



Středoškolská technika 2022

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Factory I/O: Automated warehouse

Patrik Marek

Střední škola EDUCHEM, a. s.

Okružní 128, Meziboří

Poděkování:

Děkuji panu učiteli Ing. Stanislavu Burešovi za věcné připomínky a vedení a vedení mé práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem maturitní práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu v seznamu použitých zdrojů.

V Meziboří 30.3.2022

Anotace

V předložené práci je navržen a realizován proces, který má za úkol zpracovat přicházející zboží a uložit ho do automatizovaného skladu.

Seznam zkratk

LAD – Kontaktné zobrazení (z anglického slovního spojení Ladder Diagram)

NAPŘ. - například

NC – Rozpínací kontakt (z anglického slovního spojení normally closed)

NO – Spínací kontakt (z anglického slovního spojení normally open)

PLC – Programovatelný logický automat

Obsah

1	Úvod	4
1.1	Cíl práce	4
1.2	Využívané programy	4
1.2.1	Factory I/O	4
1.2.2	WinSPS-S7 V5	4
2	Popis programu	5
2.1	LAD	5
2.2	Popis základních značek	5
2.3	Popis matematických funkcí	5
2.3.1	Čítač	5
2.3.2	Komparátor	6
2.3.3	Funkce Move	7
2.4	Použité moduly ve scéně Factory I/O	7
2.4.1	Retroreflective senzor	7
2.4.2	Diffuse senzor	7
2.4.3	Capacitive senzor	8
2.4.4	Start/Stop/Restart tlačítko	8
2.4.5	Turntable	9
2.4.6	Pop Up wheel sorter	9
2.4.7	Válečkový dopravník	10
2.4.8	Pásový dopravník	10
2.4.9	Otočné rameno	10
2.4.10	Stohovací jeřáb	11
2.5	Popis scény ve Factory I/O	12
2.6	Popis programu ve WinSPS-S7	12
2.6.1	Síť č. 1 – Základní logika	13
2.6.2	Síť č.2 – Nakládání palet	13
2.6.3	Síť č.3 – Mody	14
2.6.4	Síť č.4 – Ukládání palet	15
2.6.5	Síť č.5 – Grabber	16
2.6.6	Síť č. 6 – Třídič palet	16
2.6.7	Síť č. 7 – Přesun zboží	17
3	Závěr	18
4	Použitá literatura	19

1 Úvod

1.1 Cíl práce

Hlavním cílem mé závěrečné práce bylo naprogramovat virtuální skladiště v programu Factory I/O.

Celou simulaci lze rozdělit do 4 částí.

1.2 Využívané programy

1.2.1 Factory I/O

Program Factory I/O je jeden z programů určených pro simulaci průmyslových linek. Factory I/O lze propojit jak s reálnými PLC, tak lze využít i různé simulátory jako je například WinSPS-S7 nebo Control I/O, které se dodává s programem, ale hodí se spíše pro úplné začátečníky a nehodí se tak na pokročilé práce, jako je například sklad. Program má uživatelsky přívětivé prostředí a najdeme zde spoustu součástí, které se hodí pro výrobu různých výrobních linek. Lze také libovolně spouštět, pozastavovat nebo zrychlovat čas. Ovšem občas zrychlení času způsobuje problémy s fyzikou.

1.2.2 WinSPS-S7 V5

WinSPS-S7 je programovací prostředí od německé firmy MHJ Tools. Slouží k programování PLC od firmy Siemens. Program nabízí také simulaci PLC, díky které lze programovat PLC bez nutnosti ho fyzicky vlastnit. Lze také v programu monitorovat a zobrazovat si jednotlivé kroky, které bychom normálně neviděli, je tak užitečný pro ladění programu a opravy kódu v případě nefunkčnosti. Při programování se nejčastěji používá jednoduchý a univerzální jazyk LAD.

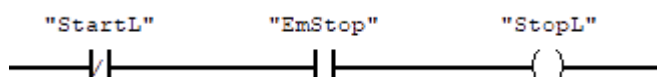
2 Popis programu

2.1 LAD

Jedná se o velmi jednoduchý jazyk, ve kterém se dají programovat i komplikované věci.

Provádění instrukcí probíhá zleva doprava a je možné danou instrukci více rozvětvit.

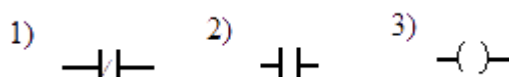
Jednoduchý příklad můžeme vidět na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1 - Ukázka základních instrukcí

2.2 Popis základních značek

Mezi základní funkce LAD patří tyto tři schématické značky (viz. obrázek č. 2).



Obrázek č. 2 - ukázka základních schématických značek

První značka nám označuje rozpínací kontakt (NC kontakt), který se rozezne, pokud se na daném vstupu objeví logická jednička. V mé scéně to používám u určitého druhu senzoru, který detekuje přerušeni infračerveného paprsku.

Druhá značka je přesný opak NC kontaktu, pokud se tedy objeví logická jednička na určeném vstupu, tak se nám daný kontakt sepne. Jedná se nejčastěji používaný kontakt, protože na stejném principu fungují také tlačítka, které při stisknutí spojí dva kontakty.

Poslední značka označuje výstup a při nastavení logické jedničky se nám sepne určený výstup na PLC. Slouží například k spouštění pásů nebo světelných indikátorů.

2.3 Popis matematických funkcí

2.3.1 Čítač

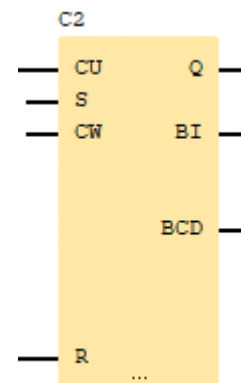
Čítače se používají k počítání impulzů, existují tři druhy.

- 1) čítač vzestupný – princip je velmi jednoduchý, k poslednímu stavu přičte pouze jedničku.
- 2) Čítač sestupný – od posledního stavu čítače se odečte jednička.

- 3) Čítač kombinovaný – jedná se o kombinaci dvou předchozích čítačů, lze nastavit, zda se má zrovna přičítat jednička nebo odečítat, záleží tak pouze na programátorovi a jeho potřebách.

Každý čítač má minimálně 7 vstupů, ale k funkčnosti nám stačí i 2 vstupy. Nejdůležitější vstupy jsou:

- 1) CU – Do tohoto vstupu přivádíme impulzy, které nám budou přičítat jedničku.
- 2) BI – Výstup z čítače, takto lze zobrazovat aktuální stav na obrazovce.
- 3) R – Slouží k resetování čítače, při přivedení logické jedničky se tento čítač vynuluje.



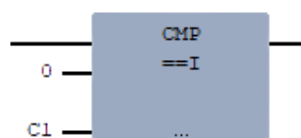
Obrázek č. 3 - vzestupný čítač

V mé maturitní práci se objevují pouze vzestupné čítače, jelikož potřebuji pouze přičítat a nikoliv odečítat.

2.3.2 Komparátor

Komparátory, jak již název napovídá slouží k porovnávání dvou veličin a jejich vyhodnocování. Lze je rozdělit toho, jak porovnávají data:

- 1) Větší než ($>$)
- 2) Menší než ($<$)
- 3) Rovno – V případě, který je na obrázku č. 3 porovnává číslo 0 se stavem čítače č. 1, pokud se stavy rovnají (jsou stejné), tak čítač vyše logickou jedničku a pokračuje se na další instrukci. ($=$)
- 4) Větší než a rovno (\geq)
- 5) Menší než a rovno (\leq)

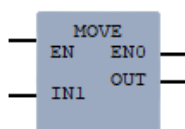


Obrázek č. 4 - vzhled komparátoru v programu WinSPS-S7

2.3.3 Funkce Move

Funkce Move je velmi jednoduchá. Má 2 vstupy a 2 výstupy.

- 1) EN – při přivedení logické jedničky se funkce aktivuje.
- 2) IN1 – Jaké číslo/stav chceme nastavit na výstup OUT.
- 3) EN0 – při aktivaci se nastaví logická jednička.
- 4) OUT – výstup, který se nastavuje na určenou hodnotu v IN1.

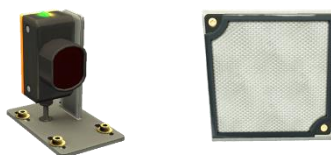


Obrázek č. 5 - vzhled funkce Move v programu WinSPS-S7

2.4 Použité moduly ve scéně Factory I/O

2.4.1 Retroreflective senzor

Reflektivní senzory vysílají světelné paprsky a očekávají, že se paprsek vrátí, tím pádem musí mít ještě na druhé straně reflektor. Pokud jsou správně zarovnané, tak senzor rozsvítí zelené světýlko a začíná detektovat přerušování paprsku. Zároveň se nám také objevuje na jeho výstupu logická jednička. V případě, že dojde k přerušování paprsku, senzor rozsvítí indikační žluté světýlko a na výstupu se objeví logická nula. Z principu, na jakém je senzor založen lze detekovat pouze pevné látky, a to na vzdálenost až 6 m.



Obrázek č. 6 – reflektivní senzor s reflektorem

2.4.2 Diffuse senzor

Difúzní senzor funguje na podobném principu jako reflektivní senzor, ale místo odrazu od reflektoru se čeká na odraz od předmětu, z tohoto důvodu je tento senzor schopný snímat pouze pevné látky až na 1,6 m. Pokud dojde k odražení paprsku, tak se na horní straně senzoru rozsvítí červená kontrolka a na výstupu se objeví logická jednička.



Obrázek č. 7 - Difúzní senzor

2.4.3 Capacitive sensor

Jedná se malé senzory, které jsou schopny na velmi malou vzdálenost (0–0.2 m) zjistit, zda je na daném místě nějaký předmět. Snímají pevné a kapalné látky a mají dvě možnosti konfigurace:

- 1) Digital – při detekci se objeví na výstupu logická jednička
- 2) Analog – má rozpětí 0–10 V, které nám udává vzdálenost od předmětu

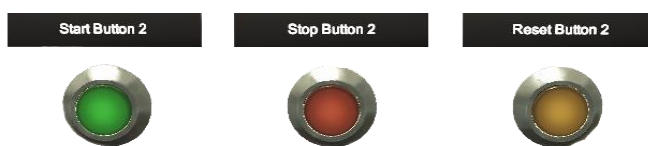
Při snímání se nám také rozsvítí malá kontrolka, kterou najdeme na druhé straně u závitů.



Obrázek č. 8 - Kapacitní senzor

2.4.4 Start/Stop/Restart tlačítko

Každé tlačítko má v sobě zabudovanou také kontrolku. Tlačítka mají více provedení. Máme na výběr ze tří barev, dvou módů – klasické (při puštění tlačítka se vrátí na svojí původní pozici) a alternativní (při kterém tlačítko zůstane stisknuté) a dvou typů NO a NC. NO, běžně nazývané spínací, se používá při spouštění procesů a NC, také nazýváno rozpínací, se z bezpečnostních důvodů používá pro stop tlačítka, protože při poruše tlačítka se provoz nespustí. Také pro zajištění bezpečnosti můžeme použít Nouzové tlačítko, které se chová jako klasické NC tlačítko.



Obrázek č. 9 - tlačítka

2.4.5 Turntable

Otočná plošina v sobě spojuje pět různých modulů – přesněji válečkový dopravník, dva kapacitní senzory, limitní senzory pro 0° a 90° a samozřejmě motory pro otáčení plošiny. Plošina slouží třídění palet —a je kompatibilní s klasickými palety, ale také s čtvercovými. Maximální vzdálenost, na kterou jsou kapacitní senzory detekovat paletu je 0,1 m.



Obrázek č. 10 - Otočná plošina

2.4.6 Pop Up wheel sorter

Vyskakovací kolečkový třídič je svojí funkcí velmi podobný otočné plošině, ale oproti plošině mu chybí spousta senzorů a není tak flexibilní. Využívá se pro třídění drobnějších materiálů jako jsou krabice nebo surový materiál, který není na paletě.



Obrázek č. 11 - Vyskakovací kolečkový třídič

2.4.7 Válečkový dopravník

Válečkový dopravník slouží k přesunu palet, dá se nakonfigurovat ve třech módech.

- 1) Digital – funguje binárně, buďto pás jede nebo stojí. Nedá se změnit směr
- 2) Digital (+/-) – Umožňuje měnit směr
- 3) Analog – lze plynule regulovat rychlost a směr pohybu

V programu Factory I/O dopravník nalezneme ve třech různých délkách – v 2, 4 a 6 metrech.

Po nové aktualizaci zde taky nalezneme zatáčky.



Obrázek č. 11 - Válečkový dopravník

2.4.8 Pásový dopravník

Jedná se o obdobu válečkového dopravníku akorát, že je určený pro jemnější předměty jako jsou např. krabice nebo surové materiály. Pás se dá nakonfigurovat ve třech módech.

- 4) Digital – funguje binárně, buďto pás jede nebo stojí. Nedá se změnit směr
- 5) Digital (+/-) – Umožňuje měnit směr
- 6) Analog – lze plynule regulovat rychlost a směr pohybu

V programu Factory I/O dopravník nalezneme ve třech různých délkách – v 2, 4 a 6 metrech.

Po nové aktualizaci zde taky nalezneme zatáčky.



Obrázek č. 12 - Pásový dopravník

2.4.9 Otočné rameno

Dovoluje nám uchopit materiály nebo krabice a otočit je o 90°. Nejčastěji se využívá při přesouvání zboží mezi pásy. Rameno má 7 vstupů, pro pohyb v osách X a Y, pro otáčení celého ramena, ale také i pro otáčení pouze chytací části, po směru a protisměru hodinových ručiček,

pro uchopení zboží. Dále v rameni nalezneme pět senzorů, dva z nich detekují pohyb v osách X a Y, další dva pohyb chytací části a poslední sensor má za úkol —detekovat, zda se v chytací části nachází zboží pro úchop.



Obrázek č. 12 - Otočné rameno

2.4.10 Stohovací jeřáb

Stohovací jeřáb je nejdůležitější část z celé maturitní práce, dovoluje nám totiž vytvořit automatický sklad do kterého lze ukládat palety se zbožím a také je v případě potřeby vyložit a poslat dále k zpracování. Jeřáb má více možnosti konfigurace:

- 1) Numerical – pozici nastavujeme pomocí předvolených čísel v rozmezí 0–55
- 2) Digital – pozici nastavujeme digitálně pomocí jednotlivých bitů
- 3) Analog – pozici nastavujeme pomocí analogových veličin

V mé práci využívám nejjednodušší způsob – Numerical, protože stačí nastavit pozici v rozmezí 1–54 a jeřáb sám vyjede. Pokud, ale nastavím 0, tak se jeřáb zastaví a zůstane stát na aktuální pozici a pokud bude číslo větší jak 54, jeřáb se vrátí na výchozí pozici.

2.5 Popis scény ve Factory I/O

Základ tvoří předpřipravená scéna s názvem Automated Warehouse, která obsahuje stohovací jeřáb společně s regály, dále jsem si tam přidal otočné rameno, otočnou plošinu a pásy.



Obrázek č. 13 - Celá scéna programu Factory I/O

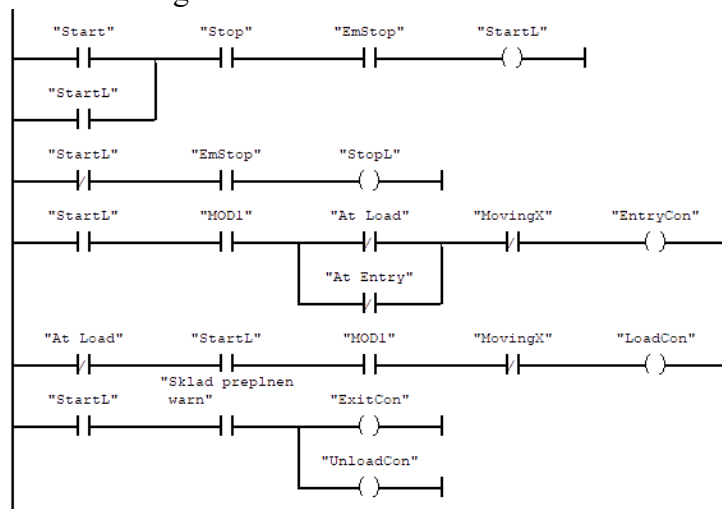
2.6 Popis programu ve WinSPS-S7

Celý program pro scénu ve Factory I/O jsem si rozdělil na 8 sítí (v programu nazváno jako networks).

- 1) Základní logika – tímto ovládám pásy, spouštím a zastavuji provoz
- 2) Nakládání – logika pro nakládání palet
- 3) Mody – abych rozlišil aktuální stav ve kterém se jeřáb nachází (zda nakládá paletu, ukládá na pozici nebo se vrací na základní pozici)
- 4) Ukládání – jak z názvu vyplývá, tak tato síť obsluhuje a má za úkol vyslat jeřáb na správnou pozici
- 5) Grabber – obsahuje obslužný program pro otočné rameno
- 6) Třídič palet – ovládá otočnou plošinu, která má za úkol zabránit zahlcení zautomatizovaného skladu

7) Přesun zboží – ovládá vyskakovací kolečkový třídič, který má zabránit přehlčení otočného ramena

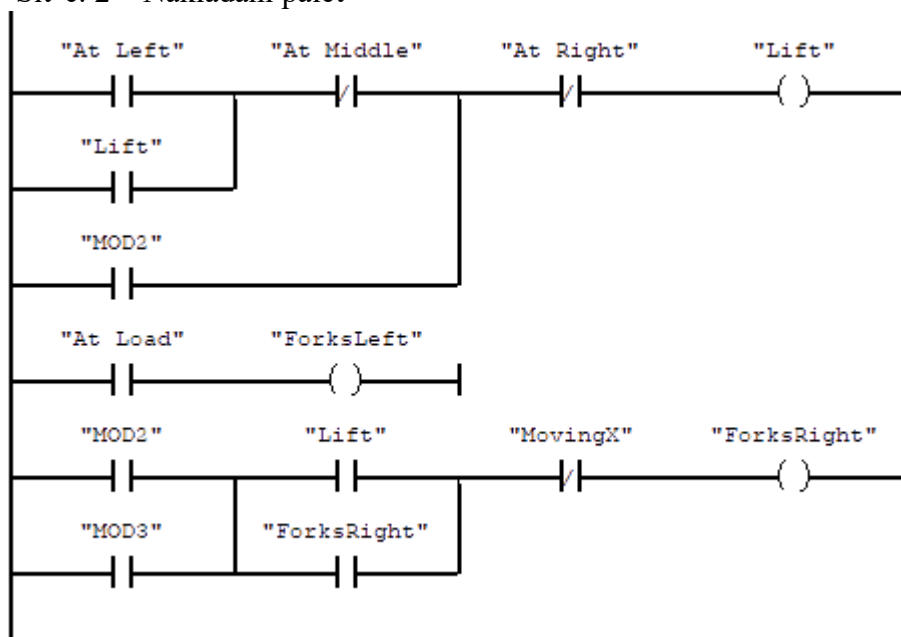
2.6.1 Síť č. 1 – Základní logika



Obrázek č. 14 – Síť č. 1 - Základní logika

Slouží k ovládání vstupních pásů do automatizovaného skladu a kontrolek. Jedná se o velmi jednoduchou síť.

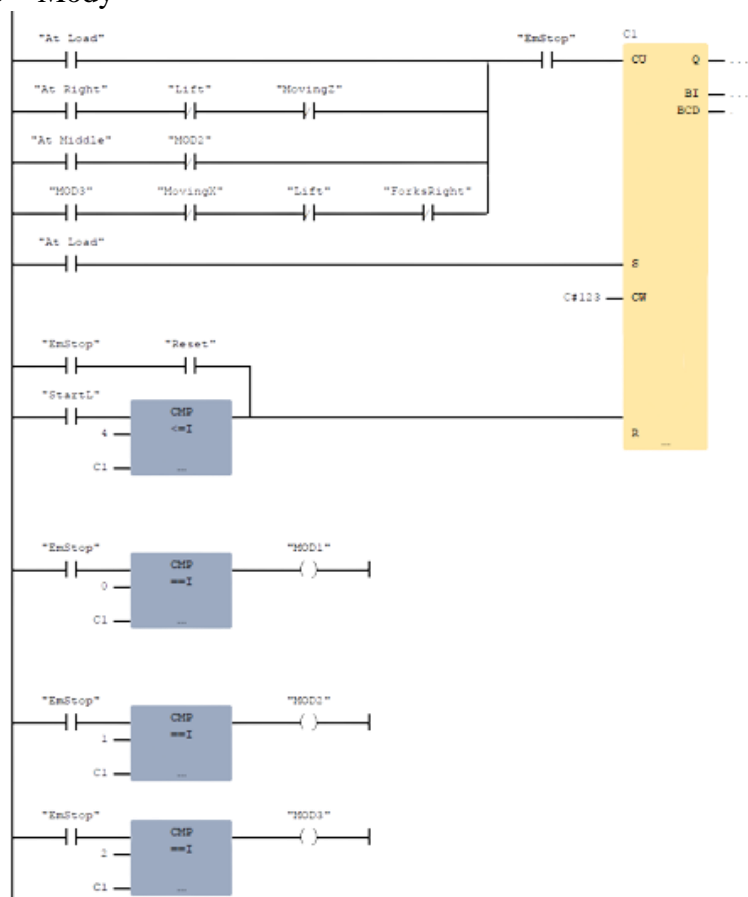
2.6.2 Síť č. 2 – Nakládání palet



Obrázek č. 15 - Síť č.2 - Nakládání palet

Hlavním cílem této sítě je zajistit hladké nakládání palet. Proces nakládání se skládá z vysunutí ramena a nadzvednutí palety. Je velmi důležité, aby paleta byla správně zarovnána jinak může dojít k převrhnutí palety a tím pádem k poškození zboží. Při nakládání jsou využity jak externí, tak přímo integrované senzory.

2.6.3 Síť č. 3 – Mody



Obrázek č. 16 – Síť č. 3 – Mody

Hlavní funkcí této sítě je hlídat a určovat stav v jakém se momentálně nachází jeřáb. Jsou 3 módy.

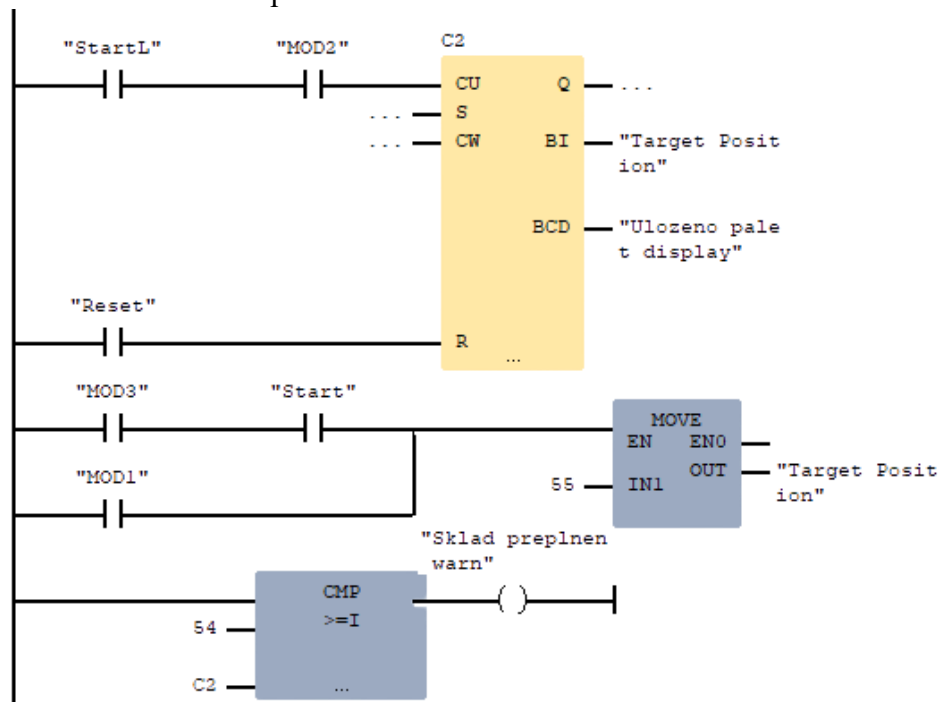
- 1) Nakládání palet
- 2) Ukládání palet na určenou pozici
- 3) Vracení se na výchozí pozici

Čítač se spouští, až na pár výjimek, když je jeřáb ve střední pozici. A pokaždé, když je hodnota čítače větší než 4, tak se čítač vyresetuje.

K zjišťování stavu čítače využívám porovnávací komparátory, které rozsvěcují indikační světýlka, díky, kterým může operátor sledovat aktuální stav jeřábu.

Pro správné vynulování čítače je využit komparátor s funkcí ≥ 4 , který zaktivuje výstup R u čítače C1.

2.6.4 Síť č. 4 – Ukládání palet



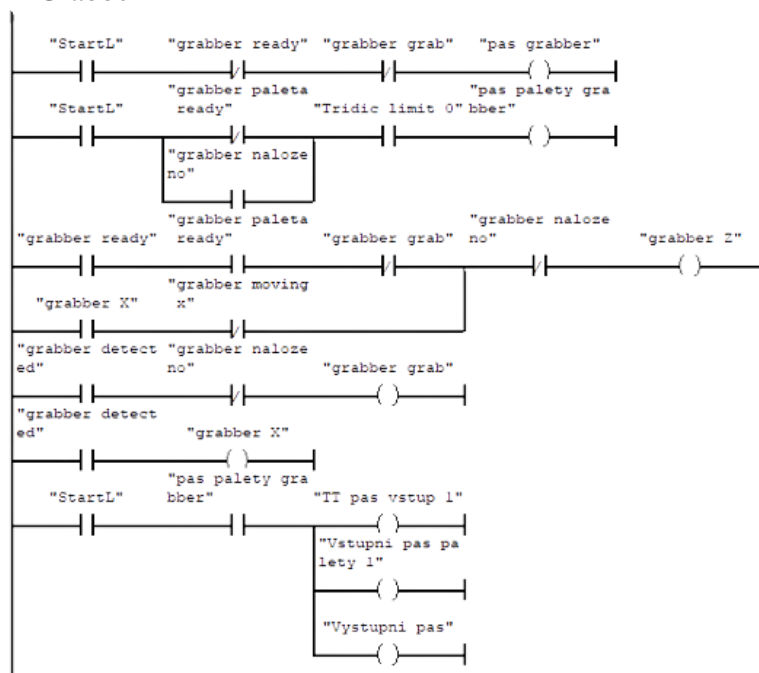
Obrázek č. 17 - Síť č. 4 – Ukládání palet

Síť č. 4 je hlavním srdcem celé mé práce. Má za úkol hlídat a správně určovat do jaké pozice ve skladě uložit paletu a také musí umět se vracet na výchozí pozici. Ukládání se provádí pomocí čítače C2, který pokud je aktivní správný mód (MOD 2) přičte jedničku k aktuální pozici, tímto se vytvoří další nová pozice. Jelikož se jedná pouze o simulaci je zde možnost čítač C2 vynulovat pomocí NO tlačítka „RESET“, zabráníme tím chybám kvůli, kterým by se mohlo stát, že sklad by se začal plnit od určité (zapamatované) pozice, a ne od nuly.

Největší výzvou bylo vracet jeřáb na výchozí pozici, protože je potřeba přenastavit pozici jeřábu na číslo větší než 54 a poté pokračovat na další pozici. Vyřešil jsem to pomocí funkce MOVE, do které lze nastavit hodnotu a výstup, a samodržného kontaktu.

Pokud dojde k naplnění na maximální kapacitu (54 položek), rozsvítí se oznamovací kontrolka a sklad začne automaticky přeposílat dál, kde se mohou přesunout do skladu nebo v mém případě mazat.

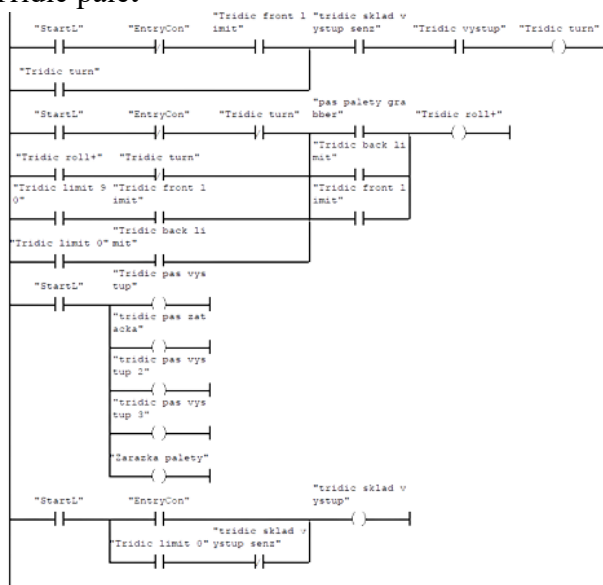
2.6.5 Síť č. 5 – Grabber



Obrázek č. 18 - Síť č.5 – Grabber

Síť č.5 obsluhuje otočné rameno, které pokládá zboží na palety, které následně míří do skladu. Celá síť je velmi jednoduchá a vyžaduje pouze jeden externí snímač, který snímá, zda je zboží na svém místě a pokud je, tak otočné rameno zboží uchopí a přesune ho na paletu. Úchop a položení je řešeno pouze pomocí integrovaných snímačů umístěných přímo v otočném ramenu.

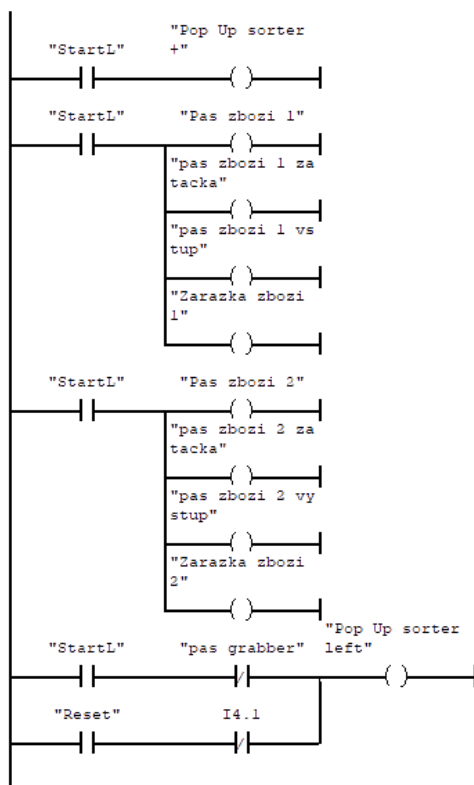
2.6.6 Síť č. 6 – Třídič palet



Obrázek č. 19 - Síť č. 6 - Třídič palet

Jelikož palety se zbožím přijíždějí rychleji, než automatizovaný sklad je stíhá zpracovávat, tak aby se zabránilo přehlcení linky lze využít otočnou plošinu, která má za úkol přetřídit palety, tak aby palety, které jsou navíc odjedou a v rámci simulace se smažou.

2.6.7 Síť č. 7 – Přesun zboží



Obrázek č. 20 - Síť č. 7 - Přesun zboží

Síť č. 7 má obdobnou funkci jako síť č. 6 aby se zabránilo přehlcení linky s otočným ramenem, tak využívám vyskakovací kolečkový třídič, který vysune kolečka, po kterých se zboží přesune na vedlejší pás, na hlavním pásu tak zůstává pouze omezený počet zboží, který je aktuálně potřeba. Zabráníme tím tak zbytečnému zpomalení linky. Opět zboží, které je navíc se v rámci simulace smaže. Kvůli závislosti na otočném ramenu nejsou potřeba další externí senzory.

3 Závěr

I přes problémy s programy Factory I/O a WinSPS-S7, kdy se mezi sebou nechtěli komunikovat nebo program WinSPS-S7 se rozhodl, že část kódu neuloží, bych řekl, že výsledek je velmi dobrý.

Při programování jsem si rozšířil znalosti o komparátory a další logické funkce, také toto byl první velký projekt, který jsem dělal a ve kterém jsem využil i předchozí znalosti z výuky.

4 Použitá literatura

Diffuse sensor. *Sensors – Factory I/O* [online]. Real Games [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/sensors/#diffuse-sensor>

Retroreflective sensor. *Sensors – Factory I/O* [online]. Real Games [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/sensors/#retroreflective-sensor-and-reflector>

Capacitive sensor. *Sensors – Factory I/O* [online]. Real Games [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/sensors/#capacitive-sensor>

Push buttons. *Sensors – Factory I/O* [online]. Real Games [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/operators/#push-buttons>

Turntable. *Sensors – Factory I/O* [online]. Real Games [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/heavy-load/#turntable>

Pop Up Wheel sorter. *Sensors – Factory I/O* [online]. Real Games [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/light-load/#pop-up-wheel-sorter>

Two-Axis Pick & Place. *Sensors – Factory I/O* [online]. Real Games [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/stations/#two-axis-pick-place>

Stacker Crane and Rack. *Sensors – Factory I/O* [online]. Real Games [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://docs.factoryio.com/manual/parts/stations/#stacker-crane-and-rack>

Automated Warehouse. *Automated Warehouse – Factory I/O* [online]. Real Games [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://docs.factoryio.com/manual/scenes/automated-warehouse/>

WinSPS-S7 Programming AND simulation tool for Siemens S7-300-PLCs. *MHJ-Software - winsps-s7* [online]. MHJ-Tools [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.mhj-tools.com/?page=winsps-s7>