovací v oblasti inženýrských a výrobních procesů od návrhu výrobní haly a rozestavení linek, přes simulaci technologického procesu, až po optimalizaci výroby. Tecnomatix je PLM nástroj společnosti Siemens. PLM (Product Lifecycle Management), v překladu Řízení životního cyklu výrobku, je proces řízení celého životního cyklu výrobku od prvotního nápadu, přes návrh, konstrukci a výrobu, až po servis a likvidaci výrobku. PLM si lze představit jako systém, který integruje data a informace o výrobním, obchodním procesu a také o lidech, kteří v tomto procesu figurují [4], [5], [9].

Nástroje produktu Tecnomatix můžeme rozdělit na tři hlavní skupiny, které je možné dále rozdělit:

- Tecnomatix Manufacturing Planning and Management
- Tecnomatix Manufacturing Simulation and Validation
- Tecnomatix Product Launch and Production

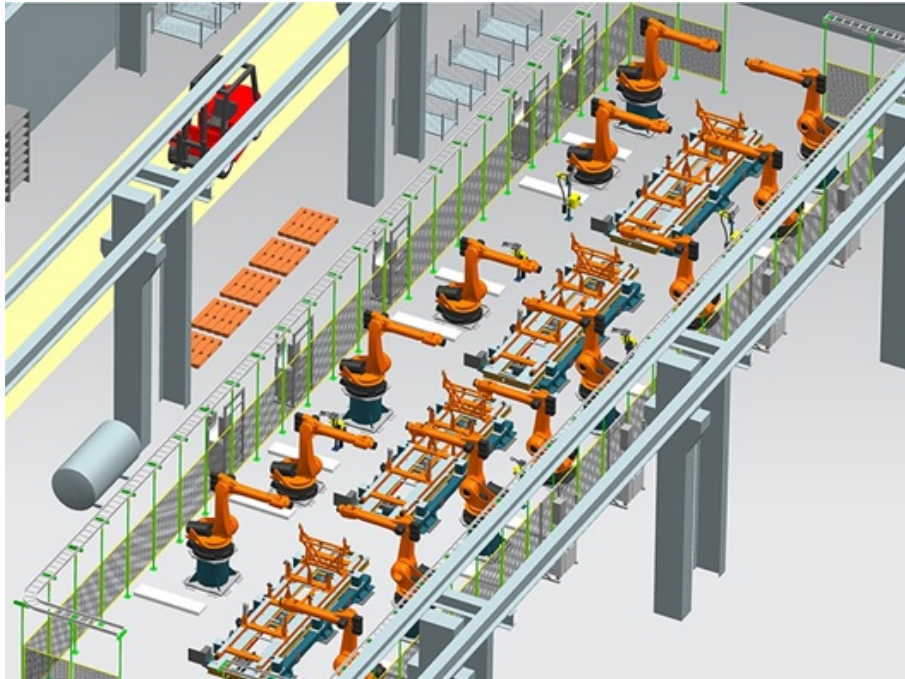
1.1.1 Tecnomatix Manufacturing Planning and Management

První kategorie obsahuje nástroje pro základní návrh továrny, jejího půdorysu a vzájemného propojení s řídicím systémem s návazností na logistiku. Dále obsahuje manažerské a analytické nástroje. Do této kategorie můžeme zařadit Process Design

a Process Planner, které umožňují vytvořit návrh výrobního procesu a jeho koordinaci. Využívají nástrojů Factory Layout a Optimization (FactoryCAD, Line Designer a FactoryFLOW) [5].

Line Designer

Line Designer je nástroj k vytvoření a vizualizaci „layoutu“ (půdorysu) výrobních linek.



Obr. 1.1: Ukázka nástroje Line Designer - převzato z [5]

FactoryCAD

Je založen na programu AutoCAD a umožňuje modelování výrobních hal v 3D. Poskytuje širokou knihovnu objektů typických pro výrobní haly [5].

FactoryFLOW

Je také založen na AutoCADu. Nástroj lze využít k sledování toku materiálů ve výrobní hale. Grafický systém pro sledování nakládání s materiálem slouží k optimalizaci rozvržení jednotlivých linek v rámci závodu na základě vzdálenosti, frekvence a ceny. Optimalizace je možné dosáhnout analýzou cest, potřeb na úložný prostor atd. [5].

1.1.2 Tecnomatix Manufacturing Simulation and Validation

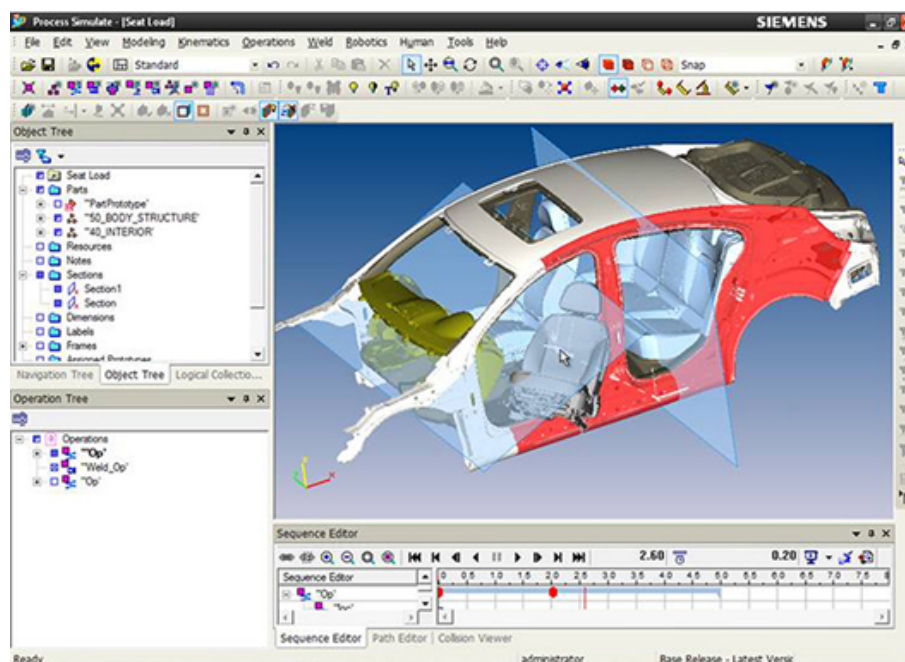
Druhá skupina obsahuje sadu nástrojů určených pro tvorbu simulací, validaci technologického procesu a ověřování kvality. Využívá převážně nástroje Process Simulate. Dalšími nástroji, spadajícími do této kategorie, jsou Plant Simulation a dříve zmíněný FactoryFLOW [5].

Process Simulate

Jedná se o simulační nástroj založený na událostech. Process Simulate má několik podkategorií s různým zaměřením (Process Simulate Assembly, Process Simulate Robotics a Process Simulate Human) [5].

Process Simulate Assembly

Je simulační nástroj sloužící k ověřování a simulaci výrobních sekvencí včetně lidských a strojních zásahů do montáže. To vede k redukci potřebných nástrojů, ušetření nákladů zkušebního provozu a zvýšení produktivity. Pomocí tohoto nástroje je možné detekovat kolize při montáži [5].



Obr. 1.2: Ukázka nástroje Process Simulate Assembly - převzato z [5]

Process Simulate Robotics

Jedná se o nástupce nástroje Robcad. Podporuje široké pásmo robotických aplikací, které umožňují simulovat celý výrobní systém. Slouží k ověřování funkcí, optimalizaci pracovních rozsahů a analýze případných kolizí. Simuluje různé technologické procesy robotů (transport objektů, řezání, povrchové úpravy a svařování) [5].



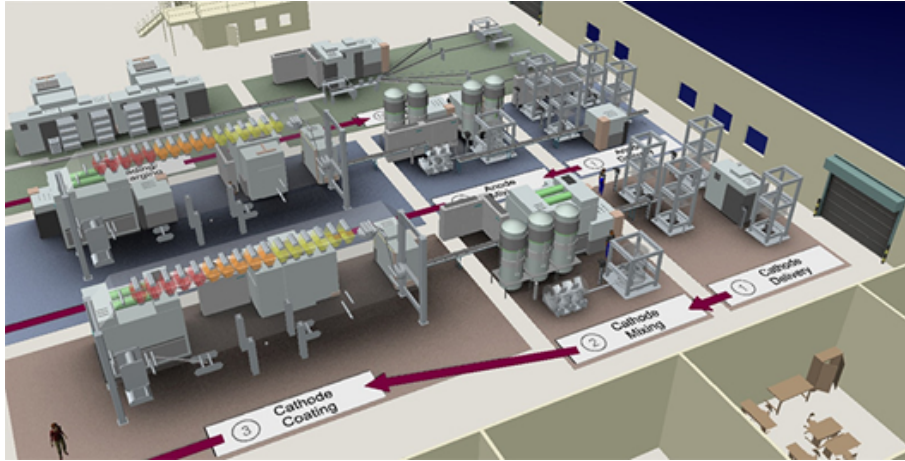
Obr. 1.3: Ukázka nástroje Process Simulate Assembly - převzato z [5]

Process Simulate Human

Velký důraz je kladen také na bezpečnost, zdraví a pohodlí člověka. Spolu s nástrojem JACK nalézá kompromis mezi maximálním výdělkem a potřebami na ochranu člověka. Zlepšují bezpečnost, efektivitu a pohodlí pracovního prostoru. Tímto analytickým nástrojem lze návrh otestovat na rizika zranění, načasování, pohodlí a dosažitelnost. Lze také analyzovat, zda jsou lidské operace proveditelné a bezpečné, a zároveň redukovat zatížení pracovníků [5].

Plant Simulation

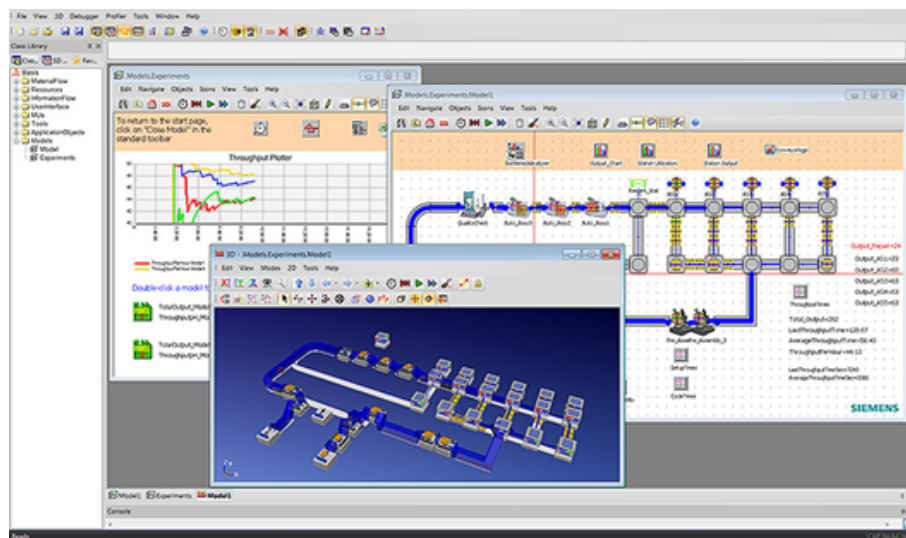
Umožňuje vymodelovat, simulovat a optimalizovat veškerý logistický proces (systém). Slouží ke sledování toku materiálu, zdrojové utilitaci využití a lidské utilitaci. Lze simulovat celozávodní proces, dílčí sektory nebo jednotlivé linky, a analyzovat tak transportní dávkování linek materiálu pro výrobu [5].



Obr. 1.4: Ukázka nástroje Plant Simulation - převzato z [5]

FactoryFLOW

Grafický systém pro sledování nakládání s materiálem sloužící k optimalizaci rozvržení jednotlivých linek v rámci závodu na základě vzdálenosti, frekvence a ceny. Optimalizace je možné dosáhnout analýzou cest, potřeb na úložný prostor atd. Jak již bylo řečeno, jedná se o nastavbu programu AutoCAD [5].



Obr. 1.5: Ukázka nástroje FactoryFLOW - převzato z [5]

1.1.3 Tecnomatix Product Launch and Production

Je poslední kategorií nástrojů, která není podstatou této bakalářské práce. Zaměřuje se spíše na ekonomické potřeby podniku. Řešení nástrojů Launch and Production

umožňuje zprovoznit automatizovaný systém, který monitoruje kvalitu výroby v reálném čase, vytváří analýzy produkce a propojuje výrobu s obchodní činností [5].

Issue Management a CAPA (corrective and preventative actions)

Tento software poskytuje podnikové řešení pro sledování a zachycení různých druhů defektů, poruch, stížností a případných neshod [5].

PLM-MES

Propojuje produktové požadavky a informace o výrobním procesu přímo s ekonomickými systémy. Systém dokáže zrychlit uvádění nových výrobků na trh, např. určit, kdy je vhodné inovovat produkt, nebo zda je vhodné jej vyrábět.

Systém zajišťuje správu výrobních zdrojů (sledování zdrojů a kapacit ve výrobním procesu, tj. přidělování zdrojů do výrobního procesu), správu výrobních procesů (evidence, správa dat o verzích produktů a obstarávání komunikace s ostatními systémy, např. kusovník materiálu, výrobní zdroje).

Tento systém dále poskytuje detailní plánování výroby, které je velmi důležitou součástí výrobních informačních systémů. Existuje několik typů (přístupů) plánování výroby, např. dopředné (do jakého termínu má být zakázka hotova), zpětné (odkdy je možné zahájit výrobu), kombinované (zpětné i dopředné zároveň) nebo komplexní plánování, založené na složitých algoritmech (geografické polohy, cena, postavení v zákaznické hierarchii, výrobní kapacit atd.). Výsledkem je fronta, která definuje pořadí zpracování výrobních příkazů. Důraz je kladen na minimalizaci potřebné energie, oprav a prostojů. Zajišťuje také sběr a archivaci procesních a výrobních dat, stavů zařízení apod. Množství těchto dat se liší od typu výroby.

Poskytuje analýzy, které jsou používány v podnicích z důvodu vyhodnocování úspěchu, splněných požadavků (cílů) v jednotlivých oblastech výrobního procesu nebo celého závodu. Nejznámější ukazatel z oblasti výroby je OEE (Celková efektivita zařízení), popisující hodnotu efektivního využívání výrobních zařízení [11].

1.1.4 SIMATIC S7 PLCSIM

Nástroj není součástí programu Siemens STEP7. Jedná se o samostatně licencovaný program. Slouží k tvorbě simulovaného PLC, testování naprogramované logiky. Umožňuje základní simulaci pomocí zápisu na vstupy či výstupy. Podporuje symbolickou adresaci, automatický běh časovačů, přepínání módů PLC (STOP, RUN, RUN-P). Umožňuje změnu skenovacího cyklu z pravidelného na jednorázový.

1.1.5 OMRON CX-Simulator

V rámci svého produktu OMRON One nabízí firma OMRON nástroj Simulator, který slouží k simulaci PLC automatů řady CS/CJ na virtuálním PLC v počítači a prostředí odpovídajícímu reálnému PLC systému [13].

Možnosti simulačního software CX-Simulator:

- Nástroj je přímo implementován v softwarové sadě CX-One.
- Výhodou simulace je provádění jednotlivých kroků, cyklů a možnost používání bodů zastavení (break point).
- Simulaci je hned možné otestovat v nástrojích CX-Programmer a CX-Designer a ověřit tak propojení logiky programů PLC a vzájemnou komunikaci PLC automatů.
- CX-Designer slouží vytvoření vlastní vizualizace dle vlastních požadavků.

1.1.6 Siemens PLC Simulator a Plant Simulator FACTORY I/O

Sada simulačních nástrojů není produktem firmy Siemens, s.r.o. Jedná se o nástroje, které simulují PLC firmy Siemens.

Simulator-WinSPS-S7 (MHJ Software) umožňuje sestavit programovou logiku, definování proměnných operujících v programu a přiřazení ke vstupům a výstupům. Program je možné psát v jazycích STL, LAD a FBD. K simulaci není potřeba žádný další hardware. Umožňuje import a export programů do SIEMENS STEP7 softwaru, simulaci v rámci počítače, ale také komunikaci přes rozhraní RS232, SIMATIC NET. TCP/I [12]. Možnosti nástroje FACTORY I/O:

- možnost psaní vlastních programů
- „real-time“ sledování vstupů a výstupů
- snadná modifikace funkčních bloků
- propojení s webovým rozhraním a sledování proměnných i na mobilním telefonu, tabletu
- TCP/IP rozhraní
- diagnostika a řešení problémů

Plant Simulator Factory I/O je 3D simulační nástroj průmyslových linek. Umožňuje jednoduché implementování programu do 3D simulace výrobní linky. Obsahuje předem vytvořené výrobní procesy, ale také nástroje pro tvorbu vlastních simulací z 80 modulových částí. Program lze propojit s kterýmkoliv výrobcem PLC nebo pouze vytvořit simulátor na PC. Spolupracuje se SoftPLC, Modbus a OPC. Stejná společnost nabízí produkt pro řízení inteligentního domu Home I/O [12].

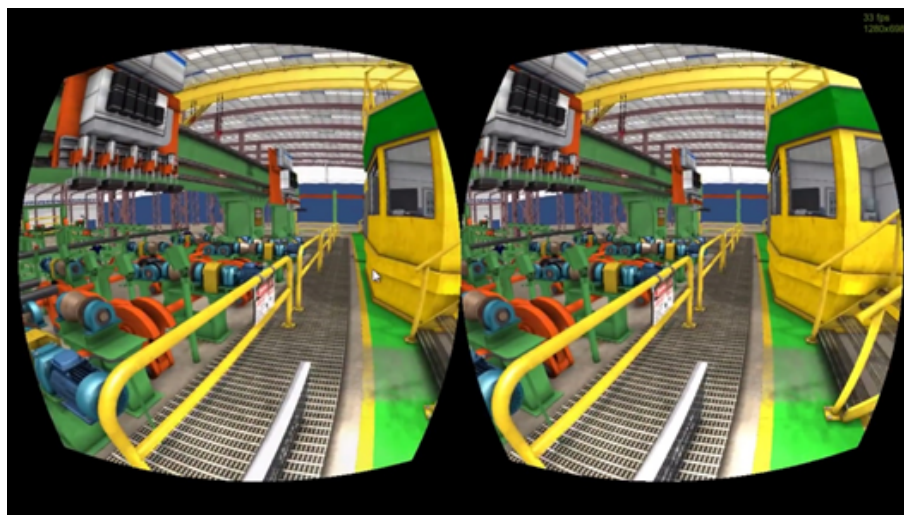


Obr. 1.6: Ukázka nástroje Factory I/O - převzato z [12]

1.1.7 ANT Automation

ReplicAnt VR

Procesní 3D Simulátor využívá virtuální reality, sloužící k 3D modelování linek a tréninku obsluhujících operátorů. Software nabízí bohatou knihovnu senzorů, akčních členů, které lze předem naprogramovat v PLC. Další využití najde jako 3D SCADA systém. Využitím VR je možné okamžitě zjistit hodnoty proměnných v daném technologickém členu a odečítat hodnoty hladin, průtoků atd. [6].



Obr. 1.7: Ukázka z ReplicAnt VR - převzato z [6]

1.1.8 Ostatní

Existuje řada jednoduchých simulačních nástrojů, které ověřují pouze funkčnost předem vytvořeného procesu či modelů. Většina programů jsou freeware, které vytvořili studenti jako tréninkový software. Často nevyžadují ani instalaci, protože se jedná o online simulátory ve webovém rozhraní, ale řada z nich neumožňuje „real-time“ sledování signálů a konfigurování logických proměnných za běhu.

Mezi tyto softwary lze zařadit LogixPro-500 PLC Simulator (založený na prostředí Allen Bradley a jazyku LAD). Swansoft PLC. PLC Siemens Simatic S7-200 (nejedná se o produkt firmy Siemens), který imituje prostředí STEP7 a umožňuje programování v jazycích LAD a STL. Dále sem lze zařadit i-TRILOGI.

1.1.9 Siemens SIMIT 9

SIMIT je simulační nástroj od firmy Siemens určený pro „real-time“ simulaci a emulaci pro kompletní validaci výrobního procesu (simulace vstupů/výstupů, pohonů, linky). Tento simulační nástroj je určený pro PLC řady SIMATIC S7. Umožňuje odladění řídicího algoritmu PLC na virtuálním modelu technologického procesu vytvořeného v prostředí SIMIT. To vede k velkým úsporám času a peněz. Není tedy třeba se vystavovat problematice při odladování linky ve skutečném provozu. Nástroj lze využít jako tréninkový nástroj pro operátory výroby, které lze zaškolit na modelech bez jakéhokoliv nebezpečí reálné výrobní linky.

SIMIT simuluje interakci mezi strojem a řídicím systémem ve všech částech výroby. SIMIT dále podporuje široké pásmo hardwarových a softwarových automatizačních systémů, jako je PROFIBUS, PROFINET, PRODAVE, PLCSIM, OPC a sdílenou paměť.

Pomocí nástroje 3D VRML Viewer lze vytvořit vizualizaci strojů a linek. Modelování a simulace je velice usnadněna tím, že SIMIT umožňuje modulární propojování různých částí stroje a řídicí jednotky. Vytváření modulu je založeno na principu „Drag and Drop“. Tedy jednotlivé komponenty se pouze přetahují z bohaté knihovny. Je možné vytvořit vlastní funkční bloky a komponenty [10].

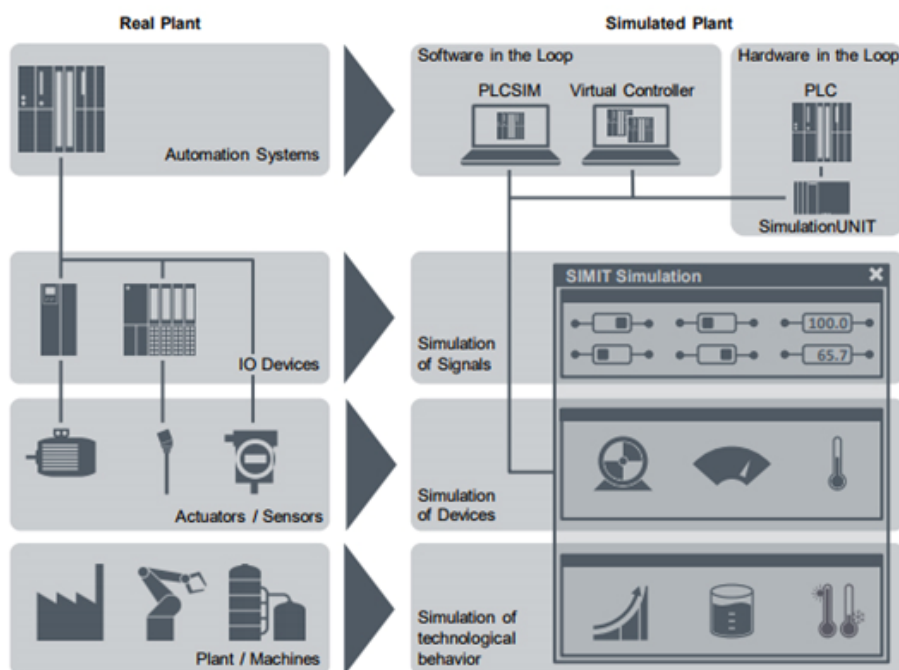
Siemens nabízí tento produkt ve třech variantách odstupňovaných podle množství nástrojů, které obsahuje viz Tab. A.2

2 Seznámení se SIMIT

Tato kapitola se zaměřuje na základní poznatky o SIMIT, rozbor jeho funkčnosti a jeho dostupné knihovny. Dále se věnuje druhům simulace, které SIMIT umožňuje. V neposlední řadě je demonstrován krátký příklad.

2.1 SIMIT simulace

V průmyslu hrají hlavní roli tři klíčové faktory. Jsou jimi cena, čas a kvalita. Je třeba navrhnout technologický proces, aby byl co nejlevnější a zároveň zaručoval potřebnou kvalitu. Nutné je také navrhnout proces, který nebude poruchový při jeho uvedení do provozu, a tak nebude nutné odstavovat linky, z čehož plyne snížená produktivita. Jak je známo, čas jsou peníze. Při zahajování výroby jsou inženýři často pod vlivem velkého stresového tlaku. Z těchto všech důvodů byl vyvinut simulační nástroj SIMIT [9].



Obr. 2.1: Porovnání reálné továrny a simulované továrny - převzato z [3]

Je to simulační platforma určená k virtuálnímu zprovoznění (anglicky virtual commissioning) uživatelského programu do automatizovaného systému. SIMIT simulace umožňuje testovat procesní program pomocí reálného PLC hardwaru (Hardware in the Loop, zkráceně HiL) nebo pomocí emulovaného hardwaru (Software in the Loop,

zkráceně SiL). Propojit simulaci s PLC lze pomocí PROFIBUS, PROFINET nebo emulátoru [9].

2.1.1 Základní rozdělení SIMIT simulace

- Signální úroveň (Signal level)
- Úroveň zařízení (Device level)
- Procesní úroveň (Process level)

Signální úroveň (Signal level)

Jedná se o simulaci signálů pomocí proměnných exportovaných ze SIMATIC manageru pomocí PLCSIM [1], [2], [3].

Úroveň zařízení (Device level)

Na této úrovni systém mapuje akční členy, senzory, ventily, motory. SIMIT obsahuje knihovnu „ready-made“ komponent, které můžeme připojit k signálům ze signální úrovně a řídit tak proces. SIMIT disponuje šablonami a nástroji k tvorbě vlastních akčních členů importem konfiguračních dat z PCS 7 a CMT importu [1], [2], [3].

Procesní úroveň (Process level)

Reprezentuje fyzický model továrny. Pomocí dostupných knihoven lze vytvořit celé procesy. SIMIT obsahuje základní knihovny, ale některé je třeba dokoupit [1], [2], [3].

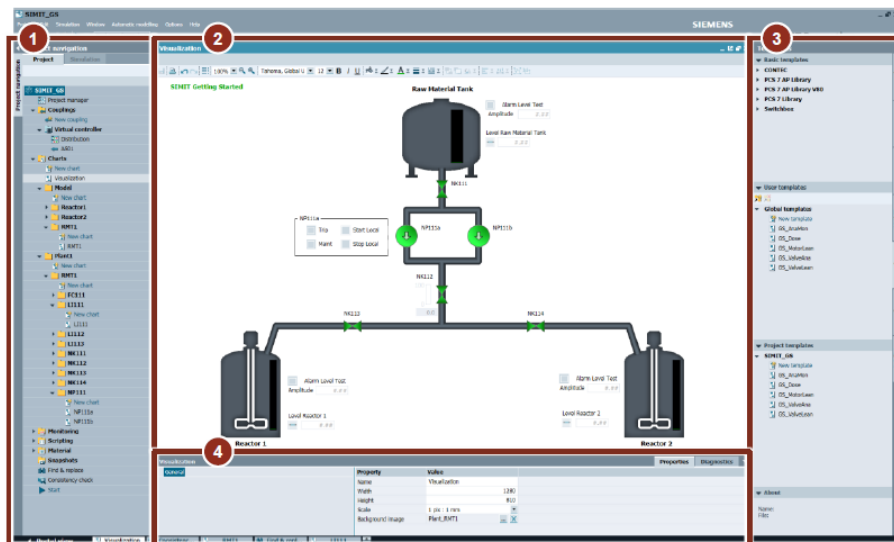
Mezi tyto knihovny patří:

- CHEM-BASIC – prostředky pro chemický průmysl
- FLOWNET – prostředky pro hydrodynamiku
- CONTEC – modelování výrobních linek

SIMIT je vybaven nástrojem Component Type Editor (CTE), ve kterém lze tvořit vlastní komponenty, které pak můžeme využít v našem návrhu či aplikaci [1], [2], [3].

2.1.2 Struktura programu SIMIT

1. Navigační strom projektu
2. Pracovní prostor
3. Nástroje
4. Nastavení
5. Menu a panel nástrojů



Obr. 2.2: Základní rozložení programu SIMIT - převzato z [3]

Navigační strom projektu

Prostředí je podobné ostatním produktům společnosti Siemens (např. TIA Portal). Zobrazuje momentálně otevřený projekt, jehož název je na vrcholu tohoto stromu. Ve stromě najdeme další složky jako „Charts“, „Monitoring“ atd. viz Tab. 2.1 [3].

Work area (Pracovní prostor)

Slouží jako pracovní plocha k propojování jednotlivých komponent a objektů [3].

Properties (vlastnosti)

Část okna, která nabízí úpravu možností vybraného objektu (např. vstupní/výstupní hodnoty a signály, inicializační hodnoty, stav, dále pozice na obrazovce atd.) [3].

Tools (nástroje)

Nástroje lze rozdělit do několika kategorií [3]:

- Components (Komponenty)
- Controls (Ovladače)
- Macros (Makra)
- Graphic (Grafika)
- Templates (Šablony)
- Projects (Projekty)
- Signals (Signály)

Components (Komponenty) V této záložce se nalézá knihovna komponent k návrhu simulace. Po rozkliknutí této záložky se nabídka rozbíjí do několika částí [3]:

- Basic components (Základní komponenty)
- User components (Uživatelské komponenty)
- Project components (Projektové komponenty)
- Preview (Náhled)

Základní komponenty (Basic components) jsou podobné blokům z PCS 7 jako binární komponenty, analogové, matematické atd. SIMIT umožňuje tvorbu vlastních komponent pomocí uživatelských komponent. V „Project components“ nalezneme komponenty používané v projektu. Náhled zobrazuje uživateli detailnější informace o komponentě [3].

Základní verze obsahuje tzv. STANDARD komponenty. Lze však dokoupit další knihovny jako FLOWNET, CHEM BASIC a CONTEC [3].

Controls (Ovladače) Bloky k zobrazování procesních hodnot (digitální a analogové zobrazovače) a zadávání procesních hodnot (posuvníky, zadávací okna atd.).

Macros (Makra) Makro je soustavou sub-komponent, které účelně zkombinujeme v jednu komponentu, kterou následně použijeme v programu (např. tvorba diferenciálních rovnic podobně jako v SIMULINKu) [3].

Graphic (Grafika) Nástroje pro tvorbu statických či dynamických grafických prvků ve vizualizaci simulace [3].

Templates (Šablony) Šablony lze rozdělit na Basic, User a Project (základní, uživatelské a projektové). Jsou vhodné pro simulaci shodných prvků. [3].

Signals (Signály) Slouží k vyhledávání signálů, které jsou v projektu. Je možné tyto signály vyfiltrovat. Propojit objekty lze pomocí „Drag and drop“ funkce.

Objekt signálu v „chart“ je tvořen:
















- názvem signálu
- signálový izolátor k přiřazení hodnot do vstupů a výstupů
- zobrazovaným digitálním vstupem a vstupní hodnotou

2.1.3 Úpravy během simulace

Po spuštění simulace se změní lišta programu na oranžovou barvu. To signalizuje, že simulace je v „Run“ módu.

Během simulace lze měnit parametry a hodnoty objektů, ale lze měnit i konfiguraci projektu, například úpravou komponent [3].

Tab. 2.1: Legenda navigačního stromu projektu

Symbol	Název	Popis
	Project manager	Otevře projekt v pracovním prostoru.
 	Couplings/ New coupling	Funkce pro vytvoření spojení se zařízením. Dostupná připojení: <ul style="list-style-type: none"> • PROFIBUS DP • PROFINET IO • OPC SERVER • OPC CLIENT • SHM • PLCSIM • PRODAVE • VIRTUAL CONTROLLER
 	Charts/ New chart	Ovládací signály, proměnné pro danou komponentu programy pro simulaci továrny a vizualizace
   	Monitoring/ New trend Messages Archive	Nástroje pro analýzu: <ul style="list-style-type: none"> • Trends – nástroj pro vizualizaci signálů • Messages – zobrazování a export zpráv • Archive – archivování průběhů signálů (počas sim.)
 	Scripting/ New script	Ruční zapisování hodnot do simulačních prvků pomocí strukturovaného kódu
	Snapshots	Nástroj na pořizování snímků během simulace. Jedná se o situace procesu.
	Find and replace	Nástroj na vyhledávání a nahrazení součástí v projektu
	Consistency check	Testování návrhu na chyby a poruchy
	Start	Spouštění simulace

Změna parametrů a hodnot objektu

Během simulace lze měnit hodnoty a parametry objektů či signálů pomocí podokna „properties“ (vlastnosti), anebo kliknutím pravým tlačítkem. Měnit hodnoty lze pouze u propojení, kterým není přiřazen signál (nejsou „živé“). Pokud jsou propojení přiřazeny již k signálům, musíme je nejprve odpojit pomocí izolátoru. Poté je možné pokračovat [3].

Pokud je třeba něco změnit v konfiguraci projektu během simulace, SIMIT nabízí přepínání mezi oknem „Project“ a „Simulation“.

Pro provedení změn v konfiguraci projektu je třeba postupovat dle následujících kroků [3]:

1. Zvolit záložku „Projekt“.
2. Nyní můžeme editovat požadovaný objekt.
3. Zvolit funkci „Prepare changes“.
4. V posledním kroku zvolit funkci „Activate changes“.

2.1.4 Simulace signální úrovně

Konfigurace propojení (Coupling)

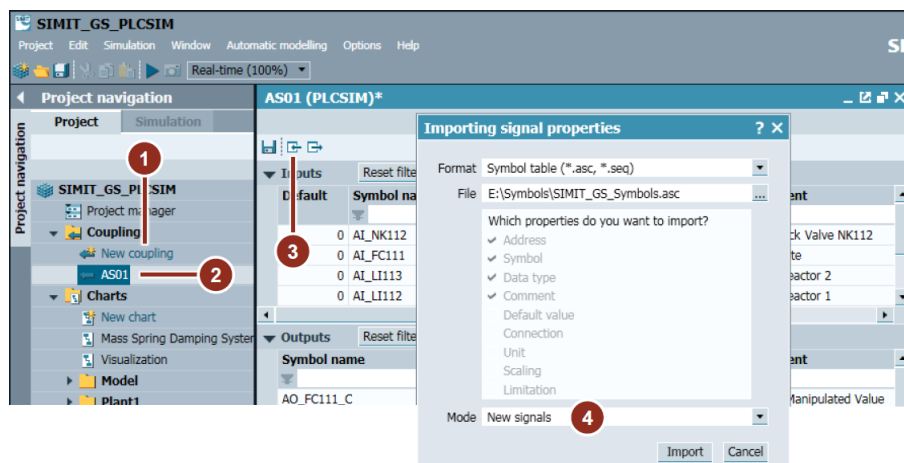
„Couplings“ jsou komunikační rozhraní mezi automatizačním systémem a simulačním modelem. SIMIT umožňuje následující propojení [3]:

- PROFIBUS DP
- PROFINET IO
- OPC SERVER
- OPC KLIENT
- SHM
- PLCSIM
- PRODAVE
- VIRTUAL CONTROLLER

V praktické části práce je využíváno rozhraní PLCSIM.

Vytvoření spojení PLCSIM

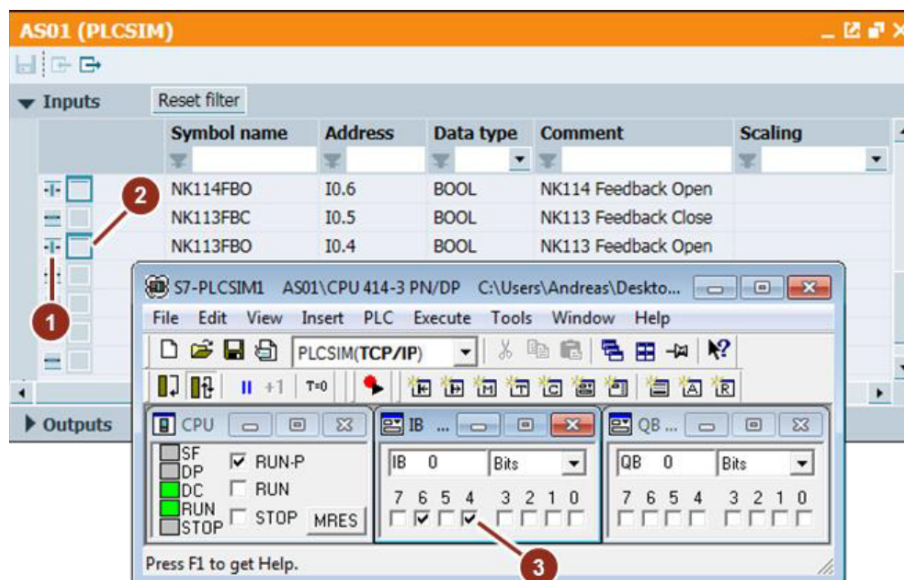
1. Přepneme se do okna „SIMIT Project view“.
2. Ve stromovém panelu vybereme složku „Couplings“ a volbu „New coupling“.
3. V dialogovém okně zvolíme možnost „PLCSIM“.
4. Změníme název couplingu na „AS01“.
5. Poklikáme na vytvořený coupling a naimportujeme vstupní a výstupní signály z exportovaného souboru.
6. Zvolíme možnost „New signals“ a začneme importovat.



Obr. 2.3: Postup importování signálů ze SIMATIC manageru pro PLCSIM - převzato z [3]

Testování komunikace s PLCSIM

1. Spustíme PLCSIM do „Run“ módu a odstartujeme simulaci v SIMIT.
2. Aktivujeme signálový izolátor v SIMIT u libovolného signálu, abychom mu mohli přidělovat hodnotu manuálně.
3. Pomocí přepínače u izolátoru měníme hodnotu signálu. To se projeví změnou hodnotu v PLCSIM, pokud je vše korektně nastavené.



Obr. 2.4: Test komunikace SIMIT s PLCSIM - převzato z [3]

Normalizace analogových hodnot (standardizace)

Datová výměna mezi PCS 7 či STEP7 a SIMIT je přes programovací rozhraní, surová hodnota je reprezentovaná 16 bity (2 byty) [3].

SIMIT umožňuje dvě možnosti převádění ze surových hodnot na fyzické [3]:

- škálování pomocí standardních komponent
- škálování v editoru propojení („coupling editor“)

Rovnice pro škálování (standardizaci) je [3]:

$$f(x) = \frac{y - y_L}{x - x_L} = \frac{y_A - y_L}{x_A - x_L} \quad (2.1)$$

kde

x	- surová (analogová) vstupní hodnota
x_L	- dolní limit surové (měřené, nestandardizované) vstupní hodnoty
x_A	- horní limit surové (měřené, nestandardizované) vstupní hodnoty
y	- procesní (výstupní, analogová) hodnota
y_L	- dolní limit procesní (výstupní, analogové) hodnoty
y_A	- horní limit procesní (výstupní, analogové) hodnoty

Všechny hodnoty v rozmezí -27648 a +27648 jsou zkonvertovány do procesní hodnoty. V PCS 7 jsou hodnoty v tomto rozsahu převáděny na procesní hodnotu, dokud „nepodtečou“ nebo „nepřetečou“ daný rozsah. V SIMIT se hodnoty mimo rozsah dále nepřevádí. Při překročení limitu hodnota zůstane konstantní [3].

Pokud se chceme vypořádat se standardizací, musíme se nejdříve obeznámit s limity procesních hodnot.

Standardizace pomocí standardních komponent

Nejprve je výstupní signál převeden z PCS 7 z typu „Unsigned“ na „Signed“, poté se provede lineární škálování. Je možné škálovat i opačně (tedy z procesní na surovou hodnotu) [3].

Standardizace pomocí „coupling editoru“

Standardizaci lze provést také pomocí „coupling editoru“. Tedy pomocí nainportovaných signálů přes „coupling“ [3]. V tomto editoru lze nastavit následující typy škálování:

- unipolární (rozsah 0 až 27648) s nastavitelnými limity
- bipolární (rozsah -27648 až 27648) s nastavitelnými limity
- uživatelský (nastavitelný rozsah) s nastavitelnými limity

„Unsigned2Signed“ a „Signed2Unsigned“ musí být parametrizovány 16 bity (2 byty). Objekty „Raw2Phys“ a „Phys2Raw“ musí být parametrizovány limity procesní hodnoty.

2.1.5 Simulace úrovně zařízení (Device level)

Tato podkapitola je zaměřená na simulaci a nastavení akčních členů a senzorů, které budou ovládat technologický proces.

Vytvoření akčních členů a senzorů (složková struktura)

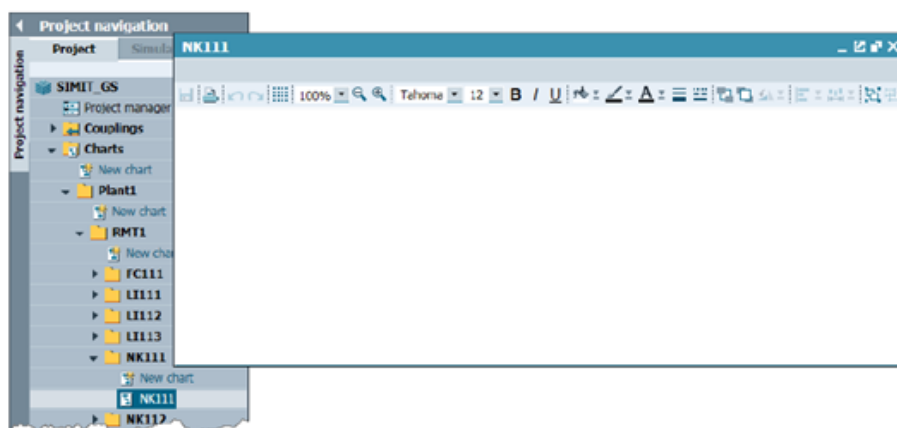
„Charts“ pro simulaci jsou vytvořeny v tzv. „chartových“ složkách (ovšem není nutné toto dodržovat, ale je to doporučený postup k zpřehlednění práce). Je vhodné dodržovat stejnou strukturu jako v PCS 7 či STEP7.

Pro tvorbu složek je třeba postupovat takto:

1. Ve složce „Charts“ zvolíme možnost „New folder“.
2. Změníme její název např. „Plant1“.
3. Ve složce „Plant1“ opět vytvoříme novou složku s názvem „RMT1“.
4. Dále vytvoříme další podsložky této složky.

Vytvoření první simulace zařízení

1. Nejprve se musí zvolit možnost „New chart“ uvnitř vybrané složky.
2. „Chart“ je vhodné pojmenovat stejným názvem jako složku.
3. Poté otevřeme pracovní plochu po poklepání na „chart“.
4. Komponenty vložíme funkcí „Drag and Drop“ do pracovního prostoru.



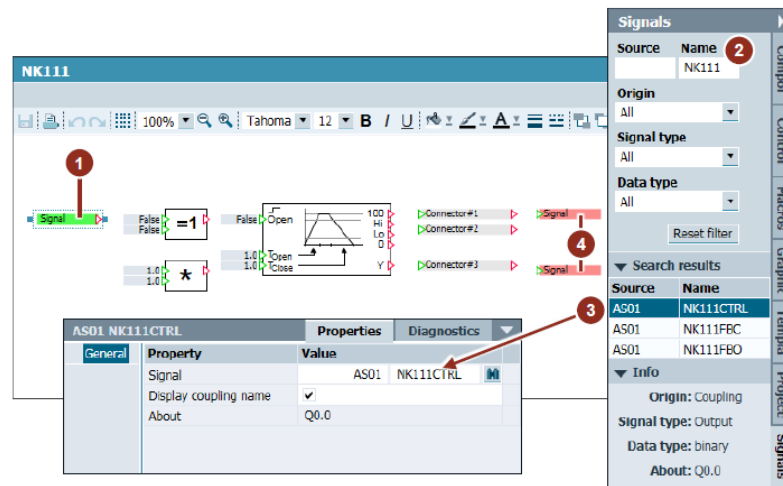
Obr. 2.5: Ukázka prázdného schématu pro tvorbu modelů - převzato z [3]

Parametrizace komponent

Nyní, když už máme vložené komponenty, je nutné je parametrizovat pomocí signálů, např. „Output connector“, pomocí kterého je možné přidat do „chart“ vstupní signál.

Postup při parametrizaci:

1. Označíme si konektor (resp. jiný prvek, který chceme parametrizovat)
2. V nástrojovém panelu (v pravé části obrazovky) zvolíme záložku „Signals“, vyhledáme signál, který chceme použít jako vstupní signál.
3. Vybraný signál pomocí funkce „Drag and Drop“ přesuneme do parametrizačního menu komponenty („General“ > „Signal“).
4. Stejným způsobem parametrizaci provedeme pro inputové konektory.
5. Parametrizujeme ostatní komponenty.

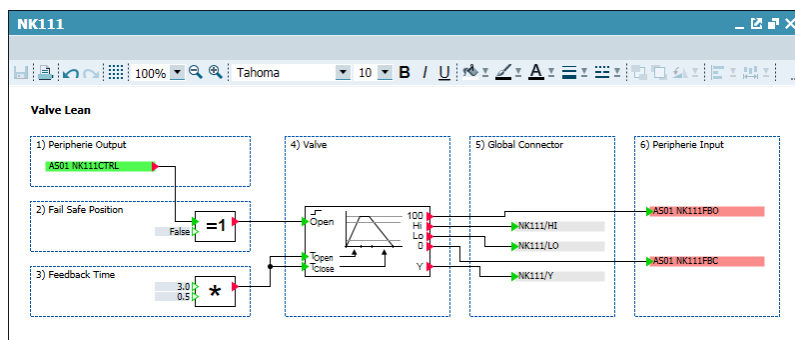


Obr. 2.6: Příklad parametrizace vstupního konektoru - převzato z [3]

Propojování jednotlivých komponent je možné pomocí vstupů (▶) a výstupů (◀). Globální konektory zároveň slouží k výměně hodnot mezi jednotlivými „charts“ (můžeme je použít jako vstupní i výstupní).

2.1.6 Simulace procesní úrovně

Tato úroveň je věnována simulaci celého procesu. Simulaci procesu provedeme propojením a řízením jednotlivých komponent a vztahů mezi nimi. Tuto simulaci nelze provést pouze pomocí předem připravených komponent z knihoven, ale bude třeba vytvořit mnohem složitější komponenty, které by mohly popisovat námi vymyšlený projekt [3].

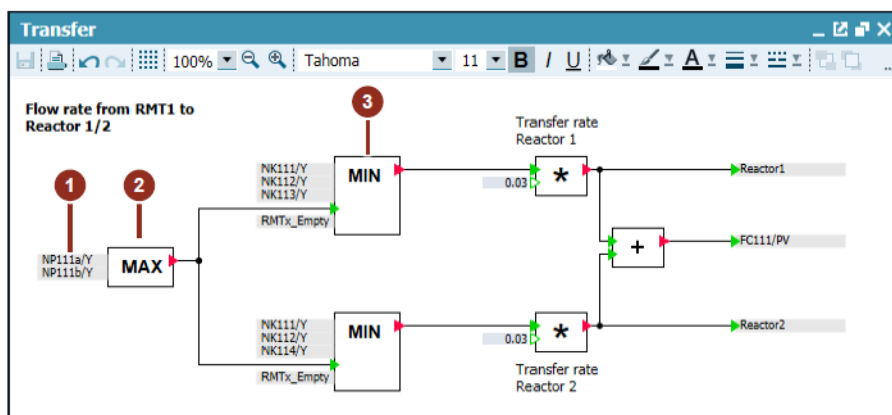


Obr. 2.7: Výsledek parametrizace řízeného ventilu - převzato z [3]

Před tím, než začneme něco simulovat, je třeba si dobře rozvrhnout, co je naším cílem řídit (simulovat) a jaké komponenty k tomu bude potřebovat. Tyto komponenty je třeba mít vytvořené nebo je dotvářet v průběhu, abychom simulaci mohli vůbec spustit.

Je také vhodné znát například procesní hodnoty, které odpovídají navrhovanému procesu (např. maximální a minimální objem nádrže, max. průtok ventilem atd.).

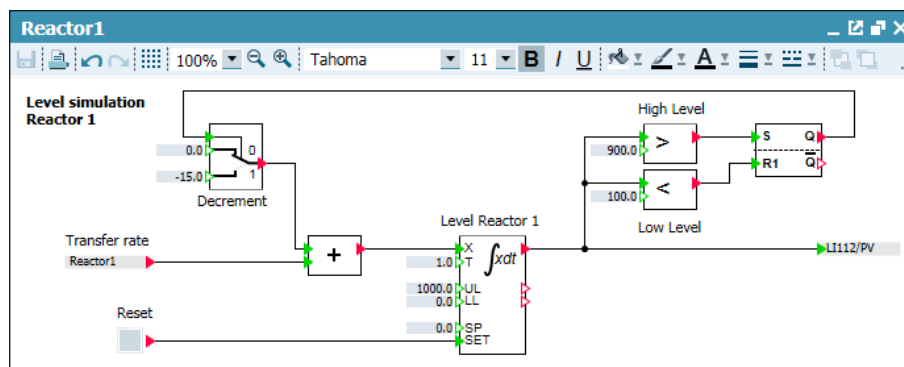
Pro simulaci procesní úrovně bylo třeba parametrizovat nádobu se surovým materiálem a dva reaktory viz Obr. 2.8, Obr. 2.9 a Obr. 2.10.



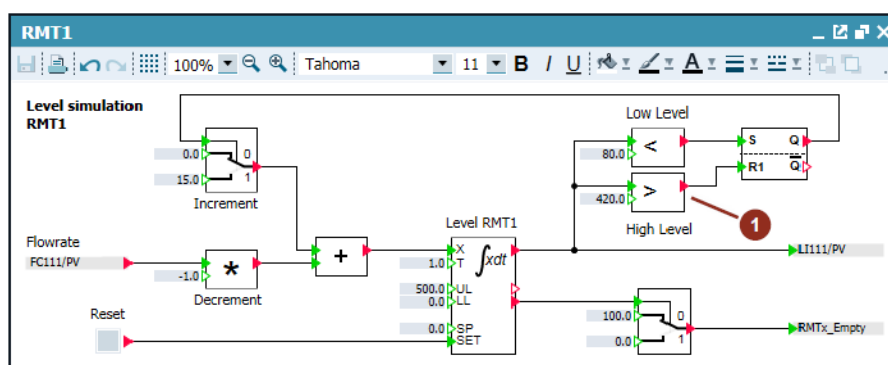
Obr. 2.8: Výsledek parametrizace toku materiálu do reaktorů - převzato z [3]

2.2 Vizualizace v SIMIT

SIMIT vizualizace podporuje pro tvorbu vizualizace obrazové formáty (bmp, jpg, jpeg, png, gif, tiff a ico), které lze snadno importovat do vizualizačního prostředí. Pro tvorbu vizualizace je možné využít grafické funkce, kterými disponuje program



Obr. 2.9: Výsledek parametrizace reaktoru - převzato z [3]



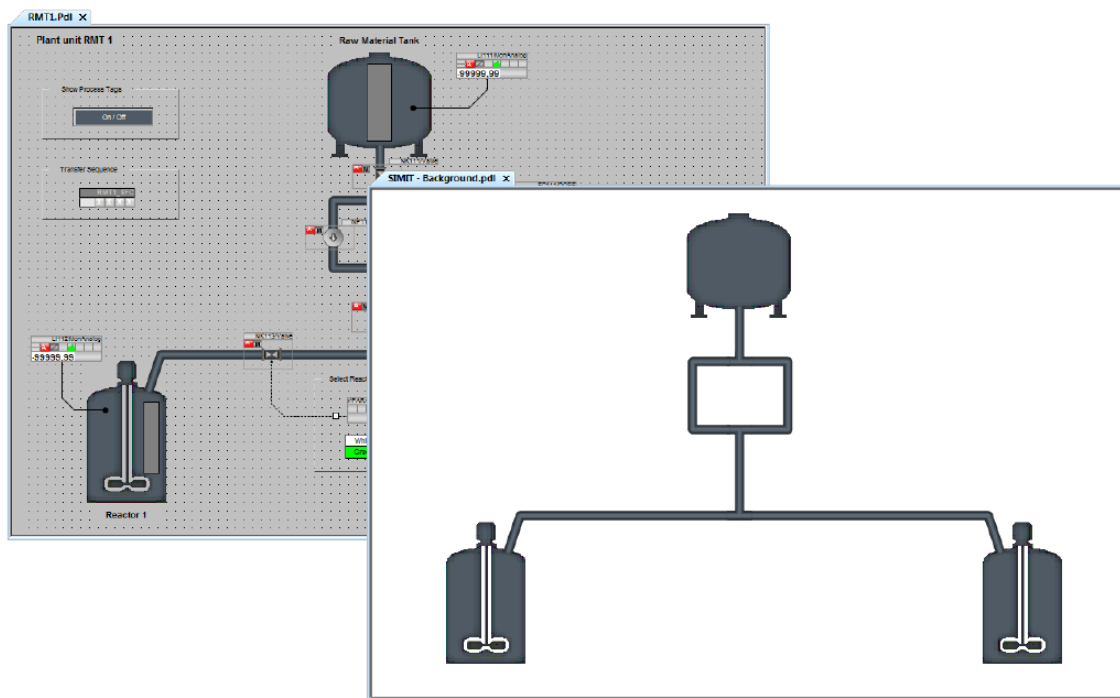
Obr. 2.10: Výsledek parametrizace nádrže se surovým materiálem - převzato z [3]

SIMIT, avšak tyto funkce jsou velmi omezené. Prostředí by se dalo přirovnat k vizualizačnímu editoru v softwaru TIA Portal v „ořezané“ verzi [3].

2.2.1 Tvorba pozadí simulace

Pokud chceme vytvořit obrázek pozadí (tedy např. schéma procesu popisující proces), je třeba nejprve pomocí WinCC Graphics Designeru toto schéma vytvořit. Například v PCS 7 projektu SIMIT Getting Started je již toto schéma vytvořeno. Toto schéma lze případně různě upravit a zjednodušit [3].

Po otevření WinCC Graphics Designeru lze třeba změnit barvu pozadí a je nutné smazat komponenty, které nechceme v SIMIT vizualizaci (např. značky motorů, ventilů atd.). Tyto značky budou následně vytvořeny jako animované značky (velmi pracné).



Obr. 2.11: Tvorba pozadí pro vizualizaci - převzato z [3]

2.2.2 Tvorba grafiky - ventily, motory

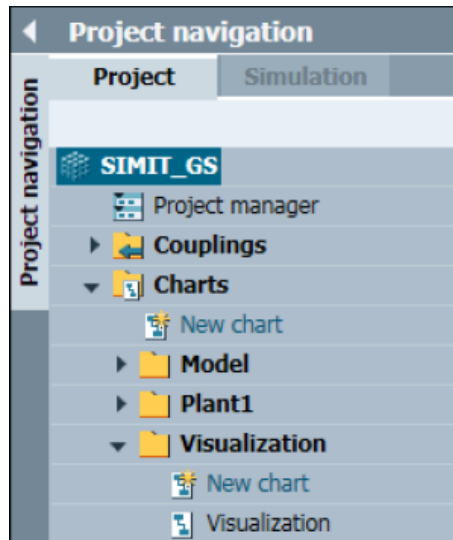
Tato část tvorby vizualizace je velmi časově náročná a složitá na rozdíl od softwaru WinCC. Pomocí WinCC Graphics Designeru lze grafické objekty exportovat pouze do formátu EMF, který ovšem SIMIT nepodporuje. Takže je nutné grafiku tvořit přes „screenshoty“ z obrazovky nebo každý krok animace vytvořit pomocí jakéhokoliv grafického programu. Je vhodné tyto vytvořené objekty ukládat do formátu PNG [3].

2.2.3 Vytvoření simulace

Opět je vhodné si v navigačním stromu projektu vytvořit „chart“ ve vlastní složce pro vizualizaci. Následně je možné vložit pozadí simulace. V nabídce „Properties“ zvolíme záložku „General > Background“, kde vybereme možnost „image“. Pomocí nástroje „Text“ lze jednotlivé části vizualizace pojmenovat [3].

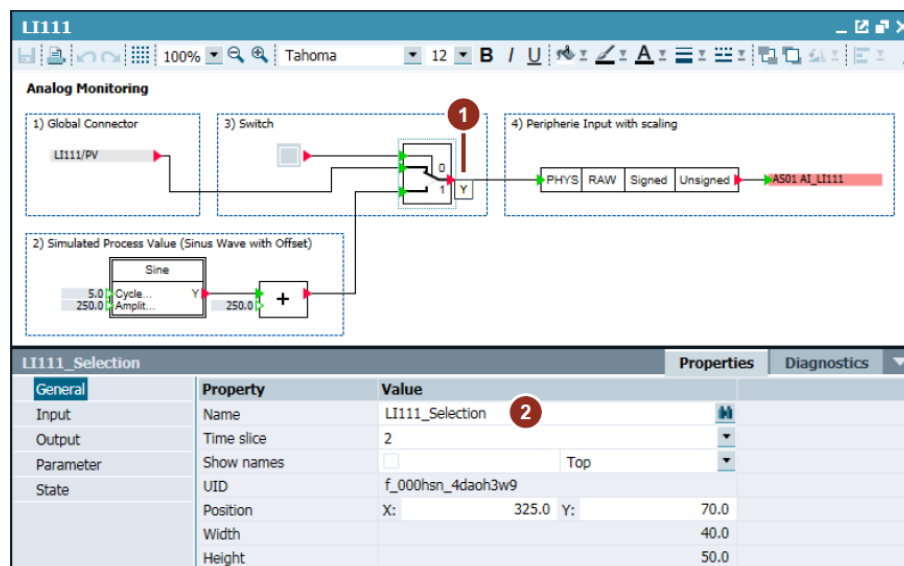
Zobrazování procesních hodnot

Aktuální hodnoty v procesu lze zobrazovat např. pomocí signálního izolátoru, kterému můžeme „vnutit“ vlastní hodnotu, nebo pomocí „baru“. Ovšem je třeba si



Obr. 2.12: Přidání vizualizace do projektového stromu

uvědomit, jakou hodnotu signálu předáváme těmto blokům, jestli se jedná o standardizovanou či destandardizovanou hodnotu viz Obr. 2.13 [3].



Obr. 2.13: Výběr analogové hodnoty - převzato z [3]

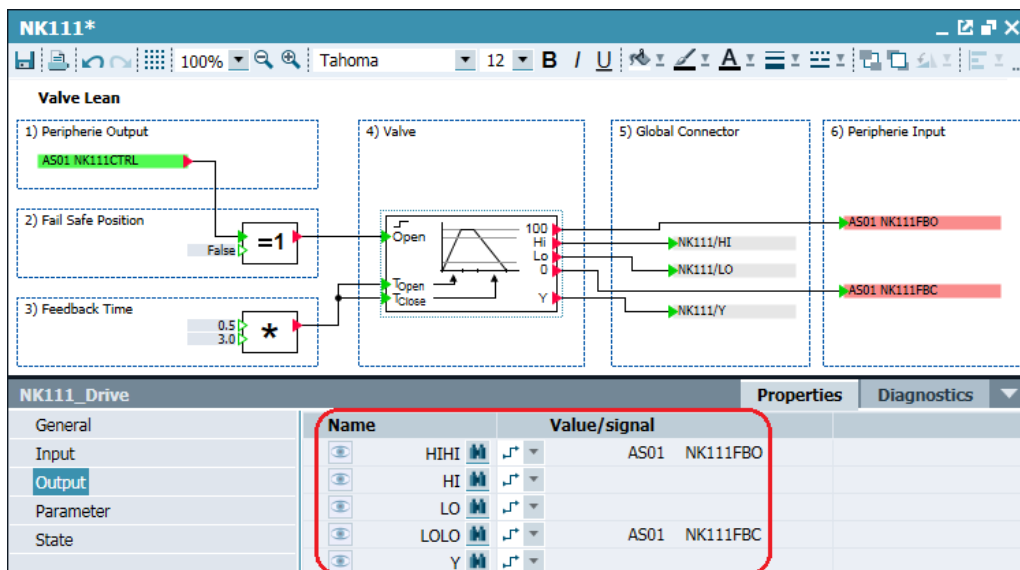
Tvorba animovaných ikon

Pro tvorbu animovaných značek (ikon), jak již bylo řečeno, je třeba vytvořit dílčí fáze grafického projevu viz Obr. 2.14.



Obr. 2.14: Dílčí ikony pro tvorbu animace jednoho objektu

Pokud chceme využívat animačních značek, je třeba k jednotlivým výstupům akčního členu, např. ventilu přiřadit signál, který bude měnit tento výstup a nastavit zda bude reagovat např. na náběžnou či sestupnou hranu viz Obr. 2.15.



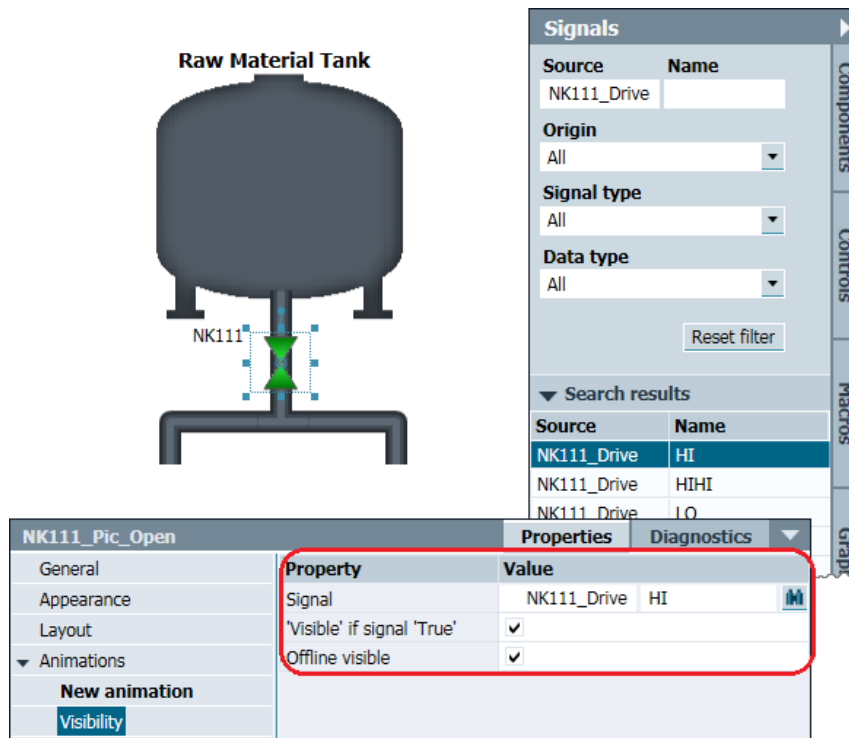
Obr. 2.15: Nastavení jednotlivých výstupu (parametrizace) - převzato z [3]

Následně lze nastavit jednotlivým značkám (ikonám), jakým způsobem jsou na vybraném signálu závislé, např. lze nastavit, že se ikona má zobrazit, když výstupní signál bude v logické jedničce apod. Tímto způsobem lze nastavit všechny ikony tak, že se postupně za sebe budou zaměňovat, a uživatel bude mít pocit, že se např. ventily postupně zavírají a otevírají.

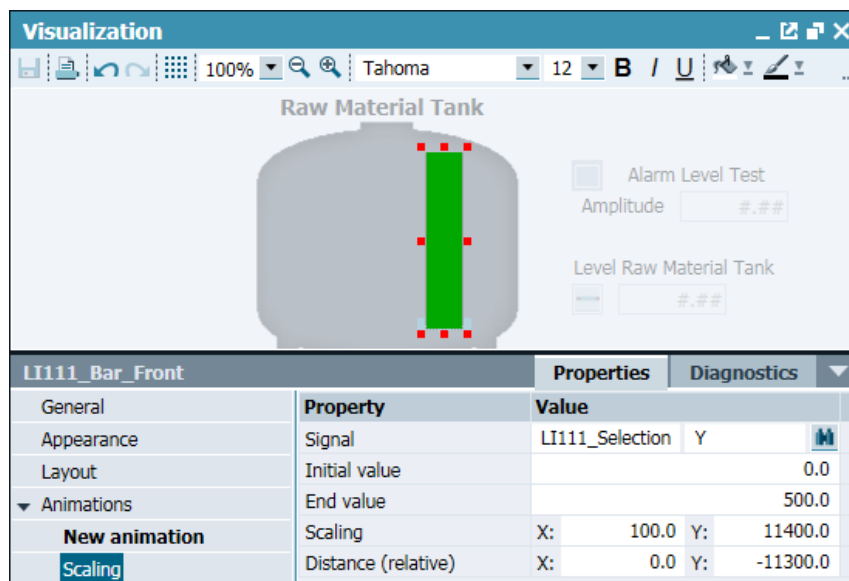
Tvorba animace stupnice naplnění („bar“)

K animaci úrovně naplnění je třeba dvou obdélníků. Jeden bude reprezentovat pozadí a druhý bude představovat hodnotu naplnění. Růst hladiny můžeme nasimulovat pomocí změny měřítka a posunem předního obdélníku.

Je ovšem nutné vše vypočítat, abychom pro změnu měřítka a posunu nenastavili špatnou hodnotu.



Obr. 2.16: Nastavení animace (zobrazení na signál) - převzato z [3]

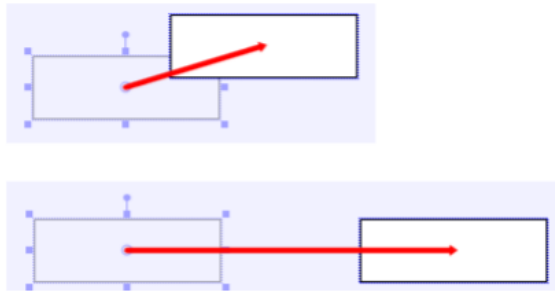


Obr. 2.17: Nastavení pro animaci úrovně naplnění - převzato z [3]

Možnosti animace

Pro uživatele, kteří znají prostředí WinCC, tvorba animací pro geometrické objekty nebude problém. Tyto všechny objekty lze jednoduše animovat. SIMIT umožňuje

podobný způsob animací pohybu („movement“), rotace („rotation“), změny měřítka („scaling“), viditelnost („visibility“). Není tedy problém nasimulovat pohyb produktu na dopravníkovém pásu či plnění lahví [3].



Obr. 2.18: Nastavení pohybu - část a) - převzato z [1]

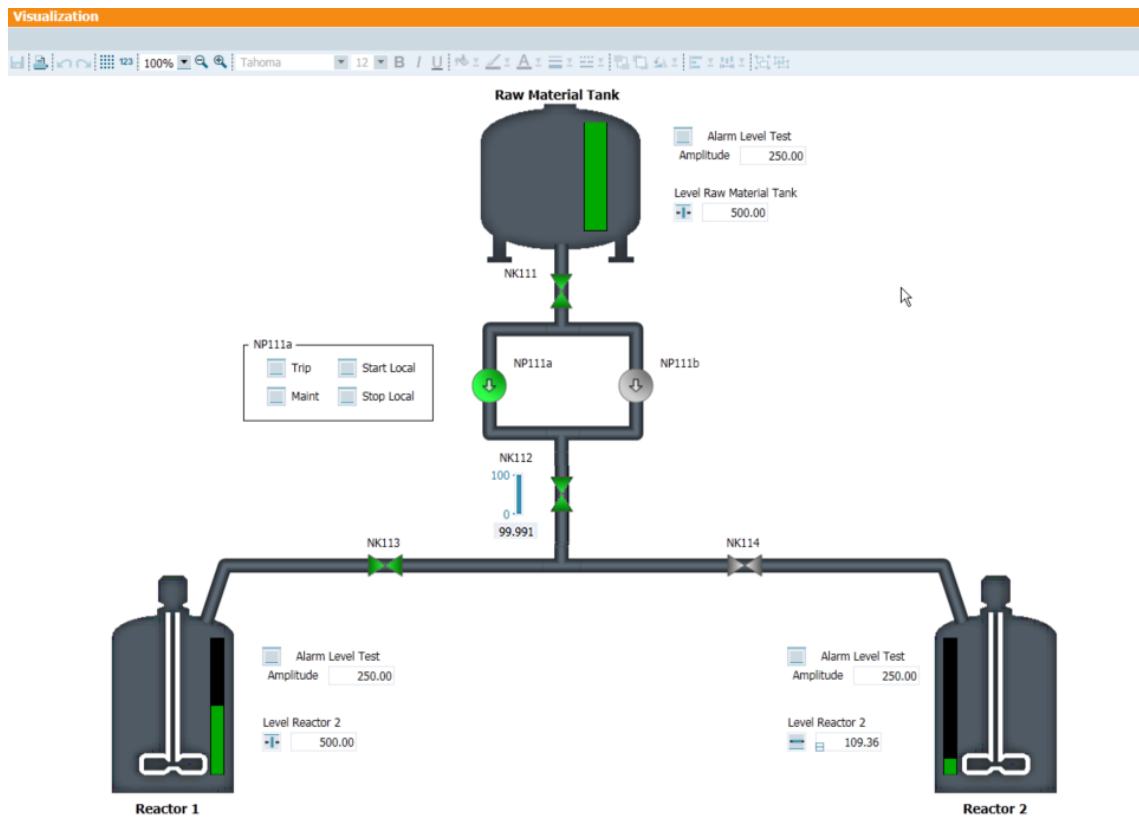
Vše lze editovat v „Properties“ objektu, kde se dají snadno nakonfigurovat libovolné animace pro konkrétní objekt.

Rectangle		
General	Property	Value
Appearance	Signal	<input type="text"/>
Layout	Initial Value	0.0
▼ Animations	Final Value	100.0
New Animation	Distance	X: 100.0 Y: -30.0
Movement		

Obr. 2.19: Nastavení pohybu - část b) - převzato z [1]

2.3 Simulace přepouštění nádrží

Výsledkem celého snažení bylo vytvořit simulaci přepouštění materiálu do dvou reaktorů (nádob s míchadly), která byla cílem semestrální práce. Tato simulace sloužila jako průvodce tvorbou v SIMIT, z tohoto důvodu je uvedena v této bakalářské práci. Vytvoření napohled jednoduché simulace je velmi pracné. V hlavní nádrži je surová hmota, kterou je třeba přečerpát do jednoho ze zvolených tanků pomocí jednoho ze dvou čerpadel. Volba finální nádrže je vybraná pomocí kombinace ventilů. Po klesnutí hladiny v hlavní tanku pod určitou úroveň se opět začne plnit, dokud nedosáhne dané hladiny. Ventily se uzavřou a čerpadla vypnout v momentě, kdy hladina dosáhne v míchacích nádržích daného limitu. Ventily a motory lze také řídit manuálně pomocí PCS 7 a WinCC.



Obr. 2.20: Ukázka simulace nádrží

V SIMIT se dají tvořit mnohem komplexnější simulace vyžadující dlouhou praxi v tomto nástroji viz příloha B.

3 Knihovny komponent nástroje SIMIT

3.1 BASIC

Jedná se o základní knihovnu elementárních funkcí pro tvorbu simulací. Bez těchto komponent by nemohla být vytvořena žádná simulace.

3.1.1 BASIC komponenty a jejich popis

Knihovnu lze rozdělit do několika podskupin:

- Connectors
- Standard components
- Drive components
- Sensor components
- Communication components
- Controls

Connectors

Konektory lze rozdělit na globální a I/O konektory. Globální slouží k propojování mezi jednotlivými schématy. I/O konektory se používají k propojení s řídicím systémem [1].

Standard components

Standardní komponenty obsahují:

- Analogové funkce
- Binární funkce
- Celočíselné funkce
- Konverzní funkce
- Matematické funkce

Analogové funkce Obsahují čtyři základní analogové funkce ADD (sčítání), SUB (odčítání), MUL (násobení) a DIV (dělení) [1].

Dále existují rozšířené analogové komponenty. Mezi ně patří AFormula (ve které můžeme popsat funkci pomocí algebraické rovnice), Average (výpočet průměru), Characteristic (slouží k převedení vstupní hodnoty na výstupní pomocí aproximované funkce), relační operátory (porovnávání), mrtvá doba, filtry, integrátory, minimum a maximum, multiplexery, atd. [1].

Celočíselné funkce Obsahuje podobné funkce jako v analogových funkcích (ADD, SUB, MUL, DIV, relační operátory, MinMax atd.) s tím rozdílem, že pracují s celými čísly [1].

Matematické funkce Obsahuje matematické funkce ABS (absolutní hodnota), EXP (exponenciální funkce), LOG a LN (dekadický resp. přirozený logaritmus), POW (mocnina), RAND (generátor náhodných čísel) a goniometrické funkce [1].

Binární funkce Obsahuje základní binární operace AND, OR, NOT, XOR, XNOR, BFormula (zápis logické funkce), čítače, pulsy, multiplexery, klopné obvody [1].

Konverzní funkce Slouží k převodu signálů na různé typy [1]:

- Byte2Bit - převod bytů na bity
- Byte2Word - převod bytů na datové slovo
- Word2Byte - převod datového slova na byty
- Byte2DWord - převod bytů na dvojitě datové slovo
- DWord2Byte - převod dvojitě datového slova na byty
- Analog2Integer - převod analogové (fyzické) hodnoty na celočíselnou
- Integer2Analog - převod celočíselné hodnoty na analogovou (fyzickou) hodnotu
- Raw2Phys - převod surové (měřené) hodnoty na analogovou (fyzickou) hodnotu
- Phys2Raw - převod analogové (fyzické) hodnoty na surovou (měřenou) hodnotu
- Unsigned2Signed - převod z typu unsigned na signed
- Signed2Unsigned - převod z typu signed na unsigned
- Real2Byte - převod reálného čísla na binární reprezentaci reálného čísla (single-precision)
- Byte2Real - převod binární reprezentace reálného čísla na reálné číslo

Controls

Používají se k zobrazování a manuálnímu spínání daných modelů. Patří sem tlačítka, přepínače a zobrazovače (displaye). Detailnější popis je uveden v Tab. A.1 v příloze A této práce.

Zbylým typům není věnována pozornost, ale především se jedná o komunikační moduly.

3.2 FLOWNET

Nejedná se o základní knihovnu v programu SIMIT. Je ji třeba dokoupit samostatně a je využitelná k simulování termodynamických procesů (dějů) v potrubní síti homogenního média.

FLOWNET knihovna poskytuje komponenty, které simulují termodynamické děje ideálních plynů, kapalin, vody a vodní páry. Simulace využívá proměnných teploty, tlaku, průtoku, hustoty a entalpie [1].

3.2.1 FLOWNET komponenty a jejich popis

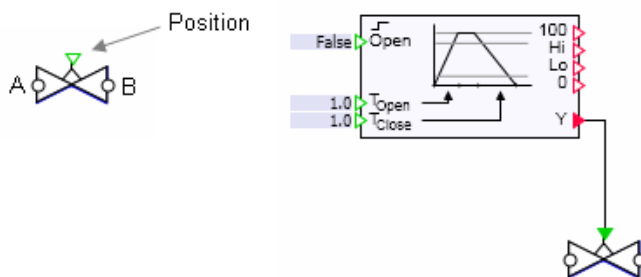
V této části jsou popsány komponenty knihovny FLOWNET, která je rozdělena do několika částí. Disponuje jiným typem značení propojení (bílé kruhy), takže lze tyto členy komponenty propojovat pouze v rámci komponent knihovny FLOWNET se stejným typem propojení [1].

- GENERAL
- MEASURE
- MEDIUM

GENERAL

Obsahuje akční členy pro simulování procesu např. Valve (ventil), Pump (pumpa).

Valve Tato komponenta simuluje mechanický ventil v pneumatickém či hydraulickém systému. Jedná se o vratný ventil [1].

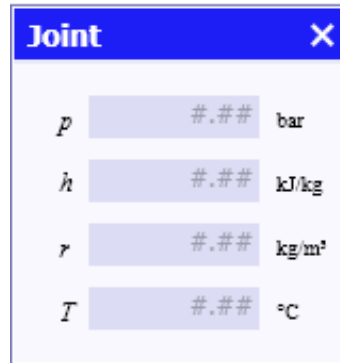


Obr. 3.1: Ukázka komponenty Valve a její použití - převzato z [1]

StopValve Tato komponenta simuluje mechanický ventil v pneumatickém či hydraulickém systému. Jedná se o nevratný ventil [1].

Pump Tato komponenta počítá změnu tlaku, která závisí na toku a rychlosti [1].

Joint Komponenta je vhodná ke spojení tří větví potrubního systému do jedné. V operátorském okně je zobrazen tlak, entalpie, hustota, teplota [1].



Obr. 3.2: Ukázka úpravy parametrů komponenty joint - převzato z [1]

JointParam Má podobnou funkcionalitu jako Joint s více nastavitelnými parametry (Additional parameters). Lze nastavit počáteční tlak, počáteční entalpii, teplotu okolního prostředí, faktor vyjádřující výměnu tepla s okolím. Tyto komponenty věrněji simulují reálné prostředí. Dále lze nastavit stlačitelnost kapalin, plynů [1].

Mnode Mnode – mass flow. Definuje počáteční podmínky pro médium, přesněji počáteční hmotnostní průtok a specifickou entalpii [1].

NetParam Komponenta definující veličiny média v daném bodě. Definuje termální faktory a faktory stlačitelnosti, hustotu média, tepelnou kapacitu plynu a kapalin, plynovou konstantu. Dalšími parametry jsou rozšiřující parametry jako u komponenty JointParam [1].

Pnode Pnode – mass flow. Definuje počáteční podmínky pro médium, přesněji počáteční tlak a specifickou entalpii [1].

MEASURE

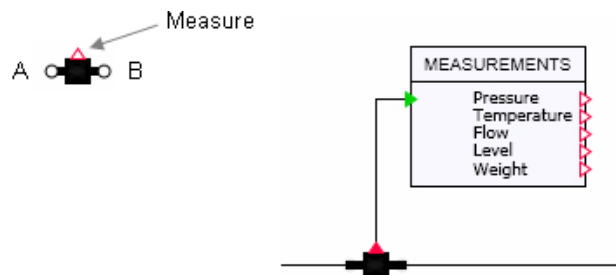
Obsahuje komponenty pro měření. Tedy senzory, které budou zobrazovat (měřit) aktuální fyzikální veličiny daného média [1].

FlowIndicator Komponenta zobrazuje a měří hodnotu průtoku v potrubí [1].

LevelIndicator Komponenta zobrazuje a měří úroveň hladiny na svém vstupu [1].

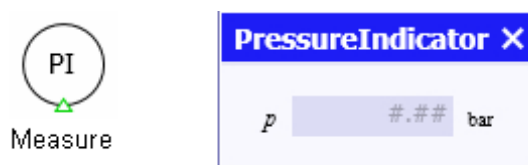
Measurements Měří fyzikální veličiny v měřeném bodě (např. tlak, teplotu, průtok, hladinu, hmotnost) [1].

PipeMeasure Komponenta zobrazuje a měří více fyzikálních veličin najednou (tlak, průtok, teplota). Zobrazuje také směr průtoku [1].



Obr. 3.3: Ukázka komponenty PipeMeasure - převzato z [1]

PressureIndicator Komponenta zobrazuje a měří tlak na svém vstupu [1].



Obr. 3.4: Ukázka komponenty PressureIndicator - převzato z [1]

TemperatureIndicator Komponenta zobrazuje a měří teplotu na svém vstupu [1].

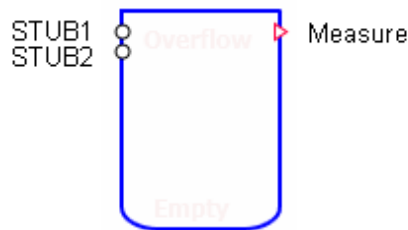
WeightIndicator Komponenta zobrazuje a měří hmotnost na svém vstupu [1].

MEDIUM

Obsahuje podkategorie různých medií (GAS, LIQUID, WATER/STREAM). Tyto kategorie obsahují předchozí komponenty z kategorie GENERAL rozšířené o vlastní komponenty pro simulaci otevřené či uzavřené nádrže, elektrických ohřívačů a tepelných výměníků. Komponenty jsou rozděleny podle barev GAS - oranžová, LIQUID - modrá a WATER/STREAM - šedá [1].

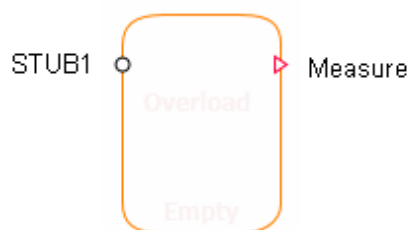
StorageTankLiquid/Water Zásobník kapaliny, který dokáže věrně simulovat přítok, odtok kapaliny a úroveň hladiny. Jedná se o otevřenou nádobu, tedy obsah není izolován od okolí. U nádoby lze konfigurovat pozici a počet odtokových, přítokových otvorů (number of stubs) v properties komponenty (minimálně jeden a maximálně 16). Pomocí klávesy „ALT“ lze pomocí myši měnit polohu tohoto vývodu [1].

V properties lze také snadno nastavit výšku nádoby, její objem, počáteční naplnění, hustotu kapaliny, počáteční teplotu kapaliny, okolní tlak, průtokový koeficient otvorů, minimální objem atd. [1].



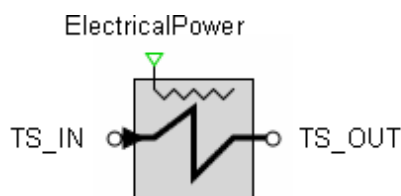
Obr. 3.5: Ukázka komponenty StorageTankLiquid - převzato z [1]

DrumTank Uzavřený zásobník pro kapaliny a plyny. Dokáže simulovat podobné parametry jako otevřená nádrž, ale obsah nádrže je izolován od prostředí. Počet konektorů se opět pohybuje v rozsahu 1-16 (maximálně 8 vstupních nebo výstupních) [1].



Obr. 3.6: Ukázka komponenty DrumTank - převzato z [1]

ElectricHeater Tato komponenta simuluje elektrický tepelný výměník. K simulaci využívá elektrický výkon. Do této komponenty vstupuje médium přes TS-IN a vystupuje přes TS-OUT jako ohřáté médium. Lze nastavit počet ohřívacích segmentů (4-16). Také předpokládáme, že veškerá elektrická energie se převede v teplo. Nastavitelnými parametry jsou objem média ve výměníku, vnitřní povrch trubky, přestup tepla, tepelná kapacita trubky [1].

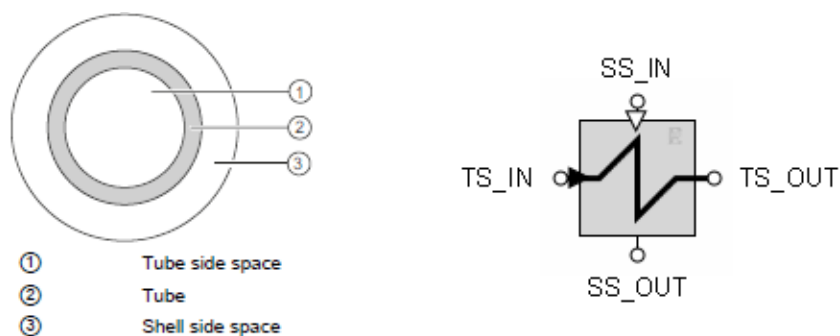


Obr. 3.7: Ukázka komponenty ElectricHeater - převzato z [1]

HeatExchanger Tato komponenta simuluje tepelný výměník (výměna mezi dvěma médii). Jsou implementovány tři typy výměny tepla [1]:

- výměna pomocí souběžných toků
- výměna pomocí protiběžných toků
- výměna pomocí křížení

Jedno médium vstupuje do SS-IN a vystupuje z SS-OUT. Druhé médium vstupuje do TS-IN a vystupuje z TS-OUT [1].



Obr. 3.8: Ukázka komponenty HeatExchanger - převzato z [1]

- (1) - vnitřní strana potrubí
- (2) - potrubí
- (3) - vnější strana potrubí

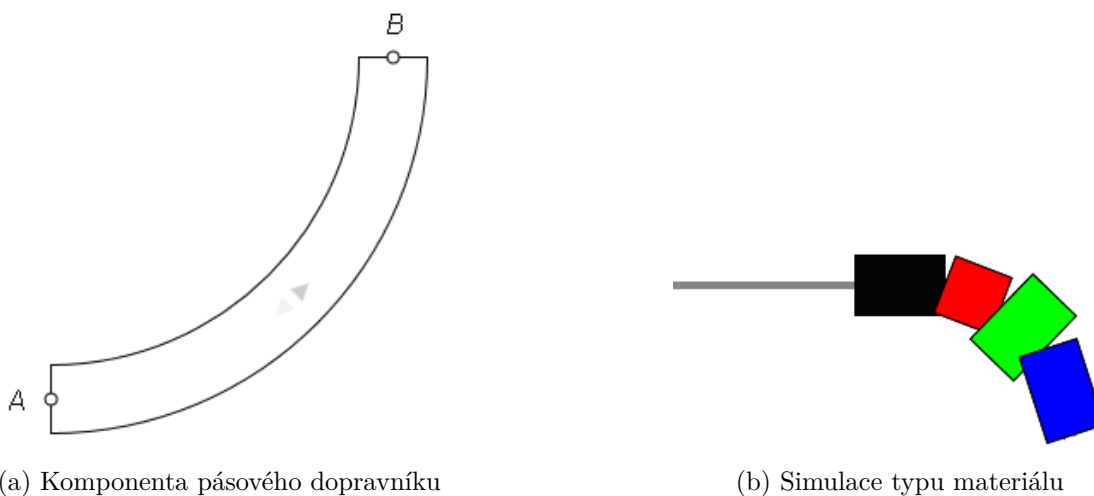
Nastavitelnými parametry jsou typ tepelného výměníku, počet segmentů, objem média na vnitřní straně výměníku, objem média na vnější straně výměníku, vnitřní a vnější povrch trubky, vnější a vnitřní přestup tepla a tepelná kapacita vnější, vnitřní části trubky [1].

3.3 CONTEC

Tato knihovna obsahuje komponenty pro simulaci přesunu zboží na dopravníkovém systému. Obsahuje komponenty pro dva typy dopravníkových systému, a to pro kolejové systémy a bezvozíkové systémy (válečkové, pásové, řetězové) [1].

3.3.1 CONTEC komponenty a jejich popis

Disponuje různými dopravníkovými segmenty (rovné, zatáčky, křižovatky, točny). Každá komponenta má nastavitelné parametry jako šířka, délka, rychlost dopravníkového segmentu, poloha a počet senzorů [1].



Obr. 3.9: Ukázka knihovny CONTEC - převzato z [1]

Tato knihovna by byla vhodným prostředkem k tvorbě procesů v rámci bakalářské práce. Bohužel firma COMPAS touto knihovnou nedisponuje.

K provozu této knihovny je nutné nadefinovat materiál, který se bude transportovat (material list). Zde je možné nastavit rozměry přepravovaného objektu. Material list je dostupný, pouze pokud máme licencovanou knihovnu [1].

Knihovna CONTEC je rozdělena do několika podskupin:

- CONVEYOR - pásové dopravníky
- MATERIAL - prostředek transportu
- RAILS - kolejové dopravníky

4 Tvorba simulátorů

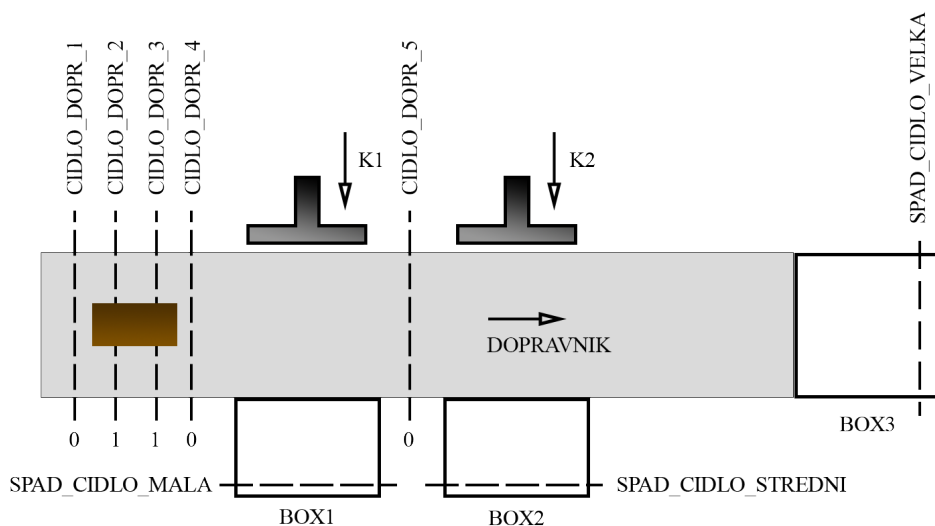
Tato kapitola obsahuje zadání úloh z předmětu BPGA a popisuje požadovanou funkcionalitu reálných přípravků. Jsou zdokumentovány modelová schémata důležitých částí jednotlivých simulátorů v SIMIT a také jsou zde uvedeny ukázky algoritmů řídicích systému.

4.1 Zadání úloh

4.1.1 Úloha 1: „Třídění kmenů“

Zadání

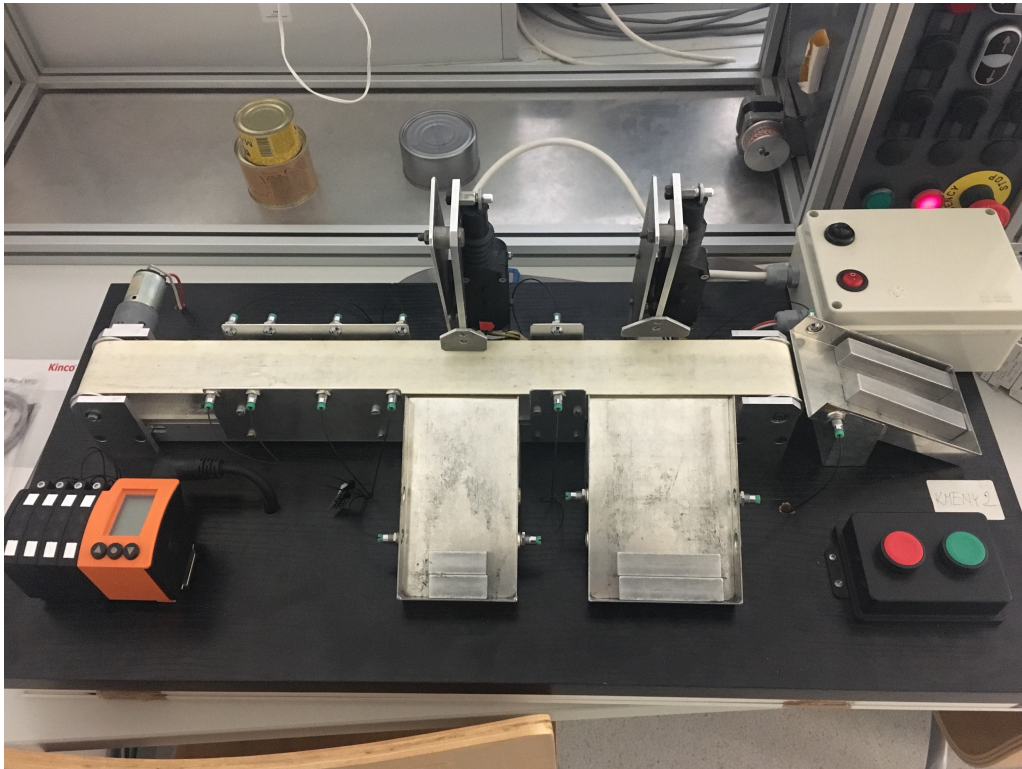
Klády tří různých velikostí přijíždějí po dopravníku. Velikost klád se rozlišuje soustavou čtyř čidel CIDLO_DOPR_1, CIDLO_DOPR_2, CIDLO_DOPR_3 a CIDLO_DOPR_4. Krátké klády se zatlačí manipulátorem K1 do boxu 1. Manipulátor K1 se ovládá dlouhým impulsem tak, aby kládu zachytil ve správné době. Po spadnutí klády do boxu 1 (indikováno SPAD_CIDLO_MALA) je možné očekávat další kládu. Střední klády se zatlačí manipulátorem K2 do boxu 2. Manipulátor se ovládá dlouhým impulsem se zpožděním od čidla CIDLO_DOPR_5 tak, aby kládu zachytil ve správné době. Po spadnutí klády do boxu 2 (indikováno SPAD_CIDLO_STREDNI) je možné očekávat další kládu. Velké klády se nechají dojet na konec pásu, po spadnutí do boxu 3 (indikováno SPAD_CIDLO_VELKA) lze očekávat další kládu. Pomocí čítačů počítejte klády v jednotlivých boxech [14].



Obr. 4.1: Zjednodušené schéma úlohy „Třídění kmenů“ - převzato a upraveno z [14]

Pokyny

Systém se uvede do chodu stisknutím tlačítka START, zastavit lze v libovolném okamžiku tlačítkem STOP. Na indikačních světlech zobrazuje možnost položení další klády (červená - kláda je na pásu, zelená - je možné položit další kládu) [14].



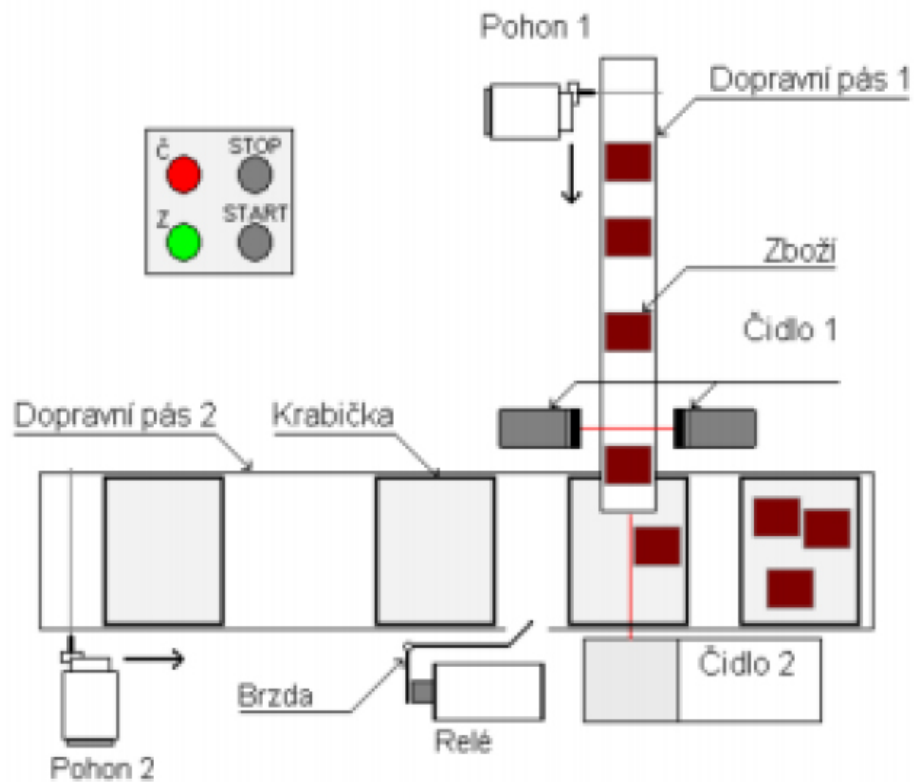
Obr. 4.2: Fotografie laboratorního přípravku úlohy „Třídění kmenů“

4.1.2 Úloha 2: „Počítání zboží na dopravníku“

Zadání

Napište program pro programovatelný automat SIMATIC formou kontaktního schématu pro přemístění určitého počtu kusů výrobků do krabic. Zboží v nepravidelných intervalech přijíždí po dopravníku č.1 a je indikováno čidlem 1. Po dopravníku č.2 přijíždí prázdné krabice, které se mají naplnit třemi kusy výrobků. Přítomnost krabice na pozici před pásem je indikována čidlem č. 2, přičemž následující krabice je zastavena brzdou. Po naplnění třemi kusy výrobků tato odjede a brzdou uvolněna prázdná krabice ji nahradí, je naplněna třemi kusy výrobků a tak dále. Dopravník č.1 se musí vypnout v případě, že po dobu 5 s nedorazí žádný výrobek. V tom případě zůstane svítit zelená a navíc se rozblíká červená signálka. Systém musí reagovat

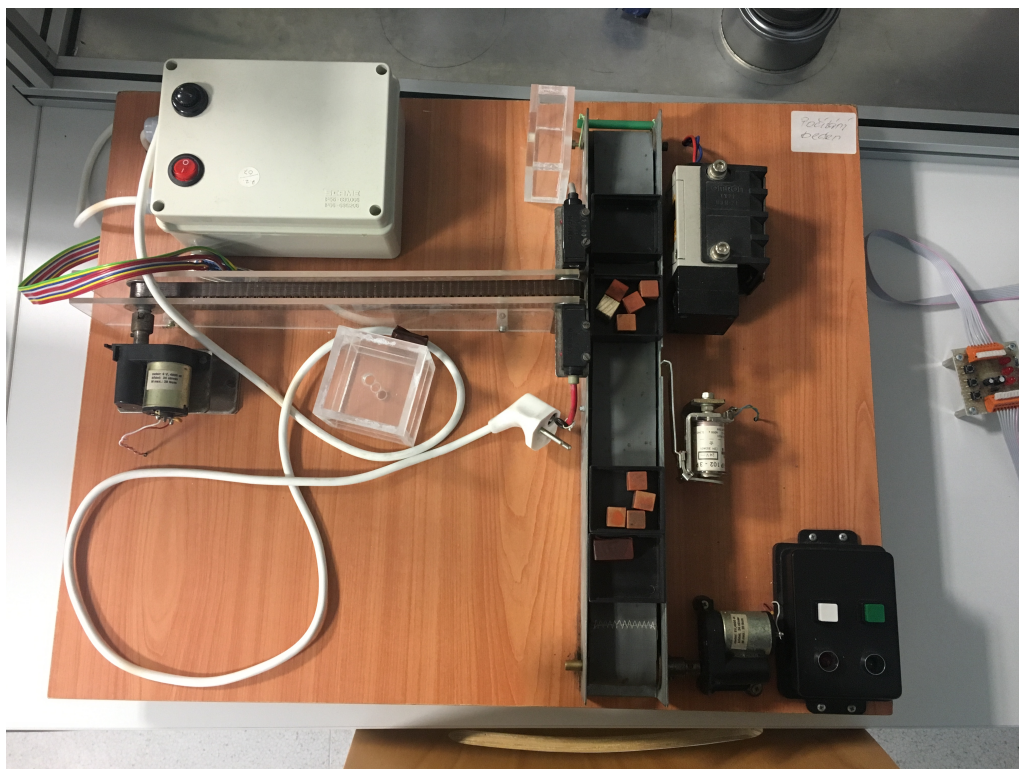
na tlačítko START, jenž uvede zařízení opět do provozu. Stav zařízení je signalizován příslušnou signálkou (zelená pro chod a červená pro zastavení). Systém vybavte nouzovým vypnutím STOP, které v libovolném okamžiku zastaví oba dopravníky a uvolní brzdu. Po stisknutí STOP lze obnovit chod pouze stiskem tlačítka START [14].



Obr. 4.3: Zjednodušené schéma úlohy „Třídění kmenů“ - převzato z [14]

Pokyny

Čidlo 2 neindikuje pozici krabice v poloze před dopravníkem 1 - po sepnutí čidla 2 je nezbytné krabici posunout ještě o kousek dále. Pro zajištění odstupu krabic před pásem 1 použijte brzdu, která podrží následující krabici. Pro pojmenování proměnných využijte symbolická jména [14].



Obr. 4.4: Fotografie laboratorního přípravku úlohy „Počítání zboží na dopravníku“

4.2 Vypracování úloh

4.2.1 Řídicí algoritmus úlohy „Třídění kmenů“

Nejprve bylo nutné vymodelovat řídicí protistranu simulátoru pro úlohu „Třídění kmenů“. K tomu byl využit software STEP7 Manager, ve kterém bylo třeba nakonfigurovat PLC, které bylo později simulováno pomocí PLCSIM. Následně byl vytvořen řídicí program v jazyce STL. Byly vytvořeny jednotlivé funkce, které obsluhují proměnné, které jsou následně využity v SIMIT.

Veškerá dokumentace řídicího systému je na přiloženém CD, kde jsou popsány dílčí části jednotlivých funkcí.

Funkce FC1 - obsluha a řídicí logika

System rozpozná typ klády v závislosti na spínání kombinace dopravníkových čidel. Na základě těchto kombinací nastavuje či nuluje požadavky pro vysouvání jednotlivých klapků, které případně vytlačí kmeny do určených zásobníků.

Tato funkce také řeší obsluhu dopravníku. Spouštění a vypínání simulovaného přípravku je umožněno z prostřední SIMIT a WinCC tlačítka START a STOP.

Network: 2 STISK TLACITKA STOP - NASTAVENI VYSTUPU		
O	"TLACITKO_STOP_IN"	I24.1
O	"WINCC_STOP"	M60.7
R	"ZELENA_LED_OUT"	Q40.0
R	"CERVENA_LED_OUT"	Q40.1
R	"DOPRAVNIK_RUN_OUT"	Q40.2
R	"KLAPKA_1_MALE_OUT"	Q40.3
R	"KLAPKA_2_STREDNI_OUT"	Q40.4
L	S5T#4S	
SD	T	5

Network: 3 DETEKCE MALE KLADY + SPOUSTECI MERKER PRO MALOU KLADU		
A	"CIDLO_DOPR_1_IN"	I24.2
A	"CIDLO_DOPR_2_IN"	I24.3
AN	"CIDLO_DOPR_3_IN"	I24.4
AN	"CIDLO_DOPR_4_IN"	I24.5
S	"MALA_KLADA"	M60.0

Network: 4 DETEKCE STREDNI KLADY + SPOUSTECI MERKER PRO STREDNI KLADU		
AN	"CIDLO_DOPR_1_IN"	I24.2
A	"CIDLO_DOPR_2_IN"	I24.3
A	"CIDLO_DOPR_3_IN"	I24.4
AN	"CIDLO_DOPR_4_IN"	I24.5
R	"MALA_KLADA"	M60.0
S	"STREDNI_KLADA"	M60.2

Obr. 4.5: Ukázka funkce FC1 úlohy „Třídění kmenů“ v programu STEP7 Manager

Funkce FC2

Další bodem zadání úlohy je počítání jednotlivých typů kmenů. Tuto funkci obstarává FC2, která je navržena tak, že čítače zvýší svoji hodnotu v případě sepnutí čidla detekujícího spad dané klády.

Tyto čítače je možno resetovat pomocí tlačítek v SIMIT buď jednotlivě nebo všechny najednou.

Funkce FC3

Funkce obsluhuje LED signálky, které mají indikovat, zda je možné položit další kmen na dopravníkový pás. Nastavování či resetování příslušných bitů pro LED diody je obsluhováno náběžnými hranami signálů od CIDLO_DOPR_1, SPAD_CIDLO_MALA, SPAD_CIDLO_STREDNI a SPAD_CIDLO_VELKA.

Zelená LED svítí v případě, že na páse nejede žádný kmen a dopravník je zapnutý. Červená LED se rozsvítí, projede-li kmen dopravníkovým čidlem 1, a svítí do doby, dokud neprojede jedním z čidel detekujících spad kmene.

Network: 5 CITANI MALEHO KMENU + RESET MALE KLADY PRI SPADU			
A	"CIDLO_SPADLE_MALE_IN"	I24.7	
CU	"CITAC_MALYCH_KLAD"	C1	
L	S5T#500MS		
SD	T 1		
A	T 1		
R	"MALA_KLADA"	M60.0	

Network: 6 CITANI STREDNIHO KMENU + RESET STREDNI KLADY PRI SPADU			
A	"CIDLO_SPADLE_STREDNI_IN"	I25.0	
CU	"CITAC_STREDICH_KLAD"	C2	
L	S5T#500MS		
SD	T 2		
A	T 2		
R	"STREDNI_KLADA"	M60.2	

Obr. 4.6: Ukázka funkce FC2 úlohy „Třídění kmenů“ v programu STEP7 Manager

Network: 1 ROZSVICENI CERVENE LED			
A	"CIDLO_DOPR_1_IN"	I24.2	
S	"CERVENA_LED_OUT"	Q40.1	
A	"CIDLO_SPADLE_VELKE_IN"	I25.1	
FP	M 0.4		
R	"CERVENA_LED_OUT"	Q40.1	
A	"CIDLO_SPADLE_STREDNI_IN"	I25.0	
FP	M 0.5		
R	"CERVENA_LED_OUT"	Q40.1	
A	"CIDLO_SPADLE_MALE_IN"	I24.7	
FP	M 0.6		
R	"CERVENA_LED_OUT"	Q40.1	

Obr. 4.7: Ukázka funkce FC3 úlohy „Třídění kmenů“ v programu STEP7 Manager

Funkce FC4

Tato funkce slouží pouze k přesměrování spouští do programu SIMIT, kde následně simulujeme pohyby jednotlivých klapků a kmenů. Využití spouští je demonstrováno v kapitole 4.2.2.

Export proměnných z řídicího programu

Po naprogramování řídicího algoritmu bylo třeba exportovat symbolickou tabulku s využívanými proměnnými a poté ji importovat do programu SIMIT viz podkapitola 2.1.4.

Důležité je zkontrolovat, zda vstupní a výstupní moduly PLC jsou nakonfigurovány na adresy proměnných dle symbolické tabulky.

Nutné podotknout, že řídicí program byl tvořen paralelně se simulací v SIMIT,

přičemž často docházelo k modifikacím a zjednodušování. Vytvořit nejdříve řídicí program a později simulační je téměř nemožné, protože nelze dopředu vědět, které signály a proměnné modifikovat.

Address overview

```

Addresses of:                CPU 315-2 PN/DP
Address range from :        0
Address range to:           2047
Available address assignment: Yes
Rack / Slot:                0/2
    
```

Module	Addr. from	Addr. to	Type	PIP	DP	PN	FF	R	S	IF
DI32xDC24V	24	27	I	OB1 PI	-	-	-	0	4	-
DI32xDC24V	40	43	I	OB1 PI	-	-	-	0	5	-
AI8x16Bit	50	65	I	OB1 PI	-	-	-	0	6	-
AI8x16Bit	66	81	I	OB1 PI	-	-	-	0	7	-
IM 360	2000	2000	I*	-	-	-	-	0	3	-
Port 2	2044	2044	I*	-	-	-	-	0	2	4
Port 1	2045	2045	I*	-	-	-	-	0	2	3
PN-IO	2046	2046	I*	-	-	-	-	0	2	2
MPI/DP	2047	2047	I*	-	-	-	-	0	2	1
AO4x16Bit	10	17	Q	OB1 PI	-	-	-	0	10	-
DO32xDC24V/0.5A	24	27	Q	OB1 PI	-	-	-	0	8	-
DO32xDC24V/0.5A	40	43	Q	OB1 PI	-	-	-	0	9	-

Obr. 4.8: Kontrola HW konfigurace - přístup k adresám proměnných

VELKA_PAS_WINCC	I	25.4	BOOL	
RESET_C1_MALE_WINCC	I	25.5	BOOL	
RESET_C2_STREDNI_WINCC	I	25.6	BOOL	
RESET_C3_VELKE_WINCC	I	25.7	BOOL	
RESET_C_ALL_IN	I	26.0	BOOL	
K1_PUSHING_WINCC	I	26.1	BOOL	
K1_PULLING_WINCC	I	26.2	BOOL	
K2_PUSHING_WINCC	I	26.3	BOOL	
K2_PULLING_WINCC	I	26.4	BOOL	
KLAPKA_1_MALE_WINCC	I	40.3	BOOL	
KLAPKA_2_STREDNI_WINCC	I	40.4	BOOL	
POLOHA_HOR_MALE_IN	IW	50	WORD	
POLOHA_HOR_STREDNI_IN	IW	52	WORD	

Obr. 4.9: Kontrola HW konfigurace - ukázka symbolické tabulky

4.2.2 Modelová schémata úlohy „Třídění kmenů“

Modelace polohy kmene a klapek - generátor pulsů

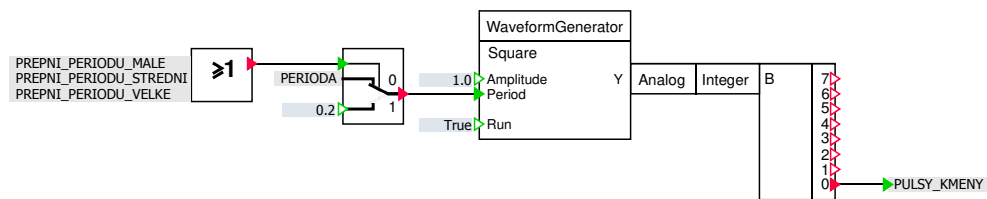
Stěžejním problémem simulace této úlohy bylo najít způsob, jak simulovat pohyb objektu bez knihovny CONTEC. Naštěstí v základní sadě SIMIT existuje generátor pravidelných pulsů, který byl následně využit i v úloze „Počítání zboží na dopravníku“.

Pohyb kmene je tedy simulován tímto generátorem obdélníkového signálu o amplitudě 1.0, střídou 50 % a nastavitelnou periodou. Jelikož výstupem generátoru je

reálné číslo, je ho třeba převést na celočíselný typ „Integer“. Z něho hodnotu převedeme na jednotlivé bity. V tomto případě, kdy je amplituda 1, dochází ke změně pouze na nultém bitu. Tímto způsobem je generován signál o logické jedničce a nule.

V případě pohybu kmenů je schéma rozšířeno o přepínač periody v závislosti na výstupu hradla OR, který je předřazený tomuto přepínači. K přepnutí periody pulsů dojde v případě, kdy je kmen posouván směrem do zásobníku, aby rychlost posunu do zásobníku nebyla závislá na rychlosti dopravníku.

MODEL GENERATORU PULSU PRO SIMULACI POLOHY KMENU



Obr. 4.10: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - generátor pulsů pro pohyb kmenů

Stejným způsobem je modelován pohyb klapky, které nemají proměnnou periodu pulsů.

Modely polohy kmene a klapky - změna polohy

Poloha kmene Po vytvoření generátoru bylo třeba vytvořit modelové schéma pro změnu souřadnic předmětu. Toho bylo docíleno tak, že pomocí dvou čítačů (jeden pro horizontální složku polohy a druhý pro vertikální složku polohy) inkrementujeme hodnotu proměnné pro polohu (např. u malého kmene MALA_HORIZONTAL resp. POLOHA_HOR_MALE_IN a MALA_VERTICAL resp. POLOHA_VER_MALE_IN).

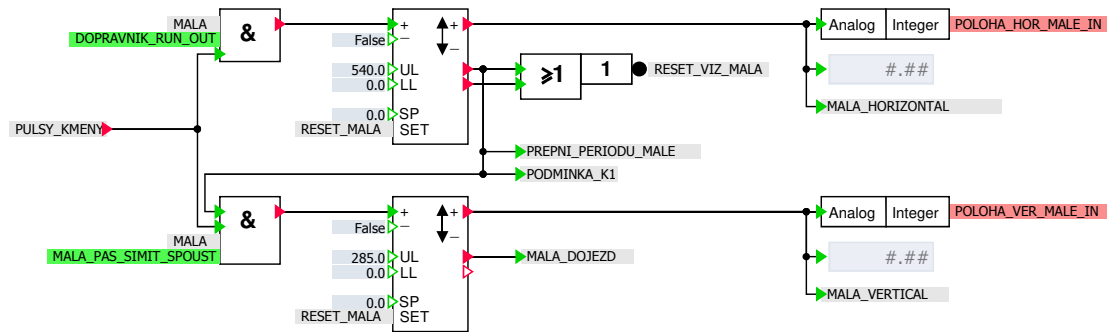
K čítání horizontální složky dojde v případě, že je splněna podmínka zapnutého dopravníku a je zvolen typ kmene. V případě vertikální složky musí být navíc splněna podmínka, že čítač pro horizontální složku dočítal.

Při dočítání horizontálního čítače dojde k přepnutí periody, které bylo zmíněno u předchozího modelového schématu.

Každý čítač je nastaven na jinou maximální hodnotu v závislosti na typu kmene. K nulování hodnoty polohy dojde v případě, že odebereme kmen nebo položíme další viz dále.

Poloha klapky Model pohybu klapky vychází z modelového schématu pro pohyb kmene. Princip je totožný, opět je inkrementována proměnná, kterou využíváme

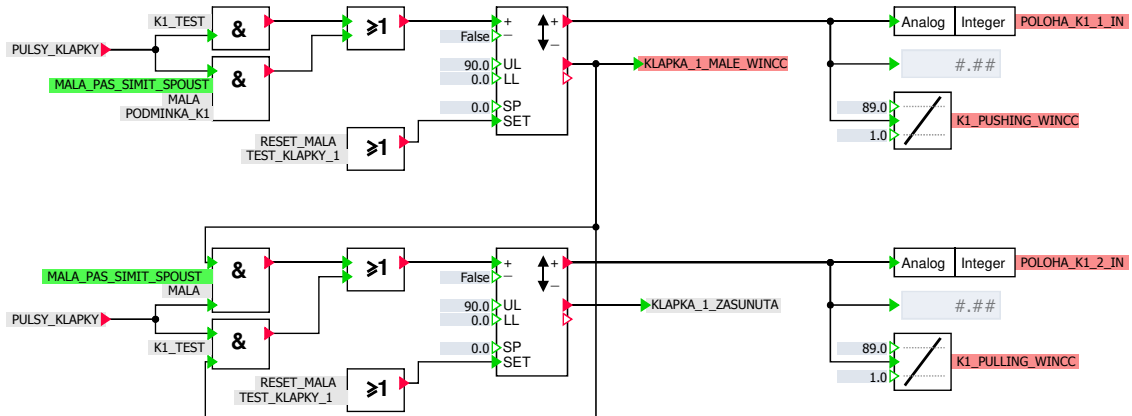
MODEL POLOHY MALEHO KMENU



Obr. 4.11: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - změna polohy malého kmene

ke změně polohy. Rozdíl je v tom, že vertikální pohyb rozdělujeme na dva pohyby (kladný a záporný) z důvodu vizualizace. Vizualizační programy neumí pracovat s pohybem, kde k referenčním souřadnicím nejdříve přičítáme a pak jejich hodnotu odečítáme.

MODEL POLOHY KLAPKY 1



Obr. 4.12: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - změna polohy klapky K1

Simulace pohybu klapky je navíc rozšířená o testovací režim, díky kterému můžeme ve vizualizaci v SIMIT testovat pohyb klapky pomocí příslušného tlačítka. V normálním režimu se klapka vysune v případě, že systém rozpozná malý kmen, resp. střední, dále že byla vložena malá, resp. střední kláda a malý, resp. střední kmen dorazil ke klapce.

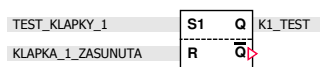
Resetování poloh klapek (čítačů) dojde stisknutím tlačítka pro testování klapek nebo odebráním či přidáním kmene na pás.

Výstupní signály z čítačů slouží jako proměnné do vizualizačních programů k vytvoření pohybujících se manipulátorů.

Model testování klapky 1

Pro testování pohybu klapek byl vytvořen model, který je tvořen SR klopným obvodem. Tlačítko TEST_KLAPKY_1 nastavuje výstup K1_TEST na logickou jedničku. Tento merker se nuluje po zasunutí klapky do výchozí polohy.

MODEL TESTOVANI KLAPKY 1

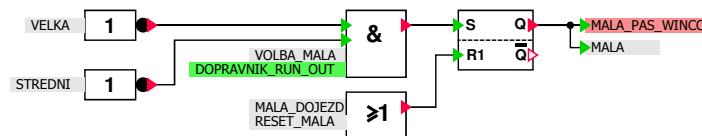


Obr. 4.13: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - testování klapky K1

Model volby pro přidání a odebrání malého kmenu

Ze zadání plyne, že v případě, je-li některý z kmenů na dopravníkovém pásu, nelze vložit na pás další kmen (proto negace VELKA a STREDNI). K přidání kmene na pás dojde za podmínky, že dopravníkový pás je v provozu (tato podmínka by se dala odstranit, pokud by byla požadována možnost přidání klády na pás i v případě vypnutého pásu) a současně musí být stisknuto tlačítko VOLBA_MALA. Při splnění těchto podmínek dojde k nastavení merkeru MALA a na pásu se objeví malý kmen.

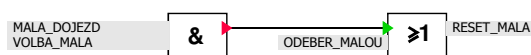
MODEL VOLBY MALEHO KMENU



Obr. 4.14: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - volba malého kmene

Pro resetování toho merkeru musí kmen dojet do svého zásobníku a současně musí být stisknuto tlačítko pro nový malý kmen VOLBA_MALA nebo musí být ručně odebrána tlačítkem ODEBER_MALA. Výstupy klopného obvodu mají logický i vizualizační význam.

MODEL RESET MERKERU MALEHO KMENU - VIZUALIZACE



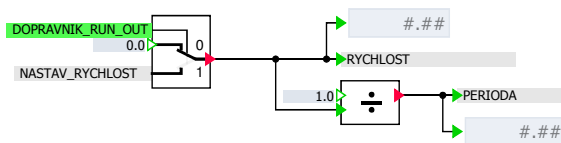
Obr. 4.15: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - resetování volby malého kmenu

Model nastavení rychlosti dopravníkového pásu

Na rozdíl od původního zadání, simulátor umožňuje nastavit různou rychlost dopravníku. Ve vypnutém stavu je rychlost nulová. Při spuštění dopravníku dojde přepnutí přepínače na nastavenou rychlost, kterou lze měnit pomocí posuvníku ve vizualizaci v SIMIT.

Hodnota rychlosti je následně převedena na periodu kmitů pomocí dělení hodnoty 1.0 nastavenou rychlostí. Tuto periodu následně využíváme ke generaci pulsů pro simulaci pohybů kmenů.

MODEL NASTAVENÍ RYCHLOSTI DOPRAVNIKU



Obr. 4.16: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - nastavení rychlosti dopravníku

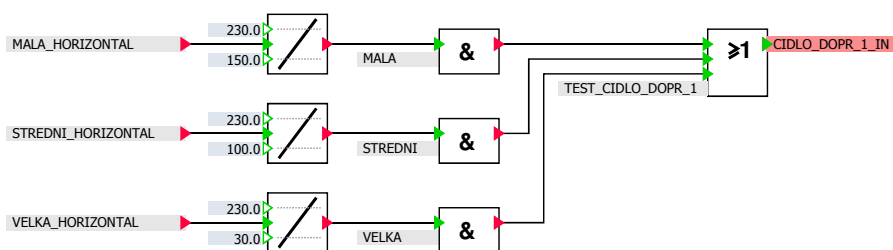
Model čidla dopravníku

Dalším důležitým cílem bylo namodelovat chování čidel dopravníku. Toho je docíleno způsobem, že čidla spínají v závislosti na souřadnicích kmenů (hodnoty horizontální složky polohy). Je-li poloha kmene v určitém intervalu, ve kterém překrývá čidlo, tak čidlo „sepne“.

Tento postup neodpovídá realitě, protože tímto postupem uměle spínáme čidlo, takže si uměle generujeme signál od čidla.

Čidla je opět možno spínat pomocí testovacích tlačítek, což ve vizualizaci přináší informaci pro operátora.

MODEL CIDLA DOPRAVNIKU 1

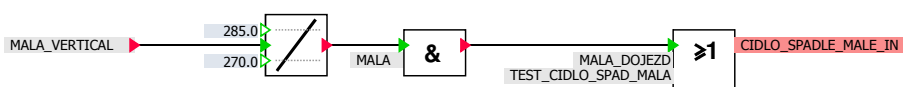


Obr. 4.17: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - čidlo dopravníku

Model čidla spadu kmene

Stejným způsobem je tvořeno čidlo spadu, které pracuje s vertikální složkou polohy (mimo čidla pro detekci spadu velkého kmene).

MODEL CIDLA DETEKCE SPADU MALEHO KMENU



Obr. 4.18: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - čidlo detekce spadu malého kmene

4.2.3 Vizualizace úlohy „Třídění kmenů“

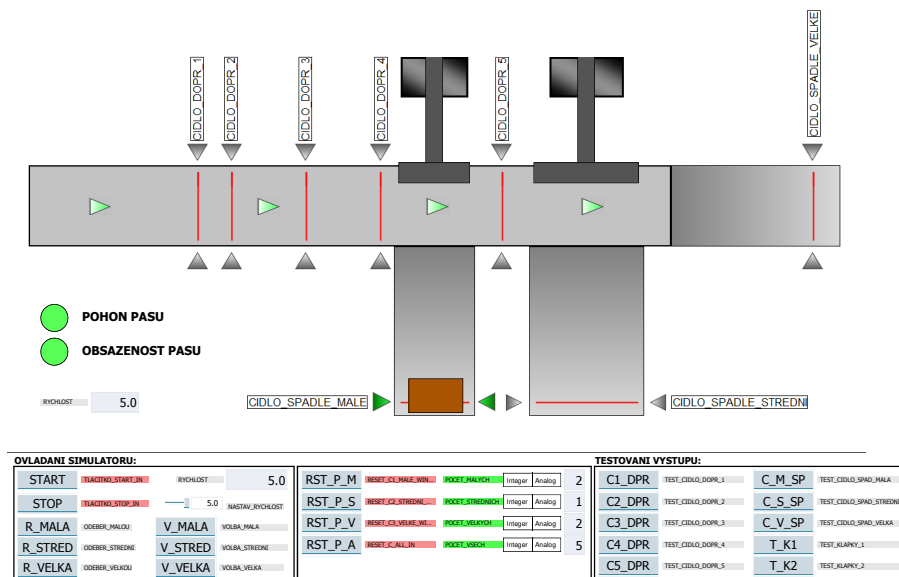
Po vymodelování veškerých schémat simulátoru bylo třeba vytvořit vizualizaci. Nejprve bylo nutné ověřit funkčnost komunikace s PLC viz Obr. 4.21.

Vizualizace v SIMIT

V SIMIT byla následně vymodelována vizualizace simulátoru. Dokumentace vizualizace je uvedena v příloze E a také na přiloženém CD společně s videi, které dokumentují celý proces, možnosti a situace.

Z vizualizační obrazovky je možno celý simulátor ovládat a zároveň nám podává informaci o aktuálním stavu simulátoru viz Obr. 4.19.

Z vizualizačního okna lze zapínat či vypínat dopravníkový pás. Dále lze nastavit jeho rychlost. Okno umožňuje vkládat druhy kmenů na pás a zároveň je případně odebírat. Vizualizace nám podává informaci o počtu dopravených kmenů a tyto počty lze manuálně nulovat. V poslední části lze testovat výstupy čidel a klapků.



Obr. 4.19: Ukázka vizualizace SIMIT - úloha „Třídění kmenů“

Vizualizace ve WinCC

Vizualizace ve WinCC byla vytvořena k demonstraci komunikace WinCC, PLC a SIMIT.

Ve WinCC je tvorba vizualizací mnohem komplexnější a umožňuje mnohem více možností, ale jeho nevýhodou je vysoký obnovovací cyklus oproti SIMIT. Vizualizace nepůsobí tak plynule jako v SIMIT viz videa na přiloženém CD.

4.2.4 Řídicí algoritmus úlohy „Počítání zboží na dopravníku“

Opět bylo nutné vymodelovat řídicí algoritmus v PLC pro úlohu „Počítání zboží na dopravníku“, k čemuž byl opět využit program STEP7 Manager.

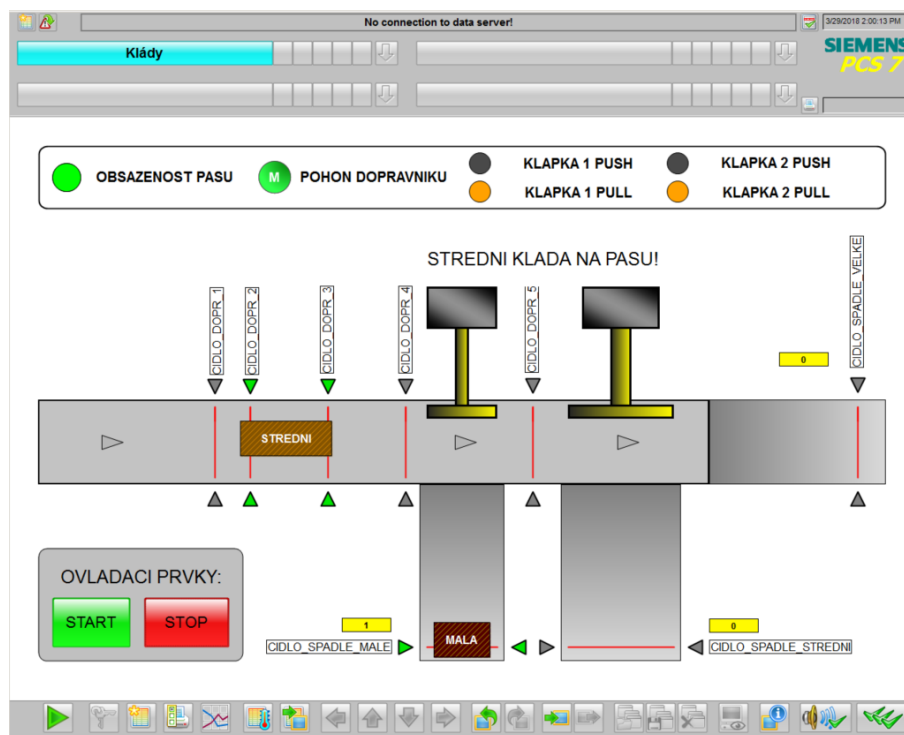
Bylo nakonfigurováno PLC a řídicí program pomocí jazyka STL. Dokumentace řídicího programu je na přiloženém CD.

Funkce FC1 - ošetření stavů automatu

Funkce slouží pouze k ošetření stavového automatu, aby nedocházelo k sepnutí dvou stavů současně. Pokud je nastaven jeden ze stavů automatu, jsou ostatní nulovány.

Funkce FC2 - stavový automat

Tato funkce popisuje logiku stavového automatu, řídicí algoritmus procesu, který odpovídá schématu z Obr. C.1. V závislosti na splněných podmínkách dochází k přepínání stavů stavového automatu, který obsluhuje tento simulátor.



Obr. 4.20: Ukázka vizualizace WinCC - úloha „Třídění kmenů“

Funkce FC3 - výpočet dávky

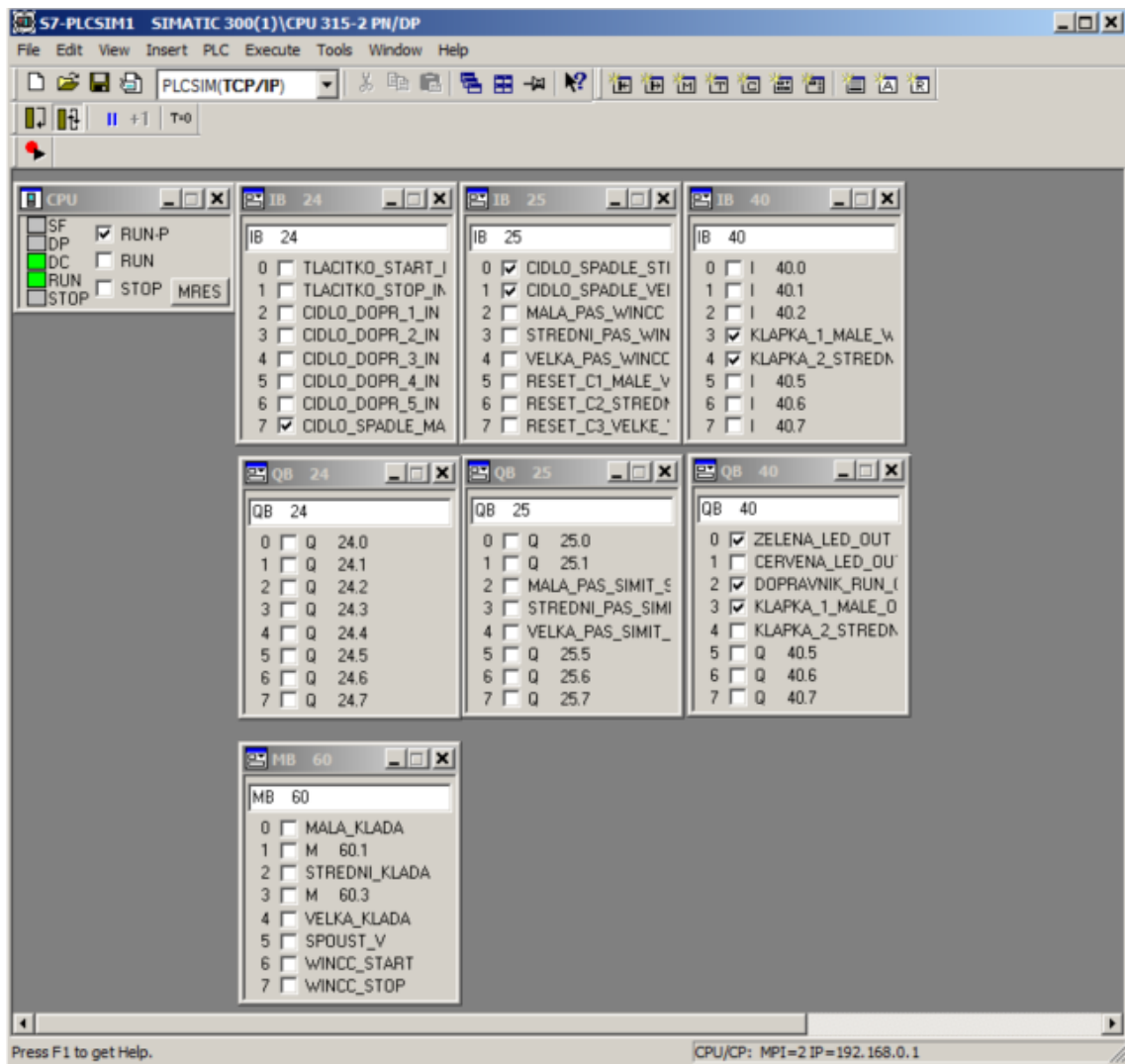
Jedná se o předpis, který řeší určení dávky pro čítač zboží. Ve vizualizaci programu SIMIT je možné určit dávku pomocí proměnné VOLBA_DAVKY_SIMIT požadovanou hodnotu. Tato hodnota je pak zvýšena o 1 z důvodu, že ve stavu 4 dojde k dekrementaci ještě před detekcí zboží čidlem.

Funkce FC4 - převedení stavů do SIMIT

Pro potřebu převedení stavů stavového automatu do SIMIT byla vytvořena funkce FC4. Stav z řídicího automatu je pak možno využít v logických podmínka při vytváření modelů v SIMIT.

Funkce FC5 - čítání kusů beden a zboží

V původním zadání tento požadavek nebyl, ale úloha byla rozšířena o čítače počtu naplněných beden a kusů zboží. Funkce obsluhuje dva čítače, které čítají v závislosti na stavech stavového automatu.



Obr. 4.21: Ukázka komunikace s PLCSIM - úloha „Třídění kmenů“

4.2.5 Modelová schémata úlohy „Počítání zboží na dopravníku“

Modely polohy beden a zboží

Postup simulace polohy je téměř totožný jako v předchozím simulátoru. V tomto simulátoru byl největším problémem skloubit více pohybů současně. Zároveň dochází k pohybu beden (prázdné bedny před brzdou, prázdné bedny přijíždějící pod dopravník se zbožím, plné bedny) a k pohybu zboží na dopravníku 1 (uvedeny příklady pro dávkování 3).

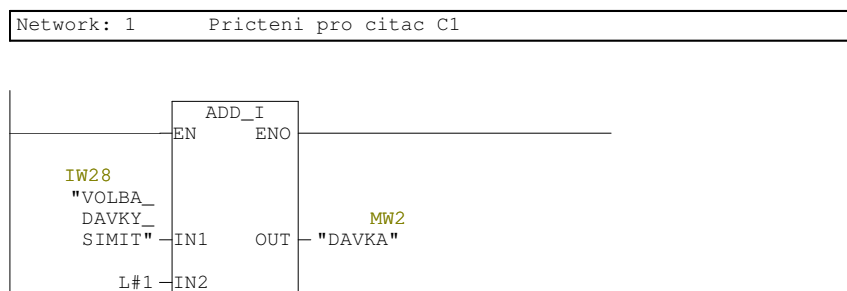
Všechny pohyby mají stejný generátor pulsů o pevné periodě pro simulaci polohy s tím, že jednotlivé čítače mají různý krok inkrementace.

Network: 3 PRECHOD Z S0 DO S1		
A	"STAV0"	M0.0
A(
O	"TLACTIKO_START_IN"	I0.3
O	"WINCC_START"	M1.0
)		
R	"STAV0"	M0.0
S	"STAV1"	M0.1

Network: 4 STAV1 - POPIS FUNKCE		
A	"STAV1"	M0.1
S	"ZELENA_LED"	Q2.4
R	"CERVENA_LED"	Q2.3
R	"BRZDA"	Q2.2
R	"DOPRAVNIK_1"	Q2.1
S	"DOPRAVNIK_2"	Q2.0

Network: 5 PRECHO Z S1 DO S2		
A	"STAV1"	M0.1
A	"CIDLO2_BEDNY"	I0.1
R	"STAV1"	M0.1
S	"STAV2"	M0.2

Obr. 4.22: Ukázka funkce FC2 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager



Obr. 4.23: Ukázka funkce FC3 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager

Simulace jednotlivých částí je rozdělena do několika částí:

- pohyb matice prázdných beden
- pohyb prázdné bedny
- pohyb plné bedny (dle dávky)
- pohyb zboží (dávkování 1, dávkování 2, dávkování 3)

Simulace pohybu matice beden Podmínkou pro změnu polohy matice beden je, že musí být spuštěn dopravník 2 dopravující prázdné bedny pro dopravník se zbožím, dále nesmí být aktivována brzda. Po dosažení přednastavené vzdálenosti je sepnut

Network: 1 Generace vystupnich stavu			
A	"STAV0"	M0.0	
=	"STAV0_SIMIT"	Q1.0	
A	"STAV1"	M0.1	
=	"STAV1_SIMIT"	Q1.1	
A	"STAV2"	M0.2	
=	"STAV2_SIMIT"	Q1.2	
A	"STAV3"	M0.3	
=	"STAV3_SIMIT"	Q1.3	

Obr. 4.24: Ukázka funkce FC4 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager

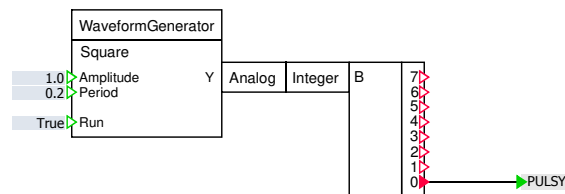
Network: 1 nastavovani citacu ve stavu 0			
A	"STAV0"	M0.0	
L	0		
S	C	2	
S	C	3	

Network: 2 Zvyseni hodnoty citace po detekci zbozi			
A	"CIDLO1_ZBOZI"	I0.0	
CU	C	2	

Network: 3 Prenos do promenne			
L	C	2	
T	"POCET_ZBOZI"	QW6	

Obr. 4.25: Ukázka funkce FC5 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager

MODEL GENERATORU PULSU PRO SIMULACI POHYBU

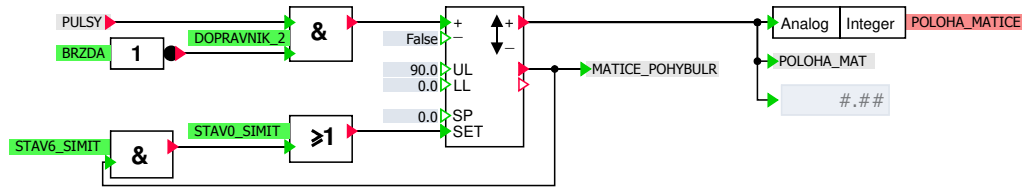


Obr. 4.26: Modelové schéma SIMATIC úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - generátor pulsů pro simulaci pohybu

pohyb pro samotnou prázdnou bednu tak, aby došlo k plynulému přechodu (uvolnění jedné samostatné bedny z pohybující se matice).

Poloha matice je resetována ve stavu 0 nebo stavu 6 se současnou podmínkou, že matice již urazila vzdálenost. Výstupy z čítače jsou následně využity ve vizualizaci dalších schématech.

MODEL POHYBU MATICE - PRO VIZUALIZACI

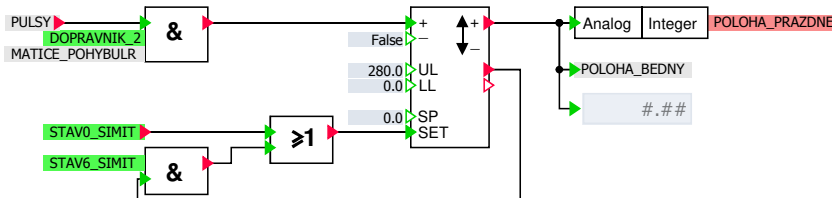


Obr. 4.27: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - pohyb matice beden

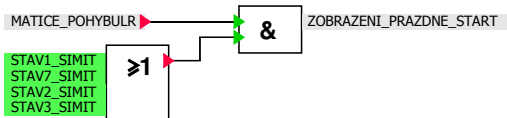
Simulace pohybu samostatné prázdné bedny Simulace prázdné bedny vychází z pohybu matice. Změna polohy samostatné prázdné bedny je inicializována dokončením pohybu matice prázdných beden (MATICE_POHYBULR). Opět pro simulaci pohybu musí být dopravník 2 v zapnutém stavu.

Poloha prázdné bedny je resetována signály STAV0_SIMIT nebo signálem STAV6_SIMIT se současným dokončením pohybu bedny. Pro vizualizaci je vytvořen pomocný merker, aby bedna byla zobrazována ve správném čase.

MODEL POHYBU PRAZDNE BEDNY



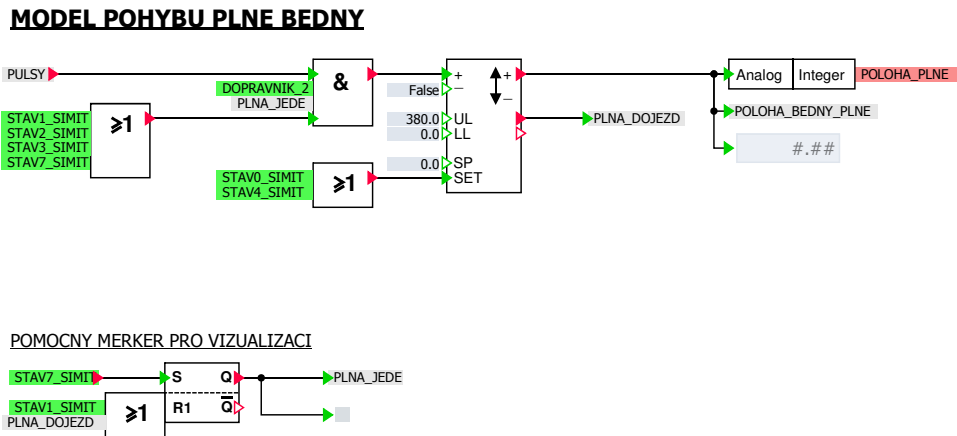
POMOCNY MERKER PRO VIZUALIZACI



Obr. 4.28: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - pohyb prázdné bedny

Simulace pohybu samostatné plné bedny Pohyb pro plnou bednu je inicializován stavem 7, který sepne merker PLNA_JEDE. Pro změnu polohy je nutné, aby se stavový automat nacházel v jednom ze stavů 1, 2, 3 nebo 7, a aby byl zapnutý dopravník 2.

K resetování polohy dochází ve stavech 0 nebo 4. Merker PLNA_DOJEZD je nulován ve stavu 1 nebo při dojezdu plné bedny.



Obr. 4.29: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - pohyb plné bedny

Simulace pohybu zboží Pro simulaci pohybu zboží využíváme stejný princip. Pro simulátor byly navrženy tři typy dávkování, a to s plným intervalem (dávkování 1), polovičním (dávkování 2) a třetinovým (dávkování 3).

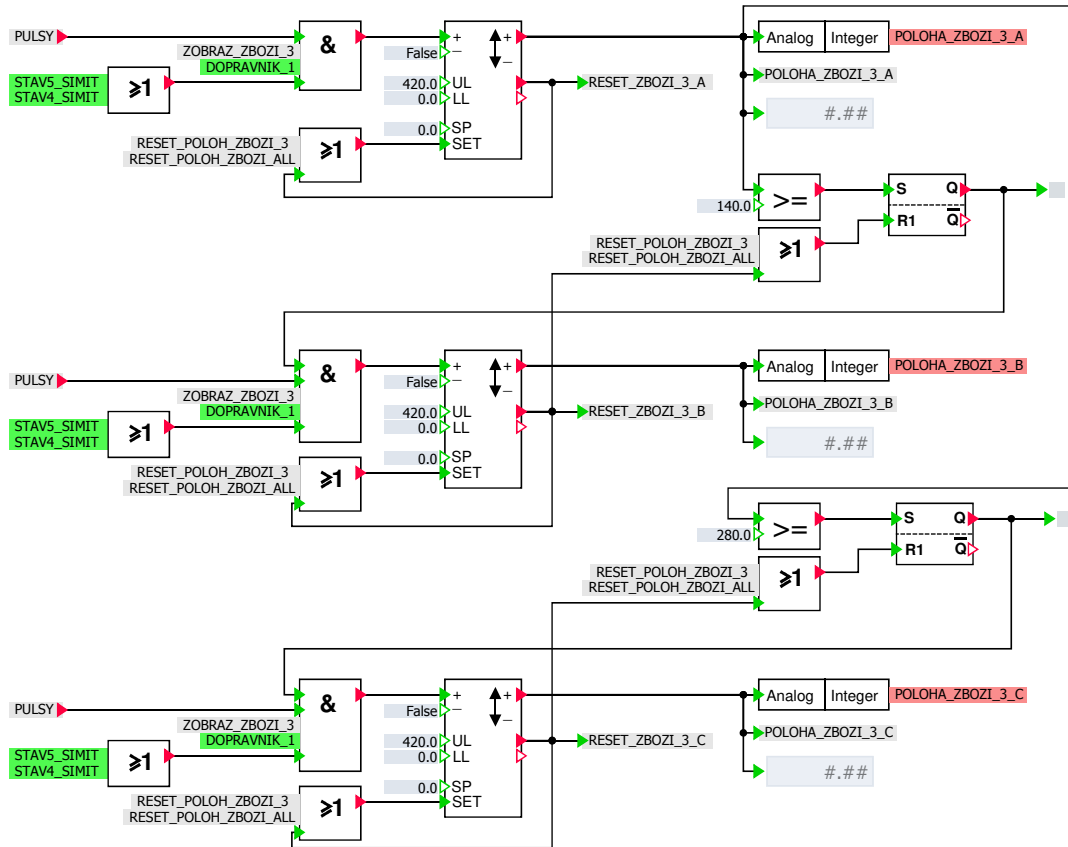
Co se týká modelu, dávkování 3 je nejsložitějším, protože bylo nutné zachovat to, aby zboží přijíždělo ve stejném intervalu, tzn. aby nedocházelo ke zpoždování jednoho kusu zboží vůči druhému (zachování stejných vzdáleností mezi kusy zboží). Tento problém řeší RS klopné obvody, které nastavují výstup podle souřadnic ostatních kusů zboží.

Je-li nastaveno dávkování 3, což znamená, že na dopravníku pro zboží jsou v jeden moment vidět tři kusy zboží, první kus vyjede po spuštění dávkování, druhý kus vyrazí, pokud první kus urazil vzdálenost 140, a třetí je dopravován, pokud první kus urazil vzdálenost 280.

Výstupy RS klopných obvodů jsou nulovány vlastním dočítáním čítačů nebo manuálním resetem. Manuální reset je umožněn pomocí tlačítek. Jeden typ tlačítek slouží k přepnutí na jiný typ dávkování (volby 1, 2 a 3) nebo k vypnutí daného typu dávkování, přičemž polohy zboží zůstanou zachovány. Druhý typ tlačítek nepřepíná mezi dávkováním, ani nevypíná právě probíhající typ, ale resetuje polohy, takže dávkování začne od začátku.

Pokud dávkování neresetujeme, tak se cyklicky opakuje. Výstupy klopných obvodů se pravidelně nastavují a nulují. Takže interval mezi jednotlivými kusy zboží je pravidelný. Dávkování probíhá tak, že je spuštěn dopravník 1, automat se nachází ve stavech 4 nebo 5 a zároveň je vybrána volba pro konkrétní dávkování (ZOBRAZ_ZBOZI_3).

MODEL POHYBU ZBOZI - DAVKOVANI 3



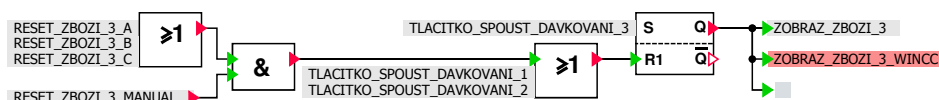
Obr. 4.30: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - pohyb zboží (dávkování 3)

Model spuštění a resetování typu dávkování

Pro volbu typu dávkování bylo využito klopného obvodu, který nastavuje výstup ZOBRAZ_ZBOZI_3. Tento výstup je nastaven do log 1 pomocí stisknutí tlačítka TLACITKO_SPOUST_DAVKOVANI_3. Nulování výstupu je umožněno pomocí manuálního resetu RESET_ZBOZI_3_MANUAL nebo přepnutím do jiného režimu dávkování.

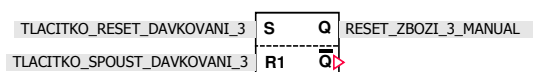
Následně byla potřeba vytvořit resetovací merker, který setuje tlačítko TLACITKO_RESET_DAVKOVANI_3 a resetuje tlačítko pro spoušť TLACITKO_SPOUST_DAVKOVANI_3.

MODEL SPUSTENI, RESETOVANI DAVKOVANI 3 - VIZUALIZACE



Obr. 4.31: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - spuštění a vypínání dávkování 3

MODEL TLACITKA - MANUALNI RESETOVANI DAVKOVANI 3

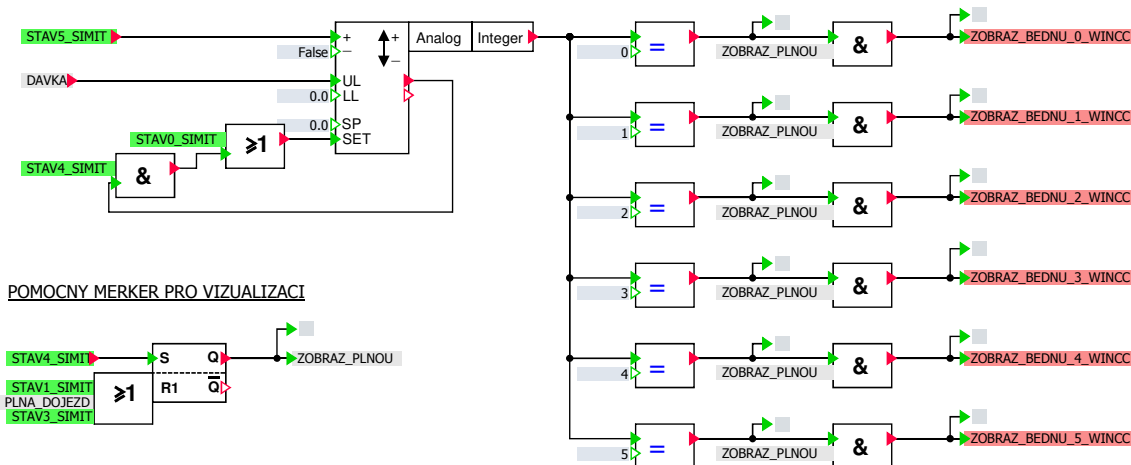


Obr. 4.32: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - resetovací merker pro vypnutí dávkování

Model zobrazení plných beden v závislosti na počtu zboží

Další model je určen k zobrazování plnicích se beden zbožím v závislosti na počtu zboží. Tento model je následně využit ve vizualizačních programech.

MODEL ZOBRAZENI BEDNY DLE POCITU ZBOZI - VIZUALIZACE



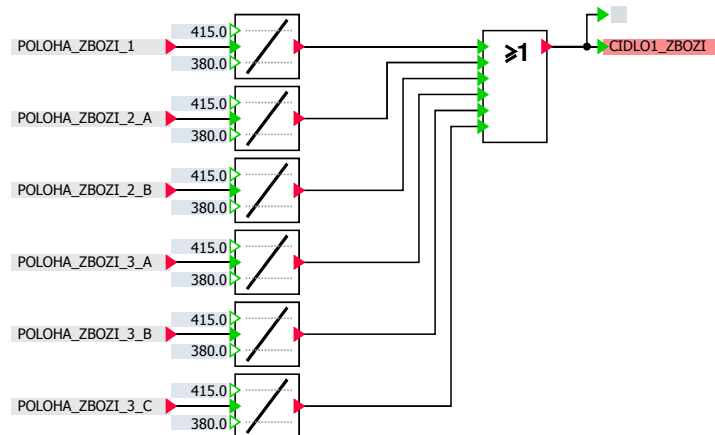
Obr. 4.33: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - zobrazování plnicích se beden

Simulace plnění je zprostředkována pomocí čítače. K přičtení hodnoty dojde vždy ve stavu 5.

Model čidla zboží

Čidlo zboží pracuje se souřadnicemi (polohami) kusů zboží. V případě dávkování 3 se jedná o proměnné POLOHA_ZBOZI_3_A, POLOHA_ZBOZI_3_B a POLOHA_ZBOZI_3_C. Pokud je jedna z těchto proměnných v určeném intervalu, čidlo sepne.

MODEL CIDLA - DETEKUJICIHO PRITOMNOST ZBOZI

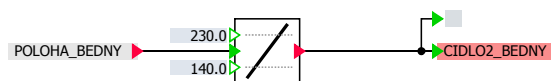


Obr. 4.34: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - čidlo zboží

Model čidla bedny

Stejného principu využívá čidlo detekce bedny s tím rozdílem, že pracuje s proměnnou POLOHA_BEDNY

MODEL CIDLA - DETEKUJICIHO PRITOMNOST BEDNY



Obr. 4.35: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - čidlo bedny

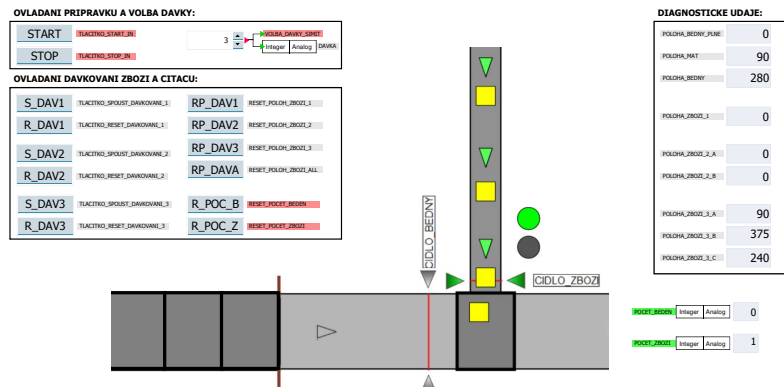
4.2.6 Vizualizace úlohy „Počítání zboží na dopravníku“

Po vytvoření schémat byla opět ověřena komunikace s PLCSIM viz Obr. 4.38. Následně došlo k tvorbě vizualizací.

Vizualizace v SIMIT

Následně byla vytvořena vizualizace v SIMIT, jejíž dokumentace je uvedena v příloze F a na přiloženém CD. Veškerá funkcionalita vytvořeného simulátoru je zdokumentována videi na přiloženém CD.

Z vizualizace v SIMIT lze simulátor spouštět, vypínat, nastavovat typ dávkování a volit velikost dávky kusů zboží do bedny. V pravé části obrazovky se nachází informační a diagnostické údaje o polohách jednotlivých částí systému, údaje o počtu naplněných beden a dopraveného zboží.



Obr. 4.36: Ukázka vizualizace SIMIT - úloha „Počítání zboží na dopravníku“

Vizualizace ve WinCC

K simulátoru je vytvořena vizualizace ve WinCC, z níž lze simulátor spouštět a vypínat.

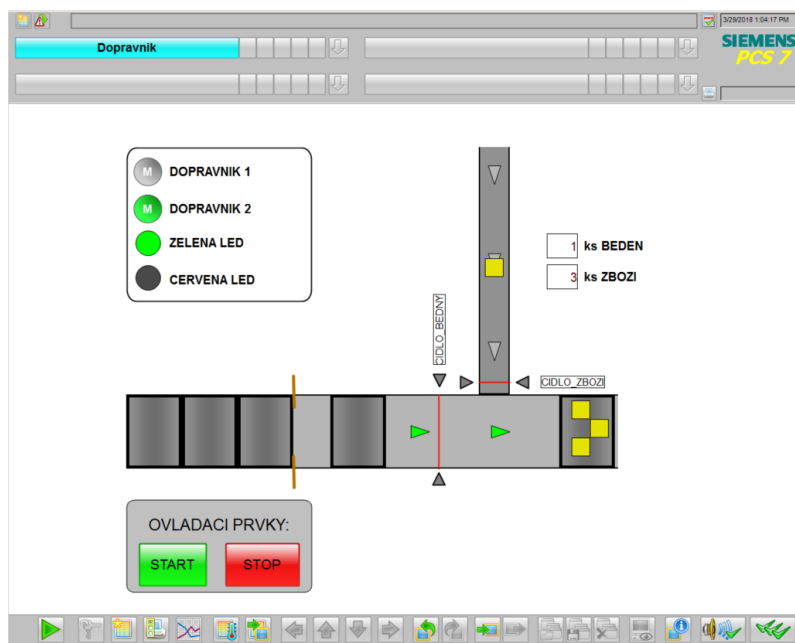
4.3 Řešení

Tato podkapitola pojednává o způsobu řešení simulátorů a důvodech tohoto řešení.

4.3.1 Připomínky k vlastnímu řešení úlohy „Třídění kmenů“

Simulátor je navržen tak, že podle simulace polohy kmene a jejího typu jsou uměle spínána požadovaná čidla dopravníku. Řídicí algoritmus podle kombinace spínaných čidel rozpozná typ klády a vyšle požadavek k sepnutí požadovaného manipulátoru (klapky). V momentě, kdy kmen dorazí k požadovanému manipulátoru, je tlačeno příslušného boxu [14].

Manipulátor tedy není spínán pomocí dlouhého impulsu, ale je spínán požadavkem a polohou klády. Simulovat tento děj nebylo možné jiným způsobem, aby byla



Obr. 4.37: Ukázka vizualizace WinCC úlohy „Počítání zboží na dopravníku“

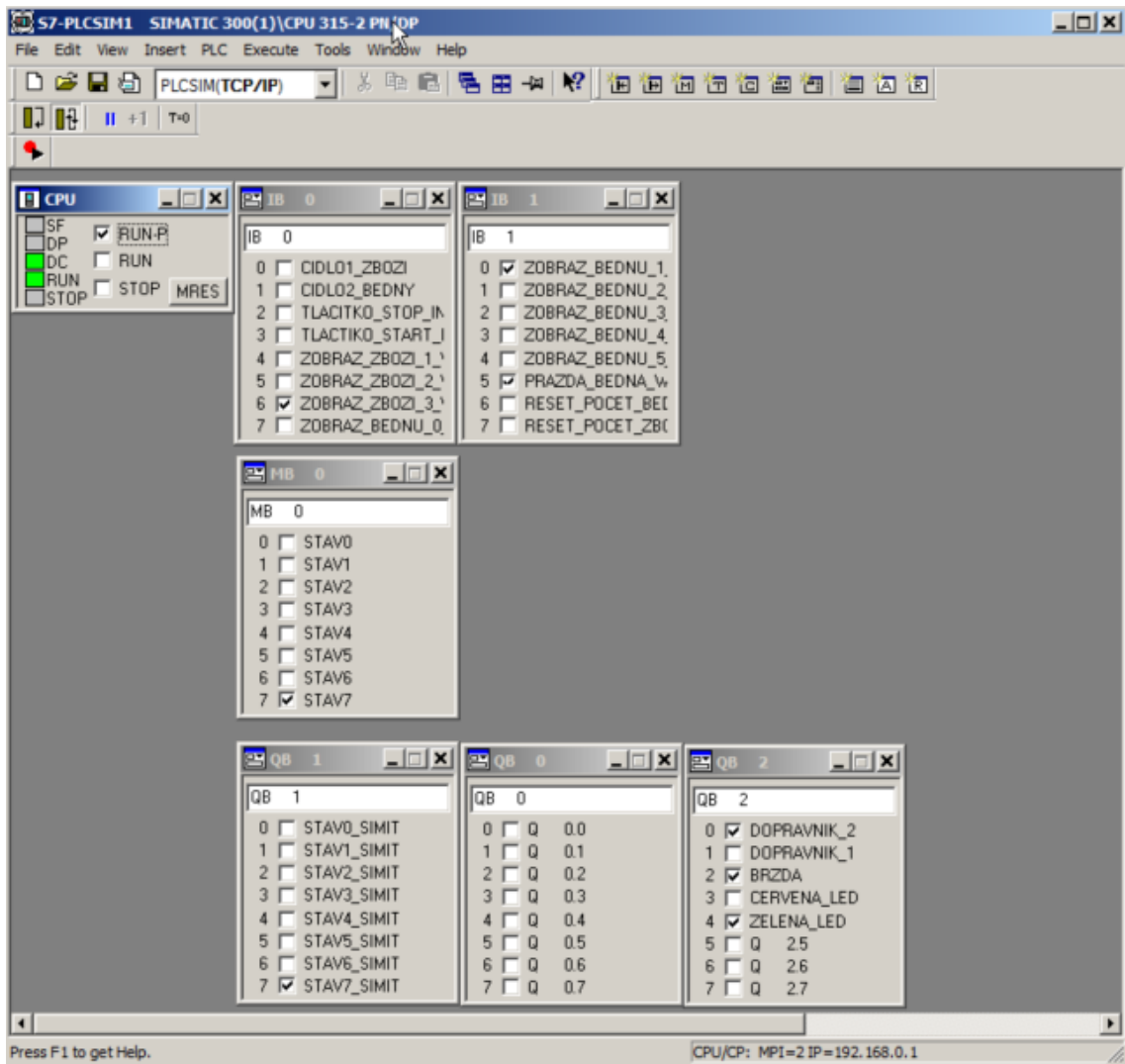
umožněna plynulá a odpovídající simulace tohoto děje. Nabízelo by se pouze lepší řešení pomocí knihovny CONTEC, která nebyla k dispozici.

4.3.2 Připomínky k vlastnímu řešení úlohy „Počítání zboží na dopravníku“

Simulátor je řešen několika simulacemi pohybu. Simulátor je schopen dávkovat zboží do beden v rozsahu 1-5 kusů zboží. Množství kusů lze měnit pouze v režimu STOP. Pokud by došlo ke změně během spuštěného START, došlo by k problémům z hlediska vizualizace. Simulátor taky není schopen simulovat dopravník s bližší vzdáleností brzdy od čidla detekujícího prázdnou bednu, protože pak by došlo k tomu, že by bylo třeba simulovat pohyb několika beden nezávisle na sobě, což by vedlo k velmi komplikovanému řešení z hlediska vizualizace.

Tuto problematiku by vyřešila knihovna CONTEC, kde by nebylo třeba modelovat pohyb jednotlivých předmětů, ale stačilo by namodelovat a parametrizovat dané segmenty dopravníku. Pak by zbývalo jen nakonfigurovat dopravované předměty (bedny a zboží) a ostatní problematiku by už řešil řídicí systém PLC.

Simulace je navržena podobným způsobem jako v případě předchozího simulátoru. Opět dochází k spínání čidel v závislosti na generované poloze objektů s rozdílem, že je simulováno více pohybů současně. Logiku plnění beden a ovládání dopravníků obsluhuje řídicí systém řešený stavovým automatem viz příloha C.



Obr. 4.38: Ukázka komunikace s PLCSIM úlohy „Počítání zboží na dopravníku“

4.4 Ovládání simulátorů

Ovládání simulátorů bylo již částečně popsáno při tvorbě vizualizací v SIMIT kapitolách 4.2.3 a 4.2.6. Ovšem v této části bude ovládání simulátorů podrobněji popsáno.

4.4.1 Úloha „Třídění kmenů“

Vizualizační okno je rozděleno na čtyři části viz Obr. E.1. V horní části se nachází vizualizační obrazovka, která informuje o aktuálním stavu simulátoru. V dolní části se nacházejí tři ovládací panely, pomocí nichž můžeme ovládat simulátor.

Panel I.

Panel I. patří k hlavnímu ovládacímu panelu simulátoru viz Obr. E.2 Na tomto panelu můžeme nalézt tlačítka pro zapnutí a vypnutí simulátoru, vkládání a odebrání kmenů z pásu. Poslední položkou na tomto panelu je posuvník pro nastavení rychlosti dopravníkového pásu.

Tlačítka R_MALA, R_STRED a R_VELKA slouží k odebrání kmenů (malý, střední a velký) z pásu či zásobníku. Tlačítka V_MALA, V_STRED a V_VELKA slouží k přidání kmenů (malý, střední a velký) na pás. Tlačítko START slouží ke spuštění dopravníkového pásu. Tlačítko STOP slouží k zastavení dopravníkového pásu.

Panel II.

Jedná se o panel obsluhující čítače kmenů viz Obr. E.3. Na tomto panelu se nachází tlačítka pro resetování čítačů.

Tlačítka RST_P_M, RST_P_S a RST_P_V slouží k resetování konkrétního čítače kmenů (malé, střední, velké). Tlačítko RST_P_A slouží k resetu všech čítačů.

V pravé části tohoto panelu se nacházejí digitální údaje o počtu jednotlivých kmenů.

Panel III.

Poslední panel slouží k manuálnímu testování výstupů viz Obr. E.4.

V levé části nalezneme tlačítka pro testování čidel dopravníku C1_DPR, C2_DPR, C3_DPR, C4_DPR a C5_DPR.

V pravé části panelu se nachází tlačítka pro testování čidel spadu (C_M_SP, C_S_SP, C_V_SP) a tlačítka pro testování klapků (T_K1, T_K2).

4.4.2 Úloha „Počítání zboží na dopravníku“

Vizualizační okno tohoto simulátoru je rozděleno do tří částí (levé, střední a pravé). Ve střední části se nachází vizualizační obrazovka. Zbývající dvě obsahují ovládací a informační panely viz Obr. F.1.

Panel I.

Panel I. obsahuje ovládací prvky pro obsluhu dávkování zboží viz Obr. F.2.

V levé části se nachází tlačítka pro sepnutí typu dávkování (S_DAV1, S_DAV2, S_DAV3) a pro vypnutí daného typu dávkování (R_DAV1, R_DAV2, R_DAV3).

V pravé části panelu se nachází tlačítka pro resetování poloh zboží daného dávkování (RP_DAV1, RP_DAV2, RP_DAV3) a tlačítko, které resetuje všechny polohy zboží

všech typů dávkování (RP_DAVA). V této části jsou umístěna tlačítka pro resetování čítačů zboží a beden (R_POC_B, R_POC_Z).

Panel II.

Panel II. je určen pouze k zapínání/vypínání simulátoru a nastavení dávky zboží viz Obr. F.4.

Tlačítko **START** slouží ke spuštění simulátoru. Tlačítko **STOP** slouží k vypnutí simulátoru.

Panel III.

Tento panel se nachází v pravé části grafického rozhraní a je určen pouze pro uživatele jako informační panel o polohách objektů.

5 Vyhodnocení vlastností nástroje SIMIT

Tato kapitola pojednává o vlastnostech simulátorů, výhodách a nevýhodách tvorby těchto simulátorů v SIMIT.

5.1 Vlastnosti simulátorů a systému

SIMIT je určitě skvělým a komplexním simulačním programem, přesto při tvorbě uvedených simulátorů se ukázal jako ne příliš vhodný nástroj, a to především v základní verzi.

Pokud disponujeme základní verzí SIMIT, nelze jí příliš dobře simulovat dopravníkové systémy. Snadno lze simulovat systémy pouze u několika dopravníků. Simulace složitějších struktur by byla velmi pracná.

Tento problém by vyřešila, jak již bylo řečeno, knihovna CONTEC. Pomocí této knihovny by bylo možné simulovat složité struktury dopravníkových simulací a nebylo by nutné uměle simulovat chování čidel.

SIMIT v základní verzi je tedy vhodný pro simulování spojitých systémů jako plnění tankových nádrží, transport materiálů atd. Pro simulaci pohybu je základní knihovna méně vhodná.

Simulátory je možné využít k testování řídicích algoritmů PLC daných procesů. Bohužel simulátory nejsou adaptabilní vůči změnám rozměrů a vzdáleností přípravku. Při modifikacích je nutné vše manuálně překonfigurovat.

5.1.1 Vlastnosti simulátoru „Třídění kmenů“

Mezi výhody simulátoru patří, že je možné nastavovat různé rychlosti dopravníkového pásu. Lze také simulaci časově zrychlit. Tuto možnost fyzický přípravek neumožňuje. Simulátor je vhodný pro demonstraci funkcionality skutečného přípravku v laboratořích předmětu BPGA.

Nevýhodou simulátoru je asi jeho neaplikovatelnost na různé délky dopravníku. Pokud by uživatel požadoval jiný dopravník nebo jiné rozmístění čidel, nebylo by možné ihned simulovat po této změně. Nejprve by bylo nutné přenastavit maximální hodnoty čítačů a změnit intervaly spínání čidel. Tento problém by vyřešila knihovna CONTEC. Simulátor by následně byl adaptabilní.

5.1.2 Vlastnosti simulátoru „Počítání zboží na dopravníku“

Tento simulátor nenabízí příliš výhod. Asi jedinou výhodou je, že je možno otestovat řídicí algoritmus PLC.

Nevýhod je větší počet. Hlavní nevýhodou je opět jeho neadaptabilnost na jiné rozměry přípravku. Po modifikacích skutečného modelu je nutné vše přenastavit. Problém by opět vyřešila knihovna CONTEC, která by zároveň umožnila menší vzdálenosti mezi čidlem a brzdou. Bylo by možné simulovat více pohybů současně a nedocházelo ke složitému řešení v rámci vizualizace. V CONTEC se dopravované zboží chová jako produkt, nikoliv jako v základní verzi, kde pracujeme pouze s grafickým objektem.

Další nevýhodou je, že je nemožné simulovat náhodný příjezd zboží po dopravníku 1. Simulátor umožňuje pouze simulaci v pravidelných intervalech (tři typy).

Vizualizace je omezena pouze na velikost dávky v intervalu 1-5. Pro rozšíření počtu zboží v bedně by bylo třeba modifikovat model pro zobrazování plné bedny.

5.1.3 Vlastnosti systému

Při komunikaci mezi SIMIT a simulovaným PLC nedochází k žádnému nebo minimálnímu zpoždění. Je to dáno tím, že k tvorbě simulátoru byl využit PLCSIM coupling, kde se předpokládá, že oba programy jsou nainstalovány na jednom PC.

Obnovovací perioda proměnných v SIMIT byla nastavena na 50 ms. Obnovovací perioda PLC se pohybuje v řádu milisekund (často kolem 100 ms), a tak je zpoždění minimální. Zpoždění signálů by mohlo být větší u jiných typů propojení mezi SIMIT a PLC. Bohužel tyto varianty nebylo možné vyzkoušet z důvodu nedostupnosti.

SIMIT nabízí rychlejší obnovovací cyklus než program WinCC, takže by SIMIT byl mnohem vhodnější pro plynulejší vizualizace, ale SIMIT není určen k vizualizacím a nemá takové možnosti.

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit se simulačními nástroji technologických procesů, a to převážně s nástrojem SIMIT od firmy Siemens, ve kterém byly vytvořeny simulátory vybraných úloh z předmětu BPGA.

V první části je zpracována rešerše dostupných nástrojů na trhu, které se využívají k simulaci technologických procesů a mohou se tak používat k odladování případných chyb.

Následně byl udělán rozbor nástroje SIMIT. Byly popsány jeho dostupné verze, funkcionality a možnosti. Bylo provedeno seznámení s tímto nástrojem a došlo i na vytvoření simulačního modelu s pomocí literatury. Během tvorby této simulace byl popsán postup tvorby v tomto nástroji. V neposlední řadě bylo uskutečněno seznámení s knihovny nástroje SIMIT. Knihovny byly popsány z hlediska funkčnosti a využití v simulačním nástroji SIMIT. Jednalo se o knihovny BASIC pro základní modelování a dále o zpoplatněné knihovny CONTEC a FLOWNET, které usnadňují simulaci dopravníkových systémů resp. termodynamických dějů.

V praktické části došlo k realizaci vlastních simulátorů pomocí nástroje SIMIT. Pro simulátory bylo nejprve nutné vytvořit protistranu řídicího systému v prostředí STEP7 Manageru pro PLC řady Siemens SIMATIC S7. Následně byly vymodelovány simulační schémata v nástroji SIMIT, které simulují převážně pohyb předmětů. Pro každé schéma je uveden krátký popis jejich funkce.

Simulátory umožňují simulaci s emulovaným PLC. V práci je zdokumentováno ovládání jednotlivých simulátorů, modelační schémata, řídicí programy a vzhled grafických rozhraní. Na příloženém CD jsou uložena videa dokumentující funkčnost těchto simulátorů a různé situace, které mohou nastat.

Následně byly zhodnoceny vlastnosti jednotlivých simulátorů a celkového systému SIMIT-PLC-WinCC. Dále byly popsány výhody a nevýhody řešení.

Literatura

- [1] *SIMIT V9.0 Operating Manual*. [online]. 2016. 772 s. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/047/109741047/att_892901/v1/SIMIT_enUS_en-US.pdf.
- [2] *SIMIT 8: Getting Started*. [online]. 2014. 66 s. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/538/93842538/att_7000/v1/SIMIT_-_Getting_Started_V8.0_enUS_en-US.pdf.
- [3] *SIMIT 9: Getting Started*. [online]. 2017. 87 s. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109746485/first-steps-with-simit-simulation-and-simatic-pcs-7?dti=0&lc=en-WW>.
- [4] *Digitální továrna Tecnomatix*. [online]. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: <https://www.axiomtech.cz/24751-digitalni-tovarna>.
- [5] *Tecnomatix Siemens PLM*. [online]. c2017. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/tecomatix/>.
- [6] *ReplicAnt VR*. [online]. c2009-2017. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: <http://ant-automation.net/replicant-vr/>.
- [7] *Simulation and Training Systems SIMIT / SIMIT Simulation Framework*. [online]. c1996-2017. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: <http://w3.siemens.com/mcms/automation/en/automation-systems/automation-software/simit/Pages/default.aspx>.
- [8] *SIMIT - Simulation platform for virtual commissioning*. [online]. c1996-2017. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ca/Catalog/Products/10165864>.
- [9] *What is PLM Software?*. [online]. c2017. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/en/plm/index.shtml>.
- [10] *SIMIT Simulation*. [online]. c1996-2017. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z URL: https://support.industry.siemens.com/cs/media/101298066_SIMIT_web/start.htm#/en/default/index.
- [11] *Výrobní informační systém (MES)*. Wikipedia [online]. [cit. 2017-11-29]. Dostupné z URL: https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDrobn%C3%AD_informa%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m.

- [12] *Factory I/O*. [online]. c1996-2017. [cit. 2017-11-29]. Dostupné z URL: <https://factoryio.com/>.
- [13] *CX-Simulator*. [online]. c2017 [cit. 2018-01-04]. Dostupné z URL: <https://industrial.omron.eu/en/products/cx-simulator>.
- [14] *PÁSEK, Jan; ŠTOHL, Radek*. Programovatelné automaty: Laboratorní cvičení. [cit. 2018-03-09]. Brno, 2017. FEKT VUT v Brně.
- [15] *VÁŇA, Dominik*. Simulace modelu pomocí nástroje SIMIT. Brno, 2018, 54 s. Semestrální projekt. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce: Ing. Jakub Arm
- [16] *Siemens - Průmysl 4.0*. [online]. c1997-2017. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z URL: <http://www.siemens.cz/prumysl40/>
- [17] *MARCONĚ, Petr*. Průmysl 4.0 [online]. Brno, 2016 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z URL: http://www.utee.feec.vutbr.cz/iet/wp-content/uploads/sites/2/2016/10/Industry4_0_Marcon.pdf
- [18] *Embedded Computing Design*. Automation Industry: Industry 4.0 Challenges and Solutions for Storage Devices [online]. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z URL: <http://embedded-computing.com/white-papers/white-0-challenges-solutions-storage-devices/>

Seznam symbolů, veličin a zkratek

VR	Virtuální realita - technologie umožňující uživateli interagovat s virtuálním prostředím, pomocí virtuálních brýlí.
PLM	Product Lifecycle Management - Řízení životního cyklu výrobku
MES	Manufacturing Execution Systems - Výrobní informační systém tvořící vazbu mezi podnikovými informačními systémy (ERP) a systémy pro automatizaci výroby
PLC	Programmable Logic Controller - Programovatelný logický automat je počítač v průmyslovém provedení řízený mikroprocesorem s vlastním operačním systémem
STL	Statement List - programovaný jazyk PLC odpovídající strojovému programování (podobnému na mikroprocesorech - assembler)
LAD	Ladder Diagram - Žebříčkový diagram je programovací jazyk PLC odpovídající releové logice
FBD	Function Block Diagram - programovací jazyk využívající funkční bloky
OPC	OLE For Process Control - komunikační protokol, jehož cílem je vytvořit jednotné komunikační rozhraní mezi hardware a software
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition - dispečerské řízení a sběr dat umožňující monitorování a ovládání průmyslových a jiných zařízení
VRML	Virtual Reality Modeling Language - je grafický formát založený na deklarativním programovacím jazyce
VC	Virtual Controller - typ rozhraní (coupling) propojující PCS 7 a SIMIT

Seznam příloh

A	Dodatkové tabulky	86
A.1	Tabulka prvků pro SIMIT	86
A.2	Varianty SIMIT	87
B	Komplexní příklad simulace v SIMIT	88
C	Vývojový diagram úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	89
D	Vizualizační okna simulátorů v SIMIT a WinCC	90
E	Ovládání simulátoru „Třídění kmenů“	94
F	Ovládání simulátoru „Počítání zboží na dopravníku“	98
G	Ukázky PLC kódu řídicích systémů	102
H	Vybraná SIMIT schémata úlohy „Třídění kmenů“	105
I	Vybraná SIMIT schémata úlohy „Počítání zboží na dopravníku“	108
J	Obsah přiloženého CD a použitý software	111
J.1	Struktura CD	111
J.2	Použitý software	111

A Dodatkové tabulky

A.1 Tabulka prvků pro SIMIT

Tab. A.1: Přehled možných zobrazovacích a vstupních komponent pro vizualizaci

Název	Knihovna	Popis
Binary display	Controls Display	Zobrazování binární hodnoty signálu
Analog display	Controls Display	Analogový zobrazovač
Digital display	Controls Display	Digitální zobrazovač
Bar display	Controls Display	Sloupcový graf ("stupnice")
Pushbutton	Controls Inputs	Stiskem aktivuje
Pushbutton with image	Controls Inputs	Stiskem aktivuje
Switch	Controls Inputs	Setuje nebo resetuje hodnotu
Switch with image	Controls Inputs	Setuje nebo resetuje hodnotu
Step switch with image	Controls Inputs	Krokuje po hodnotě 1
Digital input	Controls Inputs	Předá procesní hodnotu
Slider	Controls Inputs	Nastaví hodnotu pomocí posuvného jezdce v zadaném rozsahu

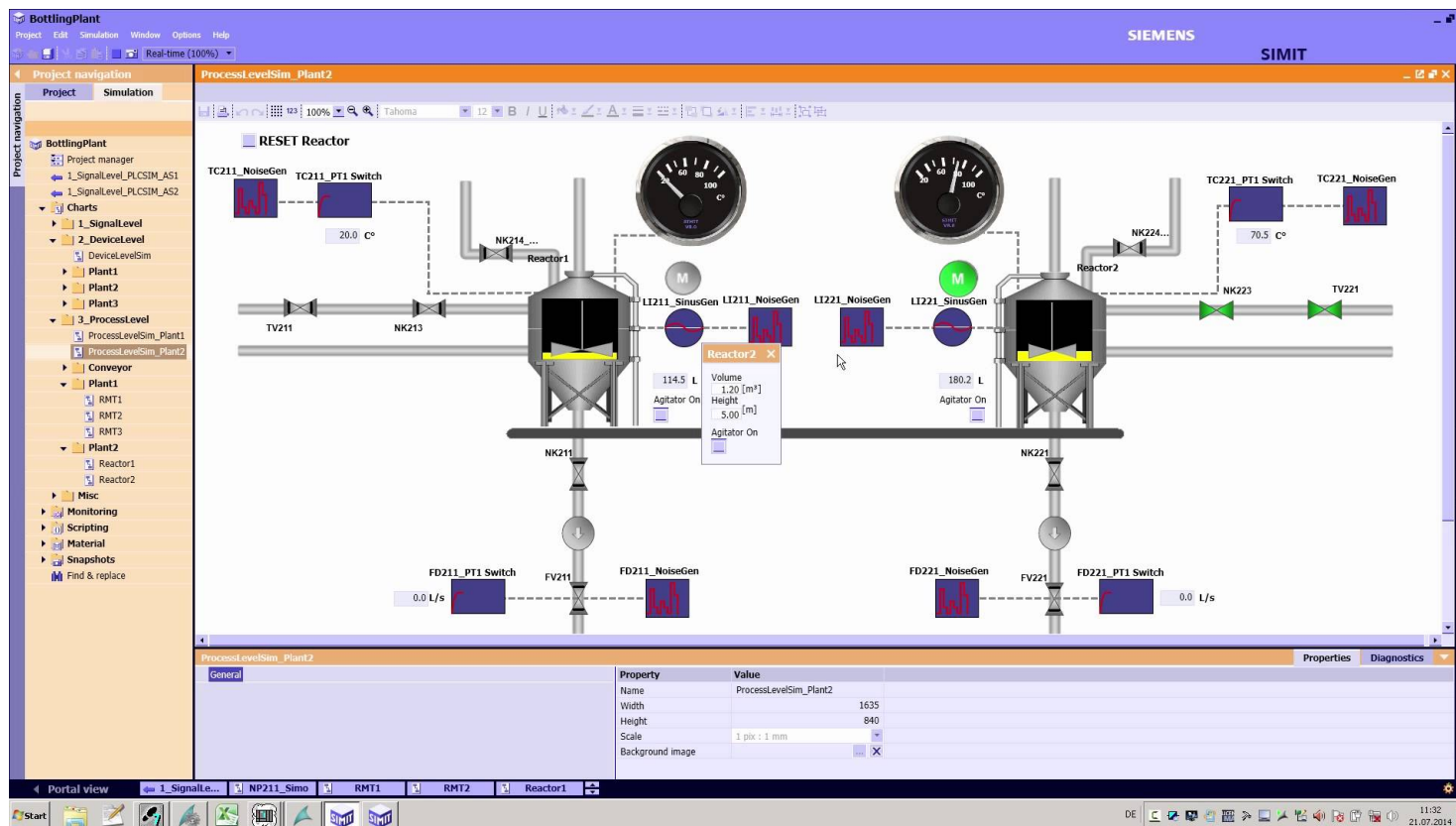
A.2 Varianty SIMIT

Tab. A.2: Varianty produktu SIMIT (převzato a upraveno z [5])

SIMIT Simulation Software	Standard	Professional	Ultimate
Základní knihovna komponent	+	+	+
3D prohlížeč založený na VRML	+	+	+
Rozhraní pro PROFIBUS DP, PROFINET IO a PRODAVE	+	+	+
Trendy a zprávy	+	+	+
Skriptovací rozhraní	+	+	+
Editor pro tvorbu makro komponent	+	+	+
Editor pro tvorbu dynamické grafiky, animací	+	+	+
Automatic Control Interface (ACI) a skripty	+	+	+
Automatická tvorba seznamu signálů z dat SIMATIC Manager	+	+	+
Spouštěcí rozhraní pro komponenty vytvořených v SIMIT Ultimate	+	+	+
Rozhraní SIMATIC S7-PLCSIM a OPC	-	+	+
Automatická generace akčních členů a senzorů založené na typech	-	+	+
Úprava simulace za běhu simulace	-	+	+
Vzdálené ovládání a manažer virtuálního času	-	+	+
Rozhraní sdílené paměti pro komunikaci	-	-	+
XML rozhraní pro automatickou tvorbu modelů a propojení	-	-	+
Vývojové prostředí pro tvorbu vlastních komponent CTE	-	-	+

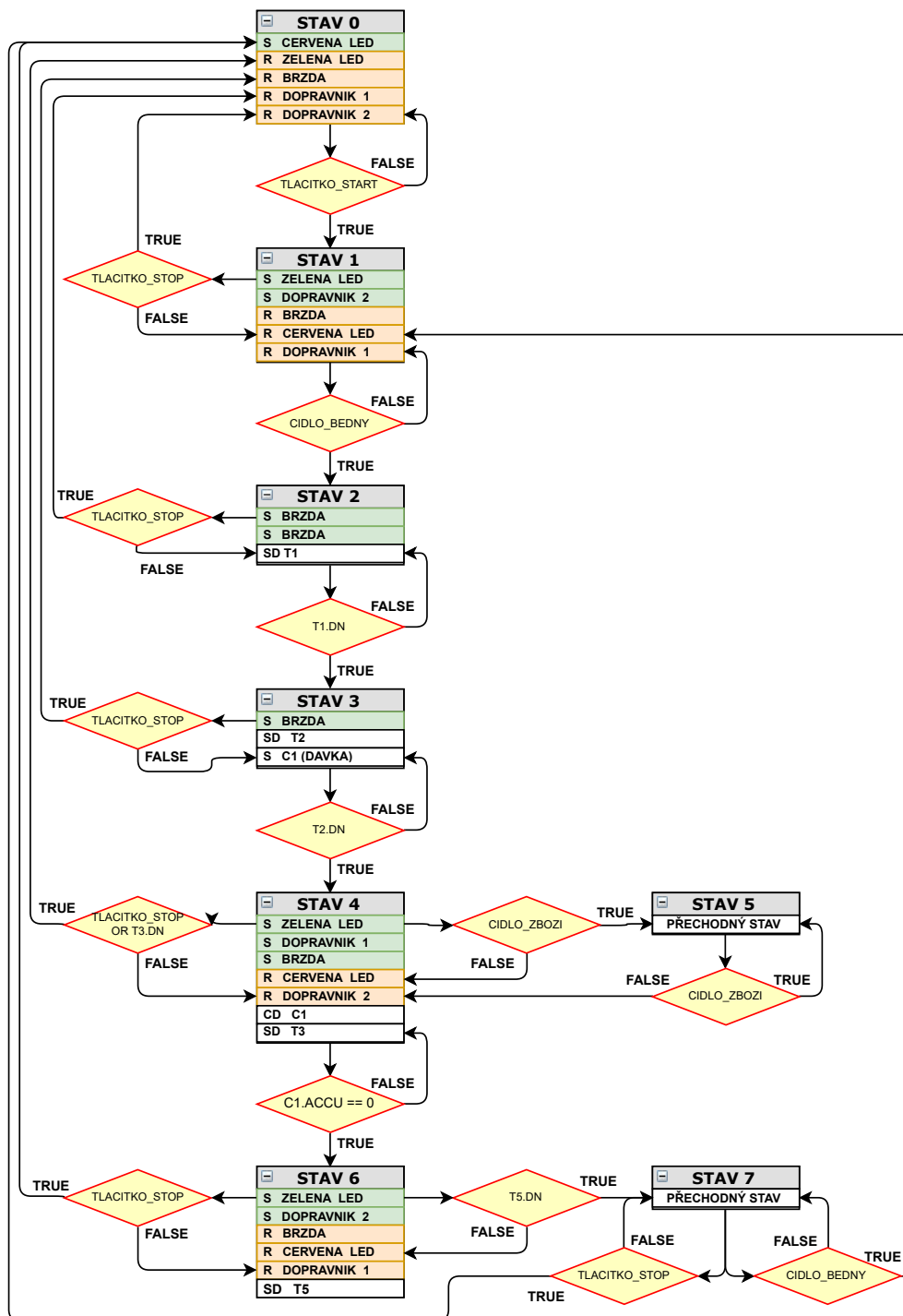
B Komplexní příklad simulace v SIMIT

88



Obr. B.1: Komplexní projekt od firmy Siemens - dostupné z [10]

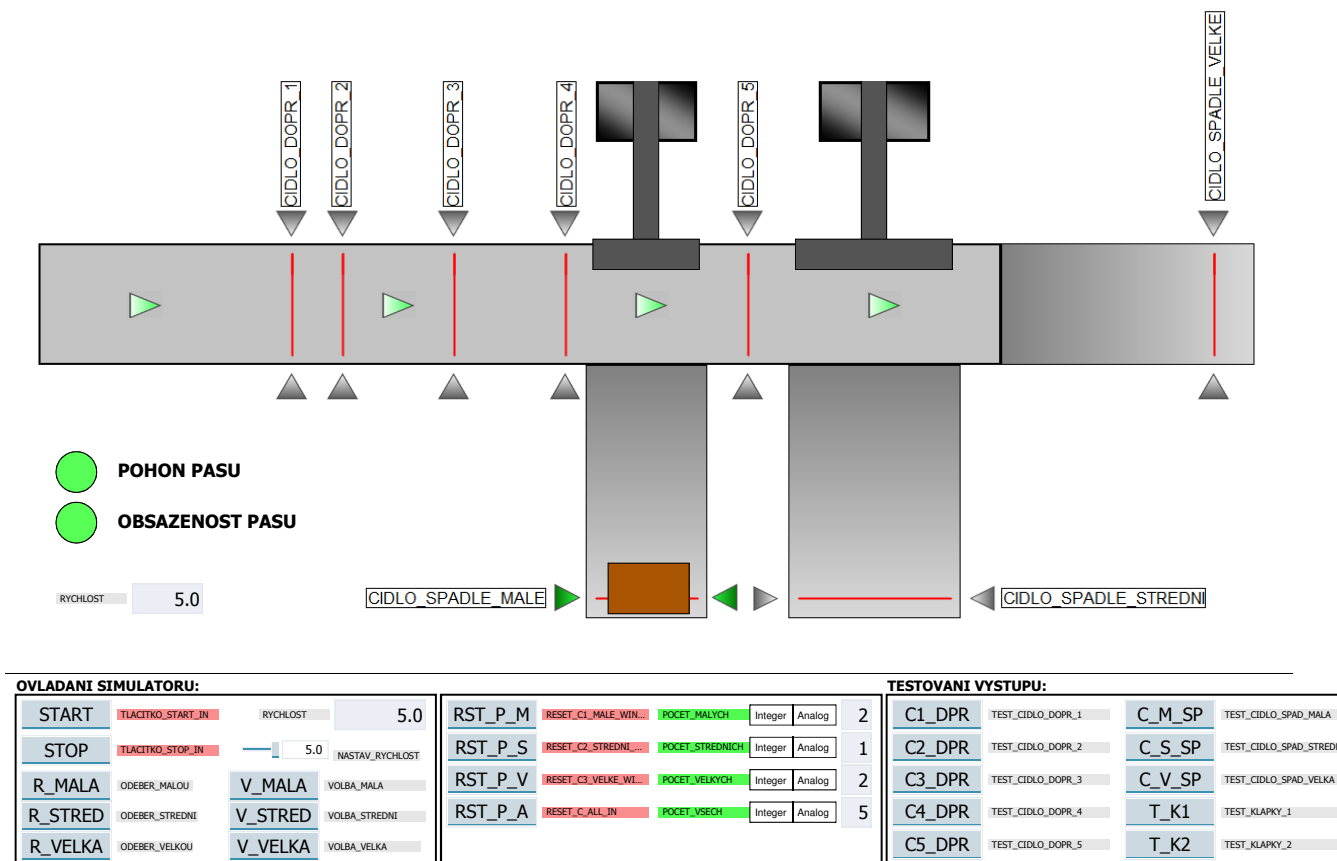
C Vývojový diagram úlohy „Počítání zboží na dopravníku“



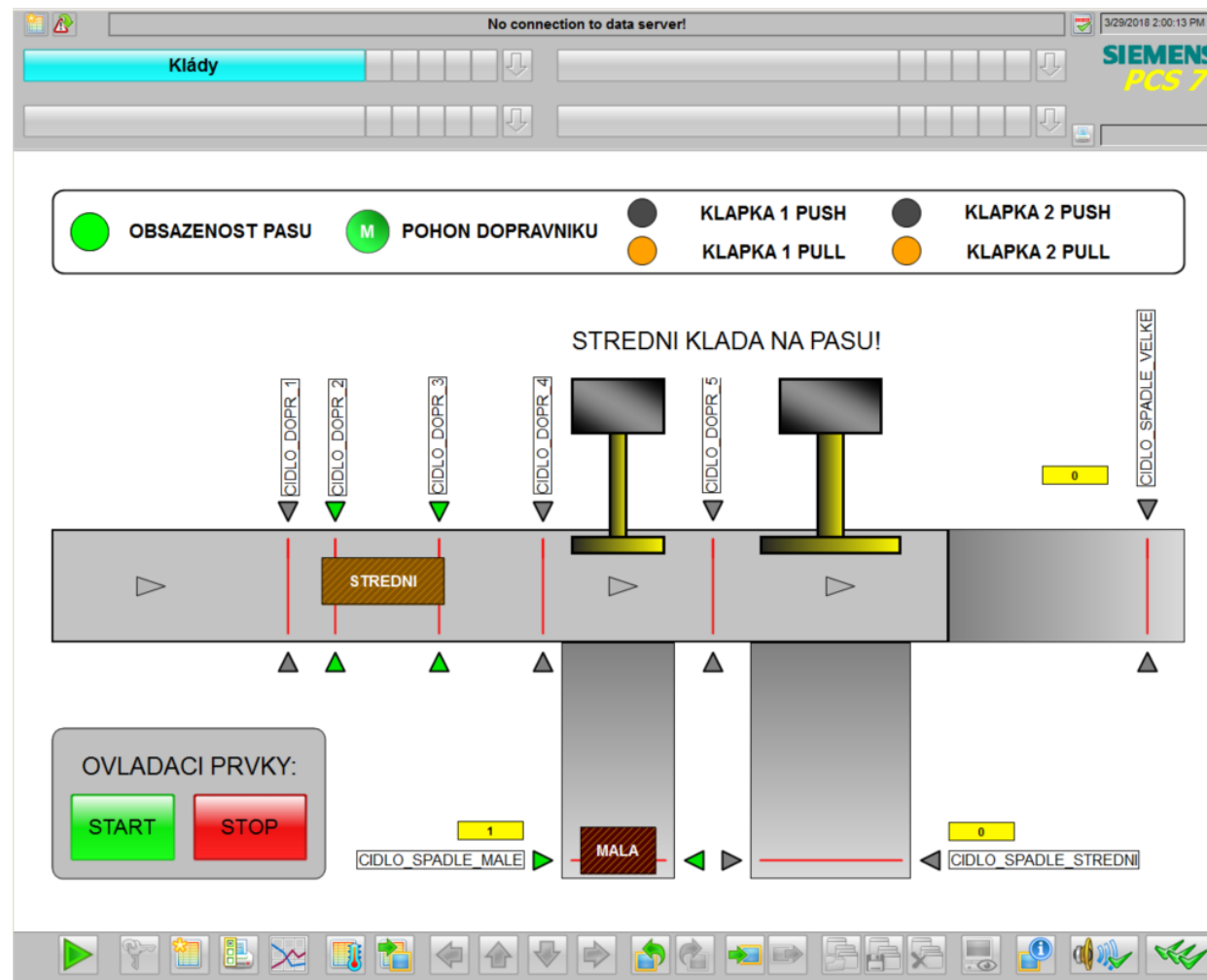
Obr. C.1: Stavový automat úlohy „Počítání zboží na dopravníku“

D Vizualizační okna simulátorů v SIMIT a WinCC

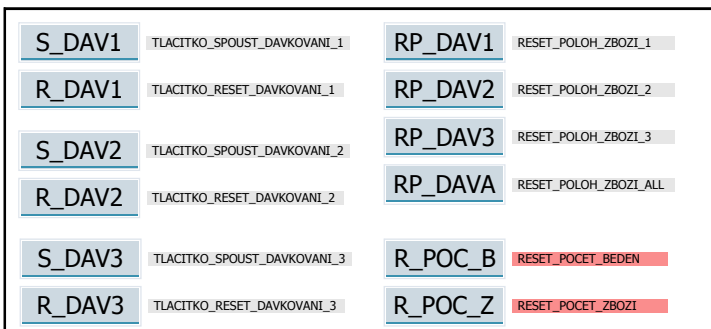
06



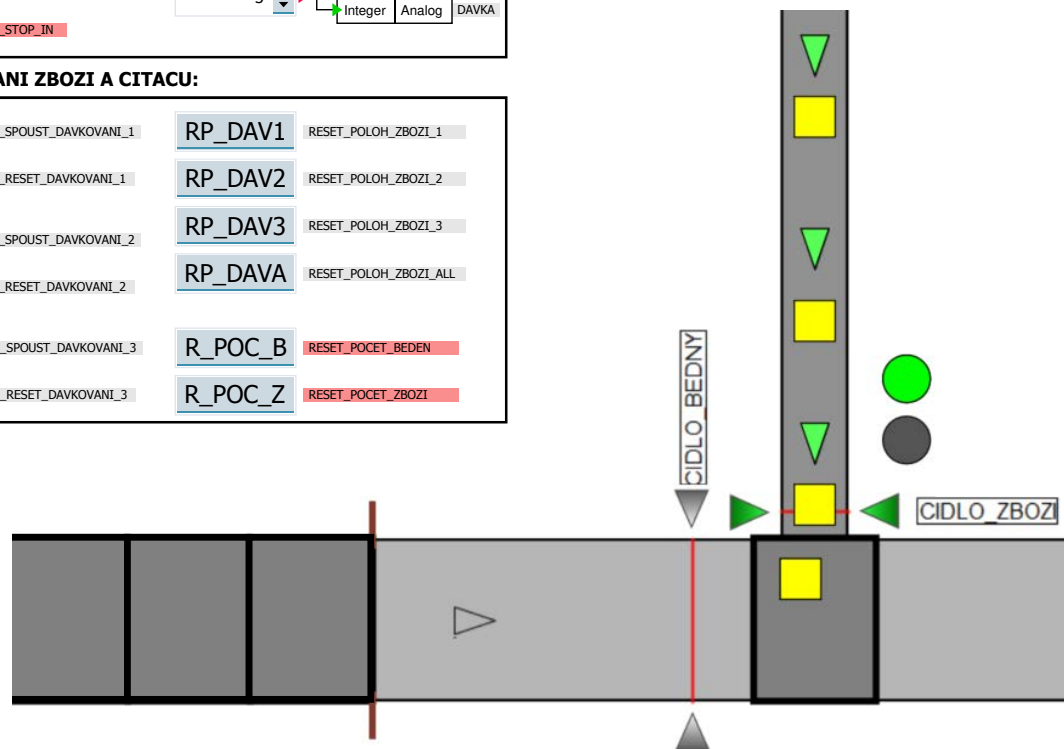
Obr. D.1: Ukázka vizualizace SIMIT - úloha „Třídění kmenů“



Obr. D.2: Ukázka vizualizace WinCC - úloha „Třídění kmenů“

OVLADANI PRIPRAVKU A VOLBA DAVKY:**OVLADANI DAVKOVANI ZBOZI A CITACU:****DIAGNOSTICKE UDAJE:**

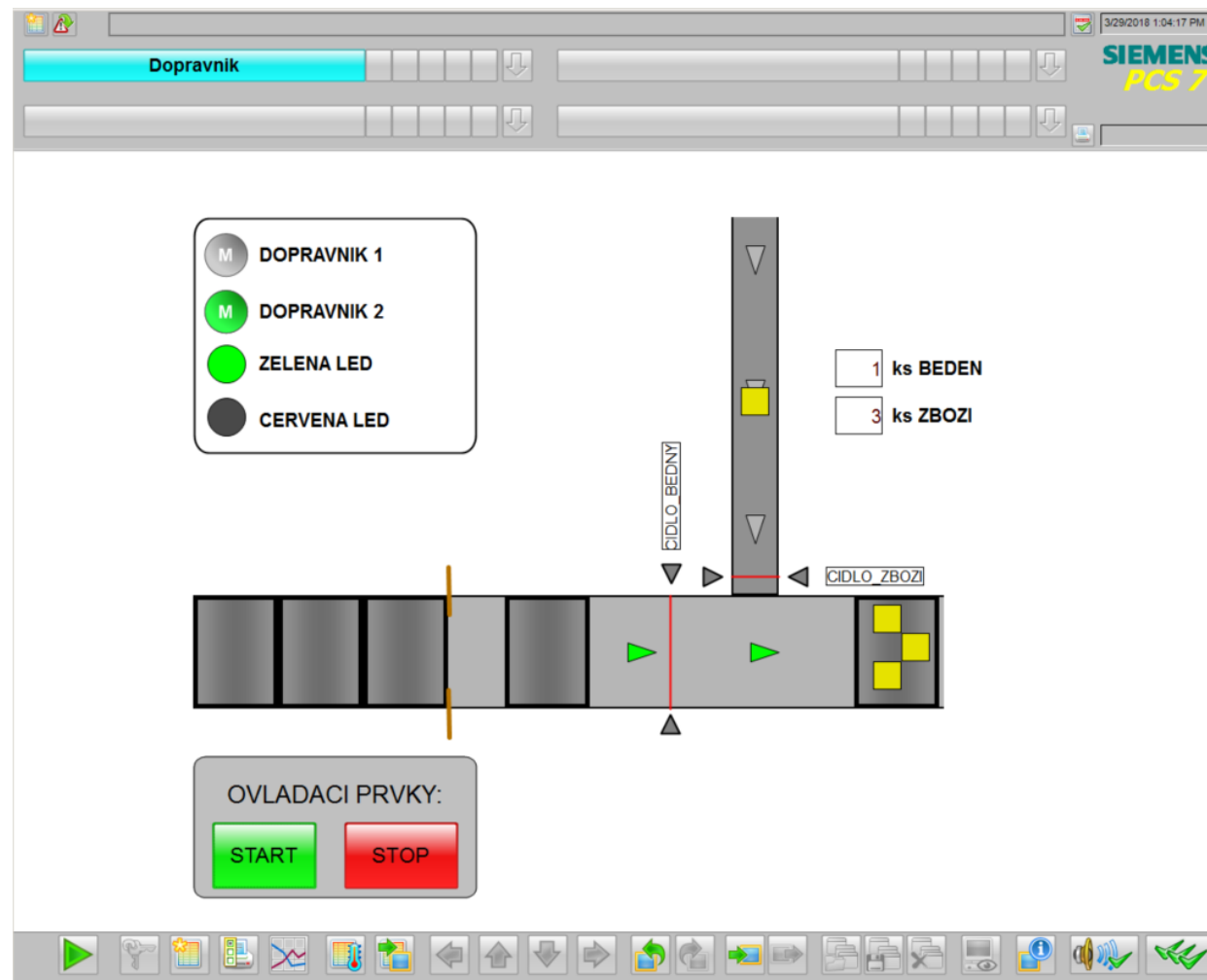
POLOHA_BEDNY_PLNE	0
POLOHA_MAT	90
POLOHA_BEDNY	280
POLOHA_ZBOZI_1	0
POLOHA_ZBOZI_2_A	0
POLOHA_ZBOZI_2_B	0
POLOHA_ZBOZI_3_A	90
POLOHA_ZBOZI_3_B	375
POLOHA_ZBOZI_3_C	240



POCET_BEDEN Integer Analog 0

POCET_ZBOZI Integer Analog 1

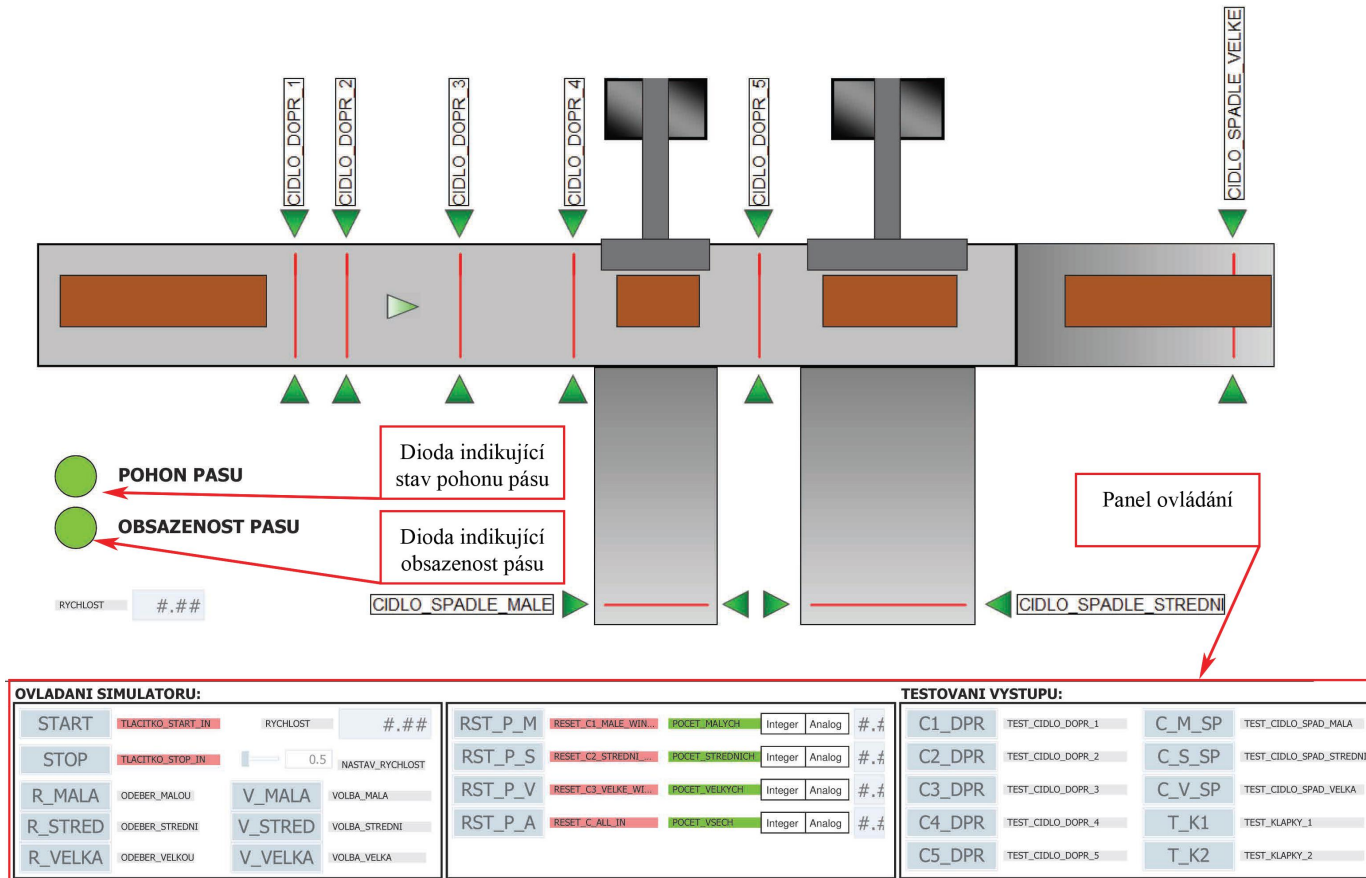
Obr. D.3: Ukázka vizualizace SIMIT - úloha „Počítání zboží na dopravníku“



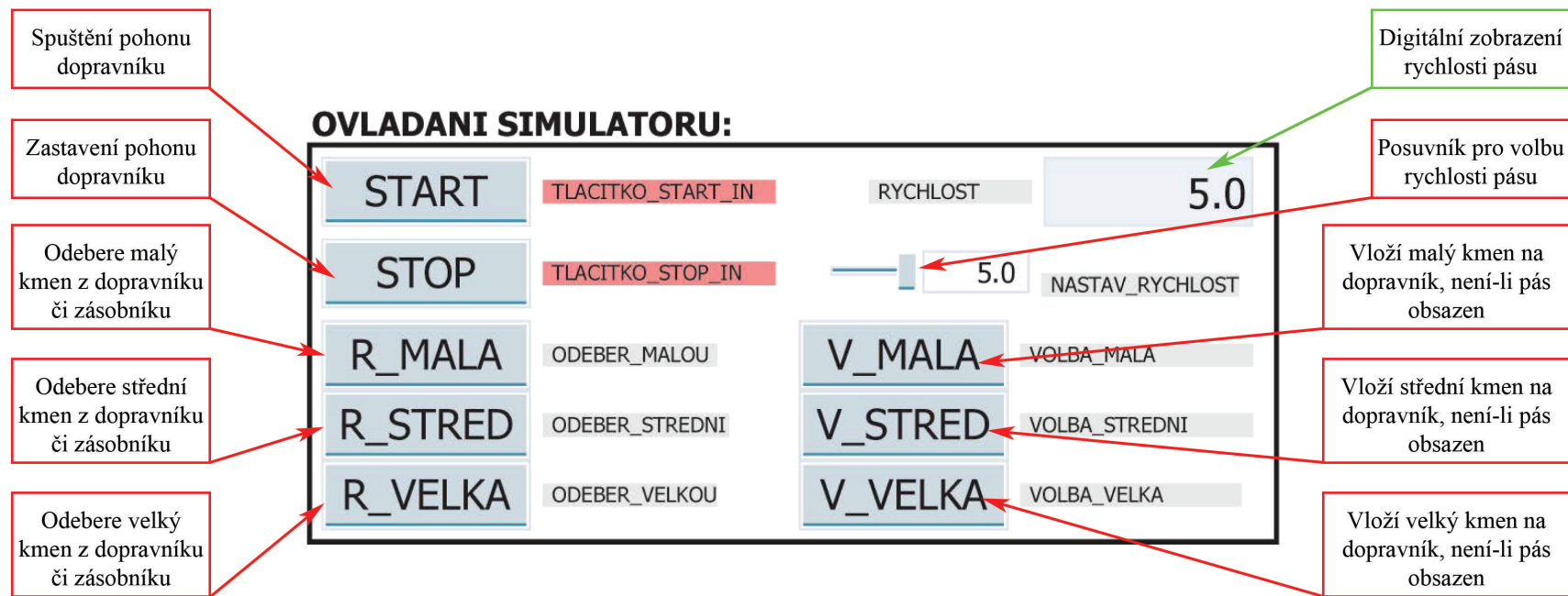
Obr. D.4: Ukázka vizualizace WinCC úlohy „Počítání zboží na dopravníku“

E Ovládání simulátoru „Třídění kmenů“

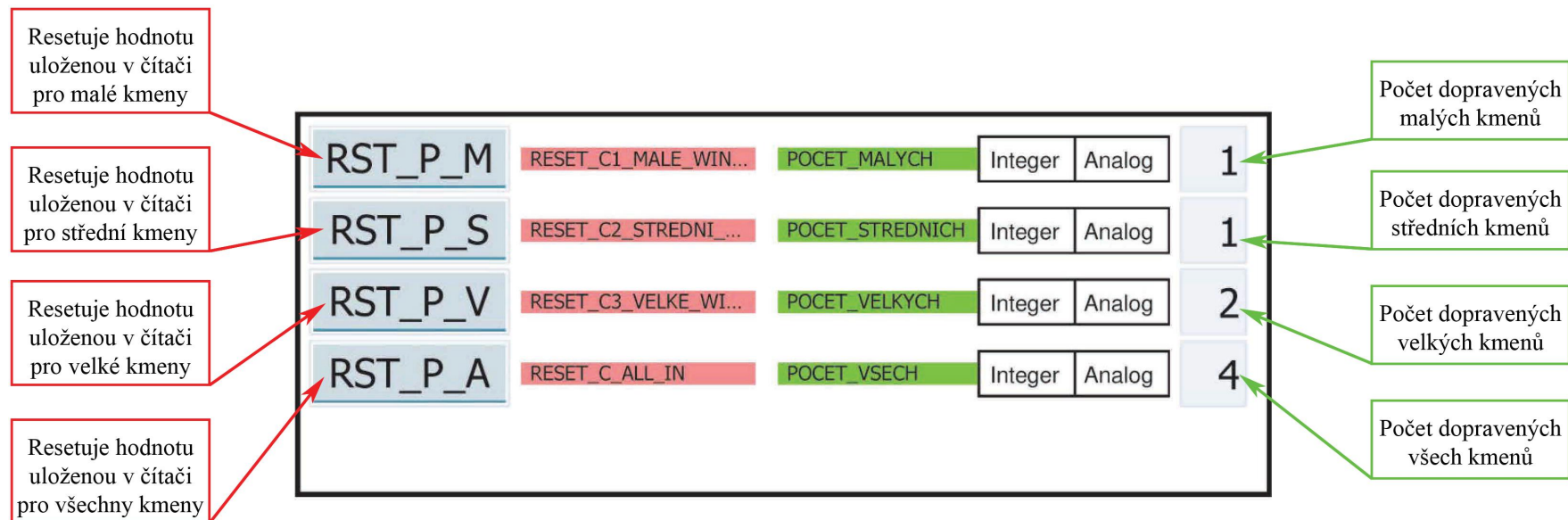
94



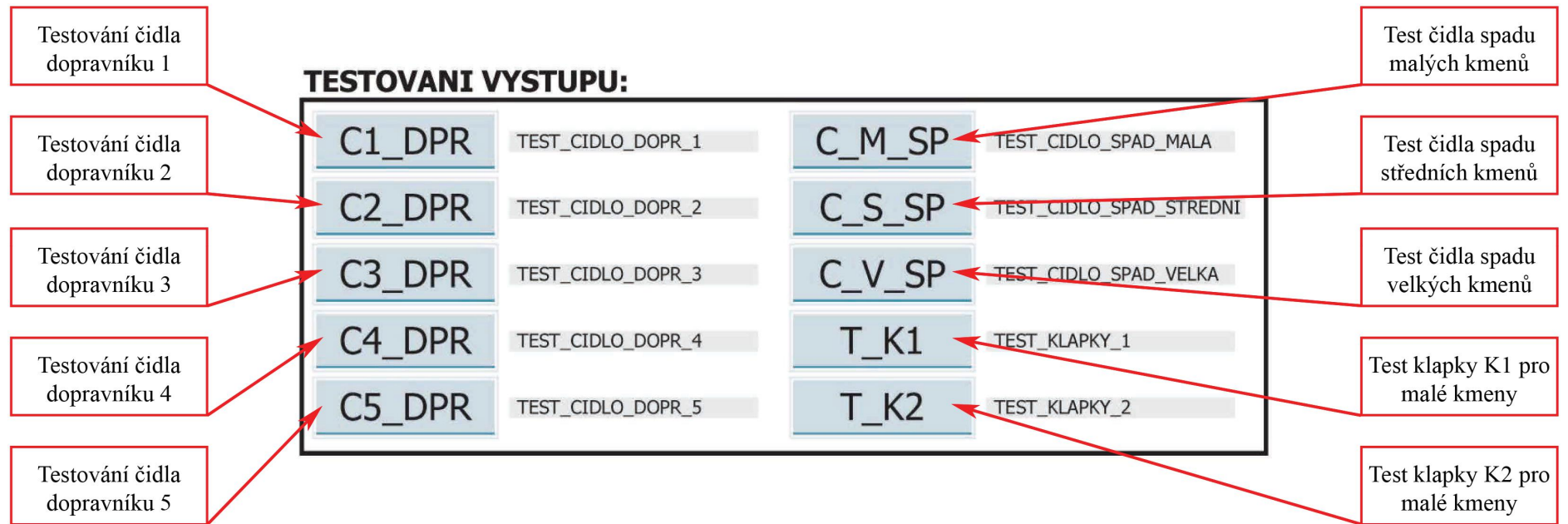
Obr. E.1: Popis simulátoru úlohy „Třídění kmenů“



Obr. E.2: Popis ovládání simulátoru úlohy „Třídění kmenů“ - panel I.

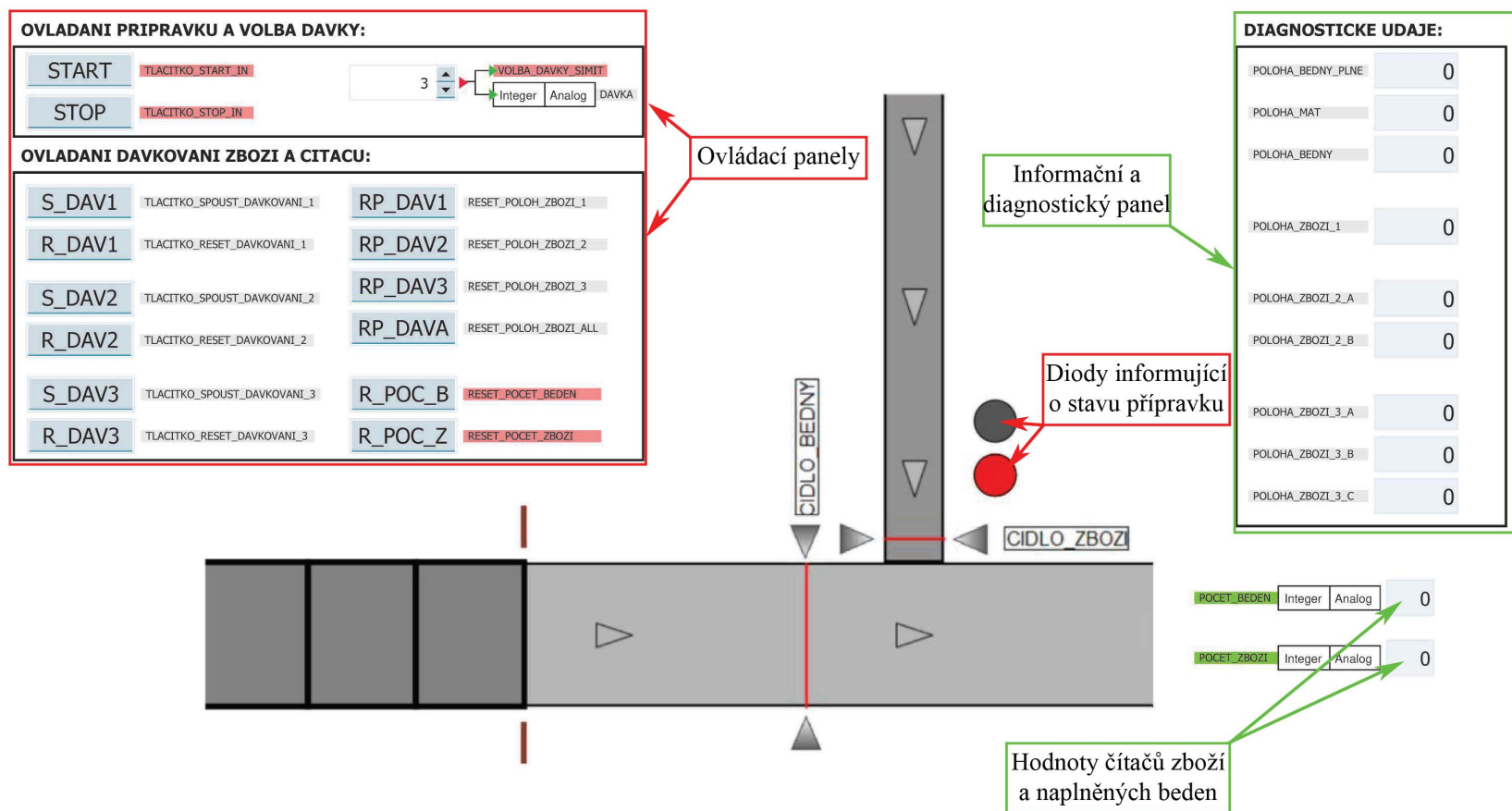


Obr. E.3: Popis ovládání simulátoru úlohy „Třídění kmenů“ - panel II.

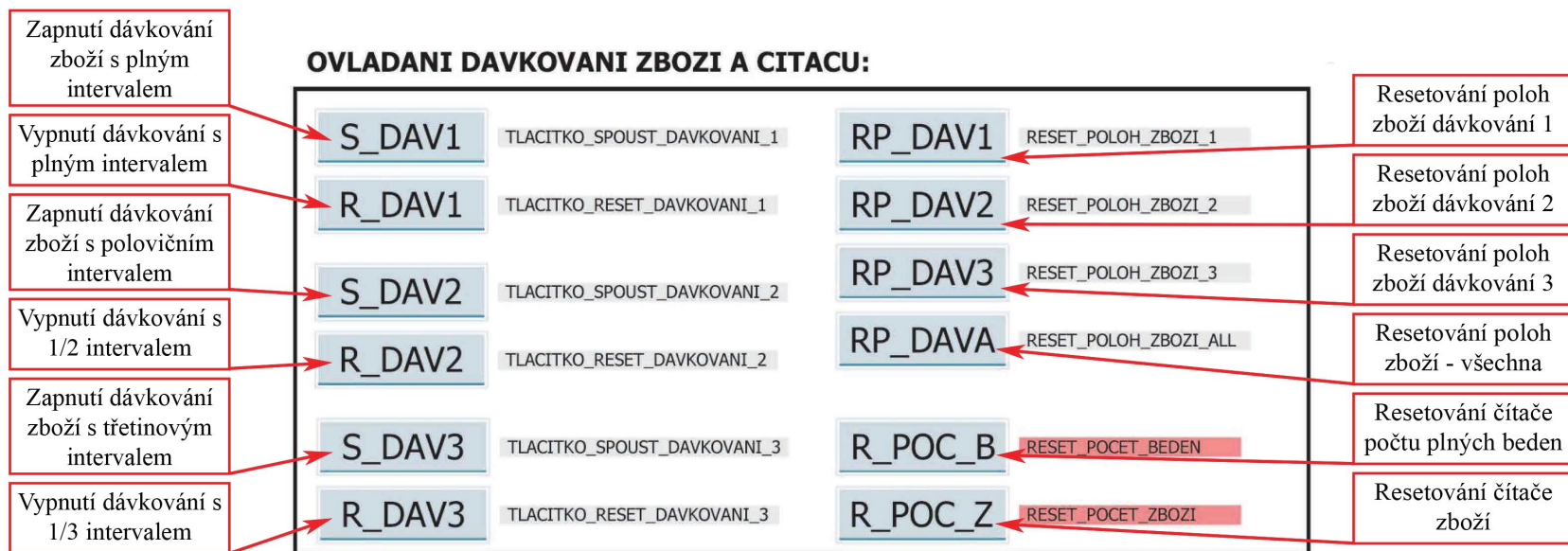


Obr. E.4: Popis ovládání simulátoru úlohy „Třídění kmenů“ - panel III.

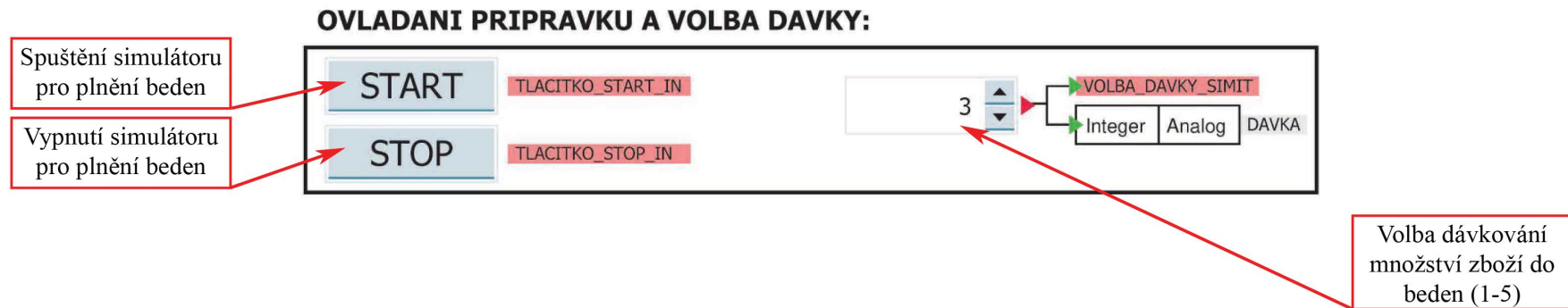
F Ovládání simulátoru „Počítání zboží na dopravníku“



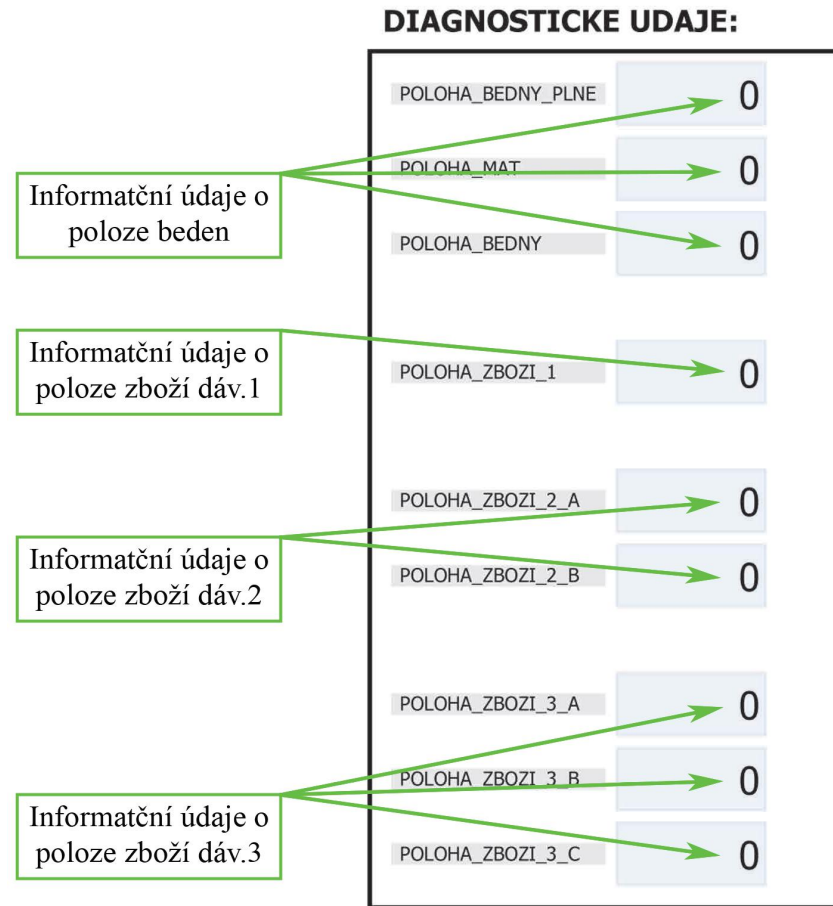
Obr. F.1: Popis simulátoru úlohy „Počítání zboží na dopravníku“



Obr. F.2: Popis ovládání simulátoru úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - panel I.



Obr. F.3: Popis ovládání simulátoru úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - panel II.



Obr. F.4: Popis ovládní simlátoru úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - panel III.

G Ukázky PLC kódu řídicích systémů

SIMATIC Dopravniky\ 03/27/2018 08:58:44 PM
SIMATIC 300(1)\CPU 315-2 PN/DP...\FC2 - <offline>

Network: 3 PRECHOD Z S0 DO S1

```
A    "STAV0"            M0.0
A(
O    "TLACTIKO_START_IN"    I0.3
O    "WINCC_START"        M1.0
)
R    "STAV0"            M0.0
S    "STAV1"            M0.1
```

Network: 4 STAV1 - POPIS FUNKCE

```
A    "STAV1"            M0.1
S    "ZELENA_LED"        Q2.4
R    "CERVENA_LED"       Q2.3
R    "BRZDA"            Q2.2
R    "DOPRAVNIK_1"       Q2.1
S    "DOPRAVNIK_2"       Q2.0
```

Network: 5 PRECHO Z S1 DO S2

```
A    "STAV1"            M0.1
A    "CIDLO2_BEDNY"       IO.1
R    "STAV1"            M0.1
S    "STAV2"            M0.2
```

Network: 6 PRECHOD Z S1 DO S0

```
A    "STAV1"            M0.1
A(
O    "TLACITKO_STOP_IN"    IO.2
O    "WINCC_STOP"        M1.1
)
R    "STAV1"            M0.1
S    "STAV0"            M0.0
```

Network: 7 STAV2 - POPIS FUNKCE

```
A    "STAV2"            M0.2
S    "BRZDA"            Q2.2

L    S5T#100MS
SD    T                1
```

Network: 8 PRECHOD Z S2 DO S3

```
A    "STAV2"            M0.2
A    T                 1
R    "STAV2"            M0.2
S    "STAV3"            M0.3
```

Network: 9 PRECHOD Z S2 DO S0

```
A    "STAV2"            M0.2
A(
O    "TLACITKO_STOP_IN"    IO.2
O    "WINCC_STOP"        M1.1
)
R    "STAV2"            M0.2
S    "STAV0"            M0.0
```

Obr. G.1: Ukázka funkce FC2 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager - část a)

Network: 10 STAV3 - POPIS FUNKCE

```
A  "STAV3"      M0.3
S  "BRZDA"     Q2.2
L  S5T#5S500MS
SD T          2

L  "DAVKA"     MW2
S  C           1
```

Network: 11 PRECHOD Z S3 DO S4

```
A  "STAV3"      M0.3
A  T           2
R  "STAV3"     M0.3
S  "STAV4"     M0.4
```

Network: 12 PRECHOD Z S3 DO S0

```
A  "STAV3"      M0.3
A(
O  "TLACITKO_STOP_IN" I0.2
O  "WINCC_STOP"    M1.1
)
R  "STAV3"     M0.3
S  "STAV0"     M0.0
```

Network: 13 STAV4 - POPIS FUNKCE

```
A  "STAV4"      M0.4
S  "ZELENA_LED" Q2.4
R  "CERVENA_LED" Q2.3
S  "BRZDA"     Q2.2
S  "DOPRAVNIK_1" Q2.1
R  "DOPRAVNIK_2" Q2.0

L  C           1
CD C           1

L  S5T#15S
SD T          3
```

Network: 14 PRECHOD Z S4 DO S0

```
A  "STAV4"      M0.4
A(
O  T           3
O  "TLACITKO_STOP_IN" I0.2
O  "WINCC_STOP"    M1.1
)
R  "STAV4"     M0.4
S  "STAV0"     M0.0
```

Network: 15 PRECHOD Z S4 DO S5

```
A  "STAV4"      M0.4
A  "CIDLO1_ZBOZI" I0.0
R  "STAV4"     M0.4
S  "STAV5"     M0.5
```

Network: 16 PRECHOD Z S4 DO S6

```
A  "STAV4"      M0.4
A(
L  C           1
L  0
==I
)
```

Obr. G.2: Ukázka funkce FC2 úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ v programu STEP7 Manager - část b)

Network: 2 STISK TLACITKA STOP - NASTAVENI VYSTUPU		
O	"TLACITKO_STOP_IN"	I24.1
O	"WINGC_STOP"	M60.7
R	"ZELENA_LED_OUT"	Q40.0
R	"CERVENA_LED_OUT"	Q40.1
R	"DOPRAVNIK_RUN_OUT"	Q40.2
R	"KLAPKA_1_MALE_OUT"	Q40.3
R	"KLAPKA_2_STREDNI_OUT"	Q40.4
L	SST#4S	
SD	T	5

Network: 3 DETEKCE MALE KLADY + SPOUSTECI MERKER PRO MALOU KLADU		
A	"CIDLO_DOPR_1_IN"	I24.2
A	"CIDLO_DOPR_2_IN"	I24.3
AN	"CIDLO_DOPR_3_IN"	I24.4
AN	"CIDLO_DOPR_4_IN"	I24.5
S	"MALA_KLADA"	M60.0

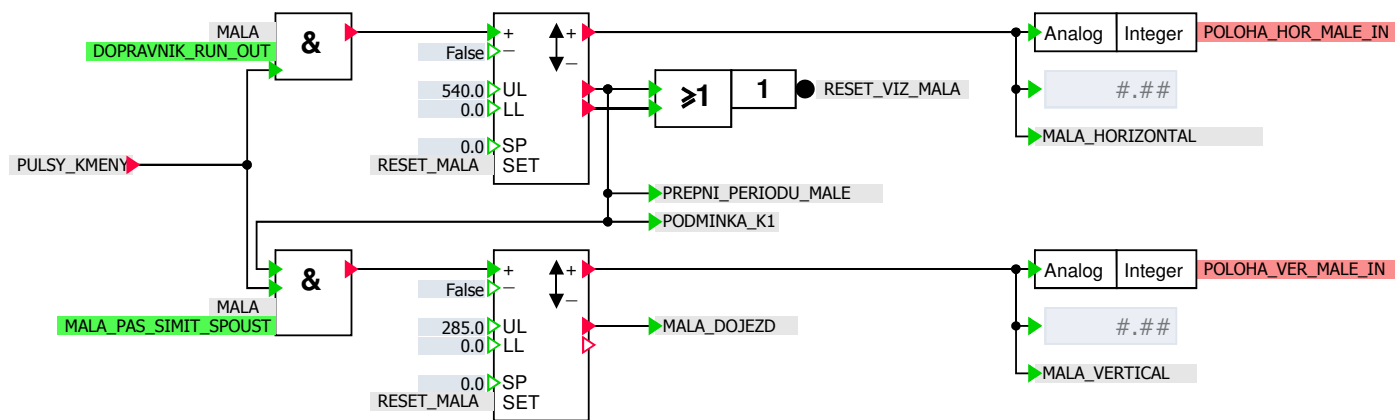
Network: 4 DETEKCE STREDNI KLADY + SPOUSTECI MERKER PRO STREDNI KLADU		
AN	"CIDLO_DOPR_1_IN"	I24.2
A	"CIDLO_DOPR_2_IN"	I24.3
A	"CIDLO_DOPR_3_IN"	I24.4
AN	"CIDLO_DOPR_4_IN"	I24.5
R	"MALA_KLADA"	M60.0
S	"STREDNI_KLADA"	M60.2

Network: 5 DETEKCE STREDNI KLADY + SPOUSTECI MERKER PRO STREDNI KLADU		
A	"CIDLO_DOPR_1_IN"	I24.2
A	"CIDLO_DOPR_2_IN"	I24.3
A	"CIDLO_DOPR_3_IN"	I24.4
AN	"CIDLO_DOPR_4_IN"	I24.5
R	"STREDNI_KLADA"	M60.2
S	"VELKA_KLADA"	M60.4
A	"VELKA_KLADA"	M60.4
A	"CIDLO_DOPR_5_IN"	I24.6
S	"SPOUST_V"	M60.5

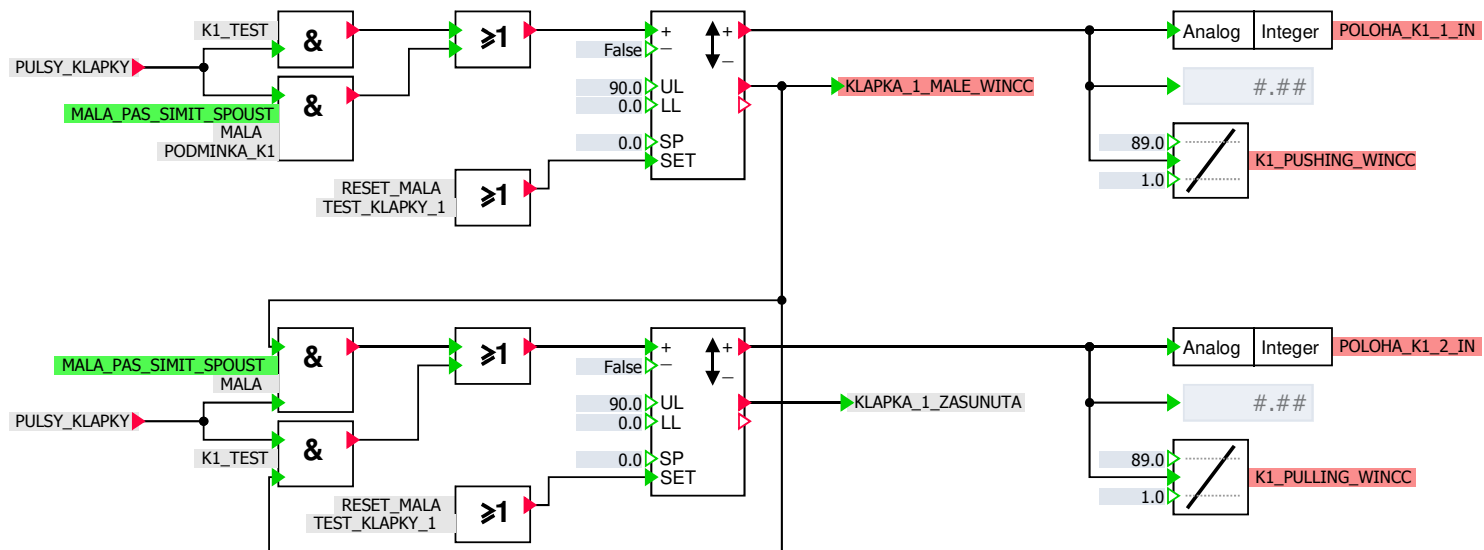
Network: 6		
A	T	5
R	"MALA_KLADA"	M60.0
R	"STREDNI_KLADA"	M60.2
R	"VELKA_KLADA"	M60.4
R	"SPOUST_V"	M60.5

Obr. G.3: Ukázka funkce FC1 úlohy „Třídění kmenů“ v programu STEP7 Manager

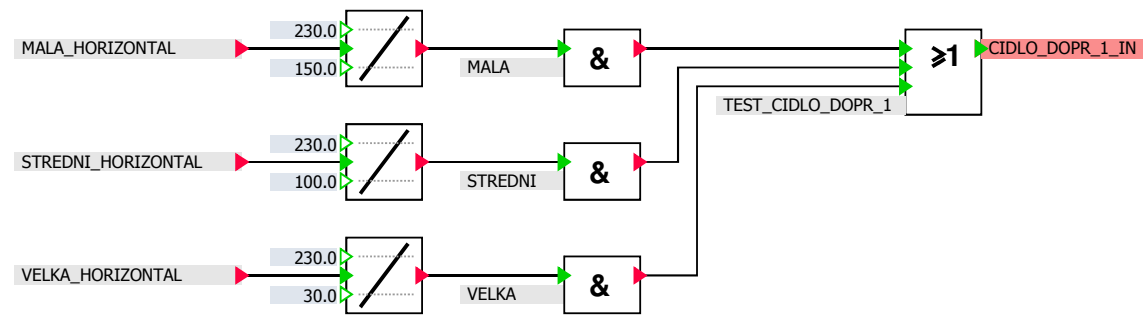
H Vybraná SIMIT schémata úlohy „Třídění kmenů“



Obr. H.1: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - změna polohy malého kmene

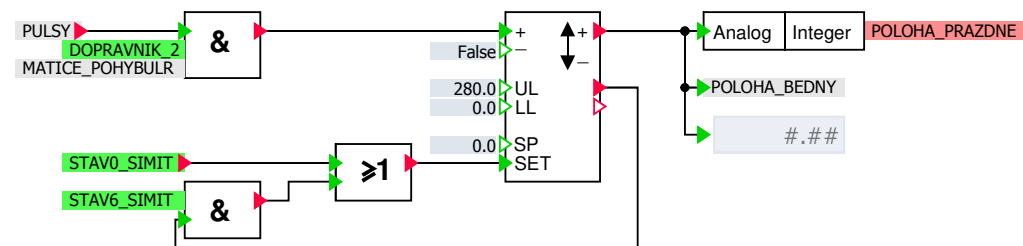


Obr. H.2: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - změna polohy klapky K1

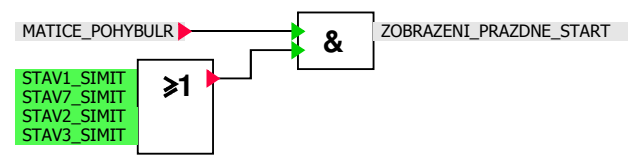


Obr. H.3: Modelové schéma SIMIT úlohy „Třídění kmenů“ - čídlu dopravníku

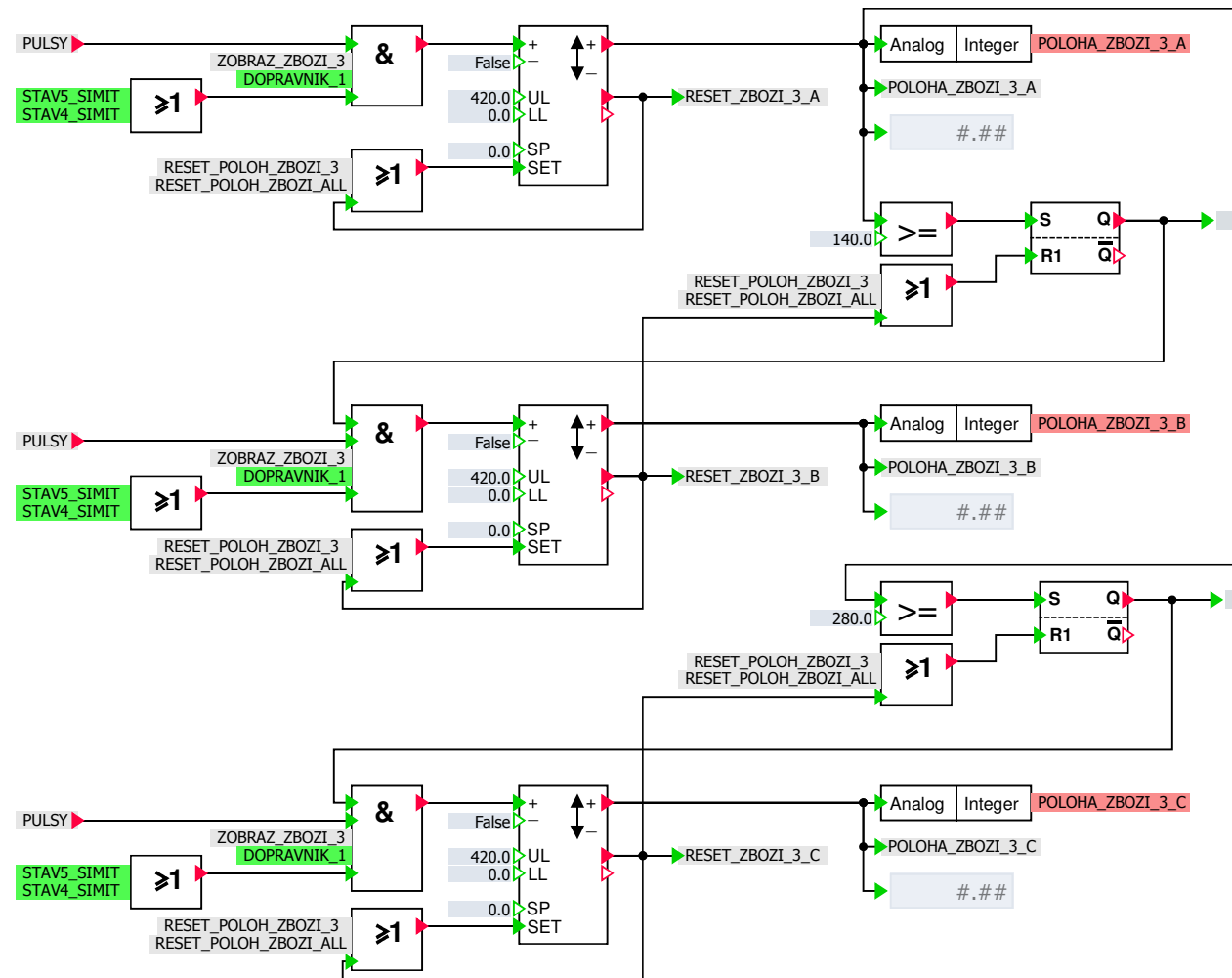
I Vybraná SIMIT schémata úlohy „Počítání zboží na dopravníku“



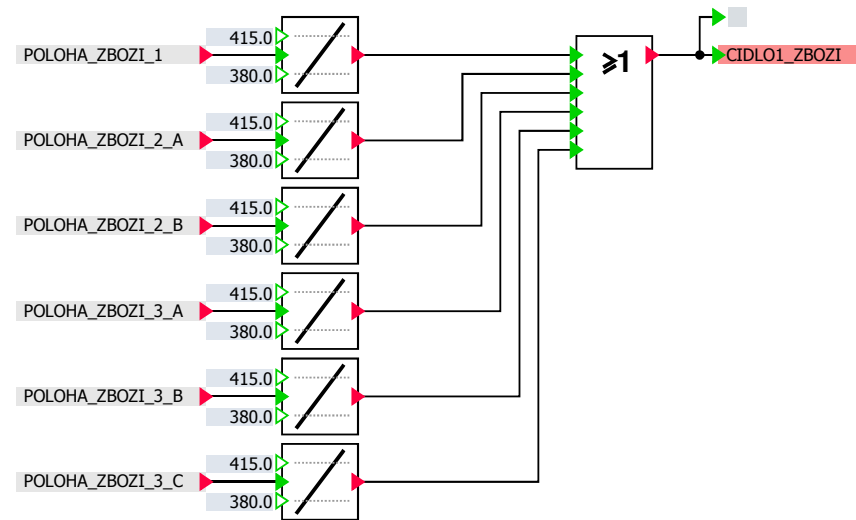
POMOCNY MERKER PRO VIZUALIZACI



Obr. I.1: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - simulace pohybu prázdné bedny



Obr. I.2: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - simulace pohybu zboží (dávkování 3)



Obr. I.3: Modelové schéma SIMIT úlohy „Počítání zboží na dopravníku“ - čidlo detekující zboží

J Obsah přiloženého CD a použitý software

J.1 Struktura CD

PRILOHA_BP_VANA_DOMINIK	Kořenový adresář přiloženého CD
└─ Dokumentace	
└─ Uloha_Pocitani_zbozi_dopravnik.....	„Třídění kmenů“
└─ Modelacni_schemata_SIMIT	Modelová schémata SIMIT
└─ Jednotliva_schemata	
└─ Kmeny_Kompletace_Mschemat.pdf	
└─ Ovladani_simulatoru_PDF	Popis ovládání simulátoru
└─ Kmeny_Ovladani_simulatoru.pdf	
└─ PDF_Vizualizace_SIMIT	Vizualizační okna SIMIT
└─ Kmeny_Komplet_Vizualizace_SIMIT.pdf	
└─ PNG_Vizualizace_WinCC.....	Vizualizační okna WinCC
└─ STEP7_Projekt_dokumentace	Dokumentace řídicího programu
└─ Jednotlive_bloky	
└─ Kmeny_Komplet_STEP_dokumentace.pdf	
└─ Videa_Vizualizace	Složka s videi simulátoru
└─ PLCSIM_Kmeny.png	
└─ Uloha_Pocitani_zbozi_dopravnik.....	„Počítání zboží na dopravníku“
└─ Modelacni_schemata_SIMIT	Modelová schémata SIMIT
└─ Jednotliva_schemata	
└─ Dopravniky_Kompletace_Mschemat.pdf	
└─ Ovladani_simulatoru_PDF	Popis ovládání simulátoru
└─ Dopravniky_Ovladani_simulatoru.pdf	
└─ PDF_Vizualizace_SIMIT	Vizualizační okna SIMIT
└─ Dopravniky_Komplet_Vizualizace_SIMIT.pdf	
└─ PNG_Vizualizace_WinCC.....	Vizualizační okna WinCC
└─ Schema_stav_automatu	Složka se schémata stavového automatu
└─ Dopravniky_vyvojovy_diagram_automat.pdf	
└─ STEP7_Projekt_dokumentace	Dokumentace řídicího programu
└─ Jednotlive_bloky	
└─ Dopravniky_Komplet_STEP_dokumentace.pdf	
└─ Videa_Vizualizace	Složka s videi simulátoru
└─ PLCSIM_Dopravniky.png	
└─ Elektronicky_text	Elektronický text bakalářské práce
└─ Zdrojove_soubory	STEP7 a SIMIT soubory simulátorů

J.2 Použitý software

- SIMIT Simulation Framework V9.0 + SP1 + Upd2
- STEP7 V5.5 + SP4 + HF9
- PLCSIM V5.4 + SP5 + Upd1
- WinCC V7.4