

Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra automatizační techniky a řízení

# **Řízení a vizualizace elektro- pneumatických prvků**

Student:

Patrik Pilch

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.

# Anotace

PILCH, P. *Řízení a vizualizace elektro-pneumatických prvků: Diplomová práce.*  
Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra automatizační techniky a řízení, 2015, Vedoucí práce: Mahdal, M.

Tento projekt se zabývá popisem a zprovozněním jednotlivých prvků elektrického panelu, který byl vytvořen pro výukové stoly Festo Didactic. Následně je vybrána vhodná mikroprocesorová jednotka, u které jsou popsány základní informace a její fyzické připojení s elektrickým panelem. V souvislosti s tím je panel rozšířen i o potřebné desky plošných spojů. U takto připojeného panelu je následně vybrán typ komunikace s počítačem a periferní komunikační deska pro procesor. Vybraný komunikační protokol je popsán a současně provedeno naprogramování jednotky. V počítači je pomocí SCADA vizualizačního softwaru zprovozněna komunikace s procesorem a dále jsou vytvořeny obrazy jako diagnostika panelu, základní elektro-pneumatické úlohy zobrazující ať už jednoduché použití základních prvků anebo složitější procesní úlohy.

Klíčová slova: elektro-pneumatika, vizualizace, PROMOTIC

## Obsah

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Úvod.....                                       | 1  |
| 2   | Seznámení s výukovým elektronickým panelem..... | 1  |
| 3   | Ověření funkčnosti.....                         | 2  |
| 4   | Připojení desky Arduino k panelu.....           | 3  |
| 5   | Komunikace.....                                 | 4  |
| 6   | Vizualizační aplikace.....                      | 6  |
| 6.1 | Diagnostický panel.....                         | 6  |
| 6.2 | Vizualizace licího stroje.....                  | 7  |
| 6.3 | Vizualizace lisu.....                           | 9  |
| 7   | Závěr.....                                      | 10 |
| 8   | Použitá literatura.....                         | 11 |

# 1 Úvod

Vizualizace procesů a jejich vzdálené řízení je v dnešní době již standardem pro téměř jakékoliv průmyslové firmy. Tato oblast se neustále vyvíjí a její růst bude nepochybně i v následujících letech.

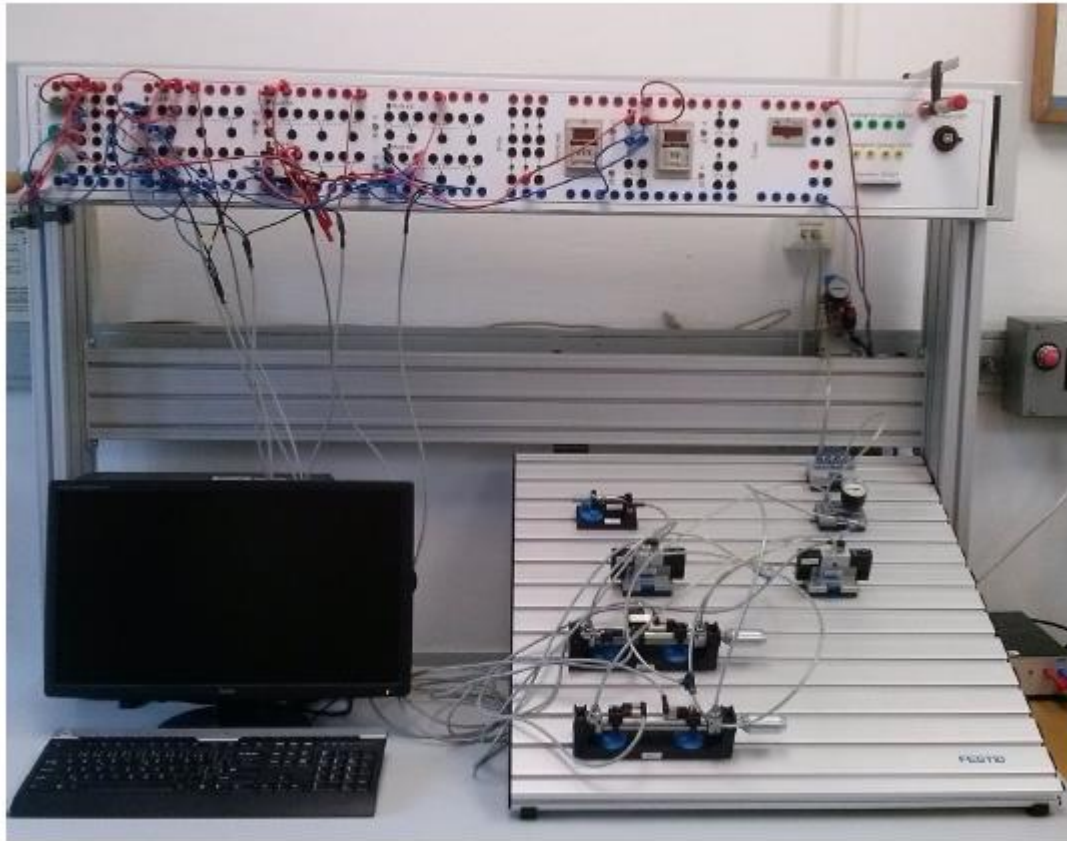
Tato studentská práce se bude věnovat elektro-pneumatickému výukovému panelu, jehož elektrická část byla vytvořena v rámci bakalářské práce na Vysoké škole báňské – Technické univerzity Ostrava, katedra automatizační techniky a řízení. V rámci projektu bude ověřeno, zdali je panel plně funkční a případné nedostatky opraveny.

Panel bude připojen k mikroprocesorové jednotce Arduino, díky které bude možno jednotlivé prvky panelu ovládat. Mikroprocesor bude komunikovat s počítačem, kde bude vizualizační software PROMOTIC, který slouží k řízení technologických procesů. Dále budou analyzovány možnosti připojení mikroprocesorové jednotky k PROMOTICU. Vybrané připojení bude následně provedeno a naprogramováno.

Závěrem budou vytvořeny vizualizační aplikace v prostředí SCADA/HMI, systému PROMOTIC.

## 2 Seznámení s výukovým elektronickým panelem

Vytvořený panel je zabudován ve výukovém elektropneumatickém stole firmy Festo, který se v poslední době hojně využívá na vysokých a středních školách a dává tak možnost, si vyzkoušet naučené teoretické znalosti v praxi. Důvod k vytvoření nového panelu a nepoužití originálních prvků od Festa, který tyto výukové stoly standardně doplňuje, byl rozšířit jeho další možnosti využití. V tomto případě jde o přidání mikroprocesorové jednotky, která bude umět získávat informace o jednotlivých prvcích panelu a případně je i ovládat. Jednotka se dále bude starat o přenos dat mezi panelem a počítačem (a naopak), kde se budou díky vizualizačnímu nástroji jednotlivé stavy a informace z panelu zobrazovat.



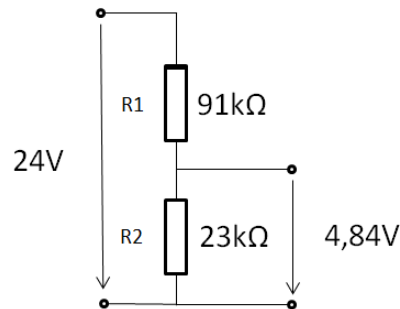
**Obr. 1** Výukový stůl Festo Didactic s elektronickým panelem (Przeczek, 2016)

O komunikaci s počítačem se zde stará stavebnice Arduino MEGA 2560. Jde o Open-Source platformu, která je založena na jednoduchém hardwaru a softwaru a používá se pro snadný návrh a vývoj elektronických programovatelných zařízení. Velkou výhodou Arduino platformy je jednoduchá aplikace, velmi velký zástup kompatibilního hardwaru a značná podpora komunity. Oproti ostatním stavebnicím se Arduino vyjímá také velice příznivou cenou.

Srdcem této desky je procesor ATmega2560 vyrobený firmou Atmel. Tento 8mi bitový procesor disponuje 256kB programovatelnou flash pamětí (použitá pro uložení kódu), 4kB EEPROM a 8kB SRAM

### 3 Ověření funkčnosti

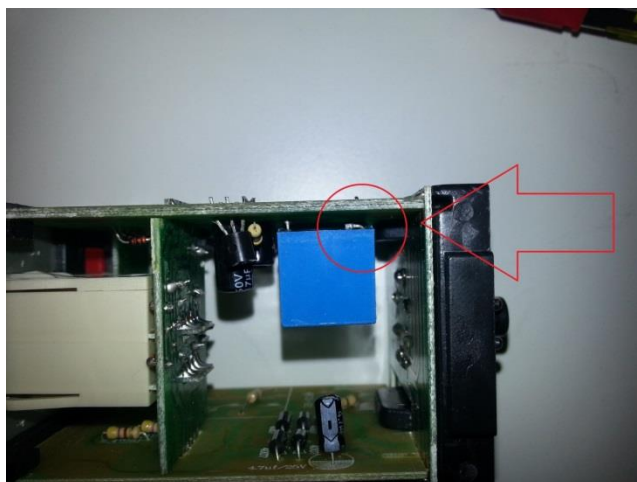
Jelikož byl panel vytvořen v rámci bakalářské práce a pro jeho další rozšíření je potřebná plná funkčnost, provedla se kontrola všech komponent jednotlivě. Ne vše bylo zcela funkční. Vadné byly napěťové děliče, které upravovaly napětí z 24V na 5V.



Obr. 2 Napěťový dělič

Místo rezistoru s hodnotou 23kΩ zde byl připájen rezistor s odporem pouhých 23Ω.

Další problém, který se u panelu objevil, byl ten, že u minutového časového relé se po uplynutí času nesepnulo jedno ze dvou relé na výstupu. Po rozebrání se zjistilo, že jeden pin relé nebyl správně zasunut do desky plošného spoje.

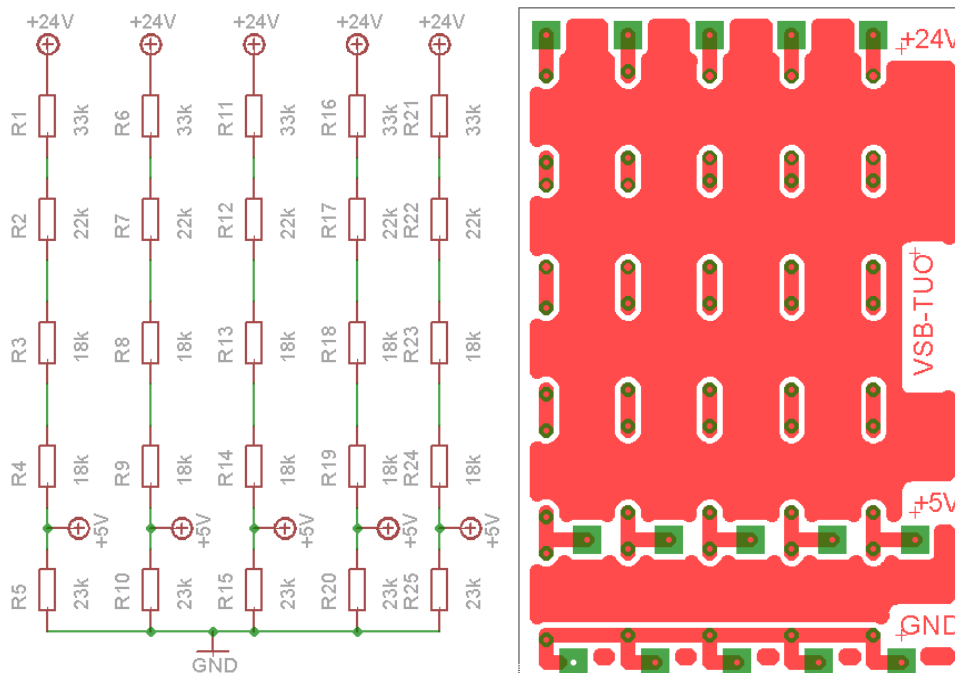


Obr. 3 Chybně nainstalované relé

## 4 Připojení desky Arduino k panelu

Arduino má 5V vstupy a výstupy a panel používá napětí 24V. Plošné desky, které jsou napojeny na relé, již mají pomocí napěťového děliče popř. ovládacího relé potřebné 5V vstupy a výstupy pro mikroprocesor.

Tlačítka na panelu tuto úpravu neměly a bylo je nutno dodělat. V softwaru Eagle se navrhla deska plošného spoje, která obsahuje pět napěťových děličů, jejichž hodnoty odporů jsou naprosto stejné, jako na deskách, které ovládají relé. Na panelu najdeme tři tlačítka. Dva děliče jsou tedy jako rezerva pro možné budoucí rozšíření.



Obr. 4 Rozšiřující napěťový dělič

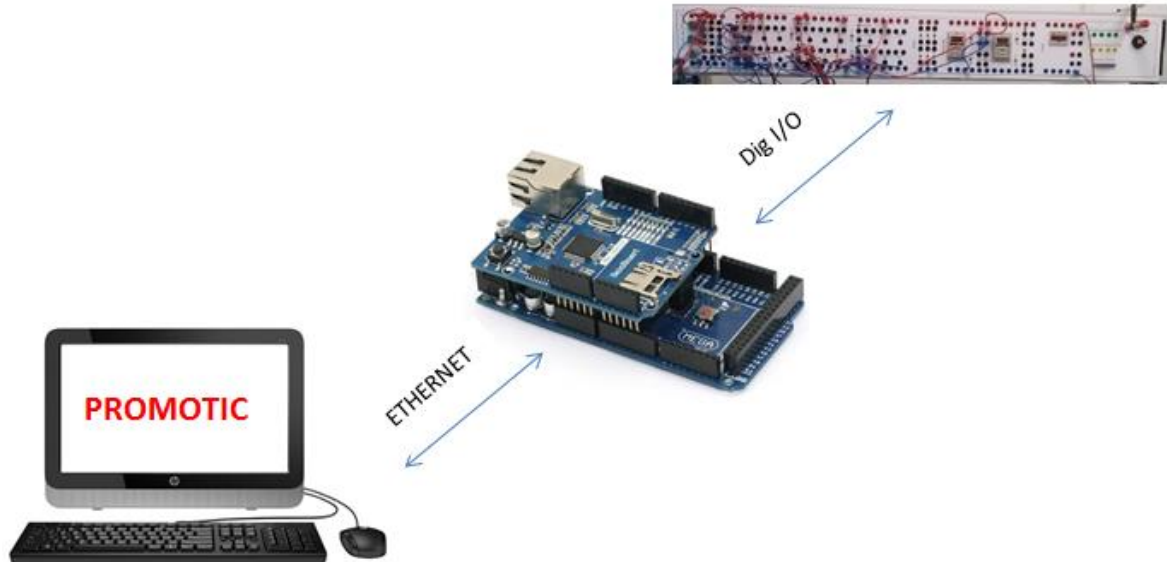
## 5 Komunikace

Mikrokontrolér Arduino má nesčítelně mnoho možností, jak komunikovat s jinými mikrokontroléry a počítači. Pro komunikaci mezi mikrokontrolérem Arduino a PROMOTICem respektive počítačem je ideální otevřený komunikační protokol Modbus. PROMOTIC má již integrované ovladače tohoto protokolu a k Arduino jsou volně stažitelné knihovny, které nám přenos umožní. Jde o komunikační protokol na úrovni aplikační vrstvy ISO/OSI modelu vytvořený firmou Modicon (nyní Schneider Electric) v roce 1979 pro vzájemnou komunikaci logických programovatelných automatů. Stal se de facto standardním komunikačním protokolem a nyní je často dostupný pro připojení průmyslových elektronických zařízení. Modbus povoluje komunikace mezi mnoha zařízeními připojenými ve stejné síti (například měření teploty a vlhkosti a posílání výsledků do počítače). Používá se taky často pro SCADA systémy a RTU.

Mezi přenosová média standardně patří síť Ethernet (TCP/IP), sériová linka (RS-232, RS-485, RS-422, optické a rádiové sítě).

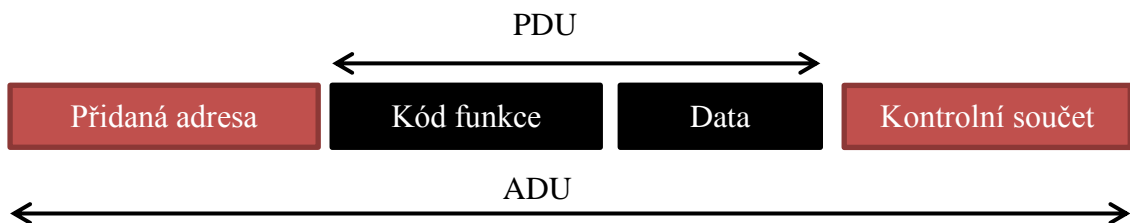
Komunikace funguje na principu klient-server neboli master-slave. Arduino bude z hlediska komunikace na pozici slave a PROMOTIC master. Komunikace je možná buď přes sériovou linku, nebo Ethernet. Ethernetové rozhraní pro Arduino se dá běžně koupit a k desce Mega 2560 lehce připojit.

Pro tento projekt byla tedy zvolena komunikace pomocí protokolu Modbus a ethernetového rozhraní. Ethernetový kabel je tedy možné připojit do switchu a k mikroprocesoru se poté připojit z kteréhokoliv počítače, který je připojen na stejné síti.



Obr. 5 Schéma zapojení

Modbus protokol definuje jednoduchou protokolovou datovou jednotku (PDU) nezávislou na typu komunikační vrstvy. Mapování na specifickou sběrnici nebo síť se dále zpráva rozšíří o další část a posune se na úroveň aplikační datové jednotky (ADU).



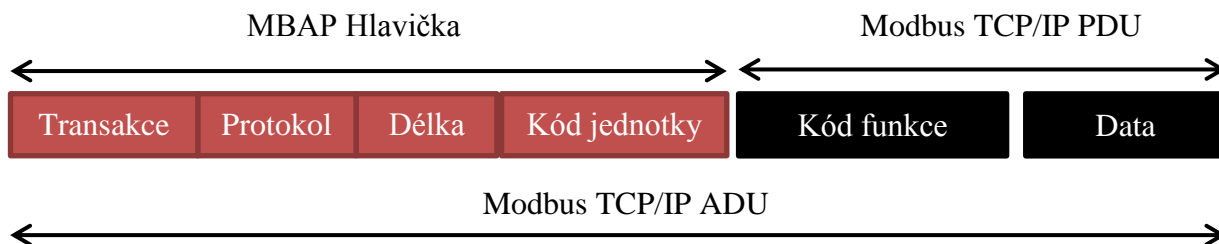
Obr. 6 Princip komunikace Modbus

Kód funkce informuje server, který druh operace má provést. Hodnota je zakódována v jednom bytu (1-255), kdy rozsah 128-255 je vyhrazen pro oznámení chyby. Funkční kód „0“ není platný.

Maximální velikost zprávy je zděděna již od první implementace Modbusu na sériové lince (max RS 485 ADU = 256 bytů).

TCP/IP Modbus, který je použit v této úloze má trochu odlišnou formu. Základem je 253 bytů PDU, plus obsahuje takzvanou MBAP (Modbus Application Protocol Header)

hlavičku o délce 7 bytů – celkem tedy 260 bytů. Ta obsahuje pořadové číslo transakce, číslo protokolu, informaci o celkovém počtu bytů a číslo jednotky.



Obr. 7 Modbus TCP/IP

## 6 Vizualizační aplikace

Jelikož je komunikace hotová, je možno se přesunout do grafického editoru a vytvořit první vizualizační aplikace. V PROMOTICu je na výběr mezi dvěma skriptovacíma jazyky – VisualBasic Script a JavaScript. Pro tento projekt byl zvolen VisualBasic z důvodu, že JavaScript musí fungovat i ve WEB obrazech a nejde psát skripty přímo z grafického prvku do aplikačních proměnných.

Vizualizační aplikace zobrazující funkci jednočinného a dvojčinného pneumatického pohonu a jejich zapojení byla zobrazena v prezentaci.

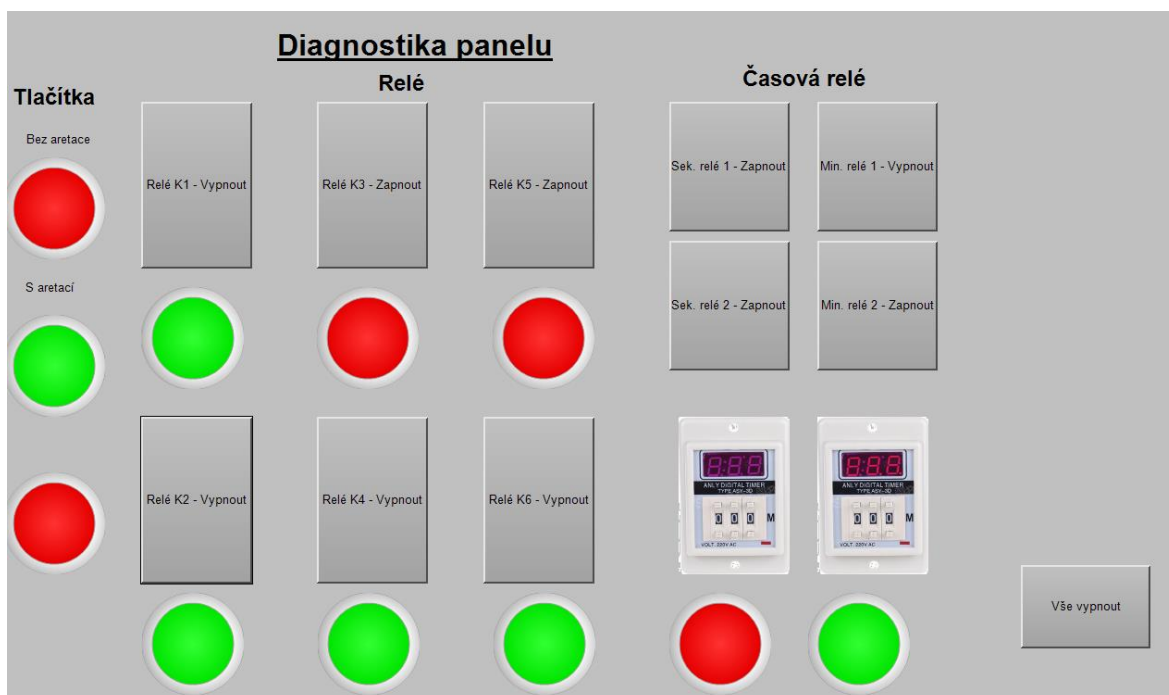
### 6.1 Diagnostický panel

Na této obrazovce jsou zobrazeny jednotlivé prvky panelu. Rozmístění prvků v aplikaci odpovídá rozmístění prvků na fyzickém panelu.

Diagnostická obrazovka nám umožňuje spínat pomocí dvoustavových tlačítek jednotlivé relé. Zpětnou vazbou jsou kontrolky, které nám signalizují, zdali k sepnutí opravdu došlo. Dále je možné pomocí signálek monitorovat stavy jednotlivých tlačítek. Každé časové relé má dva okruhy, ale po uplynutí času, se sepnou oba výstupy. Z tohoto důvodu postačuje pouze jedna signálka. Dva oddělené okruhy můžeme využít například, pokud chceme relé jednou spouštět přímo z panelu a poté vzdáleně. Díky přepínačům MCU ON/OFF dosáhneme toho, že se jednotlivé okruhy nebudou ovlivňovat.

Zelená signálka zobrazuje sepnuté, červená signálka rozepnuté tlačítko/relé.





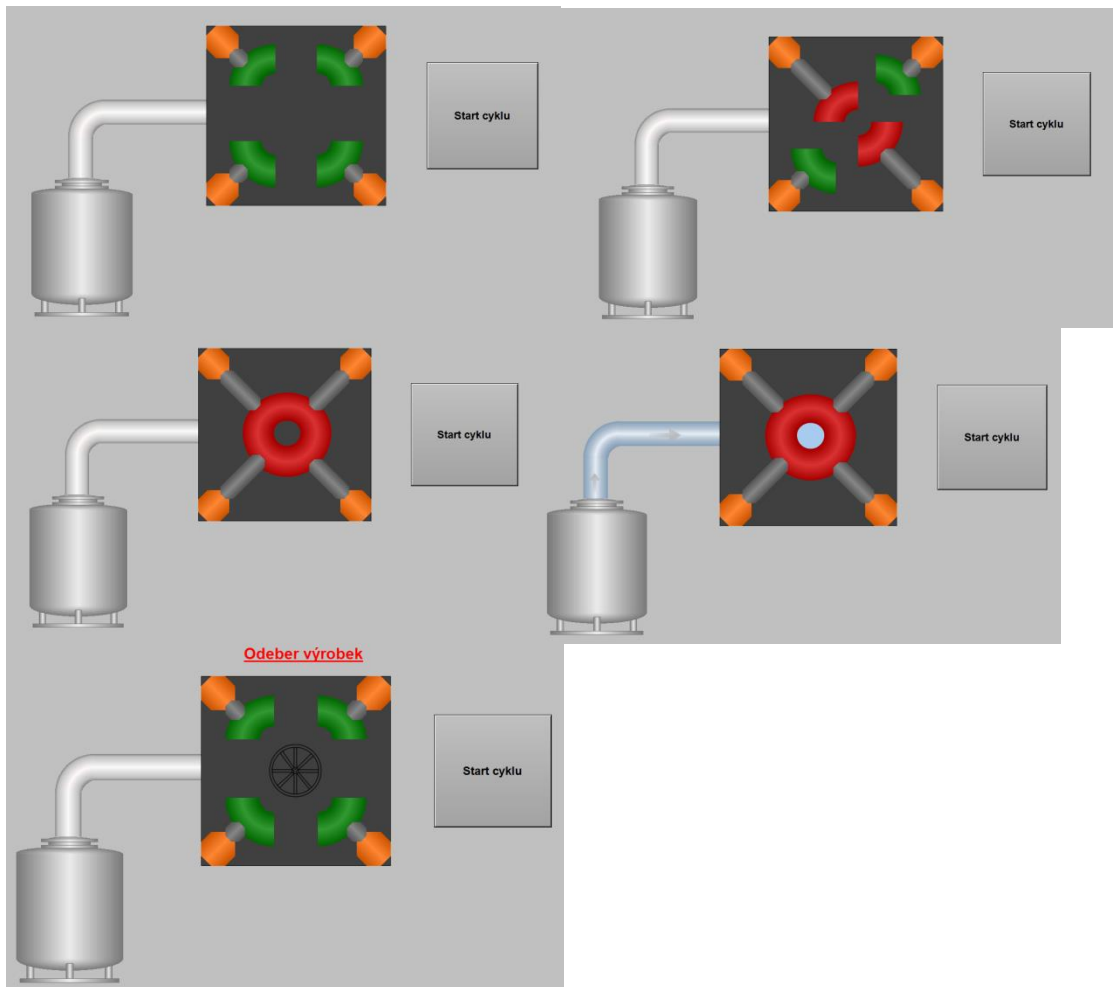
Obr. 8 Diagnostika panelu

## 6.2 Vizualizace licího stroje

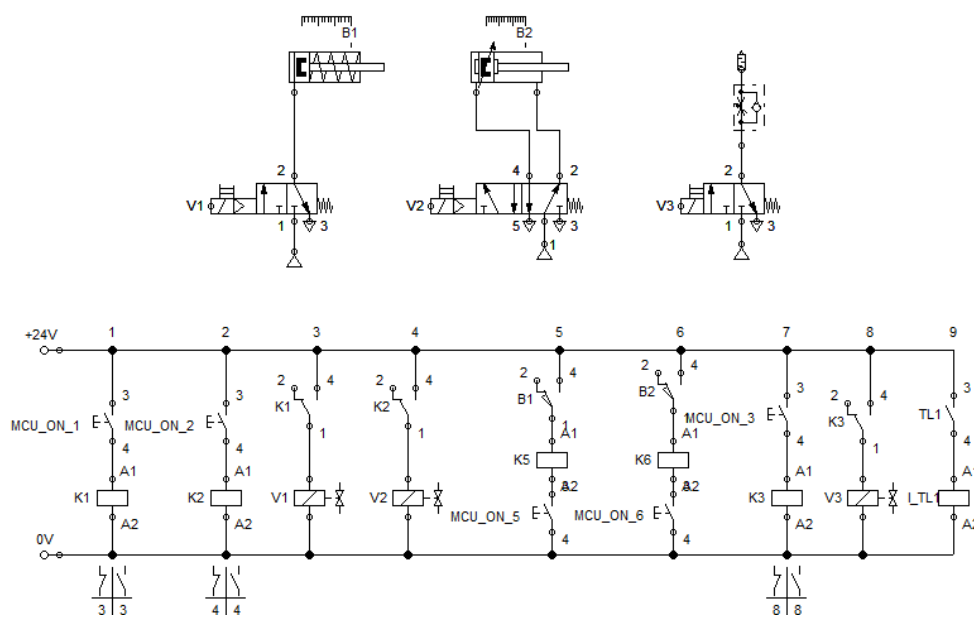
Tato úloha zobrazuje proces výroby hliníkového kola na licím stroji. Jednotlivé kroky jsou řízeny pomocí časovačů, kdy každý krok si hlídá, jestli se předchozí provedl. Není možné tedy spustit např. tlakování nádoby bez toho, aby byly zavřené čelisti.

Před startem licího cyklu jsou čelisti otevřeny a pec je odtlakována. Licí cyklus spustíme jednostavovým tlačítkem *Start cyklu*. Po spuštění cyklu se zasune čelist 1 a 4 (relé K1). Spolu se zasunutím čelistí se také aktivuje časovač, který po stanoveném čase zasune další dvě čelisti (relé K2). Spolu se zasunutím čelistí se také aktivuje časovač, který po definovaném čase zasune další dvě čelisti (relé K2). Po zavření všech čelistí se povolí další časovač, který spustí tlakování formy (relé K3). Dále se vypne tlakování a začnou se postupně otevírat čelisti (po dvou). Na vizualizaci se objeví hotové kolo, které se odebere potvrzovacím tlačítkem TL1. Po odebrání kola je možno odstartovat další cyklus.

V aplikaci se textově zobrazují jednotlivé fáze cyklu, dále počet vyrobených kol, tlačítko pro otevření schématu zapojení, příp. uložení dat o výrobě do souboru.



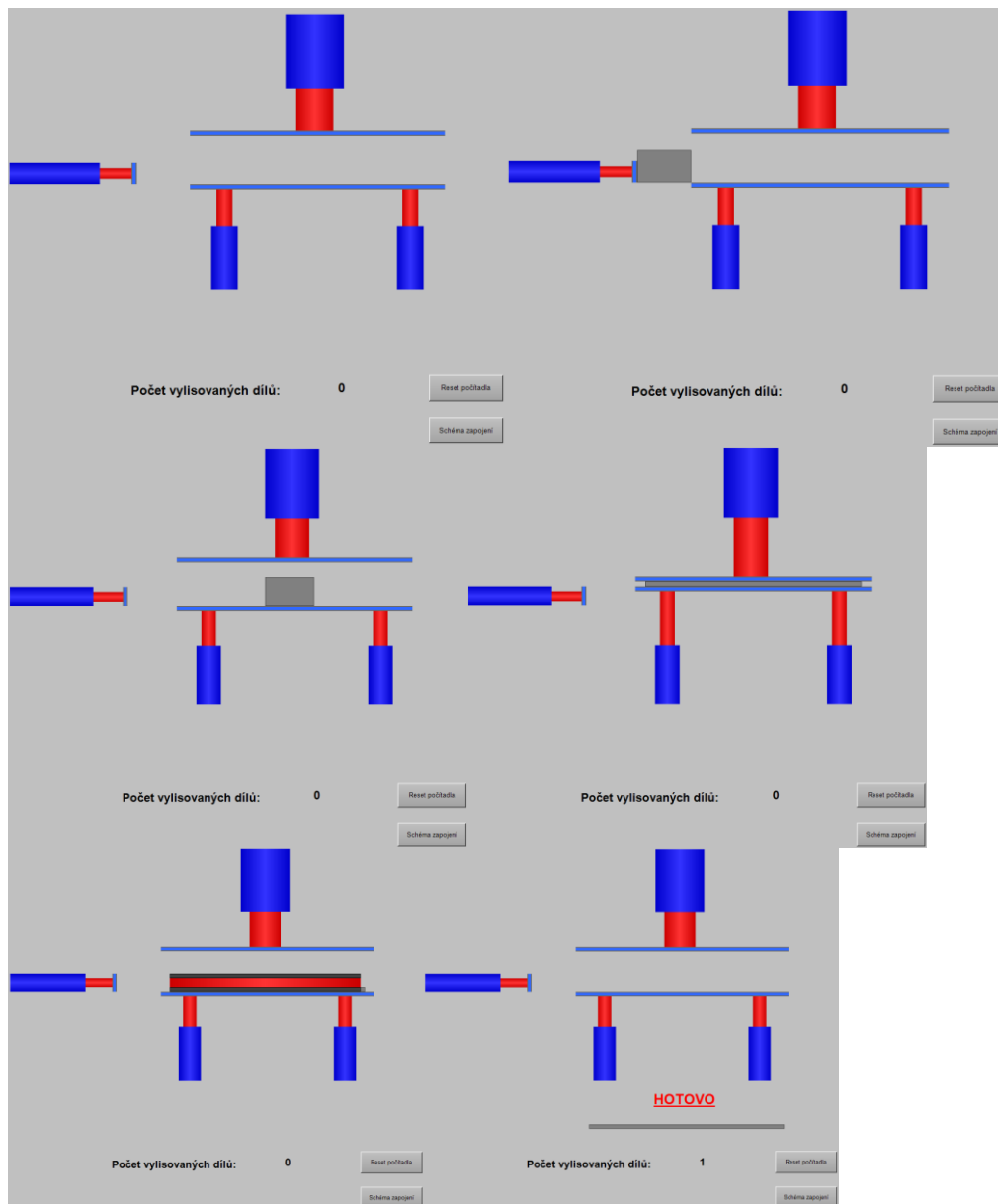
Obr. 9 Hotový výrobek



Obr. 10 Schéma zapojení licího stroje

## 6.3 Vizualizace lisu

Jde o úlohu, která zobrazuje proces lisování polotovaru na finální výrobek. Na začátku se čeká na přítomnost materiálu u podavače. Pokud se materiál u podavače objeví, tlačítkem TL1 se aktivuje podavač a posuneme materiál pod lis. Ihned po tom co podavač dosáhne koncové polohy, se vrátí na svou domácí pozici. Lisování se odstartuje současným stlačením dvou tlačítek (bezpečnost). Po stlačení materiálu se válce opět zasunou. A další válec vytlačí vyliisovaný materiál mimo lis. Po odebrání materiálu je možno začít s další lisováním.



Obr. 11 Vizualizační úloha představující lis

## 7 Závěr

Cílem projektu bylo seznámit se a popsat výukový elektronický panel pro ovládání a měření stavů elektro-pneumatických prvků, který byl vytvořen v rámci bakalářské práce.

Provedl se výpis jednotlivých prvků, který tento panel obsahuje a popsány jejich základní vlastnosti. Pomocí typových úloh se zjistila jejich funkčnost a jakékoliv zjištěné chyby a poruchy byly opraveny (chybný napěťový dělič, vadné časové relé, přerušené cesty na deskách plošných spojů).

Následně byla navržena a vytvořena deska plošných spojů, která obsahuje napěťové děliče. Tyto děliče se použily pro tlačítka na panelu, jelikož neměla 5V výstup pro mikroprocesorovou jednotku.

Dále bylo provedeno připojení mikroprocesorové jednotky, která je využita pro ovládání a monitorování elektronického panelu, popsány její vlastnosti a pomocí jednoduchého algoritmu ověřena funkčnost.

V dalším kroku proběhlo seznámení s vizualizačním prostředím SCADA softwaru PROMOTIC a zjištěny ideální možnosti připojení a následná komunikace k mikroprocesorové jednotce. Pro komunikaci byl vybrán otevřený protokol Modbus, který komunikuje přes Ethernet TCP/IP. Vývojová deska Arduino byla tedy rozšířena o Ethernetový modul. PROMOTIC v této komunikaci funguje jako master, Arduino deska jako slave. Po připojení byl v mikroprocesoru vytvořen algoritmus, který ovládá všechny použité vstupy/výstupy a komunikuje s PROMOTICEM. Tato deska zde funguje jen jako určitý most mezi panelem a vizualizačním softwarem.

Na závěr byly vytvořeny vizualizační aplikace. První aplikace se stará o diagnostiku panelu. Z této aplikace je možno ovládat a sledovat jednotlivé prvky umístěné na panelu.

Další aplikace jsou již konkrétní elektro-pneumatické úlohy, které nám zobrazují určitý technologický proces. Jedna aplikace zobrazuje proces výroby hliníkového kola na licím stroji a další aplikace zobrazuje lisování polotovaru na finální výrobek. Byly také vytvořené aplikace, pro naprosté začátečníky, jako je zapojení jednočinného a dvojčinného pohonu s využitím pneumatického rozváděče a koncových spínačů.

## 8 Použitá literatura

- Arduino MEGA 2560. In: Arduino: MEGA 2560 [online]. 2015 [cit. 2016-06-16].  
Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>
- HEROUT, P. 2004. Učebnice jazyka C. 4.vyd. České Budějovice: KOPP a.s., 2004. ISBN:  
978-80-7232-383-8.
- KOPÁČEK, J. 1996. Pneumatické mechanismy. Díl 1. Pneumatické prvky a systémy.  
Skripta VŠB-TU Ostrava, 1996.
- KOPÁČEK, J. 2005. Pneumatické mechanismy. Díl 2. Řízení pneumatických systémů.  
2005. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005.
- NEVRLÝ, J. 2003. Modelování pneumatických systémů. Akademické nakladatelství  
CERM, s.r.o., Brno, 2003. ISBN 80-7204-300-5.
- SCADA/HMI systém PROMOTIC [online]. Tavičská 845/21 703 00 Ostrava-Vítkovice:  
MICROSYS, spol. s r. o., c2016 [cit. 2016-06-16]. Dostupné z:  
<http://www.promotic.eu/cz/index.htm>
- PRZECZEK, S. 2014. Návrh a realizace elektro-pneumatických úloh. Bakalářská práce.  
Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Univerzitní studijní programy, 2014,  
59 s.
- Robomart: Getting Started with Arduino Ethernet #1* [online]. 2015 [cit. 2016-06-25].  
Dostupné z: <https://www.robomart.com/blog/getting-started-with-arduino-ethernet>
- RONEŠOVÁ, Andrea. *Přehled protokolu MODBUS* [online]. 2005, 19 [cit. 2017-01-20].  
Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~ronesova/bastl/files/modbus.pdf>