

Studentská tvůrčí a odborná činnost
STOČ 2017

Využití PLC v distribuovaném systému řízení

Dominik Walica

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15/2172
708 33 Ostrava-Poruba

20. dubna 2017
FAI UTB ve Zlíně

Klíčová slova: PLC, Siemens Simatic S7-1500, TIA Portal V13, mechanický třídíč

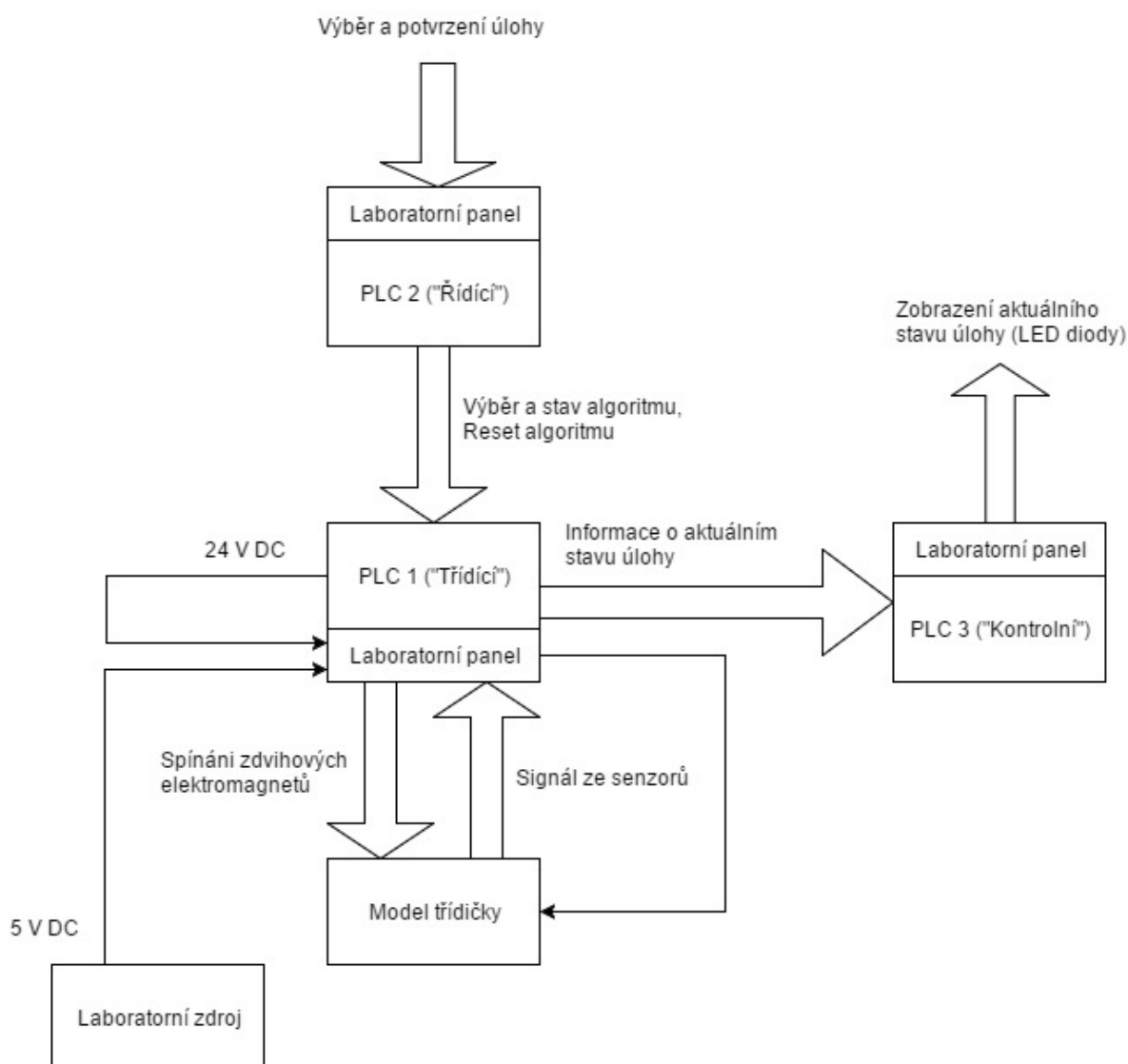
Anotace: Práce se zabývá využitím programovatelných logických automatů Siemens Simatic S7-1500 v distribuovaném řídicím systému s možností řízení modelu třídíčky. V první části je popsán návrh tohoto distribuovaného řídicího systému, role jednotlivých logických automatů v něm využitých a také způsob komunikace mezi nimi s využitím komunikačních bloků nabízených programem TIA Portal. Následující část je věnována popisu modelu třídíčky, jeho jednotlivým prvkům, návrhu třídících algoritmů a ovládní modelu v rámci distribuovaného řídicího systému. Navrženy byly dva třídící algoritmy. První z nich třídí materiál postupně do výstupních prostorů a druhý slouží k oddělování kovového od nekovového materiálu. V poslední části je zmíněn návrh vizualizace.

Obsah

1. Návrh distribuovaného řídicího systému	4
2. Komunikační bloky	5
2.1 Konfigurace bloků PUT/GET	6
3. Funkce kontrolérů	7
3.1 První kontrolér – „Třídící“	7
3.2 Druhý kontrolér – „Řídící“	7
3.3 Třetí kontrolér – „Kontrolní“	7
4. Model třídičky	7
5. Popis prvního algoritmu – „Postupné třídění“	9
6. Popis druhého algoritmu – „Oddělení kovového od nekovového materiálu“	11
7. Vizualizace	11
8. Závěr	12
9. Literatura	12

1. Návrh distribuovaného řídicího systému

Celý distribuovaný řídicí systém byl realizován pomocí tří programovatelných logických kontrolérů komunikujících pomocí protokolu PROFINET. K této komunikaci jsou využity programové komunikační bloky PUT a GET programu TIA Portal V13. Ke všem jednotlivým kontrolérům je připojen samostatný laboratorní panel. K panelu kontroléru obsahujícímu třídící algoritmy je připojen model třídičky. Jedna část modelu je napájena z laboratorního zdroje napětím 5 V DC (optické závory). A druhá část modelu je napájena 24 V DC přímo z kontroléru (zdvihové elektromagnety, indukční snímač).



Obrázek 1 Schéma návrhu distribuovaného řídicího systému

Každý z kontrolérů plní v řídicím systému specifickou úlohu. Do prvního kontroléru (označen „Třídící“), ke kterému je také přes laboratorní panel připojen model, jsou nahrány dva třídící algoritmy. Tyto algoritmy jsou tímto kontrolérem vykonávány v závislosti na signálech přijatých ze senzorů na modelu a druhého kontroléru. Výběr aktivního třídícího algoritmu se provádí na druhém kontroléru (označen „Řídící“), z něhož jsou data posílána na

první kontrolér. Na panelu k němu připojeném obsluha volí, resetuje a případně zastavuje právě běžící program. Podle svítících LED diod na panelu třetího kontroléru (označen „Kontrolní“), komunikujícím s kontrolérem „Řídící“, může obsluha vzdálená od modelu poznat, v jakém stavu se model právě nachází. Jednotlivé LED diody signalizují, jestli je model připraven k použití, který z algoritmů je právě aktivní nebo zda byla úloha dokončena. Jedna část těchto dat je posílána z prvního kontroléru a jejich druhou část si třetí kontrolér získává z prvního kontroléru sám. [1]



Obrázek 2 Sestava PLC s laboratorním panelem

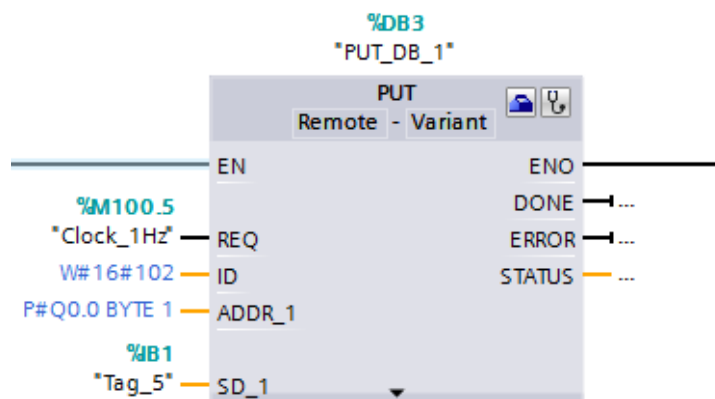
2. Komunikační bloky

PLC řady S7-1500 nabízejí několik bloků umožňující komunikaci. Komunikační bloky využity v této práci se nazývají PUT a GET. Aby bylo možné mezi kontroléry navázat vzájemnou komunikaci, je nejprve nutné v TIA Portalu správně nastavit komunikační rozhraní.

PUT/GET

Pomocí těchto bloků lze zapisovat data do jiného kontroléru (blok PUT), anebo číst data z jiného kontroléru (blok GET). Komunikace probíhá přes PROFINET pomocí protokolu S7 (speciální protokol vyvinutý firmou Siemens výhradně pro PLC řady S7). Mezi jejich největší výhody patří snadná konfigurace a fakt, že pro druhé PLC není nutné připravovat žádný program, stačí pouze povolit přístup komunikačního partnera. Nevýhodou však je menší objem přenesených dat a možnost komunikace pouze s kontroléry řady S7. Bloky konají tyto instrukce (vždy až s náběžnou hranou):

- V případě bloku PUT jsou na danou adresu partnerského CPU zkopírována a zapsána data z adresy lokálního CPU. Na výstupu bloku PUT je zobrazeno potvrzení o tom, zda akce proběhla úspěšně.
- V případě bloku GET lokální CPU pošle partnerskému CPU adresy, ze kterých požaduje data. Tato data si uloží na danou lokální adresu. Úspěšnost akce je indikována parametrem STATUS.



Obrázek 3 Komunikační blok PUT

Komunikační bloky a jejich parametry byly voleny podle funkce kontroléru a jeho komunikačního partnera. Pro bloky, které odesílají časově nekritická data, byla volena menší frekvence odesílání dat. Naopak pro bloky, které odesílaly data například o momentálním stavu elektromagnetů, byla volena vyšší frekvence. Pro zmenšení vytížení třídícího kontroléru by bylo možné neumisťovat na něj komunikační bloky, ale vzhledem k tomu, že je tento typ kontroléru navržen pro průmysl, jeho výkon se v rámci této úlohy ani zdaleka nevyužije.

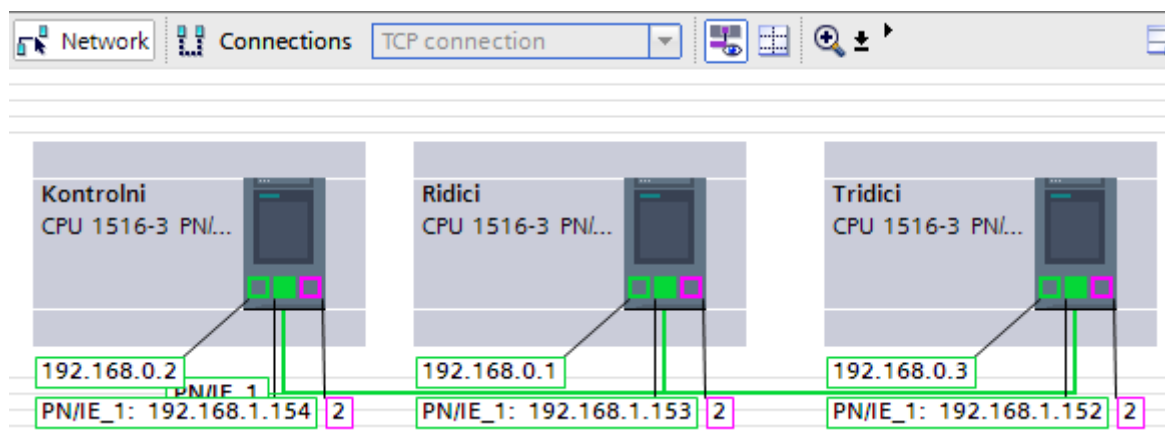
2.1 Konfigurace bloků PUT/GET

Nastavení parametrů pro oba bloky se liší pouze v tom, že pro blok PUT musí být nastaven ukazatel na cílovou oblast PLC komunikačního partnera, kam budou data zapsána. A také ukazatel na oblast s daty v lokálním PLC, která budou odesílána. [2]

- **REQ** – Nastavení frekvence, v jaké bude blok odesílat data. Data se posílají vždy s náběžnou hranou.
- **ID** – Adresační parametr pro specifikaci propojení s partnerským PLC.
- **ADDR_X** – Ukazatel na oblast partnerského PLC, kam budou data zaslána. V případě bloku GET odkud budou čtena.
- **SD_X/RD_X** – Ukazatel na oblast lokálního PLC s daty k odeslání. V případě bloku GET, kam budou na lokálním PLC zapisována.
- **DONE** – Signalizace, zda přenos dat proběhl úspěšně, může nabývat dvou hodnot. Pokud je signalizována „1“, přenos proběhl úspěšně. Pokud bude signalizována „0“, přenos ještě nezačal nebo stále probíhá.
- **ERROR** – V případě chyby při přenosu dat se objeví „1“. Pokud problém nenastal, bude signalizovat „0“.
- **STATUS** – Poskytne detailní informace o případné chybě ve formě chybového kódu (v desítkové soustavě), podle kterého můžeme chybu dohledat.

3. Funkce kontrolérů

Kontroléry komunikují po sběrnici protokolem PROFINET, který vychází z Ethernetu. Každý z kontrolérů má přiřazenou IP adresu. IP adresa hraje klíčovou roli při nastavování komunikace mezi jednotlivými kontroléry.



Obrázek 4 Zařízení v síti

3.1 První kontrolér – „Třídící“

Kontrolér, označený jako „Třídící“, obsahuje kromě veškerých algoritmů pro ovládání modelu třídičky ještě komunikační blok pro zasílání informací na kontrolér „Kontrolní“. Algoritmy pro ovládání modelu jsou pro přehlednost zapouzdřeny do dvou samostatných programových bloků.

3.2 Druhý kontrolér – „Řídící“

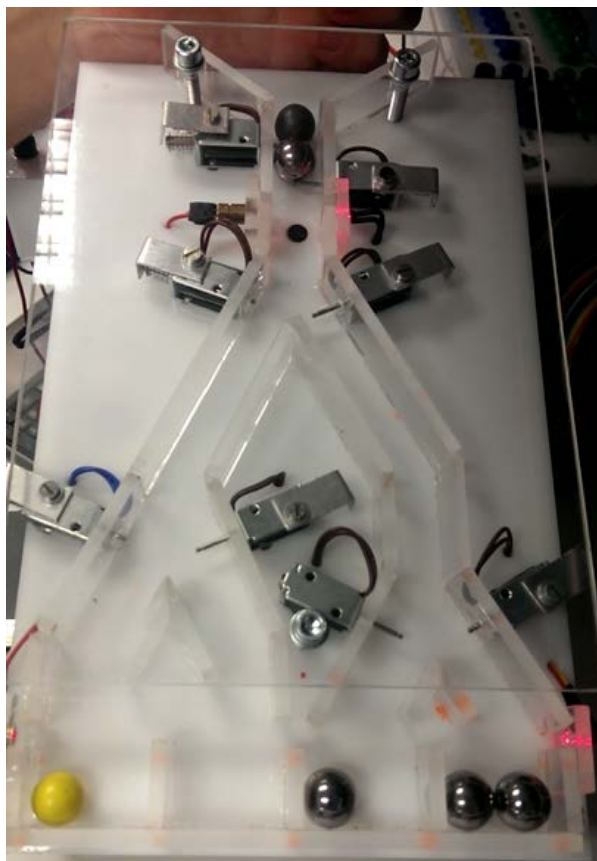
Kontrolér, označený jako „Řídící“, obsahuje program a komunikační blok PUT. Přes laboratorní panel má operátor pomocí dvou přepínačů možnost zvolit jeden z třídících algoritmů a třetím přepínačem potvrzuje volbu úlohy, případně její resetování. Pomocí bloku PUT, je tato informace předána kontroléru „Třídící“. Program nahraný na kontroléru hlídá, zda operátor neaktivoval obě třídící úlohy zároveň a zda aktivoval potvrzovací vstup.

3.3 Třetí kontrolér – „Kontrolní“

Kontrolér, označený jako „Kontrolní“, obsahuje pouze komunikační blok GET. Slouží pouze jako vizualizační nástroj pro zobrazení aktuálního stavu úlohy. Operátor vidí na laboratorním panelu informaci o momentálním stavu zdvihových elektromagnetů (zda je sepnut nebo ne), o aktuálně zvoleném třídícím algoritmu anebo například zda je již úloha dokončena.

4. Model třídičky

Model, použitý v této práci, byl vytvořen jiným studentem v rámci bakalářské práce (Bc. Lukáš Mrázek). Tato práce se zabývá pouze jeho využitím v distribuovaném řídicím systému a návrhem třídících algoritmů.

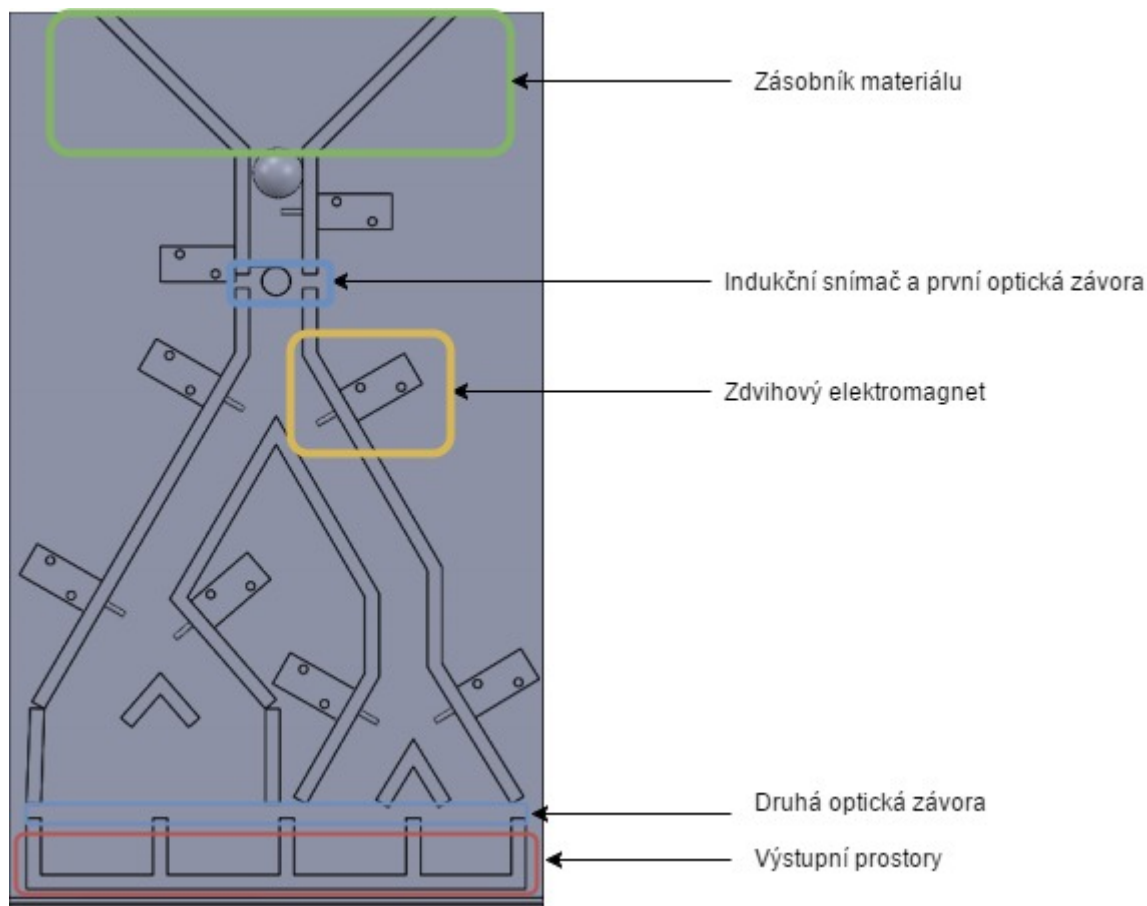


Obrázek 5 Model třídičky

Tento model by měl představovat v automatizační praxi poměrně často řešené problémy, kterými jsou dávkování, směřování a třídění materiálu. Model má rozměry 250 x 150 mm. A z praktických důvodů má sklon 58°. Zadní strana modelu slouží jako panel, na kterém jsou umístěny zdířky vedoucí k jednotlivým prvkům modelu, ty slouží k propojení s laboratorním panelem. Na nakloněné rovině je umístěn zásobník na materiál, rozcestníky a cesty, vedoucí ke čtyřem výstupním prostorům. Jako materiál pro tuto úlohu budou sloužit ocelové kuličky o průměru 14 mm a hliněné kuličky o průměru 8–12 mm.

Na výstupu ze zásobníku a jednotlivých rozcestnicích jsou umístěny zdvihové elektromagnety. Ty jsou ve stavu bez napětí zasunuty a po přivedení 24 V DC vysunuty. Takže po přivedení napětí uzavřou danou sekci a zabrání tak kuličce v cestě, čímž ji nasměrují na příslušnou dráhu.

Mezi dávkovačem a prvním rozcestníkem je umístěn indukční snímač OMRON typu E2A-S08KS02-WP-B1 a optická závora realizovaná pomocí laserového modulu a foto tranzistoru, druhá optická závora je umístěna ve výstupním prostoru. Úlohou indukčního snímače je detekce kovového materiálu a úlohou optické závory je detekovat průchozí materiál a případně signalizace chybějícího nebo uvíznutého materiálu. Kuličky je pak možné třídit do výstupních prostorů podle naplnění nebo kombinací těchto dvou snímačů je možné například detekovat průchod kovového a nekovového materiálu, a poté ho s pomocí vhodného algoritmu roztrždit do požadovaných výstupních prostorů. [3]

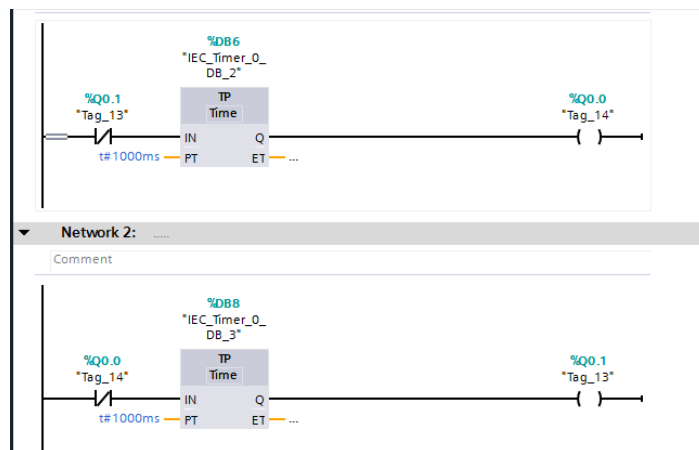


Obrázek 6 Schéma modelu

5. Popis prvního algoritmu – „Postupné třídění“

Program je napsaný kombinací jazyků LD (Ladder Diagram) a ST (Structured Text). K vhodnému dávkování materiálu ze zásobníku bylo nutné zajistit, aby dva zdvihové elektromagnety umístěné pod zásobníkem, jednotlivé kuličky propouštěly ve vhodných intervalech. Kuličky mezi sebou musely mít dostatečný odstup, jinak by do sebe v průběhu třídění narážely a mohly by poškodit elektromagnety zavírající sekce. Zároveň je však nutné, aby třídění bylo rychlé a plynulé.

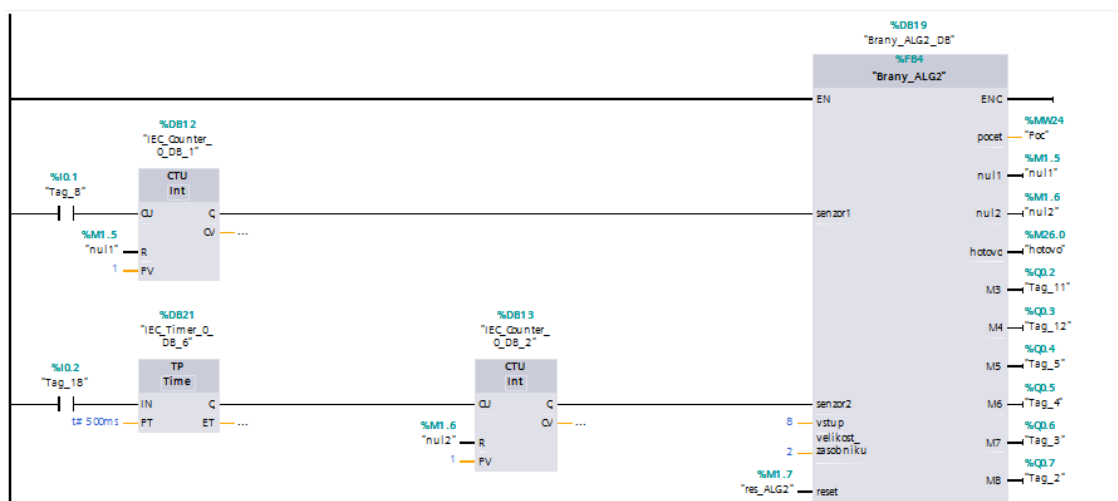
K tomuto plynulému propouštění materiálu bylo ideální využít astabilního klopného obvodu sloužícího jako zdroj impulsů. Tento obvod má dva nestabilní stavy, které se periodicky překlápí z jednoho stavu do druhého. To znamená, že je vždy jeden ze stavů aktivní, čehož lze využít také při ukončení algoritmu, protože při jeho ukončení nebo pozastavení zůstane jeden ze zdvihových elektromagnetů aktivní. Programově byl realizován pomocí dvou časovačů TP, jejichž periodu lze nastavit dle potřeby. Celý tento úsek lze zabalit do bloku, který může následně být použit také pro další nebo jakoukoliv jinou úlohu.



Obrázek 7 Funkce astabilního klopného obvodu realizovaná v PLC

Po tom, co kulička opustí první část, dorazí do úseku s indukčním snímačem a první optickou závorou. Kulička je závorou zaznamenána a závora vyše signál, že kulička je na trati. Indukční snímač v této úloze nehraje žádnou roli. V tomto okamžiku algoritmus vyhodnotí, zda je první výstupní prostor prázdný. Pokud tomu tak je, aktivuje příslušné elektromagnety a usměrní tak kuličku do požadovaného výstupního prostoru. Těsně nad výstupními prostory je druhá optická závara. V případě, že zaznamená průchod kuličky, vyše signál.

Algoritmus zpracuje signál, a pokud vyhodnotí, že byl zaznamenán průchod materiálu i přes první závoru, přičte ji do proměnné a má nyní informaci, že v prvním zásobníku se nachází jedna kulička. I po započtení elektromagnety zůstávají ve stejné poloze, protože druhá kulička bude usměrněna do stejného výstupního prostoru. Při rychlosti, jakou jsou kuličky dávkovány, by bylo zbytečné je deaktivovat a opět aktivovat. Po vstupu třetí kuličky se elektromagnet nad prvním výstupním prostorem aktivuje a zablokuje tím vstup do prvního zásobníku, zároveň se však deaktivuje elektromagnet nad druhým zásobníkem a kulička je usměrněna tam. Tento postup obdobně probíhá až do té doby, kdy jsou všechny výstupní prostory naplněny. Po naplnění, se dávkovací proces přeruší a jak už bylo psáno výše, jeden z elektromagnetů sloužících k dávkování zůstane aktivní a zabrání tak vstupu dalšího materiálu. Program vyše signál, že úloha byla dokončena, a je možné vyprázdnit výstupní prostory. Po obdržení resetovacího signálu je opět připravena k použití.



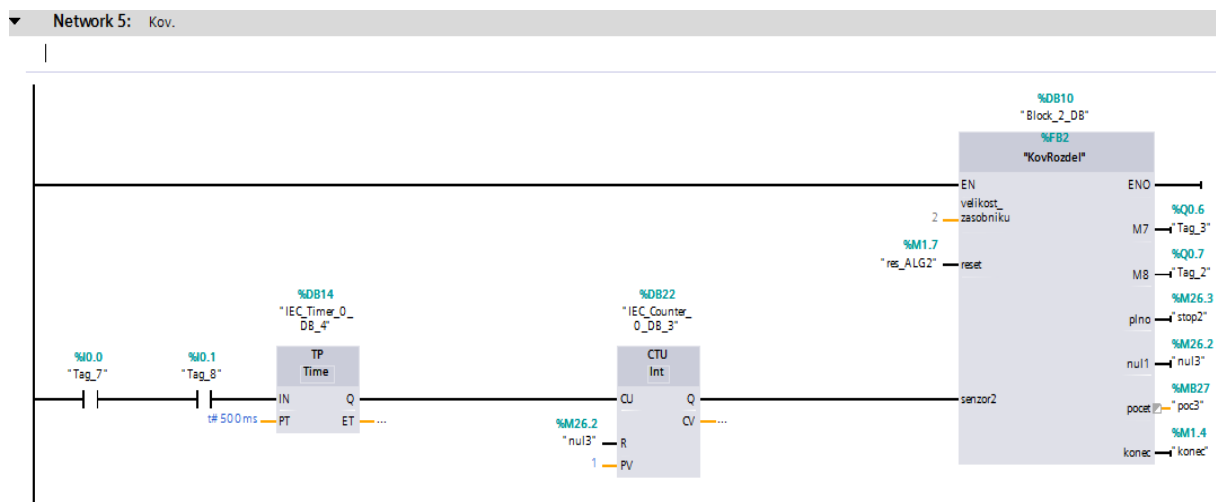
Obrázek 8 Ukázka části algoritmu pro postupné třídění

Při průchodu tratí měla kulička někdy poměrně vysokou rychlost a v momentě, kdy dorazila do výstupního prostoru, to způsobilo, že se odrazila ode dna a prošla tak optickou závorou dvakrát. Z tohoto důvodu musela být část programu, starající se o zpracování signálu z druhé optické závory, rozšířena o blok TP. Tento časovač zajistil, že blok vykonávající hlavní část algoritmu zaznamenával pouze jeden puls za 200 ms, čímž byl tento jev vyfiltrován.

6. Popis druhého algoritmu – „Oddělení kovového od nekovového materiálu“

Úvodní část druhého algoritmu je naprosto stejná jako u prvního algoritmu. K dávkování kuliček, je využit blok „Astabilní klopný obvod“ realizovaný pro předchozí program. V předchozím programu byly kuličky tříděny nezávisle na tom, z jakého materiálu byly vyrobeny. Třídící algoritmus v tomto programu však vychází z toho, zda je kulička kovová nebo nekovová. V tomto případě jsou aktivní všechny snímače. Algoritmus na základě signálu přijatých z indukčního snímače a první světelné závory pozná, zda jde o kovovou nebo nekovovou kuličku. Podle toho je usměrněna do příslušného výstupního prostoru, kde je její příchod potvrzen druhou optickou závorou.

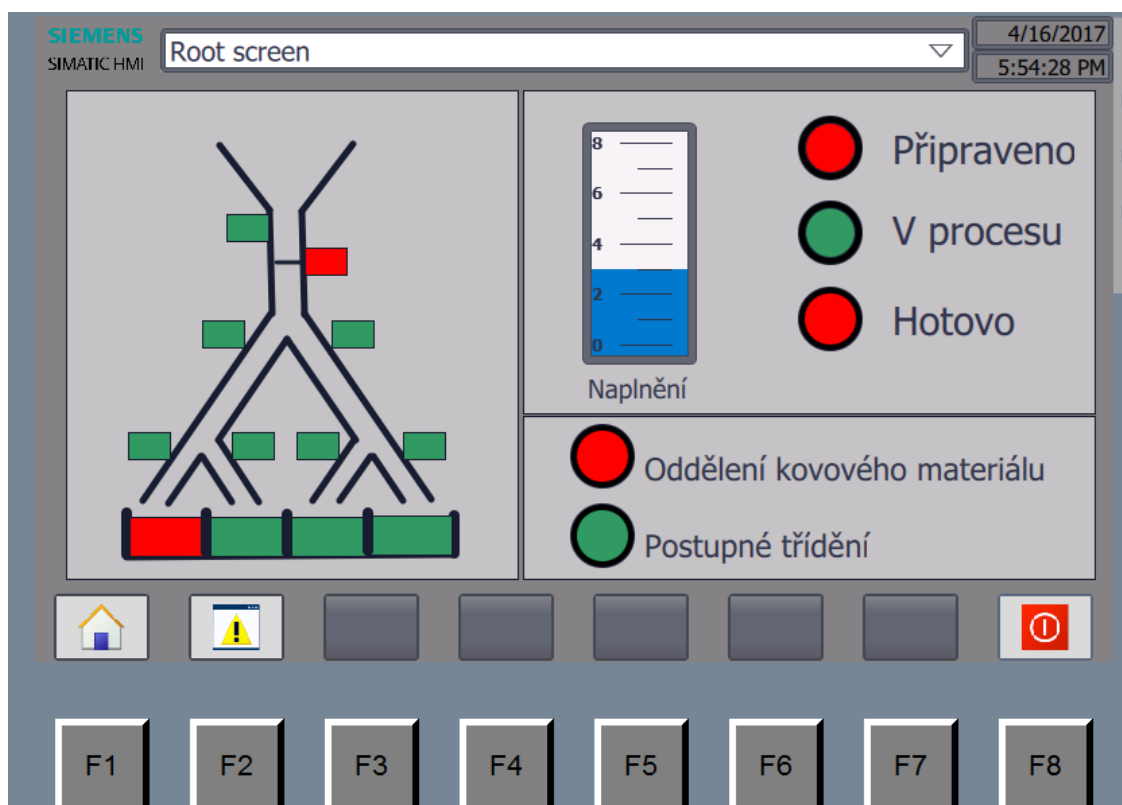
Pokud program obdrží signál z indukčního snímače a zároveň i z optické závory, vyhodnotí, že se jedná o kovovou kuličku. V případě, že je signál obdržen pouze ze světelné závory, ale z indukčního snímače nikoliv, program to vyhodnotí jako vstup nekovového materiálu.



Obrázek 9 Ukázka části algoritmu pro oddělování kovového materiálu

7. Vizualizace

Pro úlohu byla navržena jednoduchá vizualizační aplikace, která byla testována pouze v režimu simulace. V levé části obr. 10 je schéma třídičky. Menší obdélníky symbolizují zdvihové elektromagnety. Větší obdélníky symbolizují stav naplnění výstupního prostoru. Červená znamená, že je zaplněný a zelená znamená, že je v něm ještě místo. V pravé části se nachází indikátor naplnění, indikace aktivní úlohy a její stav.



Obrázek 10 Ukázka vizualizace v simulačním módu

8. Závěr

Cílem práce bylo navrhnout a realizovat distribuovaný řídicí systém s využitím PLC a možnosti řízení modelu třídičky. Byl navržen řídicí systém využívající tři kontroléry. Každému kontroléru byla přidělena určitá role, kterou v řídicím systému plnil. První řídil přímo model třídičky, druhý sloužil k výběru aktivní třídící úlohy a třetí zobrazoval informace o aktuálním stavu úlohy. Ke komunikaci mezi nimi byl využit protokol PROFINET a programové komunikační bloky PUT a GET. Pro model třídičky byly navrženy dva algoritmy. Jeden sloužil k postupnému třídění materiálu. Druhý odděloval kovový materiál od nekovového. V poslední fázi byla navržena jednoduchá vizualizační aplikace pro případné využití HMI panelu. Tato aplikace byla testována pouze simulačně. Při dalším postupu v této práci by mohl být řídicí systém rozšířen o model pásového dopravníku, který by například po obdržení signálu o dokončení úlohy přepravil roztříděný materiál nebo by naopak materiál do třídičky dodával.

9. Literatura

[1] KOZIOREK, Jiří. *Distribuované systémy řízení: učební text* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2011 [cit. 2017-04-02]. ISBN 978-80-248-2599-1

[2] *Nápověda TIA portal V13*. [cit. 2017-01-12]

[3] Mrázek, L. *Návrh výukových úloh pro model s PLC automatem: bakalářská práce*. Ostrava: katedra ATR-352 VŠB-TUO, 2016, 47 s. Vedoucí práce: Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.