

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

Řízení testeru výrobků pro automobilový průmysl
Control the tester of the automotive industry
products.

Prohlášení

*Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.*

V Ostravě.....

.....
Tomáš Maruniak

Prohlášení zástupce spolupracující právnické osoby.

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

.....

Podpis

Datum:

Poděkování

Chtěl bych touto cestou poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Jiřímu Koziorkovi, Ph.D., za cenné rady, konzultace a připomínky spojené s vypracováním mého úkolu.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je vytvořit softwarové vybavení programovatelného logického automatu, který bude řídit činnost testera automobilového výrobku. Testovaným objektem bude odkládací přihrádka, která je umístěná v palubní desce automobilu. V současnosti je přihrádka kontrolována jenom vizuálně obsluhou pracoviště. Z důvodu zvyšování kvality výrobků a vyloučení chyb, způsobených lidským faktorem je potřebné, aby bol proces testování plně automatizovaný a nezávislý od obsluhy.

Mojí úlohou v tomto projektu bylo navrhnout řídicí systém tak, aby umožňoval rozšíření pracoviště v budoucnosti, vytvořit řídicí software a otestovat ho v reálném provozu.

Klíčová slova

Allen Bradley, MicroLogix 1500, programovatelný logický automat, RSLinx, RSLogix 500

Abstract

The purpose of this work is to make a program of the programmable logic controller that shall control the tester of the automotive industry products. An object of the test is a storage box mounted in the dashboard. At the present time is this storage box checked only visually by assembly operator. For the reason of the improvement the quality and to prevent the human mistakes is necessary to insure fully automated testing process.

My role in this project is to scheme out the control system, witch should be able to upgrade in the future, make the control software and test it in the plant.

Keywords

Allen Bradley, MicroLogix 1500, programmable logic controller, RSLinx, RSLogix 500

Seznam použitých symbolů a zkratek

CPU – procesor

EQU – instrukce porovnávání (rovnost)

I_{\max} – maximální proud [A]

I_n – nominální proud [A]

I/O – vstup / výstup (z angl. Input / Output)

JSR – instrukce skoku do jiného programového souboru (Jump To Subroutine)

LIM – instrukce porovnávání (meze)

MOV – instrukce kopírování

OPC – z angl. OLE for Process Control (průmyslný komunikační standard)

PLC – z angl. Programmable Logic Controller (programovatelný logický automat)

t_{\min} – minimální čas otevírání dvířek [s]

t_{str} – střední hodnota času otevírání dvířek [s]

t_{\max} – maximální čas otevírání dvířek [s]

XIC – instrukce – kontakt zapnutý

XIO – instrukce – kontakt vypnutý

Seznam použitých cizích slov

bit – jednotka množství informace

destination – z angl. cíl

forcing – vynútený stav log. vstupov / výstupov

integer – jednotka informace velikosti 32 bit

ladder diagram – priečková logika

MicroLogix – typová rada procesorov Rockwell Automation

rung – priečka

source – z angl. zdroj

subrutina – programový súbor

Obsah

OBSAH	8
1 ÚVOD	2
2 ROZBOR KONŠTRUKCIE A FUNKČNOSTI TESTERA, CHARAKTERISTIKA TESTOVANÝCH KOMPONENTOV	3
2.1 ROZBOR KONŠTRUKCIE	3
2.1.1 <i>Mechanická časť</i>	3
2.1.2 <i>Pneumatická časť</i>	4
2.1.3 <i>Elektrická časť</i>	5
2.2 CHARAKTERISTIKA TESTOVANÝCH KOMPONENTOV	5
2.2.1 <i>Testované vlastnosti</i>	6
2.3 FUNKČNOSŤ TESTERA	6
2.3.1 <i>Rozlišovanie dielov</i>	7
2.3.2 <i>Kontrola polohy dvierok</i>	7
2.3.3 <i>Kontrola zaistenia dvierok</i>	8
2.3.4 <i>Zobrazovanie výsledkov</i>	8
3 NÁVRH HARDVÉRU RIADIACEHO SYSTÉMU TESTERA	9
3.1 POŽIADAVKY APLIKÁCIE	9
3.1.1 <i>Vlastnosti vstupných signálov</i>	9
3.1.2 <i>Vlastnosti výstupných signálov</i>	10
3.2 VÝBER PLC	10
3.2.1 <i>Výber vhodnej rady automatov</i>	10
3.2.2 <i>Porovnanie vlastností automatov z rady Pico a MicroLogix</i>	11
3.2.3 <i>Zostavenie konečnej konfigurácie</i>	12
4 NÁVRH A IMPLEMENTÁCIA RIADIACEJ APLIKÁCIE	14
4.1 ANALÝZA ÚLOHY	14
4.1.1 <i>Grafcet</i>	15
4.2 PROGRAMOVACIE PROSTREDIE	17
4.2.1 <i>RSLinx</i>	17
4.2.2 <i>RSLogix 500</i>	17
4.3 NÁVRH PROGRAMU	18
4.3.1 <i>Založenie nového projektu a voľba konfigurácie PLC</i>	18
4.3.2 <i>Definovanie vstupov a výstupov</i>	19
4.3.3 <i>Zoznam vstupov</i>	20
4.3.4 <i>Zoznam výstupov</i>	21
4.3.5 <i>Štruktúra programu</i>	21
4.4 REALIZÁCIA PROGRAMU	22
4.4.1 <i>Ladder diagram</i>	22
4.4.2 <i>Funkcia súboru LAD2-HLAVNY</i>	23
4.4.3 <i>Funkcia súboru LAD3-I/O</i>	24
4.4.4 <i>Funkcia súboru LAD4-CYKLUS</i>	24
4.5 NAHRANIE PROGRAMU DO PLC	27
5 TESTOVANIE RIADIACEJ APLIKÁCIE V PRAKTICKEJ PREVÁDZKE	29

5.1	KONTROLA NASTAVENIA MECHANICKÝCH ČASTÍ	29
5.2	TESTOVANIE PROGRAMU	30
6	ZÁVER	31
7	POUŽITÁ LITERATÚRA	0
8	SEZNAM PŘÍLOH	1

1 Úvod

Žijeme v dobe, kedy sa vplyv výpočtovej techniky dostáva do všetkých odvetví priemyslu. Dôvodmi sú efektívnosť práce, finančné hospodárstvo firiem a neustále sa zvyšujúce nároky na kvalitu.

V automobilovom priemysle je na kvalitu kladený obzvlášť vysoký dôraz a nejde pritom len o bezpečnosť. Automobil ako taký, je pre zákazníka vždy výrazná investícia. Z jeho strany je preto kladená požiadavka, aby aj najmenšie detaily spĺňali vysokú kvalitatívnu úroveň. Ak má byť kvalitný celý automobil, potom musí analogicky byť kvalitná každá jeho súčasť. Z laického pohľadu možno zanedbateľné, ale pre komfort zákazníka dôležité je aj to, aby všetky detaily interiéru boli plne funkčné a bez najmenších problémov.

Účelom tejto práce je prispieť ku komfortu interiéru tým, že zabezpečí bezproblémovú funkčnosť odkladacej priehradky. Jedná sa o súčasť palubnej dosky, kde je pre vodiča i spolujazdca v strednej časti palubnej dosky inštalovaná otváracia priehradka. Pre tento účel bolo navrhnuté zariadenie, ktorého úlohou je testovať funkčnosť každého vyrobeného kusu. Bude obsahovať riadiaci systém, ktorý sa bude starať o chod testera. Softvér, ktorý bude tento systém obsahovať, musí jednoznačne a bez zásahu obsluhy identifikovať vyhovujúce a nevyhovujúce kusy.

Táto bakalárska práca sa je zameraná na výber vhodného riadiaceho systému, vytvorenie riadiaceho softvéru a otestovanie v prevádzke.

Prvá kapitola sa venuje konštrukcii samotného testera a testovaným dielom. Je v nej postupne opísaná mechanická, pneumatická a elektrická časť, pracovný postup testera, princípy testovania dielu, ako aj samotný diel.

Na začiatku druhej kapitoly sú popísané vlastnosti vstupných a výstupných signálov. Po ich charakteristike nasleduje výber vhodného programovacieho logického automatu ako aj voľba prídavných modulov. Kapitola sa končí zložením konkrétnej konfigurácie.

Tretia kapitola začína životným cyklom, podľa ktorého vzniká softvér. Ďalej sa úloha graficky analyzuje a vzniká program. Pri kľúčových krokoch vzniku programu je stručne opísaný postup. V závere tretej kapitoly je opísaná konkrétna funkcia jednotlivých častí programu.

Štvrtá kapitola sa venuje testovaniu vzniknutého programu priamo na zariadení. V závere sú zhodnotené výsledky a prínosy pre zákazníka. Zároveň je naznačený ďalší postup rozširovania zariadenia.

2 Rozbor konštrukcie a funkčnosti testera, charakteristika testovaných komponentov

Tester odkladacej priehradky je konštrukcia vybavená snímačmi a pneumatickými valcami, ktorých úlohou bude zabezpečiť otestovanie jej vlastností. Bude osadený na pracovisku, kde sa priehradka zároveň montuje. Každý vyrobený kus musí prejsť kontrolou a v prípade, že jeho vlastnosti sú nevyhovujúce, oprava bude možná priamo na pracovisku. Tester bude osadený na značiacom zariadení, ktoré po vyhodnotení dielu za vyhovujúci tento diel označí výrobnými údajmi.

2.1 Rozbor konštrukcie

Samotný tester je možné rozdeliť na 3 časti:

- mechanická časť,
- pneumatická časť,
- elektrická časť.

Fyzické usporiadanie jednotlivých častí sa viac, či menej prelína, ale pre základný opis je toto rozdelenie dostačujúce.

2.1.1 Mechanická časť

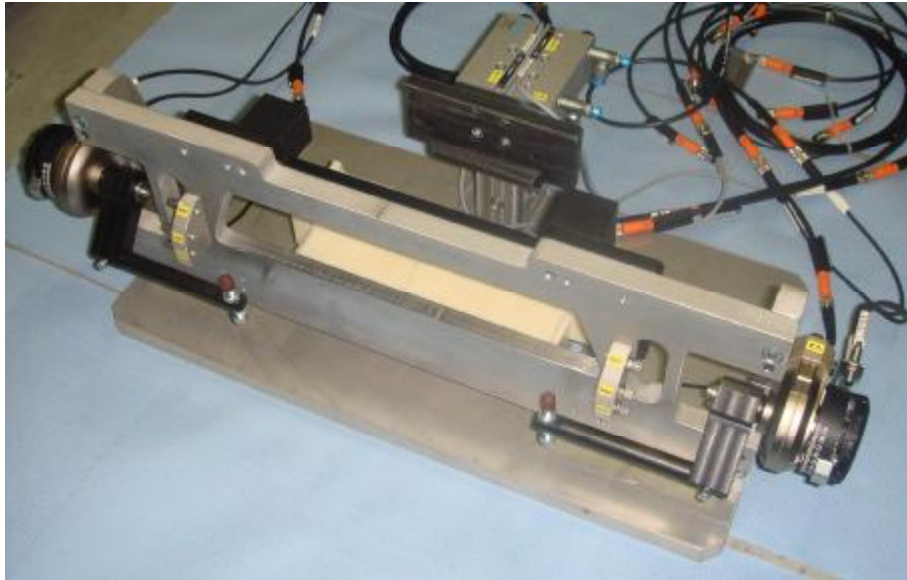
Mechanickú časť tvorí jednoduchá konštrukcia, vytvorená pre upevnenie dielu počas testovania. Vyrobená je z ocelového plechu hrúbky 10mm. Vonkajšie obrysy sú vyrezané plazmovým rezacím strojom, ktorých kvalita opracovania je pre funkciu zariadenia a bezpečnosť obsluhy vyhovujúca. Vnútorne otvory a otvory pre hlavy skrutiek sú frézované. Kovové časti, ktoré prichádzajú do styku s dielom, sú vybavené plastovými nadstavcami a zároveň slúžia ako forma pre zamedzenie pohybu testovaného dielu.

Konštrukcia zodpovedá nasledovným požiadavkám:

- potreba testovať 2 typy výrobkov,
- možnosť snímať dráhu dvierok počas otvárania,
- pevné uchytenie testovaného dielu,
- možnosť upevnenia konštrukcie na popisovacie zariadenie,
- dostatočný priestor pre pneumatické prvky a snímače,
- jednoduchá montáž,
- priaznivá cena.

Konštrukciu testera je možné vidieť na Obr. 1.

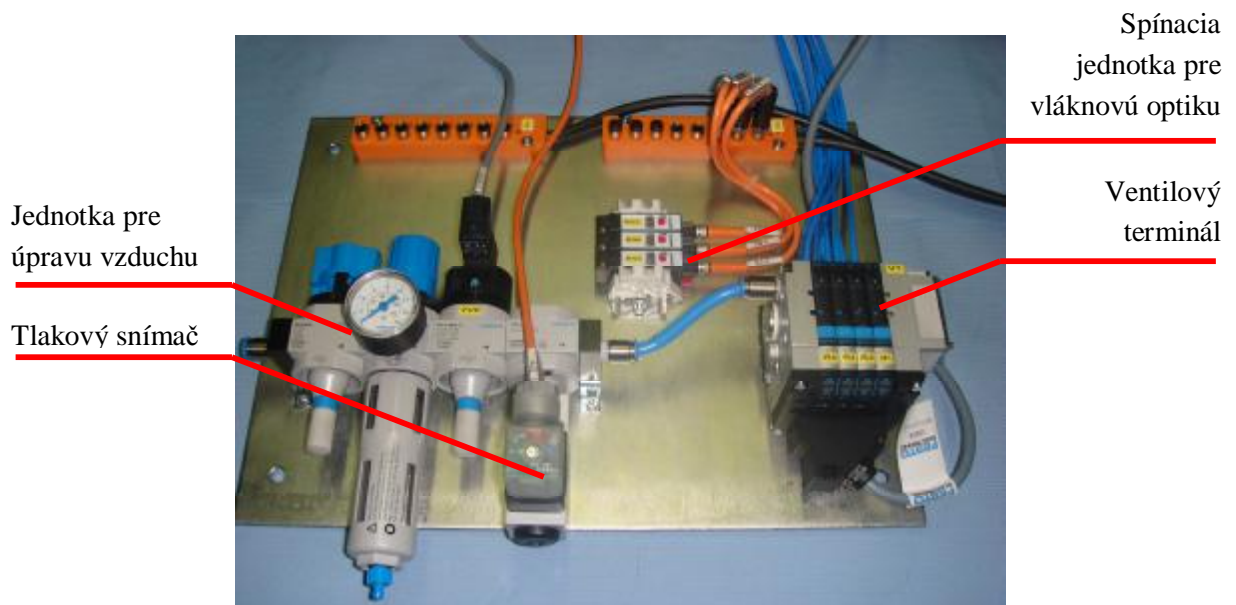
Celá konštrukcia je osadená na značiacom zariadení, ktoré do vyhovujúceho dielu vryje výrobné údaje. Vzájomná komunikácia medzi značiacim zariadením a testerom zabezpečená nie je. Povel na označenie bude vychádzať z testera. Pôjde o časovo obmedzený signál bez spätnej väzby od popisovacieho zariadenia.



Obr. 1 Konštrukcia testera osadená pneumatickými valcami a snímačmi

2.1.2 Pneumatická časť

Pneumatická časť je tvorená zdrojom stlačeného vzduchu, tlakovým vedením a pneumatickými valcami. Stlačený vzduch je privádzaný z hlavného potrubia, dostupného priamo na pracovisku testera do jednotky pre úpravu stlačeného vzduchu. Pripojenie samotného vzduchu je realizované redukciami. Pre prípad kolísania tlaku v potrubí je táto jednotka osadená redukčným ventilom, ktorý zabezpečuje že tlak vzduchu neprekročí nastavenú hodnotu. Štandardným vybavením takejto jednotky je aj uzatvárací ventil, filter, elektromagnetický ventil a snímač tlaku. Posledný z menovaných prvkov má pre správnu funkciu stroja značný význam a je opísaný v časti 2.3. Činnosť pneumatických valcov je riadená pneumatickými rozvádzačmi (ventilový terminál). Na Obr. 2 je panel s jednotkou pre úpravu vzduchu aj s ventilovým terminálom.



Obr. 2 Panel s ventilovým terminálom a jednotkou pre úpravu vzduchu

2.1.3 Elektrická časť

Do tejto časti je zahrnutý rozvádzač, snímače a káble. Rozvádzač je plastový, vnútri osadený DIN lištou na ktorej je zdroj jednosmerného napätia, istič na ochranu obvodu pre skratom a svorkovnice s privedenými káblami od snímačov a elektromagnetických ventilov. Zdroj napätia slúži pre napájanie snímačov a elektromagnetických ventilov. Maximálne prúdové zaťaženie zdroja je 4A, takže ho je možné zároveň použiť aj pre napájanie PLC. Snímače sú použité optické, indukčné a magnetické. Optické snímače sú pre snímanie prítomnosti dielu a otváranie dvierok. Magnetické sú pre snímanie koncových polôh pneumatických valcov a indukčné snímače snímajú koncové polohy otočných valcov. Všetky sú napájané napätím 24V=, rovnakým, aké je aj na ich výstupoch.

2.2 Charakteristika testovaných komponentov

Predmetom testovania je priehradka, ktorá bude osadená v strednej časti palubnej dosky automobilu. V nej slúži ako odkladací priestor na drobné veci. V prednej časti má po celej ploche dvierka, ktoré sa po zatlačení vyklápajú. Uhol vyklopenia je 90°. Otváranie je podporované pružinou, pričom je zároveň brzdené brzdou. Tým sa dosiahne plynulý chod dvierok. Ich zavretie sa vykonáva podobným spôsobom – zaklopním a zatlačením na doraz. Priehradka má mechanizmus, ktorý v zavretej polohe striedavo dvierka odisťuje a zaisťuje. Znamená to, že po zatlačení z otvorenej polohy sa zaisťia a naopak, po zatlačení v zavretej polohe sa odistia a otvoria.

V palubnej doske existujú 2 typy týchto priehradok. Jeden typ je určený pre automobily s riadením na ľavej strane, tzv. „ľavá“ a druhý je pre autá s riadením na pravej strane, nazývaný „pravá“ priehradka. Oba typy sú funkčne totožné, rozdiel je v ich zrkadlovom prevedení. Uloženie zaisťovacieho mechanizmu ,ako aj šikmá strana čelného panela sú na opačnej strane. Na Obr. 3 je ľavá priehradka v otvorenej a v zavretej polohe.



Obr. 3 Testovaná priehradka

2.2.1 Testované vlastnosti

V prvom rade sa požaduje, aby čas otvorenia dvierok spĺňal stanovené časové limity. Čas sa meria v troch polohách a to: v 30°, 60° a 90° od zavretej polohy. V Tab. 1 sú časové intervaly pre jednotlivé polohy, v ktorých sa musí otváranie pohybovať.

uhol	t_{\min} [ms]	t_{str} [ms]	t_{\max} [ms]	tolerancia [%]
30°	170	230	300	28
60°	340	470	600	
90°	500	700	900	

Tab. 1 Časové limity otvárania dvierok

Aby kus vyhovoval, musia byť dodržané všetky časové intervaly. To znamená, že čas pohybu dvierok zo zavretej polohy musí byť v meranom bode v tolerancii $\pm 28\%$ strednej hodnoty. Druhou podmienkou vyhovujúceho kusu je, aby zaisťoval dvierka po ich zverí. Teda zavretej polohe sa po ich zatlačení otvoria a naopak, po zavretí a zatlačení ostanú zamknuté v zavretej polohe.

2.3 Funkčnosť testera

Všetky operácie s dielom sú vykonávané pneumatickými valcami. Zásahy operátora sú obmedzené len na vloženie a vybratie dielu, prípadne odblokovanie testera. Operátor vloží diel do testera a stlačí štart. Pracovný cyklus začína upevnením priehradky. Prebieha v dvoch fázach. V prvej sa vložený diel nadvihne do pracovnej polohy a v druhej sa zo zadnej strany zaisťí proti pohybu.

Celý cyklus pozostáva z jednotlivých krokov:

- vloženie dielu do testera a stlačenie tlačidla „štart“,
- vysunie sa spodný aretačný valec,
- vysunie sa zadný aretačný valec,
- podľa zosnímaného kusu (pravý alebo ľavý) sa uvedie do pohybu príslušný otočný valec a otvorí dvierka,
- meria sa čas ich otvárania v polohe 30°, 60° a 90°,
- po otvorení dvierok do polohy 90° sa vyhodnotia jednotlivé časy a výsledok je zobrazený na LED paneli diódami „30°“, „60°“ a „90°“,
- ak sú časy v tolerancii, otočný valec sa znovu uvedie do pohybu a zatvorí dvierka – kontroluje sa, či sa dvierka samovoľne neotvoria a výsledok sa vyhodnotí na LED paneli diódami „zavretie krytu“,
- ak otváranie a zatváranie prebehne korektne, test sa opakuje spolu 20 krát,
- ak všetkých 20 testov vyhovuje, vyhodnotí sa výsledok na LED paneli diódami „Test OK“ a vyšle sa signál do popisovacieho zariadenia, ktoré do priehradky vyryje potrebné informácie (popisovacie zariadenie je vopred naprogramované a do činnosti sa uvádza vodivým spojením príslušných kontaktov pomocou relé),
- po skončení značenia sa uvoľnia zaisťovacie valce a tester je pripravený na ďalší test,
- v prípade, že ľubovoľná časť testu nevyhoví požiadavkám, test sa preruší a po otočení kľúča „RESET“ operátorom sa odsunú zaisťovacie valce,
- operátor vyberie kus z testera a odloží ho na miesto určené pre nezhodné výrobky; to je vybavené optickým snímačom a po prerušení lúča je tester odblokovaný na ďalšie testovanie.

Aby zariadenie pracovalo správne, musí byť zabezpečený dostatočný tlak vzduchu, ktorého minimálna hodnota je výrobcom stroja stanovená na 0,35 MPa. Nedostatočný tlak by mohol spôsobiť,

že pneumatické valce nedôjdu do svojej koncovej polohy. Pri valcoch, ktoré plnia funkciu otvárania a zatvárania dvierok sa môže stať, že pri zatváraní nedôjde k ich dostatočnému pritlačeniu k telesu a zaisteniu dvierok v zatvorenej polohe. To vedie k nesprávne výsledku funkčnosti zaist'ovania dvierok a následne aj celého testovaného kusu. Je to nežiaduci stav a preto je v jednotke pre úpravu vzduchu zaradený tlakový snímač, ktorý priebežne kontroluje aktuálny tlak (Obr. 2). V prípade, že klesne pod minimálnu hodnotu, je pracovný cyklus pozastavený a tento stav je indikovaný na kontrolnom paneli. Po opätovnom dosiahnutí minimálnej hranice tlaku cyklus pokračuje v kroku, v ktorom bol prerušený.

Tester má teda za úlohu:

- rozlíšiť typ vloženého dielu,
- merať čas počas otvárania dvierok v uhle 30°, 60° a 90° od zavretej polohy,
- otestovať zamknutie dvierok po ich zavretí,
- vyhodnotiť test a zobrazíť jeho výsledok,
- v prípade vyhovujúceho dielu povoliť označenie dielu značiacim zariadením.

2.3.1 Rozlišovanie dielov

Rozlíšenie typu dielu má pre správnosť výsledku zásadný význam. Podľa typu vloženého dielu je tento diel počas celého testu ovládaný valcom pre príslušnú stranu. Ak dôjde k chybnému rozpoznaní dielov, otváranie a zatváranie dvierok bude vykonávané nesprávnym valcom. Zaist'ovací mechanizmus dvierok je umiestnený len na jednej strane a ak sa zatlačia na opačnej, môže dôjsť k ich miernemu prehnutiu. Na strane s aretačným mechanizmom v dôsledku toho vzniká určitá medzera. V tomto stave nie je zaručené, že sa dvierka otvoria (zatvoria) a v prípade, že sa to stane, diel je vyhodnotený ako nevyhovujúci. Aby sa takémuto stavu zabránilo, sú na konštrukcii testera umiestnené 2 optické difúzne snímače, z ktorých každý sníma len daný typ dielu. Rozlíšenie prebieha snímaním prítomnosti spodnej predĺženej časti (Obr. 4). V prípade, že obidva snímače signalizujú prítomnosť dielu, prípadne nesignalizuje ani jeden z nich, je tento stav zobrazovaný na vyhodnocovacom paneli. Tým sa predíde zámene dielov.



Obr. 4 Spôsob rozlišovania dielov

2.3.2 Kontrola polohy dvierok

Aby bolo možné merať čas otvárania dvierok v rôznych polohách, je nutné zistiť ich prítomnosť v meranom bode. Toto snímanie polohy je realizované párom optických vlákien pre každú meranú polohu. Každý pár je pripojený do vlastnej spínacej jednotky (Obr. 2), ktorá jedným vláknom vysiela svetelný lúč a druhým ho prijíma späť. Obe vlákna sú proti sebe nasmerované tak, aby bol svetelný lúč pri otváraní dvierok prerušený. Tento stav je potom vyhodnotený napätím +24V na vodiči, ktorý je pripojený k vstupnej karte PLC.

2.3.3 Kontrola zaistenia dvierok

Táto funkcia bude vyriešená softvérovo. Po zavretí dvierok sa bude kontrolovať prerušenie lúčov optických vlákien po dobu, ktorá zodpovedá maximálnemu času otvorenia dvierok. Pokiaľ k tomu nedôjde, kus je vyhodnotený ako nevyhovujúci príslušnými diódami a test je prerušený.

2.3.4 Zobrazovanie výsledkov

O stave testera, priebehu testu a výsledkoch je nutné informovať užívateľa vhodným zobrazovacím panelom. Z neho musí byť jasné, v akom stave sa tester nachádza, priebeh testu ako aj jeho výsledky a poruchy.

Jednou z možností je použiť grafický panel. Výhodou takéhoto riešenia je jeho univerzálnosť. Aplikácia môže mať ľubovoľný vzhľad, pričom je možné do nej vložiť obrázky, logá, dokonca je možné animovať proces. Prípadné vizuálne úpravy sú bez nutnosti zásahu do mechanických častí a ďalších nákladov. Nevýhodou je však nutnosť použiť programovací softvér a pripájací kábel na to určený a tiež vysoká cena.

Druhou možnosťou je vyrobiť panel, ktorý bude dostatočne informovať obsluhu o priebehu testu, výsledkoch a chybách, a zároveň si zachová prehľadnosť. Je to cenovo výhodnejšia možnosť, avšak pri zmene požiadaviek je nutný nový návrh a výroba panela. Pre našu aplikáciu je však toto riešenie dostačujúce.

Dodaný panel je vyrobený z elektroinštalačnej škatule. Signálnymi prvkami sú LED diódy, ktoré sa vyznačujú nízkou spotrebou, takže pri návrhu riadiaceho systému je možné uvažovať o ich priamom pripojení na výstupnú kartu. Tým odpadá nutnosť použiť relé pre každý výstup a ďalší zdroj energie. Každá dióda má pre tento účel tiež zapojený predradný rezistor, ktorý ju dovoľuje pripojiť na napätie 24V. Rozmiestnenie diód je zvolené tak, aby sledovali cyklus zhora nadol pri zachovaní dostatočnej prehľadnosti. Farby sú volené pre jednoduchosť: zelená – OK, červená – NOK. Ostatné diódy sú viac-menej informatívne a použité je modrá, oranžová a žltá. Vzhľad panela je na Obr. 5.



Obr. 5 Zobrazovací panel z LED diód

3 Návrh hardvéru riadiaceho systému testera

Voľba správneho hardvéru je dôležitý krok, ktorým sa v budúcnosti môže predísť nemalým problémom. Nielenže by mal spĺňať aktuálne požiadavky, je potrebné brať do úvahy aj možné rozšírenie funkcií zariadenia v budúcnosti. V tomto prípade sa po odskúšaní zariadenia a otestovaní v reálnej prevádzke plánuje rozšírenie o 1 – 2 ďalšie pracoviska v malej vzdialenosti (cca 1 m každé ďalšie pracovisko).

3.1 Požiadavky aplikácie

Samotný problém je pomerne nenáročný na hardvér, čo sa týka výpočtového výkonu i počtu vstupov a výstupov. V procese sa nenachádza žiadna regulácia, ani sa nespracovávajú analógové veličiny. Celá technológia sa nachádza na jednom pracovisku, teda nie je potrebná ani žiadna komunikácia s inými automatmi. Pri výbere PLC teda bude rozhodovať počet a typ požadovaných vstupov a výstupov, ich napät'ový rozsah a prúdová zaťažiteľnosť.

3.1.1 Vlastnosti vstupných signálov

Pri výbere automatu zohrávajú dôležitú úlohu okrem iného i vlastnosti signálov, ktoré ním budú spracovávané. V Tab. 2 je charakteristika signálov vstupujúcich do PLC, počet vstupov s rovnakými parametrami, napät'ový rozsah a prúdové zaťaženie zdroja tohto signálu.

Počet vstupov	Napät'ový rozsah	Výstupný prúd	Umiestnenie
2	rovnaký, ako napájacie nap. (5...30V DC)	$I_{\max} = 500 \text{ mA}$	Vodorovný zaist'ovací valec V2
2	rovnaký, ako napájacie nap. (5...30V DC)	$I_{\max} = 500 \text{ mA}$	Zvislý zaist'ovací valec V1
3	rovnaký, ako napájacie nap. (10...30V DC)	$I_n = 100 \text{ mA}$	Spínacia jednotka pre vlákňovú optiku
4	rovnaký, ako napájacie nap. (10...30V DC)	$I_n = 100 \text{ mA}$	Otočné valce V3, V4
2	rovnaký, ako napájacie nap. (10...30V DC)	$I_{\max} = 100 \text{ mA}$	Snímač dielu
1	rovnaký, ako napájacie nap. (10...30V DC)	$I_n = 100 \text{ mA}$	Snímač nezhodných kusov
1	napájacie napätie (max. 125V DC)	$I_{\max} = 5 \text{ A}$	Snímač tlaku vzduchu
2	napájacie napätie (24V DC)	Podľa zdroja (max. 4A)	Tlačidlo „Štart“, spínač „Reset“

Tab. 2 Hodnoty vstupných signálov

[2][3][4][5][6]

Z Tab. 2 teda vyplýva, že všetky spracovávané vstupné signály reprezentujú dvojhodnotovú logickú úroveň, pričom logická úroveň 1 je signalizovaná rovnakým napätím, akým je napájaný snímač (tlačidlo). V tomto prípade je ním 24V jednosmerných. PLC teda musí obsahovať minimálne 17 digitálnych vstupov so vstupným napätím +24V=.

3.1.2 Vlastnosti výstupných signálov

V tab. 3 je prehľad výstupných signálov, ktoré budú ovládať jednotlivé zásahy do cyklu a ich požadované napätie a prúd. Dôležitý údaj je aj celkový odoberaný prúd všetkými výstupmi, hlavne v prípade, ak odoberajú energiu priamo z PLC. Ak je táto hodnota vyššia ako doporučuje výrobca, musí sa použiť karta s reléovými výstupmi a externé napájanie výstupov. To isté platí aj keď jeden z výstupov prekračuje hodnotu maximálneho prúdu na jeden výstup.

Počet výstupov	Pracovné napätie	Nominálny prúd [mA]	Typ záťaže
17	24V=	$I_n = 10 - 25 \text{ mA}$	LED dióda
4	24V=	$I_n = 50 \text{ mA}$	Elektromagnetický ventil
1	24V=	$I_n = 50 \text{ mA}$	Spínací ventil
1	24V=	$I_n = 30 \text{ mA}$	Relé

Tab. 3 Hodnoty výstupných signálov

[7][8][9][10]

Z Tab. 3 vyplýva, že rovnako ako všetky vstupy, aj výstupy budú dodávať napätie 24V DC s maximálnym prúdovým zaťažením jedného výstupu 50mA. Celkový prúd odoberaný z výstupov je 705mA. Požadovaných je teda celkovo 23 digitálnych výstupov.

3.2 Výber PLC

Na trhu je dostatočné množstvo výrobcov PLC. Od menších domácich výrobcov, až po značky s celosvetovým zastúpením (napr. Siemens, Omron, Rockwell Automation...). Výber vhodného PLC teda nie je obmedzený ich dostupnosťou, ale iba vlastnými požiadavkami danej aplikácie, prípadne požiadavkami zákazníka a cenovou dostupnosťou. Vzhľadom na to, že zákazníkom je v tomto prípade zahraničná spoločnosť s pobočkami po celom svete a jej výroba sa spolu so strojmi a zariadeniami relatívne často presúva medzi jednotlivými pobočkami, je vhodnejšie použiť dodávateľa s celosvetovou pôsobnosťou. V budúcnosti sa tak majiteľ vyhne problémom s dostupnosťou náhradných dielov. Taktiež budú jednoduchšie prípadné úpravy softvéru v takom programovacom prostredí, ktoré má v danej krajine určité zázemie.

„Pokiaľ je odberateľ (PLC) zároveň tvorcom aplikácie (nevyužíva teda služby aplikačnej firmy a rieši si svoj problém sám), bude pre neho asi jedným z hlavných kritérií výberu vhodného PLC jednoduchosť programovania automatu a rýchlosť, s akou sa dokáže naučiť ovládať potrebné vývojové prostriedky.“ [1]

Z tohto dôvodu som sa pri výbere PLC zamerlal na produkty Allen Bradley spoločnosti Rockwell Automation. Vo svojom portfóliu ponúka široký výber programovateľných logických automatov, rozdelených do niekoľkých výkonnostných tried.

3.2.1 Výber vhodnej rady automatov

Keďže sa jedná o aplikáciu, ktorá si nevyžaduje komunikáciu so žiadnymi zariadeniami a taktiež nie je náročná na výpočtový výkon, je zrejme uvažovať o použití nižšej rady. Tým sa z okruhu možných PLC vylúči stredná trieda SLC-500, vyššia trieda PLC-5, ako aj systémy novej generácie – CompactLogix a ControlLogix. Sú to systémy určené do náročných prevádzok, preto v takomto prípade nemajú efektívne uplatnenie. Do užšieho výberu sa teda dostane najnižšia rada Pico a široká rodina automatov z rady MicroLogix.

3.2.2 Porovnanie vlastností automatov z rady Pico a MicroLogix

PICO controller: Pico kontrolér je programovateľné "relé", ktoré je schopné nahradiť mnoho časových i štandardných relé a riešiť i pomerne komplikované logické obvody. Je vyrábaný v dvoch typových radách 1760–L12xxx a 1760–L18..., prípadne najnovšie i 1760–L20..., líšiacich sa počtom vstupov/výstupov, vonkajšími rozmermi a hmotnosťou. Na trhu je mnoho variant tohto automatu, pričom je možné voliť počet a typ vstupov a výstupov, ako aj možnosť rozšírenia o ďalšie vstupno-výstupné moduly. [11]

Ako je uvedené v 3.1.1 a v 3.1.2, pre tento projekt je nutných 17 digitálnych vstupov a 23 digitálnych výstupov. To by pri systéme PICO v najideálnejšej konfigurácii znamenalo použiť minimálne 5 modulov (1 procesor a 4 vstupno-výstupné moduly – Tab. 4), aby bol splnený požadovaný počet 23 výstupov, keďže samotný procesor je ponúkaný s maximálnym počtom 12 vstupov a prídavný modul obsahuje maximálne 4 vstupy. Ostáva pritom priveľa nevyužitých vstupov. Pri konfigurácii uvedenej v Tab. 4 je to celkom 43 digitálnych a 16 analógových nevyužitých vstupov. To je neefektívne a navyše takáto zostava zaberá značnú časť miesta v elektrickom rozvážači.

PICO kontrolér taktiež nemá premenné, aké sú známe z iných riadiacich systémov, ale pracuje iba s tzv. relé a ich kontaktmi. To znamená, že zaniká možnosť voľby vlastných premenných s rozsahom väčším ako 1 bit. [11]

1760	Vstupy	Výstupy	Typ modulu
1760-L20BBB-EXND	12x 24V DC	8x tranzistor	Procesor
1760-IB12XOB4IF	12 × 24V DC, 4 × analóg.	4x tranzistor	Rozširujúci modul
1760-IB12XOB4IF	12 × 24V DC, 4 × analóg.	4x tranzistor	Rozširujúci modul
1760-IB12XOB4IF	12 × 24V DC, 4 × analóg.	4x tranzistor	Rozširujúci modul
1760-IB12XOB4IF	12 × 24V DC, 4 × analóg.	4x tranzistor	Rozširujúci modul

Tab. 4 Konfigurácia v rade Pico

[12]

PICO kontrolér sa teda aj napriek cenovej výhodnosti a kompaktným rozmerom javí ako veľmi nevhodný riadiaci systém na danú aplikáciu. Jednak jeho nízkou variabilitou pomeru vstupov/výstupov, ako aj relatívne veľkými rozmermi pri vyšších počtoch výstupov.

MicroLogix 1000: MicroLogix 1000 je malý kompaktný riadiaci systém, ktorý nie je možné rozšíriť o prídavné vstupno-výstupné moduly. [13]

Tento fakt priamo vylučuje použitie automatu, pretože „najmohutnejšia“ verzia disponuje 20-imi vstupmi a len 12-imi výstupmi.

MicroLogix 1100, MicroLogix 1200, MicroLogix 1400: Všetky tieto procesory sú takmer identické a používajú spoločné rozširujúce moduly. Rozdiely sú hlavne vo rozmeroch, počte vstupov/výstupov, maximálnom počte externých modulov, možnosti on-line programovania a veľkosťou internej pamäte.

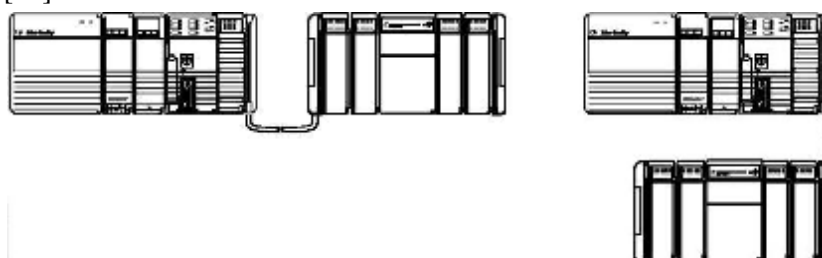
Jedná sa o malý modulárny systém, z čoho vyplýva niekoľko výhod. V prvom rade je to možnosť voľby typu modulov a ich potrebného počtu. V praxi to znamená, že pri modulárnom systéme si programátor, alebo projektant pri navrhovaní hardvéru „poskladá“ svoju vlastnú zostavu. Takto má možnosť prispôbiť PLC reálnym potrebám. V druhom rade je to možnosť rozšírenia konfigurácie v prípade neskorších úprav stroja, zhora obmedzená maximálnym počtom externých modulov. V Tab. 5 sú uvedené možnosti jednotlivých procesorov.

	MicroLogix 1100	MicroLogix 1200	MicroLogix 1400
Počet digitálnych vst./výst.	10/6	14/10, alebo 24/16	20/12
Počet dig. vst./výst. v ext. moduloch	8 alebo 16 vst./ /8 alebo 16 výst	8 alebo 16 vst./ /8 alebo 16 výst	8 alebo 16 vst./ /8 alebo 16 výst
Počet pozícií pre umiestnenie ext. modulov	4	6	7

Tab. 5 Prehľad vybraných procesorov rady MicroLogix

S každým z daných procesorov je možné vytvoriť optimálnu konfiguráciu pre ovládanie testera. Je možné aj jej rozšírenie, avšak len do určitej miery. Jednak je obmedzené maximálnym počtom voľných slotov pre externé karty, čo sa pri daných procesoroch výrazne líši a hlavne, pri rozšírení testera o ďalšie pracovisko v budúcnosti by bolo nutné viesť vodiče zo vstupov a výstupov z vedľajšieho pracoviska až do rozvádzača s PLC. Pri rozširovaní testera o 3 ďalšie pracoviska by to znamenalo viesť do relatívne malého rozvádzača minimálne 160 vodičov. Z tohto dôvodu je výhodnejšie zvoliť iný automat.

MicroLogix 1500: Tak ako v predchádzajúcom, i v tomto prípade sa jedná o modulárny systém. Hoci rozmermi patrí do triedy MICRO, výkonom skôr odpovedá strednej triede riadiacich systémov a i napriek tomu je cena neporovnateľne nižšia ako pri systémoch strednej triedy. Jeho prednosťou je skutočnosť, že samotný procesor je možné rozšíriť až o 16 prídavných modulov rady Compact I/O. To ponúka široké možnosti navrhovania konkrétnej konfigurácie, ako aj bezproblémové rozširovanie zostavy v budúcnosti. Taktiež je možné prídavné moduly rozdeliť, prepojiť príslušným káblom a podľa potreby osadiť na inom mieste Obr. 6. Tým sa tento systém stáva najvhodnejším pre danú aplikáciu. [14]



Obr. 6 Spôsoby rozdeľovania externých modulov rady MicroLogix 1500 [15]

3.2.3 Zostavenie konečnej konfigurácie

MicroLogix 1500 sa vo svojej konštrukcii od výkonovo slabších typov mierne líši. Procesor je rozdelený na základnú jednotku so vstupmi a výstupmi a samotný CPU, ktorý sa do nej zasúva. Pri konfigurácii zostavy je možné voliť z 3 typov základných jednotiek a 2 typov procesorov.

Základná jednotka: Z troch ponúkaných typov podľa Tab. 6 najviac vyhovuje posledná – 1764-28BXB. Má viac vstupov ako typ ...BWA a napätie vstupov 24V.

Katalógové číslo	Vstupy	Výstupy	Napájanie
1764-24AWA	AC 12 × 120 V	12 × reléový 120/240 V	120/240 V AC
1764-24BWA	DC 12 × 24 V	12 × reléový 120/240 V	120/240 V AC
1764-28BXB	DC 16 × 24 V	6 × reléový 120/240V 6 × FET 24V	24 V DC

Tab. 6 Typy základných jednotiek ML1500

Podľa katalógových listov je odber prúdu jednotky 1764-28BXB zo vstupov od 7,3 do 8,9 mA pri 24 V, čo podľa Tab. 2 spĺňa prúdovú zaťažiteľnosť každého zo zdrojov signálov. Z výstupov je možné odoberať prúdy 2A, 1A a 100 mA – v závislosti od typu výstupu (relé, tranzistor, vysokorýchlostný výstup), čo podľa Tab. 3 tiež vyhovuje. [16]

Processor: V ponuke sú 2 typy – starší typ 1764-LSP a novší 1764-LRP. Rozdiel medzi nimi je, že novší typ má väčšiu užívateľskú pamäť, umožňuje rozšírené ukladanie dát a obsahuje druhý, zabudovaný komunikačný kanál RS-232. Ten sa využíva pri súčasnej komunikácii PLC s operátorským panelom a PC, prípadne modemom. Žiadna z týchto vlastností nie je pre tento projekt nevyhnutná, preto je model 1764-LSP plne postačujúci. [14]

Rozširujúce moduly: Keďže základná jednotka obsahuje 16 vstupov a potrebných je 17 (3.1.1), je nutné rozšíriť procesor o ďalšie digitálne vstupy. Pre jednosmerné napätie 24 V je v ponuke len modul 1769-IQ16 s 16-imi vstupmi. Využitý bude jeden vstup a zvyšných 15 ostane ako rezerva pre prípad úprav stroja.

Výstupov je podľa 3.1.2 potrebných 23. Základná jednotka disponuje 12-imi a zvyšných 11 bude doplnených modulom 1769-OB16, ktorý ich má celkovo 16. Do budúcnosti ostane 5 rezervných výstupov.

Rozširujúce moduly musia byť ešte navyše ukončené krytkou 1769-ECR, slúžiacou ako ukončovací odpor zbernice. V prípade rozdelenia zostavy (Obr. 6) sa použijú podobné krytky aj na obidva voľné konce zostavy, ktoré sú navzájom prepojené káblom.



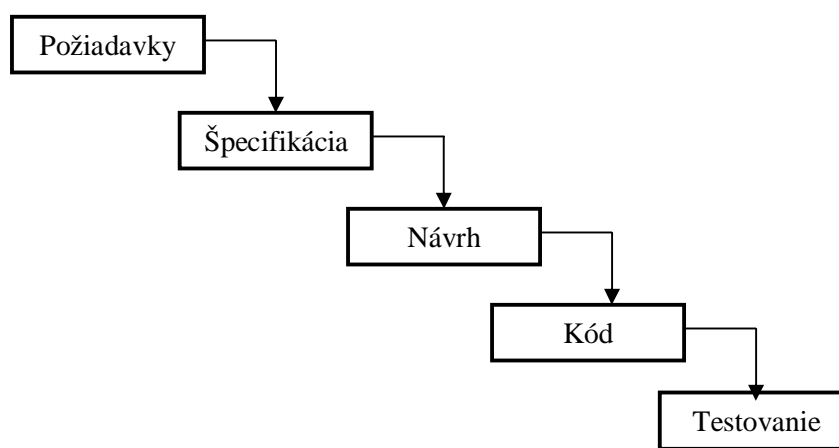
Obr. 7 Výsledná zostava PLC

Konečná zostava PLC je na Obr. 7. Je možné montovať ho na DIN lištu, ktorá je v rozvádzači. Rozmery celej zostavy vyhovujú rozmerom miesta v rozvádzači, určenom pre PLC.

4 Návrh a implementácia riadiacej aplikácie

Vývoj softvéru prebieha v určitých krokoch, spolu nazývaných životný cyklus. Je niekoľko modelov životných cyklov, viac či menej zameraných na spätnú kontrolu. Podľa potreby získavať spätnú väzbu je možné voliť od najjednoduchšieho – vodopádového – modelu až po model s kontinuálnym testovaním, kde je každá fáza vývoja softvéru kontrolovaná a ponúka spätnú väzbu projektantovi, alebo programátorovi o kvalite a spoľahlivosti produktu.

Postup vývoja tohto softvéru je identický s vodopádovým modelom (Obr. 8), kde nie je spätná kontrola jednotlivých krokov, ale iba záverečná kontrola výsledného produktu vo fáze testovania. Dôvodom je, že náročnosť programu umožňuje opravu chýb vrátane odladenia programu priamo na pracovisku testera pri jeho testovaní a je časovo i finančne nenáročná a možná.



Obr. 8 Model vodopádového životného cyklu

Definovaním požiadaviek a vytvorením funkčnej špecifikácie sa zaoberala kap. 2.2, návrhom programu a písaniu kódu sa budú venovať ďalšie kapitoly.

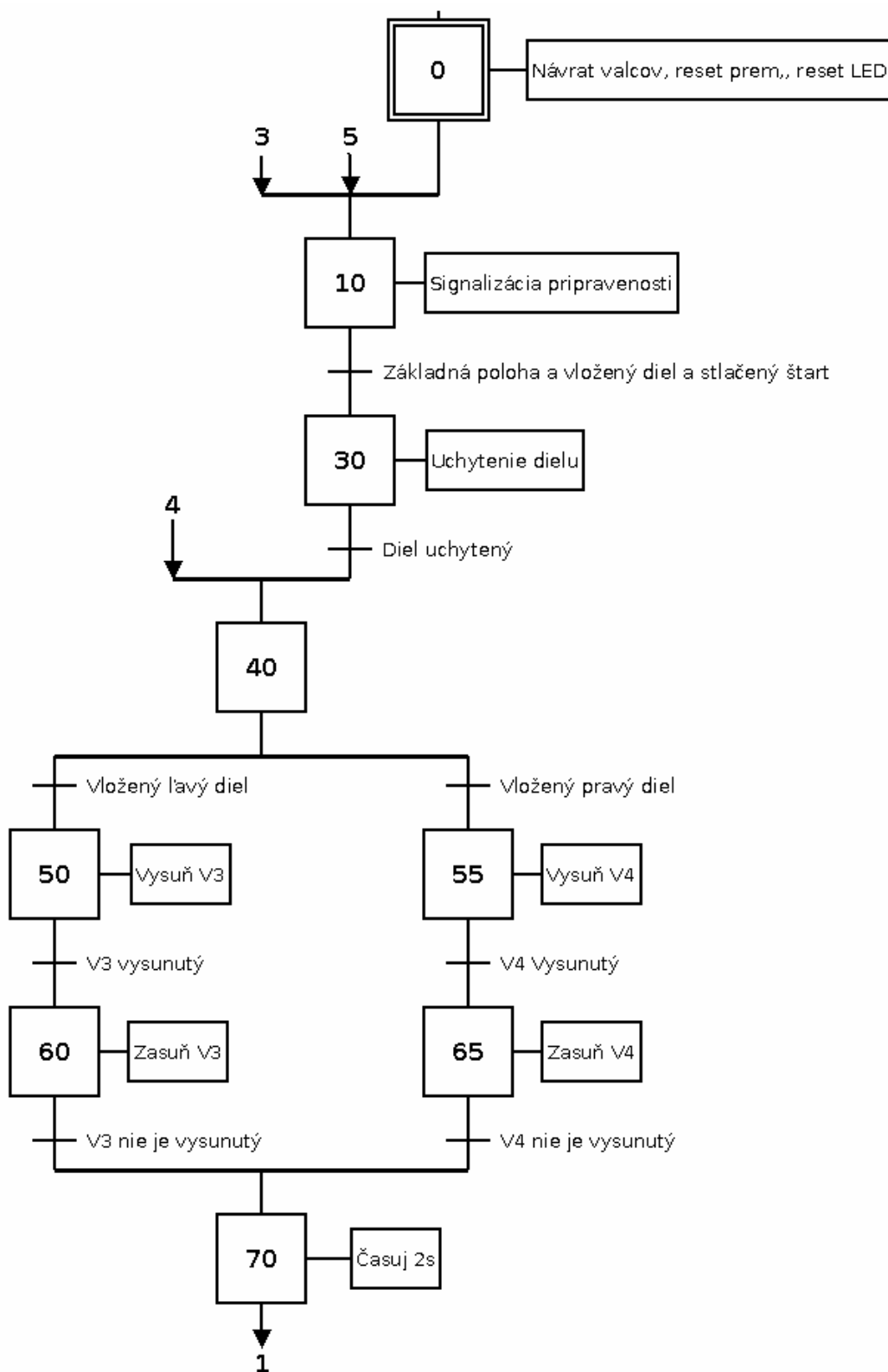
4.1 Analýza úlohy

Pred samotným písaním programu je hlavne pri rozsiahlejších programoch vhodné použiť niektorú z grafických metód zobrazenia postupnosti krokov a ich vzájomnej náväznosti. Je to vhodné nielen z hľadiska prehľadnejšieho a jednoduchšieho programovania, ale i včasného odhalenia zvyšných nezrovnalostí funkčnej špecifikácie. Pri samotnom návrhu je možné použiť niekoľko grafických metód :

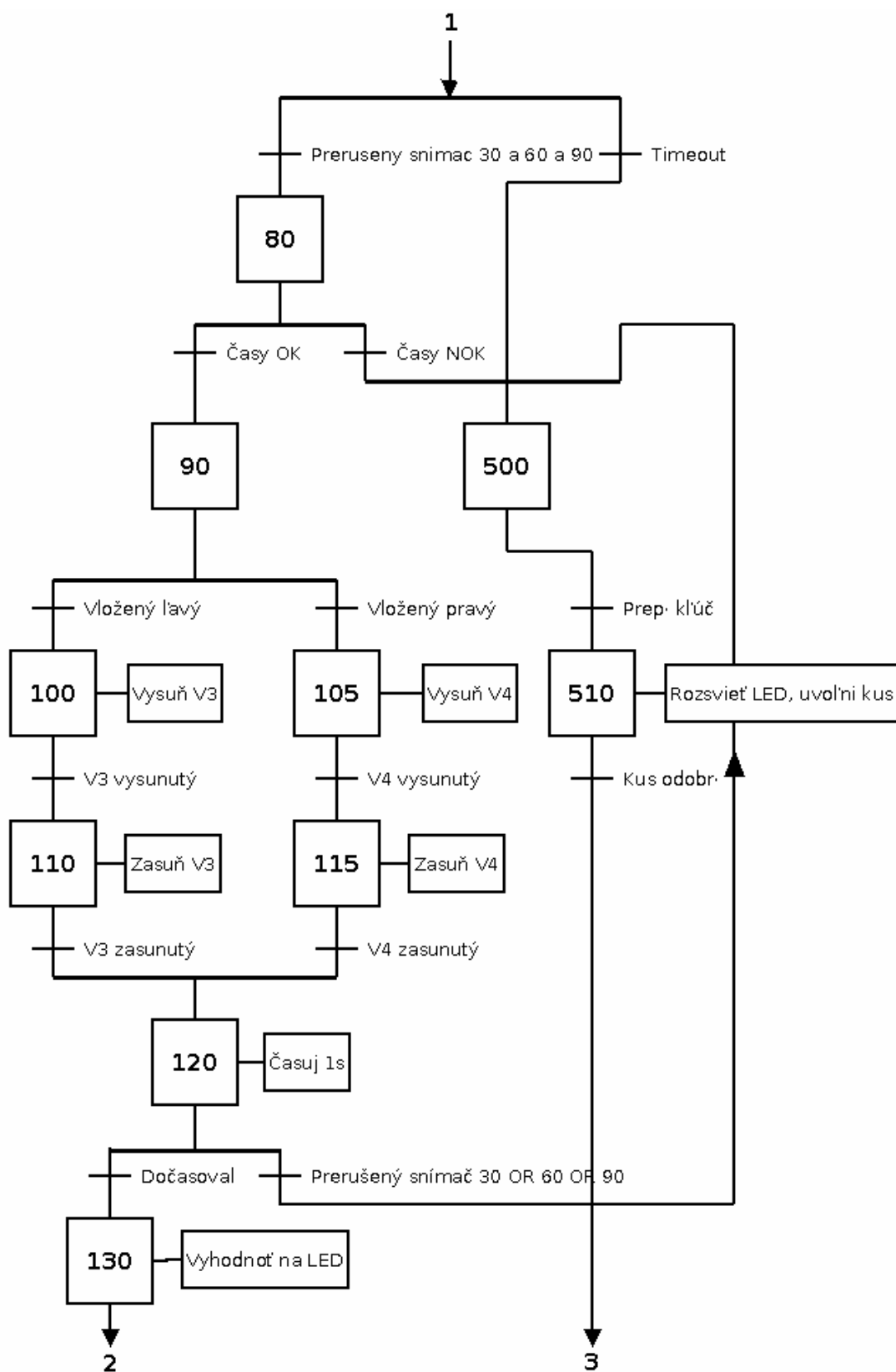
- petriho siete - grafický a matematický nástroj vhodný pre modelovanie a analýzu systémov diskretných udalostí,
- vývojový diagram - je grafické znázornenie algoritmu alebo procesu; vývojový diagram používa pre znázornenie jednotlivých čiastočných operáciách symboly, ktoré sú navzájom prepojené pomocou orientovaných šípok,
- grafcet - je grafický jazyk pre sekvenčné programovanie, ktorý vychádza z Petriho siete a je nazvaný podľa prvého predstaviteľa; používa sa k programovaniu riadiacich automatov (PLC), je názorný a vedie užívateľa k systematickosti,
- UML - je obsiahly modelovací štandard pre popis IT systémov; používa sa na modelovanie aspektov statických, napr. architektúr, ako i dynamických, napr. vnútorného toku,
- Iné...

Pri výbere metódy návrhu bol uprednostnený grafcet pred ostatnými metódami pre jeho prehľadnosť, jednoduchosť, sekvenčnosť a taktiež aj pre fakt, že vo vyšších triedach automatov Allen Bradley je priamo importovaný ako programovací jazyk.

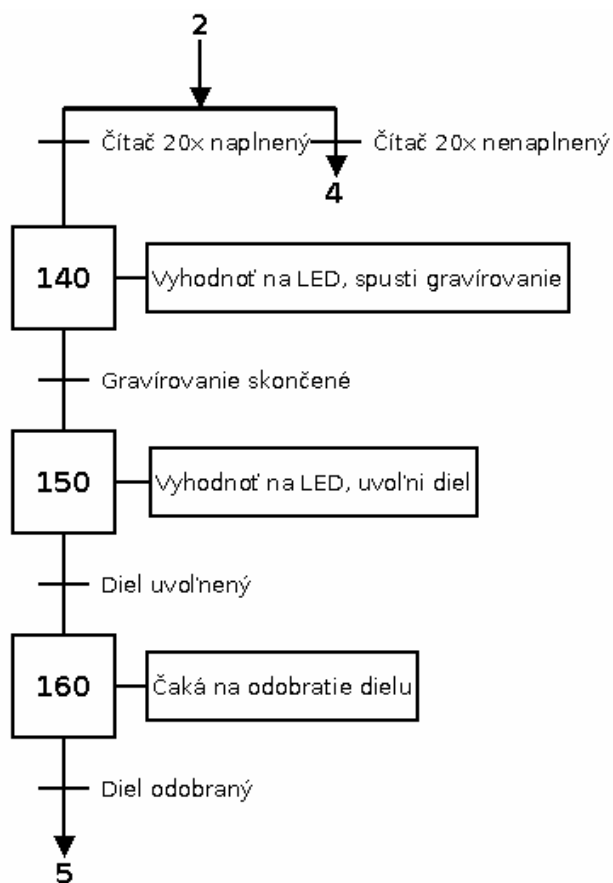
4.1.1 Grafcet



Obr. 9 Grafcet procesu - časť 1



Obr. 10 Grafčet procesu - část 2



Obr. 11 Grafcet procesu - časť 3

Uvedený diagram je značený výrazne symbolicky a nie striktné binárne, ako uvádza niektorá literatúra. Pri písaní kódu slúži viac-menej len pre lepšiu orientáciu v programe a pochopenie sledu krokov.

4.2 Programovacie prostredie

Pre programovanie automatov Micrologix 1500 dodáva spoločnosť Rockwell Software programovací softvér RSLogix 500. Je to nástroj, určený pre programovanie PLC rady Micrologix a SLC500. Pre vzájomnú komunikáciu PLC a RSLogix 500 je určený komunikačný nástroj RSLinx.

4.2.1 RSLinx

RSLinx slúži pre vytvorenie komunikácie medzi programovacím softvérom a samotným PLC. Pracuje ako server, poskytujúci dáta pre aplikačné programy, ktoré s PLC komunikujú. Umožňuje komunikáciu po sériovej linke, Ethernete, ControlNete a pomocou špeciálnych kariet.

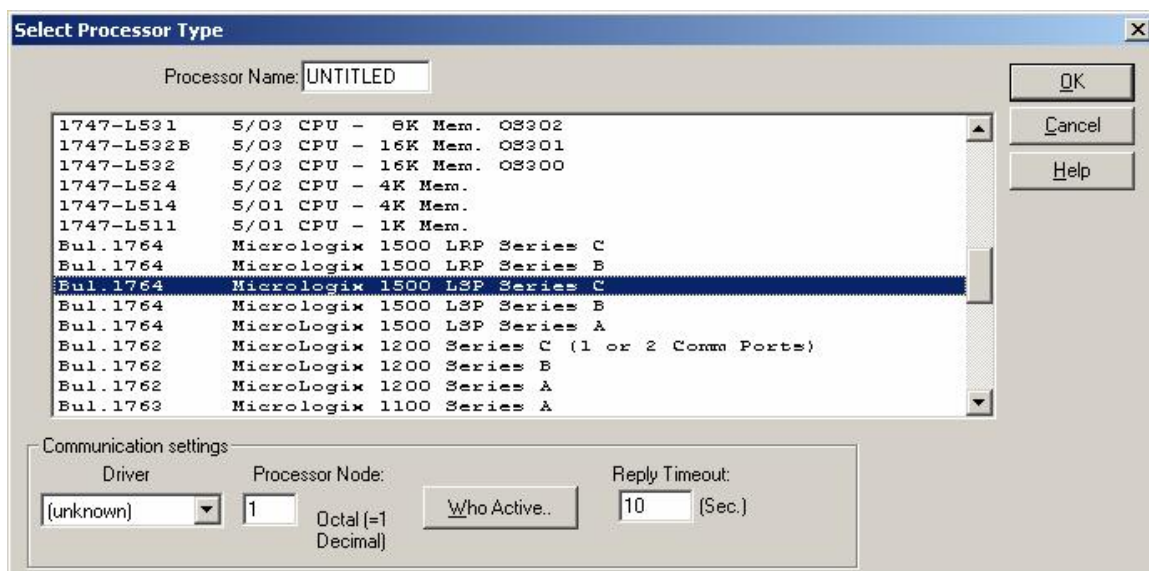
4.2.2 RSLogix 500

RSLogix 500 je produkt firmy Rockwell Software pre prostredie Windows 9x/NT/2000/XP/Vista a je určený k programovaniu automatov rady SLC 500 a Micrologix firmy Rockwell Automation. Patrí k novej rade programovacích a monitorovacích nástrojov, ktorých koncepcia vychádza z použitia samostatného komunikačného nástroja RSLinx. Je dodávaný v rôznych verziách od najlacnejšej verzie Starter, ktorá obsahuje len samotný RSLinx, až po verziu Profesional, obsahujúcu okrem plnej podpory OPC servera v RSLinx aj konfiguračné a ladiace programy RSNetWorks. [17]

4.3 Návrh programu

4.3.1 Založenie nového projektu a voľba konfigurácie PLC

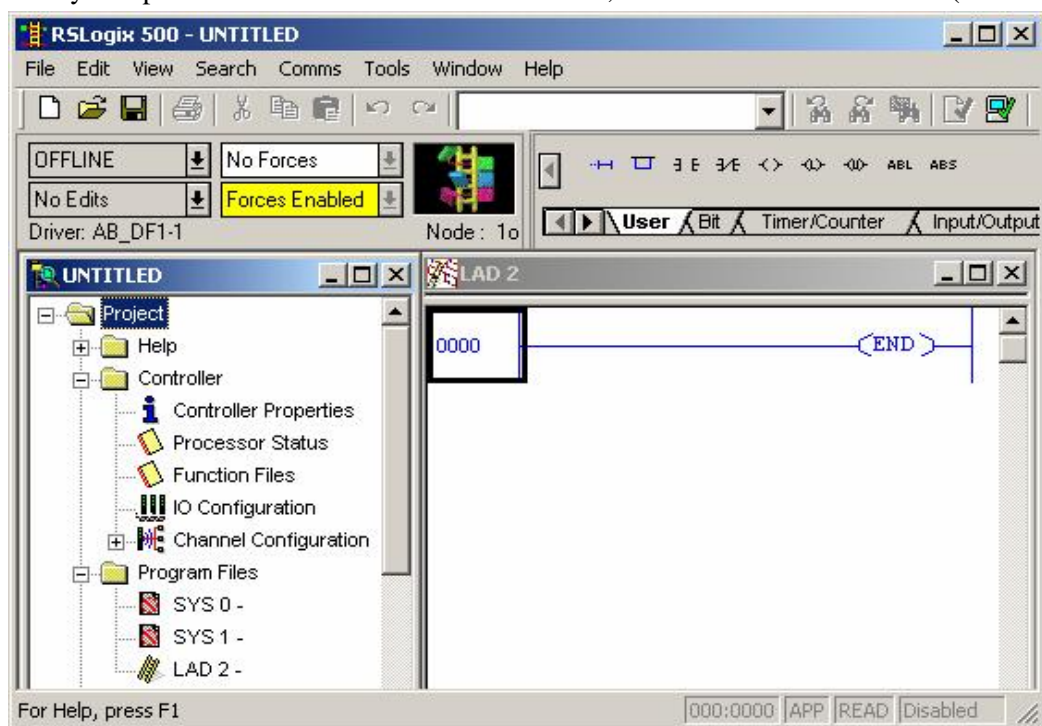
Po spustení RSLogix 500 sa voľbou položky „New“ v záložke „File“ vytvorí nový projekt. Otvorí sa okno s výberom typu procesora (Obr. 12). V tomto prípade je to Micrologix 1500 LSP – séria C.



Obr. 12 Voľba procesora pri zakladaní projektu

V tomto okne je tiež možné nastaviť komunikačný ovládač a adresu procesora. V tomto momente to nie je nutné, pretože program vzniká bez pripojeného PLC. Komunikačné parametre je možné nastaviť neskôr pri nahrávaní programu do procesora.

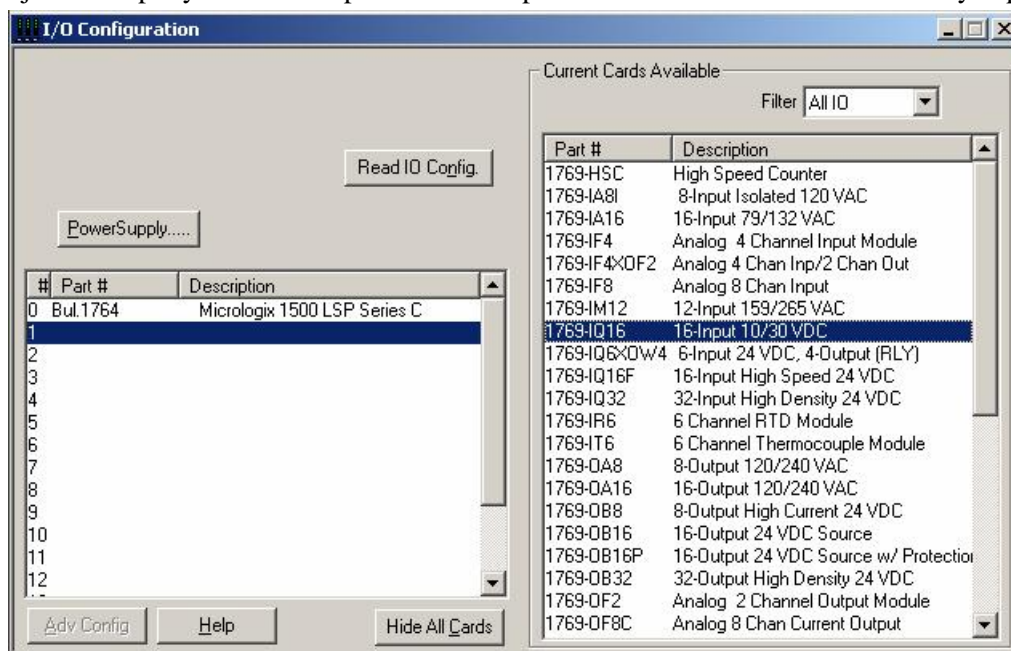
Po výbere procesora sa otvorí základná obrazovka, rozdelená na 2 hlavné okná (Obr. 13).



Obr. 13 Základná obrazovka nového projektu v RSLogix 500

V ľavej časti je štruktúra programu a programové komponenty (nazývaná aj strom), a v pravej časti je otvorené okno hlavného riadiaceho programu, kde je zatiaľ len koncová priečka (rung), ukončujúca každý programový súbor (nazývaný aj subrutina). Tých je možné vytvoriť viac tak, aby rozdelili neprehľadný program do logických celkov a volať ich spustenie z hlavného programového súboru.

V takto vytvorenom projekte je ďalším krokom nastavenie I/O konfigurácie systému. To sa vykoná kliknutím na položku „I/O Configuration“. Otvorí sa okno (Obr. 14), v ktorom je nadefinovaný procesor na prvom mieste (pozícia 0) a ostatné sú voľné. Do týchto pozícií sa vyberú z katalógu modulov na pravej strane tie, ktoré budú tvoriť zostavu. Do pozície 1 sa vyberie modul 1769-IQ16, čo je 16-vstupový modul a do pozície 2 bude patriť modul 1769-OB16 so 16-imi výstupmi.



Obr. 14 Okno I/O konfigurácie.

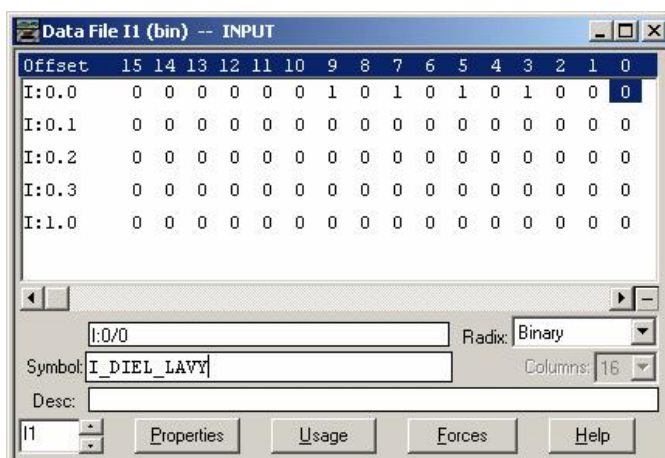
Pri pripojenom PLC je možné použiť tlačidlo „Read IO Config.“, ktoré vyvolá okno s nastavením komunikačného ovládača a následne načíta konfiguráciu pripojeného automatu. V našom prípade však prebieha voľba manuálne.

Po vytvorení zostavy a zavretí aktuálneho okna adresy dátových súborov vstupov a výstupov automaticky rozšíria o pridané moduly.

4.3.2 Definovanie vstupov a výstupov

Najjednoduchší spôsob, ako v programe pracovať s fyzickými vstupmi a výstupmi, ale i pamäťovými premennými je nadefinovať ich symbolické názvy ešte pred samotným písaním kódu. Symbolický názov je vlastne text, ktorým sa daná adresa prezentuje a pre rozhranie programátor - softvér ju aj plne nahrádza. Výrazne sa tým spreľadní program a zároveň je už z názvu inštrukcie jasné, na čo slúži.

Po otvorení príslušného dátového súboru (napr. súboru I1 pre vstupy) sa zobrazí okno s tabuľkou vstupov, kde je každý vstup zaradený podľa svojej adresy do mapy obrazu vstupov. Zároveň je každý vstup vyjadrený číslom, ktoré v binárnej forme reprezentuje jeho fyzický stav. Označením konkrétneho bitu a vypísaním názvu do poľa *Symbol* (Obr. 15) priradíme tomuto bitu žiadaný názov.



Obr. 15 Dátový súbor vstupov

4.3.3 Zoznam vstupov

Pre všetky symbolické názvy fyzických vstupov je použitý prefix „I“ pre jednoduchšiu identifikáciu v programe (z angl. input). Názov čo najstručnejšie vystihuje použitie vstupu.

Adresa vstupu	Symbolický názov	Typ premennej
I:0/0	I_DIEL_LAVY	Global
I:0/1	I_DIEL_PRAVY	Global
I:0/2	I_OBOJ_START	Global
I:0/3	I_V1_ZASUNUTY	Global
I:0/4	I_V1_VYSUNUTY	Global
I:0/5	I_V2_ZASUNUTY	Global
I:0/6	I_V2_VYSUNUTY	Global
I:0/7	I_V3_ZASUNUTY	Global
I:0/8	I_V3_VYSUNUTY	Global
I:0/9	I_V4_ZASUNUTY	Global
I:0/10	I_V4_VYSUNUTY	Global
I:0/11	I_30_ST	Global
I:0/12	I_60_ST	Global
I:0/13	I_90_ST	Global
I:0/14	I_RESET	Global
I:0/15	I_ODPAD_NOK	Global
I:1/0	I_VZDUCH_OK	Global

Tab. 7 Tabuľka vstupov

Podľa každého pomenovaného vstupu vo vstupnom dátovom súbore I1 je v bitovom dátovom súbore B3 vytvorená kópia tohto vstupu. Presnejšie povedané, bit v B3 s určitou adresou je pomenovaný podobne ako bit s rovnakou adresou v I1. Názvy sú totožné, len bez použitia prefixu „I“, označujúceho vstupy. Takto je vytvorená kópia vstupného dátového súboru. Dôvodom na vytvorenie takejto kópie vstupov je taký, že v programe sa bude alebo nebude pracovať priamo so vstupmi, ale s touto jeho kópiou. Účel tohto kroku bude bližšie objasnený v kap. 4.4.3, venujúcej funkciám samotného programu.

4.3.4 Zoznam výstupov

Rovnako ako vstupy, aj výstupy majú v svojom symbolickom názve prefix pre rozlíšenie od ostatných premenných. V tomto prípade je použité písmeno „O“ (z angl. output).

Adresa vstupu	Symbolický názov	Typ premennej
O:0/0	O_GRAVIRIVANIE	Global
O:0/1	O_VZDUCH	Global
O:0/2	O_30_ST_OK	Global
O:0/3	O_30_ST_NOK	Global
O:0/4	O_60_ST_OK	Global
O:0/5	O_60_ST_NOK	Global
O:0/6	O_90_ST_OK	Global
O:0/7	O_90_ST_NOK	Global
O:0/8	O_V1	Global
O:0/9	O_V2	Global
O:0/10	O_V3	Global
O:0/11	O_V4	Global
O:2/0	O_START_LED	Global
O:2/1	O_READY_LED	Global
O:2/2	O_ZAVR_DVIER_OK_LED	Global
O:2/3	O_ZAVR_DVIER_NOK_LED	Global
O:2/4	O_TEST_OK_CELK_LED	Global
O:2/5	O_TEST_NOK_CELK_LED	Global
O:2/6	O_GRAVIROVANIE_LED	Global
O:2/7	O_LAVY_LED	Global
O:2/8	O_PRAVY_LED	Global
O:2/9	O_ODOBER_DIEL	Global
O:2/10	O_ODBLOKUJ_VADNYM_D	Global

Tab. 8 Tabuľka výstupov

Rozmiestnenie výstupov je prevažne náhodné, dôraz bol kladený len pri umiestňovaní výstupov, ktoré napájajú cievky relé. Hoci ich odber prúdu je len o málo vyšší ako signalizačné LED diódy, riziko vzniku skratu je u nich vyššie a v prípade pripojenia na tranzistorový výstup by mohlo dôjsť k jeho poškodeniu. Preto sú tieto zariadenia pripojené na reléové výstupy základnej jednotky, ktoré sa nachádzajú na pozíciách 0, 1 a 8 až 11. Ide hlavne o výstupy napájajúce elektromagnetické ventily a relé, ktoré spúšťa cyklus gravírovania.

Rovnako ako v prípade vstupov bola vytvorená kópia vstupov v binárnom súbore, aj výstupy v dátovom súbore O0 majú svoju kópiu v B3.

4.3.5 Štruktúra programu

Pri založení nového projektu v RSLogix 500 je automaticky vygenerovaný prázdny programový súbor Lad2. Obsah tohto súboru je pri behu PLC vykonávaný cyklicky. Podobných súborov si môže užívateľ vytvoriť viac, ale ich obsah sa bude vykonávať len v prípade, že tieto súbory budú volané z hlavného programového súboru.

Táto možnosť vytvárať vlastné súbory umožňuje rozdeliť celý program na viac menších ucelených úloh, ktoré spolu súvisia a sprehládniť pôvodný program. V praxi sa často stáva, že hlavný programový súbor obsahuje len inštrukcie odkazujúce sa na zvyšné programové súbory, v ktorých je celý program rozdelený do logicky súvisiacich častí. Sám pritom neobsahuje žiadnu inú úlohu, prípadne len základné prevádzkové funkcie zariadenia.

Podobným spôsobom je volená štruktúra tohto projektu. Program je rozdelený do troch programových súborov:

- LAD2-HLAVNY,
- LAD3-I/O,
- LAD4-CYKLUS.

Hlavný súbor „LAD2-HLAVNY“ obsahuje inštrukcie pre volanie zvyšných dvoch súborov a podmienky pre ošetrovanie stavu nízkeho tlaku. V prípade, že tlak vzduchu, potrebný pre správnu činnosť zariadenia nie je dostatočný, program v „LAD3“ a „LAD4“ sa nevykonáva a tester tento stav vyhodnotí na paneli.

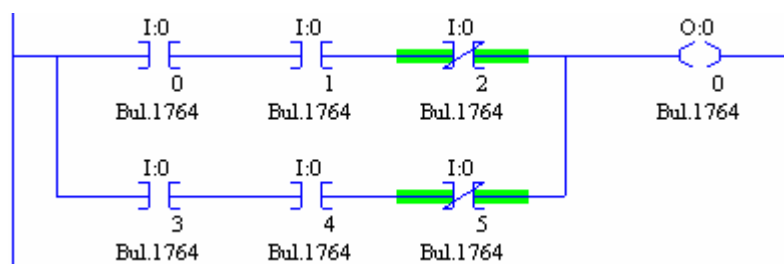
Súbor „LAD3-I/O“ slúži na kopírovanie stavu vstupov do pomocných bitov a tiež na nastavovanie výstupov podľa stavu pomocných bitov. V tomto súbore sa používajú bity, vytvorené ako obraz vstupov a výstupov.

Posledný súbor „LAD4-CYKLUS“ vykonáva celý cyklus testovania. Je rozdelený do krokov podľa graficetu, navrhnutého v kap. 4.1.1.

4.4 Realizácia programu

4.4.1 Ladder diagram

„Ladder editor“ (rebríkový editor) umožňuje vytvárať programy pripomínajúce elektrickú schému (Obr. 16). Programovanie rebríkovou schémou je obľúbené u mnohých programátorov a údržbárov riadiacich systémov. Rebríkové programy emulujú v CPU tok elektrického prúdu zo zdroja, cez rôzne vstupné logické podmienky, ktoré vyhodnocujú a aktivujú výstupy. Program sa vykonáva zľava doprava a zhora nadol. Keď CPU dosiahne koniec programu, začne opäť vykonávať inštrukcie od začiatku.



Obr. 16 Program v priečkovej logike

Ako vidieť na Obr. 16, inštrukcie sa môžu spájať do série (logický súčin), prípadne paralelne (logický súčet). Grafické symboly reprezentujú rôzne inštrukcie a majú tri základné formy:

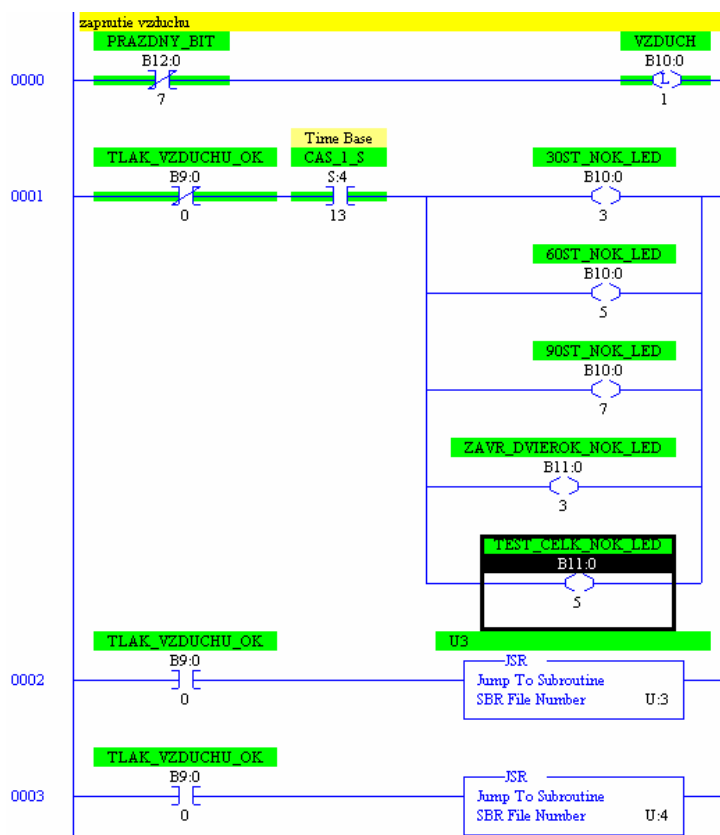
- kontakty – reprezentujú logické vstupné podmienky, napr. spínače, tlačidlá, interné podmienky apod.,
- cievky – reprezentujú logické výstupy, môže to byť žiarovka, relé, ale taktiež to môže byť len podmienka (vnútorná premenná) pre vyhodnotenie v inej časti programu, atď.,
- bloky – reprezentujú ďalšie funkcie ako časovače, počítadlá alebo iné matematické funkcie.

4.4.2 Funkcia súboru LAD2-HLAVNÝ

V tomto programovom súbore, ktorý je cyklicky opakovaný, sa na začiatku zapne ventil, ktorý otvára prívod vzduchu do stroja. V ďalšej priečke sa kontroluje snímač tlaku vzduchu. Ak snímač tlaku nezapne vstup, v programe použitý rozpínací kontakt (inštrukcia XIO) ostane aktívny a 5 červených LED diód v rade začne blikať. Je to chybový stav, ktorý je ľahko rozpoznateľný a zaškolený pracovník údržby jednoducho odhalí problém.

Blikanie je zabezpečené statusovým bitom S:4/13. Statusové bity v integri S4 sú v podstate hodiny reálneho času. Čím vyššie postavený je bit, tým pomalšie mení svoju hodnotu. Bit č. 13 mení svoj stav každých 0,5s. Použitie statusových bitov na blikanie diód výrazne zjednodušuje prácu a nezaťažuje pamäť o ďalšie časovače.

Tlak vzduchu sa kontroluje i v ďalších dvoch priečkach. Tu je použitý spínací kontakt (inštrukcia XIC) pred skokom do zvyšných dvoch súborov. V prípade, že je tlak vzduchu v poriadku, vykonáva sa ďalší program v súboroch LAD3 a LAD4. Ak tomu tak nie je, program v týchto súboroch je ignorovaný. To má veľkú výhodu práve pre prípad nízkeho tlaku. Ak je v súbore LAD4 v programe nastavené zapnutie niektorej z červených LED diód a my potrebujeme jej blikaním indikovať nízky tlak, vyradením skoku do tohto súboru daný výstup v podstate „uvoľníme“ pre iné účely (v našom prípade na blikanie). Po zopnutí snímača tlaku sa opäť vykonáva program aj v ostatných súboroch a pokračuje v kroku, v ktorom skončil.

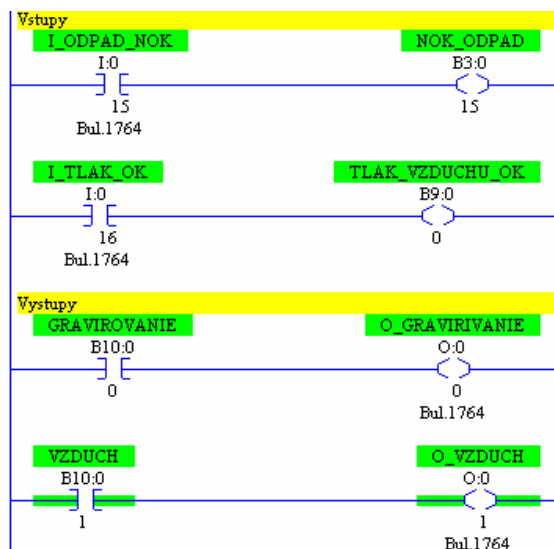


Obr. 17 Obsah programového súboru LAD2-HLAVNÝ

Treba ešte podotknúť, že bez použitia inštrukcii JSR (z angl. Jump To Subroutine - skok do subrutiny), by sa ostatné programové súbory nevykonávali. Táto inštrukcia preruší program v mieste inštrukcie JSR, vykoná program vo volanej subrutine a vracia sa späť do priečky, nasledujúcej po inštrukcii JSR.

4.4.3 Funkcia súboru LAD3-I/O

Vytvorenie tohto súboru malo za účel oddeliť 39 priečok, ktoré sa priamo nepodieľajú na testovaní priehradky, od hlavnej vetvy testu. V tomto programovom súbore je vytváraný obraz fyzických vstupov do pomocných bitov B3 a taktiež sa podľa stavu pomocných bitov nastavujú fyzické výstupy.



Obr. 18 Použitie pomocných bitov pre vstupy a výstupy

Podstata spočíva v tom, že v hlavnej vetve sa pre informáciu o stave vstupu nepracuje so vstupmi I1, ale iba s jeho obrazom v B3. Rovnako sa v hlavnej vetve nenastavujú priamo fyzické výstupy v dátovom súbore O0, ale tiež bitové pomocné v B3. Účelom tohto kroku je zjednodušiť sfunkčnenie automatu v prípade poruchy niektorého z prídavných modulov.

Môže sa napríklad stať, že sa nejakým spôsobom zničí výstupný modul, na ktorom je pripojených 11 zariadení. Dostupnosť náhradných dielov je relatívne dobrá, ale treba rátať s prestojom minimálne 24h, čo je v automobilovom priemysle príliš dlhý čas. Riešením je spojzduť PLC bez chybného modulu. Pôvodne pripojené výstupy už nebudú aktívne, pritom môžu byť strategické pre funkčnosť zariadenia. Je teda možnosť prepojiť dôležité výstupy na fungujúce výstupy v základnej jednotke. Samozrejme by bolo nutné v celom programe zmeniť adresy prepájaných výstupov na ich nové adresy a zároveň vymazať inštrukcie, ktoré pôvodne adresy nastavovali. To je hlboký zásah do programu a navyše je to prácne a zdĺhavé. V tomto prípade to však nie je potrebné. Stačí zameniť pôvodne nastavovaný fyzický výstup za ten, na ktorom je zariadenie núdzovo pripojené.

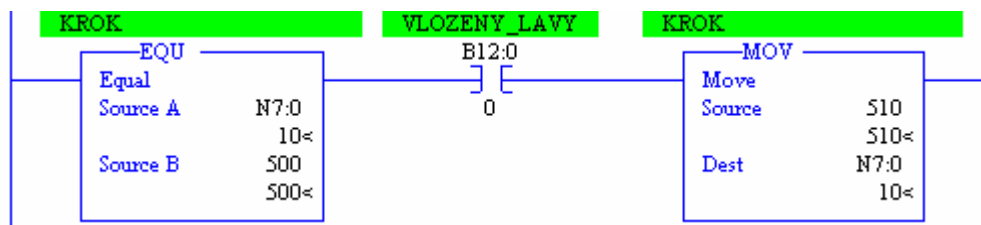
V súčasnom stave sa môže zdať tento krok zbytočný, treba však brať do úvahy i budúce rozšírenie stroja. Navyše je táto úprava vytvorená na priamy podnet skúseností z praxe.

4.4.4 Funkcia súboru LAD4-CYKLUS

Ako napovedá názov súboru, v tejto časti programu je vykonávaný cyklus testovania výrobku. Program rieši postupnosť krokov od vloženia dielu až po vyhodnotenie kusu a jeho označenie gravírovacím zariadením.

Podkladom na vytvorenie testovacieho cyklu je grafet z kap. 4.1.1. Podľa neho je program logicky členený do krokov. Jeden krok predstavuje časť programu, v ktorom sa vykonávajú určité procesy. Po splnení určených podmienok prechádza program do ďalšieho kroku. Zotrvanie v aktuálnom kroku, ktorý nie je splnený, je zabezpečené inštrukciou EQU (rovný, z angl. equal). Tá porovnáva číslo v premennej „krok“ s číslom nastaveným v inštrukcii. Premenná „krok“ obsahuje

číslo rozsahu integer, ktoré predstavuje aktuálny krok programu. Prechod z jedného kroku do ďalšieho je realizovaný funkciou MOV. Inštrukcia MOV pracuje tak, že pri splnení všetkých predchádzajúcich podmienok skopíruje číslo zo „Source“ do „Destination“. Princíp činnosti funkcií EQU a MOV je možné vidieť na Obr. 19.



Obr. 19 Princíp krokovania programu pomocou inštrukcii EQU a MOV

Inštrukcia EQU na začiatku priečky porovnáva obsah premennej krok („Source A“, adresa je N7:0), s prednastavenou hodnotou 500 („Source B“). V kroku je číslo 10, takže inštrukcia je nepriechodná. Ako náhle sa zmení na hodnotu 500, inštrukcia je priechodná a kontroluje sa stav inštrukcie XIC (prítomnosť ľavého dielu). Ak je aj táto podmienka splnená, vykoná sa inštrukcia MOV. Tá do cieľa N7:0 (premenná krok) presunie číslo 510. V ďalšom opakovaní programu je táto priečka opäť nepriechodná a vykonáva sa krok 510.

Cyklus sa začína krokom 0, kde sa nulujú všetky premenné a vypínajú inštrukcie typu OTL (z angl. output latch, výstup trvalo nastavený). Tester sa takto dostane do základnej polohy aj v prípade, že s ním niekto manipuloval počas vypnutého stavu. Následne sa dostáva do kroku 10. Tu sa kontroluje, či je tester naozaj v základnej polohe. Ak je tomu tak, bliká modrá LED (pripravený) a čaká na vloženie dielu. Po vložení dielu tester signalizuje jeho typ (pravý, alebo ľavý kus). Stlačením tlačidla štart tester kontroluje typ dielu a tiež či má zavreté dvierka. Ak nie je diel prítomný, alebo sú zatienené obidva snímače prítomnosti dielu, alebo sú dvierka na kuse otvorené, vyhodnotí sa to na paneli a tester zotrvá v tomto kroku až do odstránenia poruchy. Po správnom identifikovaní dielu tester pokračuje do kroku 30.

V kroku 30 sa diel fixuje pneumatickými valcami. Najprv sa vysunie spodný valec a potom zadný. Ak sú obidva valce vysunuté, tester pokračuje do kroku 40. Tu sa rozhoduje o type vloženého dielu. Podľa toho, aký diel je vložený (pravý alebo ľavý) nastaví sa do log. 1 príslušný bit („vložený ľavý“ alebo „vložený pravý“) a program sa rozvetvuje na 2 časti. V prípade ľavého kusu program pokračuje do kroku 50, v prípade pravého do kroku 55. Krok sa rovnako ako v predchádzajúcich prípadoch posúva po desiatkach. Dôvodom je, že každý diel sa testuje iným valcom a rozvetvenie programu pôsobí prehľadnejšie. V kroku 50 (55) dochádza k vysunutiu otočného valca V3 (V4), čo predstavuje zatlačenie dvierok pre ich odistenie. Po dosiahnutí koncovej polohy valca V3 (V4), sa program dostáva do kroku 60 (65). Tu prichádza povel na vrátenie valca do domácej polohy. Ihneď po rozopnutí snímača, ktorý snímá že valec je zavretý, sa vetvy programu opäť spájajú v kroku 70.

Rozopnutie snímača koncovej polohy valca v kroku 70 znamená, že dvierka sa otvárajú. Spúšťa sa časovač T4:0 v dátovom súbore T4 a čaká sa na prerušenie snímačov polôh 30°, 60°, a 90°. Časovač je nastavený na hodnotu 1,5s. Pokiaľ dôjde k prerušeniu niektorého zo snímačov, porovnáva sa hodnota naakumulovaného času v časovači T4:0 s požadovanými limitmi (podľa Tab. 1). Kontrola limitov sa vykonáva pre každú polohu samostatne. Služí k nemu inštrukcia LIM, ktorá porovnáva naakumulovaný čas v časovači T4:0.ACC (ACC je hodnota naakumulovaného času, z angl. accumulated time) so zadaným dolným a horným limitom (hodnoty „Low Lim“ a „High Lim“). Ak je prerušenie lúča v požadovaných limitoch, inštrukcia pre prechodná a rozsvieti sa zelená LED pre danú polohu. Paralelne k inštrukcii LIM je zapojená rovnaká inštrukcia LIM s vymenenou dolnou a hornou

hranicou. Znamená to, že inštrukcia je prechodná vtedy, ak je hodnota naakumulovaného času v časovači mimo danej tolerancie. V tom prípade je rozsvietená červená LED príslušnej polohy. V polohách 60° a 90° sa navyše kontroluje aj zaznamenanie predchádzajúcich polôh. Ak napríklad dôjde k prerušeniu snímača pre 60° a z nejakého dôvodu nedošlo k prerušeniu snímača polohy 30°, je pre túto polohu rozsvietená červená LED dióda. Takto je zabezpečená postupnosť vyhodnocovania kontrolovaných polôh od najnižšej až po najvyššiu. Po zaznamenaní poslednej polohy (90°), alebo po naplnení časovača T4 sa program dostáva do kroku 80.

V kroku 80 sa vyhodnocujú výsledky otvárania dvierok. Ak sú časy otvárania vo všetkých troch polohách v toleranciách, nasleduje krok 90. Ak aspoň jeden čas nevyhovuje, prípadne vypršal čas časovača T4:0 (tzn. dvierka sa neotvorili úplne, prípadne sa neotvorili vôbec), program pokračuje do kroku 500, čo je chybné otvárania dvierok.

V kroku 90 sa podľa typu testovaného dielu opäť program rozvetvuje na dve časti. Dochádza k zavretiu dvierok čo znamená, že každý typ dielu je ovládaný iným valcom. Kroky 100 (105), a 110 (115) obsahujú pohyb otočného valca vpred a vzad. Tento pohyb slúži na zavretie dvierok. Po vypnutí signálu zo snímača, signalizujúceho vysunutý otočný valec (zavretie dvierok) sa program spája v kroku 120. Tu sa spúšťa ďalší časovač T4:1, ktorý kontroluje prerušenie lúčov 30°, 60°, alebo 90°. Ak k tomu dôjde, znamená to, že zamykanie dvierok nefunguje a program pokračuje do kroku 500 (porucha) s vyhodnotením otvárania dvierok na paneli červenou LED diódou. Ak vyprší čas časovača T4:1 (nastavený na 1s), znamená to že dvierka sa neotvorili a zamykanie pracuje správne. Na paneli sa zelenou LED diódou vyhodnotí výsledok testu a do čítača C5:0 sa pripočíta jeden cyklus. Čítač je nastavený na 20 cyklov. Ak nie je čítač naplnený, program sa vracia do kroku 39, kde sa vypnú všetky LED diódy a celý test sa opakuje až do naplnenia čítača. Keď k tomu dôjde, program pokračuje do kroku 130, kde sa vyhodnotí výsledok celého testovania, nuluje sa čítač a nasleduje krok 140.

Krok 140 spúšťa tretí časovač (T4:2) zároveň so zapnutím výstupu pre gravírovanie výrobných údajov do dielu. Priebeh gravírovania je tiež signalizovaný LED diódou. Po skončení časovania (10s) sa program dostáva do kroku 150, v ktorom sa odsunú upínacie valce V1 a V2, rozsvietia sa signalizácia LED „test celkový OK“ a „odober diel“ a nasleduje krok 160. Po odobraní dielu (neprítomný ani jeden typ dielu na snímačoch) sa program dostáva do kroku 0 a test sa môže začať odznovu.

Krok 500 predstavuje nevyhovujúci test a testovanie je ihneď ukončené s vyhodnotením červenou LED „test celkový NOK“. Zároveň čaká na odblokovanie testera spínačom na kľúč. Takto je zabezpečené, že resetovať test môže len oprávnená osoba. Ak k tomu dôjde, program sa dostane do kroku 510, v ktorom sa odsunú upínacie valce a rozsvietia sa LED „odober diel“. Tá po jeho vybratí zhasne. Nasleduje krok 520, v ktorom svieti LED „odblokuj vadným dielom“ a po zaznamenaní dielu v mieste pre nezhodné kusy program resetuje čítač, vypína LED a opäť sa dostáva do kroku 0.

Prerušiť test kľúčom je možné v každom čase okrem gravírovania. Nie je teda podmienený žiadnym krokom. V prípade zistenia kozmetických chýb dielu sa takto ušetrí čas na dokončenie testu. Ak obsluha otočí kľúčom, do premennej krok sa ihneď kopíruje číslo 520, čo je skok na koniec programu.

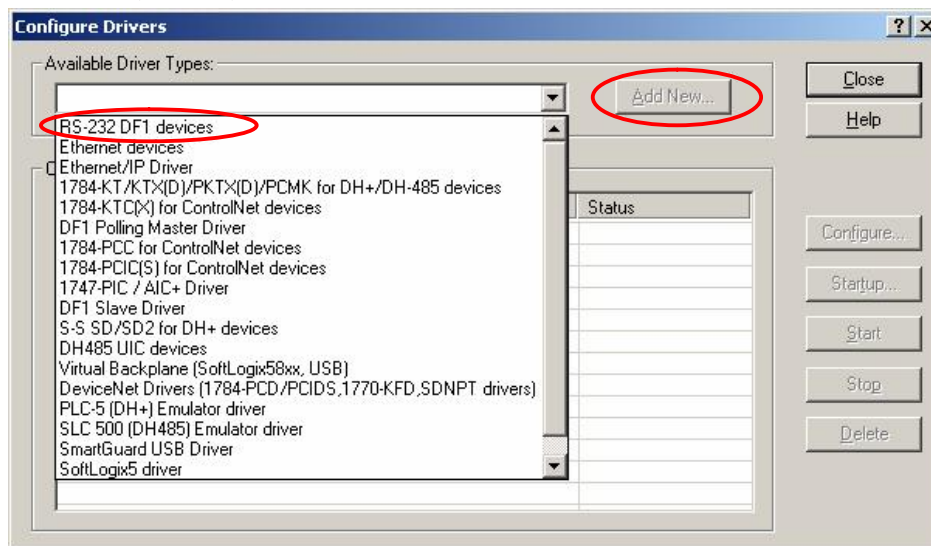
4.5 Nahranie programu do PLC

Procesor MicroLogix 1500 komunikuje po sieti DH-485. Pre komunikáciu PLC s PC je treba ich prepojiť káblom RS-232C. Po prepojení spustíme program RSLinx (Obr. 20) pre nastavenie komunikácie.



Obr. 20 Základné okno RSLinx

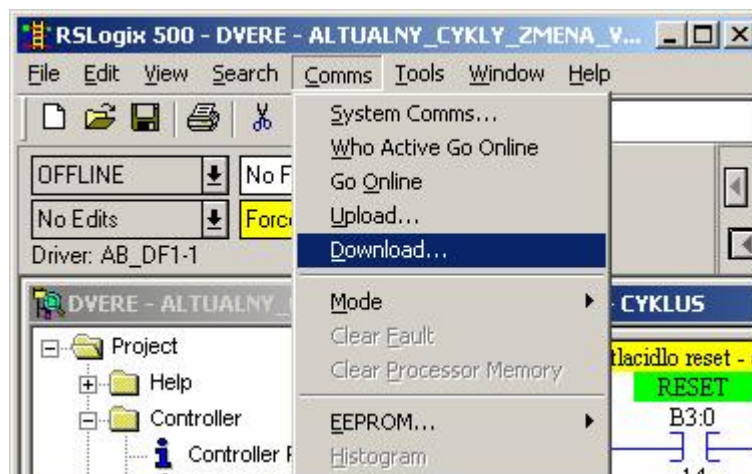
Stlačením tlačidla „Configure drivers“ sa vyvolá okno, v ktorom sú všetky dostupné komunikačné ovládače. Z roletového menu sa vyberie ovládač „RS-232 DF1 devices“ a pridá sa tlačidlom „Add New“ (Obr. 21)



Obr. 21 Okno výberu ovládača

Zobrazí sa ďalšie okno, v ktorom sa po zvolení komunikačného portu nastavuje komunikácia. Je to možné ju nastaviť manuálne, alebo automaticky tlačidlom „Auto-Configure“. Po úspešnom načítaní konfigurácie sa okne vypíše text „Auto-Configure Successful“ (z angl. automatická konfigurácia úspešná). Po tejto operácii práca v programe RSLinx končí a nasleduje nahranie programu do PLC z prostredia RSLogix 500.

V RSLogix 500 sa v záložke „Comms“ vyberie položka „Download“ (Obr. 22), pričom sa program pýta na revíziu programu. Ďalej je potrebné odsúhlasiť prepnutie procesora do programovacieho módu (ak sa v ňom nenachádza) a následne prebehne nahranie programu do procesora.



Obr. 22 Nahranie programu do procesora

Po nahraní programu sa rozsvieti LED Dióda I/O, čo znamená, že procesor spolupracuje s externými modulmi. Aplikácia je pripravená na testovanie.

5 Testovanie riadiacej aplikácie v praktickej prevádzke

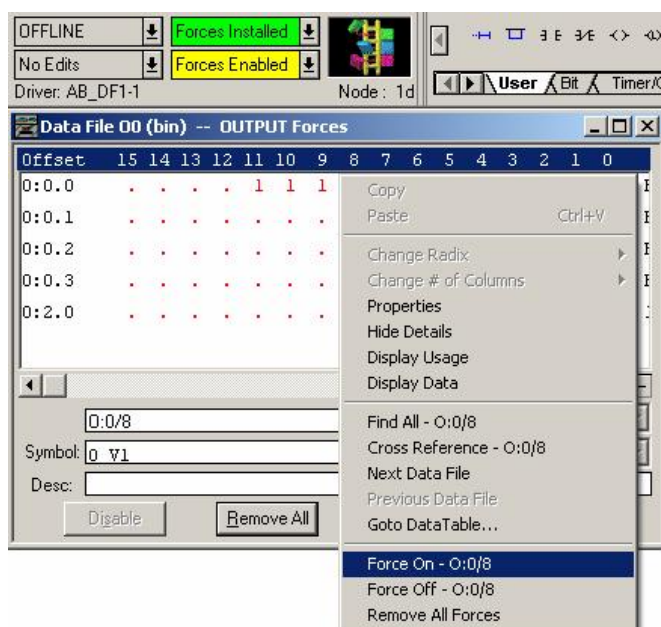
Samotné testovanie prebiehalo v dvoch krokoch. Prvá časť bola zameraná na nastavenie mechanických častí a snímačov a druhá na funkčnosť samotného programu.

5.1 Kontrola nastavenia mechanických častí

Táto kontrola spočíva v overení správnych pozícií snímačov na pneumatikách valcoch, funkčnosti snímania pozície dvierok a funkčnosti rozlišovania dielov.

Pre kontrolu nastavenia magnetických snímačov bola použitá funkcia programu RSLogix 500 „Forcing“. Umožňuje simulovanie vstupov a zapínanie výstupov bez ohľadu na ich skutočný stav, prípadne na stav, vychádzajúci z podmienok programu.

Pre použitie tejto funkcie je potrebné pre dané výstupy zapnúť možnosť nastavovať ich stav. V dátovom súbore výstupov O0 sa po kliknutí pravým tlačidlom myši na príslušný výstup vyvolá kontextové menu, v ktorom je jedna z možností „Force On“ (Obr. 23). Jej výberom sa pre daný výstup aktivuje táto funkcia a na mieste výstupu sa objaví červená jednotka. Týmto spôsobom sú nastavené výstupy O:0.8 až O:0.11, ovládajúce pneumatikové valce. Po ukončení práce je nutné odstrániť Forcing tlačidlom „Remove All Forces“.



Obr. 23 Zapnutie vynúteného stavu výstupov

Zapnutím výstupov O:0.8 až O:0.11 sa aktivovali pneumatikové valce, pričom bolo možné skontrolovať správnu polohu snímačov. Ukázalo sa, že niektoré valce mali nesprávne nastavený snímač vo vysunutej polohe.

Kontrola rozlišovania dielov prebiehala vkladáním rôznych kusov do testera a kontrolovaním stavu oboch snímačov. Pri prvých kusoch sa snímače dostávali do neurčitých stavov (indikované LED diódami na nich). Po nastavení intenzity snímání oboch snímačov už rozlišovanie dielov pracovalo správne.

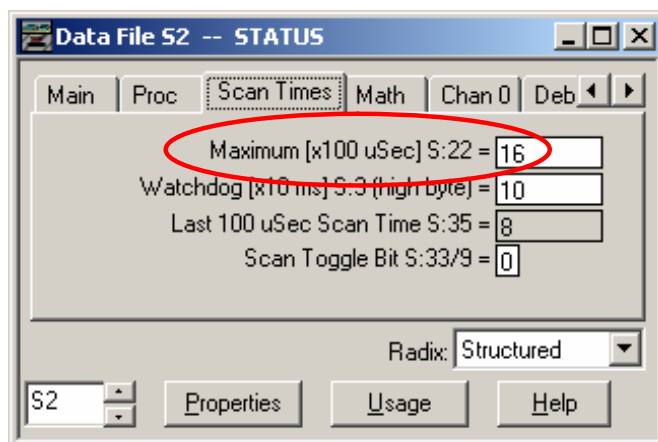
Snímání polohy dvierok nepracovalo vôbec. Počas ich otvárania nedošlo k zaznamenaniu pohybu ani jednou spínacou jednotkou. Bolo nutné výrazne znížiť citlivosť ich snímání. Po tomto nastavení zaznamenávanie polohy dvierok pracovalo taktiež bezchybne.

Správne nastavenie snímačov je základná podmienka pre konečnú funkčnosť zariadenia. Pre testovanie programu to bolo nevyhnutné, inak by sa program zastavoval v jednotlivých krokoch. Takýto stav by mohol byť nesprávne interpretovaný ako chyba programu.

5.2 Testovanie programu

Po nastavení snímačov nasledovalo overenie funkčnosti programu. Vykonalo sa spustením programu a sledovaním, v ktorej časti sa program zastaví.

Prepnutím prepínača na procesore do Run módu (z angl. spracovať) sa všetky valce uviedli do základnej (zasunutej) polohy, program sa dostal do kroku 10 a zobrazovací panel indikoval pripravenosť testera. Vloženie dielu a spustením testu sa overila základná funkčnosť celého programu a postupnosti krokov. Test dielu prebehol pozitívne a časy otvárania dvierok boli v toleranciách. Pre overenie správnosti nameraných časov bol manuálne zmeraný čas úplného otvorenia dvierok. Ten sa takmer zhodoval s časom nameraným v testeri. Rozdiel v oboch časoch (cca 40 ms) bol spôsobený nepresnosťou manuálneho merania. Pre vylúčenie oneskoreného snímania z dôvodu vykonávania programu je možné v stavovom súbore overiť maximálny čas programového cyklu. Na Obr. 24 je vyznačený maximálny čas cyklu, teda v prepočte 1,6 ms. Z pohľadu meraných tolerancii je toto maximálne možné oneskorenie zanedbateľné.



Obr. 24 Čas vykonávania programu

Po úspešnom odskúšaní funkčnosti programu nasledovala kontrola chybových stavov. Ako prvé bolo testovanie rozlišovania dielov. Tester bol najprv uvedený do chodu bez vloženého dielu. Cyklus sa nespustil a na kontrolnom paneli sa rozsvietili diódy podľa naprogramovanej situácie. V ďalšom prípade boli zatienené oba snímače rozlišovania dielov. Rovnako ako v predchádzajúcom prípade, i v tomto sa cyklus nespustil a panel indikoval konfliktnú situáciu.

Otváranie dvierok sa testovalo dielom, ktorý nezodpovedal špecifikácii. Počas prvého testu otvárania dvierok tester vyhodnotil časy ako nesprávne a v teste nepokračoval. Po otočení kľúčom bol diel uvoľnený a po jeho zaznamenaní v mieste pre nezhodné diely sa tester korektne vrátil do kroku 10. Podobne dopadol aj test na nefunkčné zamykanie dvierok. Testovanie sa prerušilo a tester čakal na zásah obsluhy.

Funkčnosť kľúča počas testovania dopadla dobre, rovnako ako aj jeho nefunkčnosť počas gravírovania. Test sa ihneď prerušil, diel bol uvoľnený a čakal na signál zo snímača nezhodných kusov.

Testovanie funkčnosti celého zariadenia sa overovalo ešte na ďalších 100 testovacích kusoch, pri ktorých boli známe vlastnosti testovaného dielu. Výsledky testov boli v súlade s nameranými veličinami.

6 Záver

Predmetom tejto práce bolo zvýšenie kontroly pre odkladáciu priehradku automobilu a tým aj zvýšenie jej kvality. Doterajšiu vizuálnu kontrolu operátora nahradilo testovacie zariadenie, ktoré jednoznačne rozhodne o použiteľnosti testovaného kusu. Program bol pri testovaní plne funkčný a spoľahlivo identifikoval vyhovujúce a nevyhovujúce kusy. Dôležitým krokom pred testovaním programu sa ukázalo nastavenie všetkých snímacích prvkov.

Práca obsahuje celý postup od výberu automatu, cez špecifikáciu modulov, návrh programu, až po testovanie. Vo všetkých fázach, od zoznámenia sa s požiadavkami až po konečné odovzdanie zariadenia som sa snažil o dôkladnosť, ktorá ako jediná vedie k spokojnosti zákazníka.

Pri výbere automatu bol kladený veľký dôraz na možnosť rozšírenia zariadenia v budúcnosti. V prípade potreby je možné rozšíriť zariadenie pridaním vstupno-výstupných modulov a ich prepojením so základnou zostavou. Toto riešenie je ekonomicky výhodné a pre tento účel plne dostačujúce. Taktiež je možné zvoliť menej výkonný automat a použiť navrhnutý program.

V súčasnosti je projekt v bezporuchovej prevádzke 6 mesiacov a zo strany zákazníka bola zaslaná požiadavka na rozšírenie zariadenia o ďalší tester. Projekt bude vychádzať zo súčasného riešenia. Použitím už naprogramovaného PLC a pridaním externých modulov sa znížia náklady a zároveň bude zabezpečená funkčnosť programu.

7 Použitá literatura

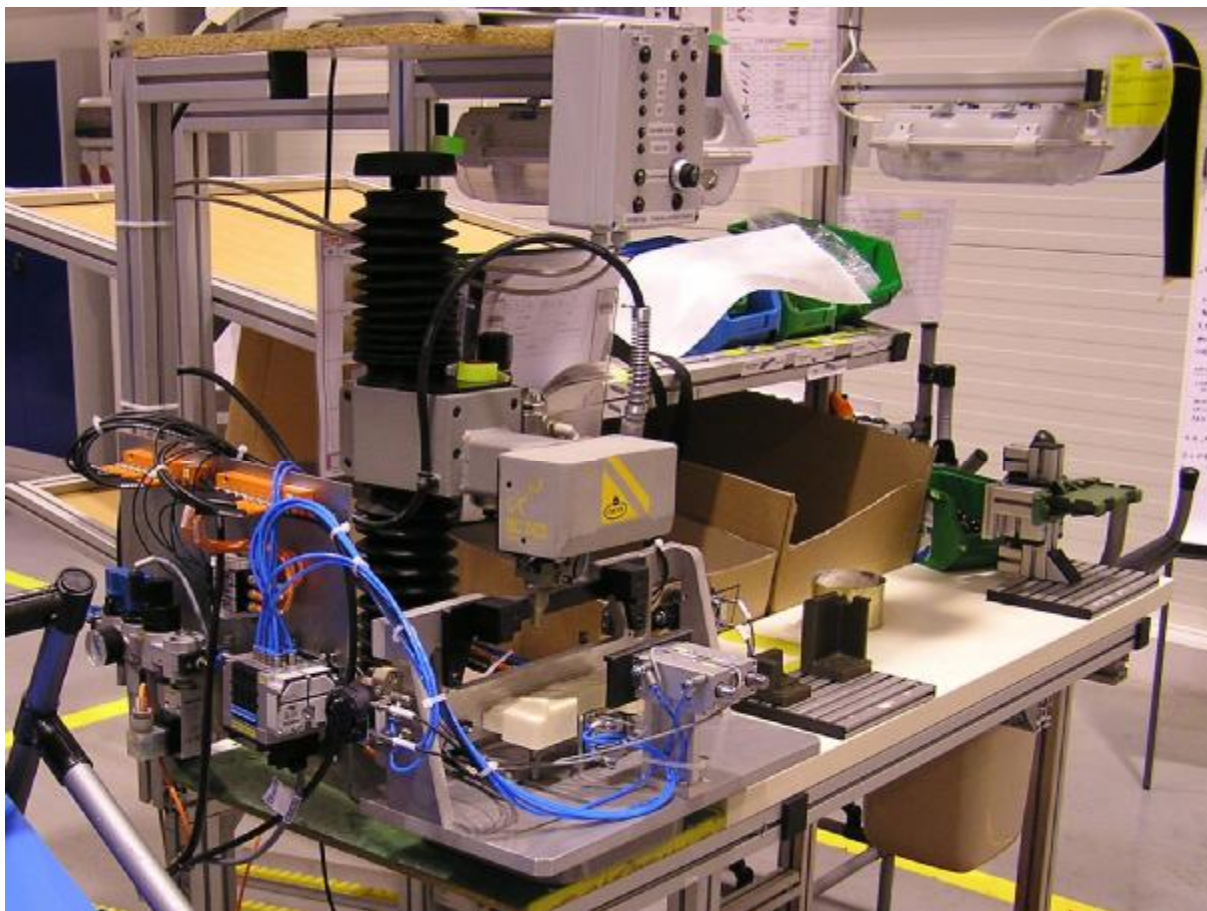
- [1] *MM Průmyslové spektrum* [seriál online]. Praha: MM Publishing, s.r.o., 1997-. [cit. 2009-03-15]. Dostupné z URL <<http://www.mmspektrum.com/clanek/moznosti-uplatneni-plc>>. ISSN 1212-2572.
- [2] Festo. *Bezdotykové snímače SME/SMT* [online]. Červenec 2005, [cit. 2009-04-18]. <https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_sk/PDF/SK/SMX_SK.PDF>
- [3] Balluff. *Optoelektronické snímače* [online]. Únor 2007, [cit. 2009-04-18]. <http://www.balluff.cz/Download/katalogy/haupt/S21_0703_cz.pdf>
- [4] Balluff. *Indukční snímače* [online]. Únor 2007, [cit. 2009-04-19]. <http://www.balluff.cz/Download/katalogy/haupt/S11_0703_cz.pdf>
- [5] Balluff. *Optoelektronické snímače* [online]. Únor 2007, [cit. 2009-04-21]. <http://www.balluff.cz/Download/katalogy/haupt/S22_0703_cz.pdf>
- [6] Festo. *Tlakové spínače PEV/VPEV, PE převodníky PE/PEN/VPE* [online]. Březen 2008, [cit. 2009-04-18]. <https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_sk/PDF/SK/PEV_SK.PDF>
- [7] Schrack Technik. *Relé* [online]. ©2005, [cit. 2009-03-02]. <http://www.schrack.sk/uploads/media/7_RELE.pdf>
- [8] Festo. *Zariadenia na úpravu stlačeného vzduchu, konštrukčný rad D* [online]. Březen 2006, [cit. 2009-04-18]. <https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_sk/PDF/SK/D-SERIES_SK.PDF>
- [9] Festo. *Ventilové terminály typ 10 CPV, Compact Performace* [online]. Březen 2006, [cit. 2009-04-18]. <https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_sk/PDF/SK/TYP10_SK.PDF>
- [10] *Součástky pro elektrotechniku*. Praha: GM Electronics s.r.o., 2004.
- [11] *Pico* [online]. 27. listopadu 2000, [cit. 2009-04-10]. <http://www.controltech.sk/data/kk_rs.pdf>
- [12] *Pico* [online]. ©2009, [cit. 2009-04-10]. <<http://www.controltech.sk/products/pico.php?pid=2>>
- [13] *MicroLogix 1000* [online]. ©2009, [cit. 2009-04-10]. <http://www.controltech.sk/products/micrologix_1000.php?pid=2>
- [14] *MicroLogix 1500* [online]. ©2009, [cit. 2009-04-10]. <http://www.controltech.sk/products/micrologix_1500.php?pid=2>
- [15] Rockwell Automation. *Compact I/O* [online]. ©2009, [cit. 2009-04-10]. <<http://epub1.rockwellautomation.com/images/web-proof-large/GL/17794.jpg>>
- [16] Rockwell Automation. *MicroLogix™ 1500 Programmable Controller Base Unit* [online]. Zář 2007, poslední revize březen 2008 [cit. 2009-04-10]. <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1764-in001_mu-p.pdf>
- [17] *Projektování a programování řídicích systémů SLC-500*. Příručka pro účastníky kursu. Praha: Rockwell Automation Service s.r.o., 2008. 64 s.

8 Seznam příloh

Příloha I – Fotografie osadeného testera

Příloha II – CD

Příloha I – Fotografie osadeného testera



Obr. 25: Pohľad na osadený tester



Obr. 26: Pohľad na osadený tester

Příloha II – CD

Na přiloženém CD jsou na adresáři „Katalogové listy“ uloženy části katalogů, ze kterých byly čerpané údaje o snímačích a pneumatických prvcích, případně PLC.

Obsah CD:

- BP_Tomas_Maruniak.doc – vypracování bakalářské práce ve formátu MS Word,
- BP_Tomas_Maruniak.pdf – vypracování bakalářské práce ve formátu PDF.

Katalogove_listy:

- 1764-in001_-mu-p.pdf – základní jednotka řídicího systému MicroLogix 1500,
- 7_RELE.pdf – miniaturní relé PT,
- D-SERIES_SK.pdf – zariadenie na úpravu stlačeného vzduchu,
- kk_rs.pdf – kapesní katalog řídicích systémů,
- PEV_SK.pdf – tlakové a vákuové spínače,
- S11_0703_cz.pdf – optoelektronické snímače,
- S21_0703_cz.pdf – optoelektronické snímače,
- S22_0703_cz.pdf – optoelektronické snímače,
- SMX_SK.pdf – bezdotykové snímače SME/SMT,
- TYP10_SK.pdf – ventilové terminály typ 10 CPV.