

Inovace základních modelů “technologických procesů” a jejich řízení s využitím programovatelných automatů

Martin Ministr

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav automatizace a řídicí techniky

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Martin Ministr**
Osobní číslo: **A21679**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Inteligentní systémy s roboty**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Inovace základních modelů „technologických procesů“ a jejich řízení s využitím programovatelných automatů**
Téma práce anglicky: **Innovation of Basic Models of „Technological Processes“ and Their Control Using Programmable Logic Controllers**

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši na problematiku týkající se programovatelných automatů a jejich využití.
2. Vyděte ze stávajícího realizovaného vstupně/výstupního modulu. Ověřte jeho možnosti a navrhnete případné úpravy z pohledu HW a SW. Proveďte realizaci navržených úprav, přičemž vytvořte dostatečný počet těchto vstupně/výstupních modulů.
3. Proveďte převod stávajících základních modelů „technologických procesů“ pro finální verzi vstupně/výstupního modulu, a to po stránce HW a SW.
4. Navrhnete nový model „technologického procesu“ a realizujte jej s využitím finální verze vstupně/výstupního modulu.
5. Vytvořte ukázkové programy použitím vývojových prostředí pro zadané PLC. Ověřte přitom možnosti webových serverů daných PLC, stejně tak jako možnosti využití vybraného SCADA/HMI systému při řízení a monitorování daných úloh.
6. Navrhnete formu prezentace a zpracování získaných a vytvořených podkladů a proveďte její realizaci.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Programování PLC podle normy IEC 61131-3 v prostředí Mosaic [online]. Jedenácté vydání. 2009 [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: [https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00321_\(v11\)_Programovani_PLC_TECOMAT_podle_IEC_61131-3.pdf](https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00321_(v11)_Programovani_PLC_TECOMAT_podle_IEC_61131-3.pdf)
2. PŘÍRUČKA PROGRAMÁTORA PLC TECOMAT [online]. 13. vydání – září 2007. 2007 [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: [https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00109_\(v13\)_Prirucka_programatora_PLC_TECOMAT.pdf](https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00109_(v13)_Prirucka_programatora_PLC_TECOMAT.pdf)
3. Siemens TIA Portal – jednotné vývojové prostředí pro automatizaci v průmyslu. Časopis Automa [online]. 2011, 2011(03), 2 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/43212.pdf
4. Modely procesů – EDU mod. Edumat.cz – Autorizované kurzy Teco a.s., pomůcky do odborných učeben a laboratoří. [online]. [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=edumod>
5. Co je Control Web? Moravské přístroje a.s. [online]. [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: <https://www.mii.cz/art?id=380&cat=146&lang=405>
6. Nástroj pro výuku programování PLC podle normy IEC EN 61131-3 [online]. Praha, 2019 [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/83691/F2-BP-2019-Grechka-Vladyslav-Grechka.B.P.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. BAKALÁRSKÁ PRÁCE. České vysoké učení technické v Praze Fakulta strojní.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Navrátil, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 15. ledna 2022

Jméno, příjmení: Martin Ministr

Název bakalářské/diplomové práce: Inovace základních modelů “technologických procesů“ a jejich řízení s využitím programovatelných automatů

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

Martin Ministr, v. r.
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce bude modernizace modelů po stránce hardware a firmware, které by měly sloužit pro výuku předmětu „Programování PLC“. Součástí práce bude i vytvoření nového firmware pro aktualizovanou základní hardwarovou jednotku, kterou je možno využít pro libovolný model „technologického procesu“.

Původní verze modelu (EDU model) byla vytvořena Ing. Luděk Kohoutem (<http://www.edumat.cz/>). V roce 2020 byla v rámci bakalářské práce studenta Jana Vinklárka provedena modernizace HW části modelů a vytvořen testovací firmware pro model mísící jednotky.

Součástí bakalářské práce budou také vytvořené podklady, které by měly umožnit snadnější práci s modely a danými typy PLC, stejně tak jako s vizualizačními zařízeními.

Klíčová slova: PLC, Tecomat, Siemens, Saia, Control Web, HMI, Výukový model

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis will be to modernize the models in terms of hardware and firmware, which should be used to teach the subject "PLC Programming". Part of the work will be the creation of new firmware for the updated basic hardware unit, which can be used for any model of the "technological process".

The original version of the model (EDU model) was created by Ing. Luděk Kohout (<http://www.edumat.cz/>). In 2020, as part of the bachelor's thesis of student Jan Vinklárek, the HW part of the models was modernized and test firmware was created for the mixing unit model.

The bachelor's thesis will also include materials that should make it easier to work with models and given types of PLCs, as well as with visualization devices.

Keywords: PLC, Tecomat, Siemens, Saia, Control Web, HMI, Educational model

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Pavlu Navrátilovi, PhD. za cenné rady a připomínky při řešení této práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY	9
1.1 DRUHY PLC	9
1.1.1 Kompaktní PLC	9
1.1.2 Modulární PLC.....	10
1.2 PRINCIP ČINNOSTI PLC.....	10
1.2.1 Princip činnosti PLC Teco	10
1.3 NORMA IEC 61 131.....	11
1.4 ZPŮSOB PROGRAMOVÁNÍ PLC	12
1.4.1 Společné prvky	12
1.4.2 Programovací jazyky:.....	14
Textové programovací jazyky:	14
Grafické programovací jazyky:	14
2 VÝVOJOVÁ PŘIŘEZENÍ PRO TVORBU PROGRAMŮ DO PLC	17
2.1 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PLC TECOMAT - MOSAIC.....	17
2.2 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PLC SIEMENS - TIA PORTAL	18
2.3 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PLC SAIA - SAIA PG5	18
3 SCADA SYSTÉM	19
3.1.1 Historie SCADA systému	19
3.2 CONTROL WEB.....	20
4 HMI SYSTÉM	21
4.1.1 SIMATIC KTP700 BASIC	21
5 EDU MODEL	22
II PRAKTICKÁ ČÁST	26
6 MODERNIZOVNÝ MODUL	27
7 MOSAIC	28
8 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PLC SIEMENS - TIA PORTAL 15	39
8.1 PŘIDÁNÍ HMI PANELU	41
9 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PLC SAIA - PG5	45
10 CONTROL WEB	48
ZÁVĚR	52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	53
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	57
SEZNAM OBRÁZKŮ	58
SEZNAM TABULEK	61
SEZNAM PŘÍLOH	62

ÚVOD

Tato práce se zabývá modernizací vybraných modelů, které jsou využívány při výuce „Programování PLC“. Původní modely byly vytvořeny Ing. Luděkem Kohoutem (<http://www.edumat.cz/>). V roce 2020 provedl student Jan Vinklárek v rámci své bakalářské práce modernizaci těchto modelů, na kterou navazuje tato práce.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část práce se věnuje historii a popisu obecného fungování programovatelných automatů (PLC). V této části jsou popsány PLC, které byly použity v této práci a která jsou používána při výuce, přičemž se jedná o PLC Siemens, PLC Tecomat a PLC Saia včetně popisu jejich vývojových prostředí. Dále je zde popsána možnost využití HMI/SCADA systémů.

Praktická část práce je zaměřena na práci s vývojovým prostředím jednotlivých PLC. Je zde ukázka tvorby nového projektu a deklarace vstupů a výstupů. Dále se v této části nachází ukázka práce v programu ControlWeb. V této části je také popis nového modelu technologického procesu „Automatický sklad“.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

Programovatelné automaty jsou miniaturní počítače, které jsou používány především pro průmyslovou automatizaci. Programovatelné automaty jsou odolnější než normální počítače. Dříve se používaly především pro řízení strojů nebo výrobních linek. Dnes se využívají v mnohem více oborech (např. inteligentní budovy, bezpečnost,...). Jejich předností je odolnost vůči vysokým teplotám, prašnosti, vlhkosti, [1], [2], [3]

První PLC vynalezl Dick Morley v roce 1964, jako náhradu za reléové řídicí systémy s pevnou logikou. [1]

1.1 Druhy PLC

Programovatelné automaty se mohou dělit podle různých kritérií. Může to být například podle počtu vstupů a výstupů nebo podle jejich konstrukce. Častěji se PLC dělí podle konstrukce do dvou skupin:

1. kompaktní
2. modulární

1.1.1 Kompaktní PLC

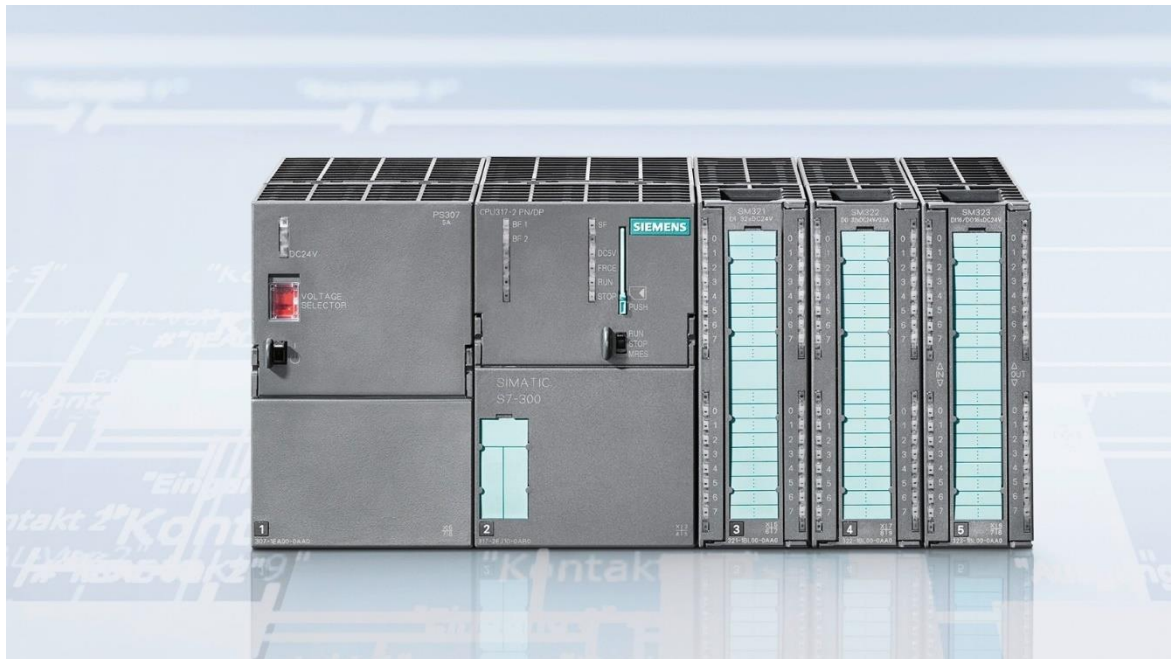
Všechny jeho komponenty (CPU, vstupy, výstupy, napájecí jednotka,...) jsou umístěné v jednom zařízení. Výhodou těchto zařízení bývá menší cena a rychlost přístupu k perifériím, které jsou integrovány přímo v PLC. Nevýhodou je omezený počet vstupů a výstupů. Dají se použít pouze pro menší aplikace. [1], [2], [3]



Obrázek 1. Kompaktní PLC Siemens SIMATIC S7-1200 [23]

1.1.2 Modulární PLC

Modulární PLC je poskládáno ze samostatných modulů. Jeden modul musí obsahovat CPU a k němu jsou přidávány další moduly pro vstupy, výstupy a nebo komunikační moduly. Tyto moduly lze různě kombinovat a doplňovat. Výhodou těchto programovatelných automatů je, že se dají téměř neomezeně rozšířit. [1], [2], [3]



Obrázek 2. Modulární PLC Siemens SIMATIC S7-300 [24]

1.2 Princip činnosti PLC

Procesor cyklicky vykonává posloupnost instrukcí, které jsou napsané v programu PLC. Každý výrobce používá jiný princip činnosti PLC. Dále bude popsán princip činnosti PLC od firmy Teco.

1.2.1 Princip činnosti PLC Tecomat

Automat funguje ve dvou pracovních režimech.

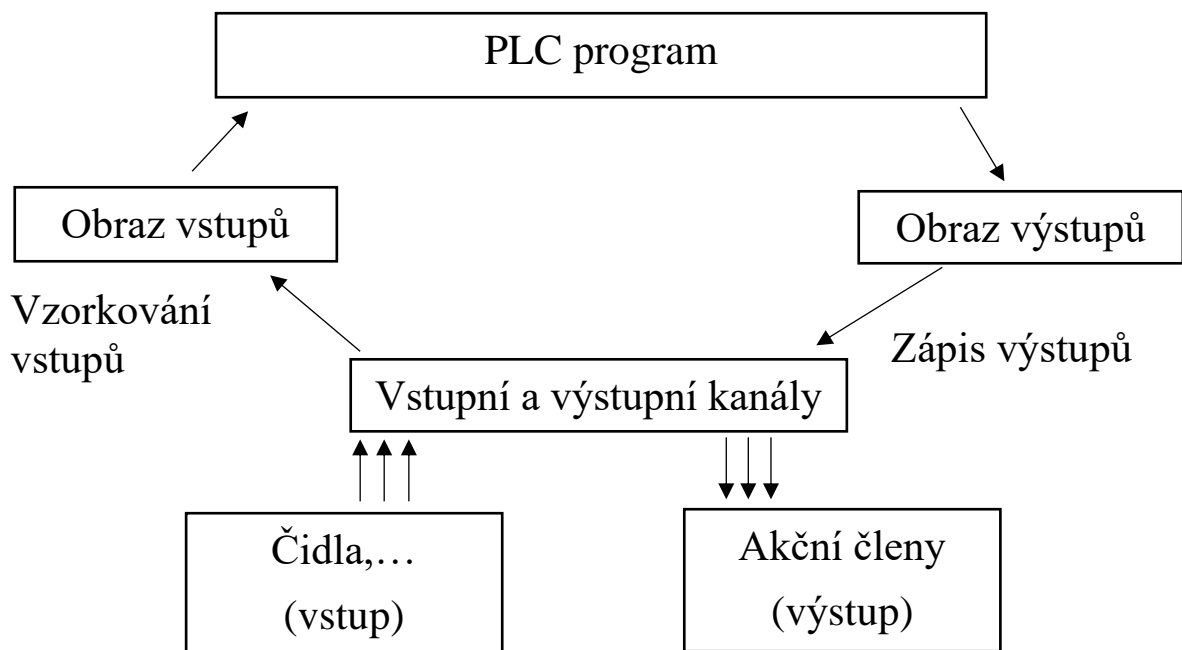
Režim RUN:

- probíhá zde načítání hodnot vstupních signálů ze vstupních jednotek
- řeší instrukce uživatelského programu
- zapisuje vypočtené hodnoty výstupních signálů do výstupních jednotek

Režim HALT:

- v tomto režimu se provádí činnost spojená s editací programu
- nevykonává se uživatelský program
- není prováděn přenos dat

Jedno provedení činností v režimu RUN představuje cyklus programu. Vzorkovací frekvence je dána dobou cyklu. Doba cyklu je určena především strukturou a velikostí uživatelského programu, řádově se jedná o desítky až stovky milisekund. [4]



Obrázek 3. Cyklus PLC Tecomat [4]

1.3 Norma IEC 61 131

Tato norma se skládá z několika částí a představuje souhrn požadavků na moderní řídicí systémy. Je nezávislá na výrobci a má širokou mezinárodní podporu. Jednotlivé části normy se věnují technickému i programovému vybavení těchto systémů.

V ČR jsou přijaty tyto části normy:

- ČSN EN 61 131-1: Všeobecné informace
- ČSN EN 61 131-2: Požadavky na zařízení a zkoušky
- ČSN EN 61 131-3: Programovací jazyky
- ČSN EN 61 131-4: Podpora uživatelů
- ČSN EN 61 131-5: Komunikace
- ČSN EN 61 131-6: Funkční bezpečnost

ČSN EN 61 131-7: Programování fuzzy řízení
ČSN EN 61 131-8: Směrnice pro implementaci programovacích jazyků
ČSN EN 61 131-9: Digitální komunikační rozhraní pro malé senzory a akční členy
ČSN EN 61 131-10: Výměnný formát XML pro PLC
[6]

1.4 Způsob programování PLC

O způsobu programování PLC pojednává třetí část normy - ČSN EN 61 131-3: Programovací jazyky. Tato část normy se dělí na dvě části, tj.

- společné prvky
- programovací jazyky

1.4.1 Společné prvky

Při programování podle normy IEC 61 131 - 3 je základním pojmem termín Programová Organizační Jednotka (POU). POU je nejmenší nezávislá část uživatelského programu. Mohou být dodávány od výrobce řídicího systému nebo jej může vytvořit uživatel. Jsou dány tři základní typy POU, tj.

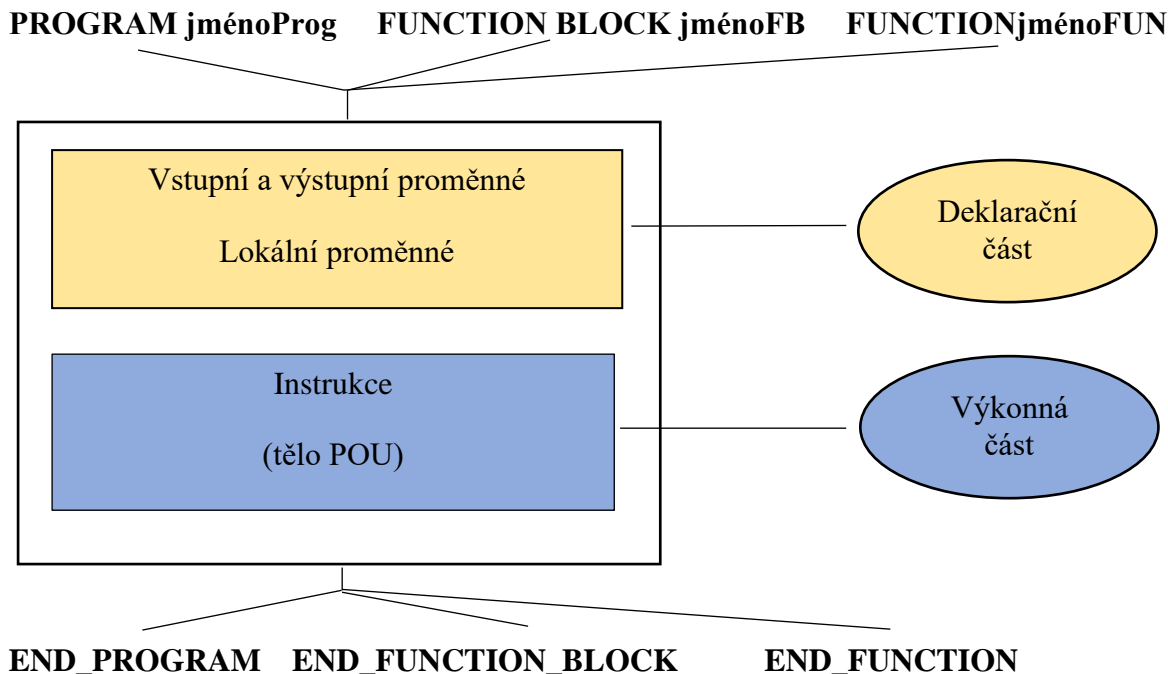
- funkce (FUN)
- funkční blok (FB)
- program (PROG)

Funkce je nejjednodušší POU. Hlavním znakem funkce je, že pokud je volána se stejnými vstupními parametry, musí produkovat stejný výsledek. Funkce může vracet pouze jeden výsledek. Mezi standartní funkce patří například: ADD, ABS, SQRT, SIN, COS.

Funkční blok na rozdíl od funkce má schopnost vlastnit paměť pro zapamatování hodnot některých proměnných. Na rozdíl od funkce může vracet více než jeden výsledek. Funkční blok můžeme chápat jako určitou část programu, která je oddělena od jiných částí programu. Každý funkční blok může být použit v různých programech a může být napsán libovolným jazykem, který je definován normou. Příkladem funkčních bloků jsou například PID regulátory.

Program představuje vrcholnou programovou jednotku v uživatelském programu. Program se skládá z funkcí a funkčních bloků. PLC může zpracovávat více programů.

Programové organizační jednotky se skládají ze dvou částí, tj. deklarační a výkonné. V deklarační části se deklarují proměnné, které jsou potřebné pro činnost POU. Ve výkonné části se nachází příkazy pro realizaci požadovaného programu. [5],[6],[7]



Obrázek 4. Základní struktura POU [5]

Mezi další společné prvky patří Typy dat. Při vytváření programu je nutné definovat typy všech použitých parametrů. Mezi základní datové typy patří například BOOL, BYTE, INT, WORD. Více datových typů je uvedeno v následující tabulce.[5],[6],[7]

Tabulka 1. Elementární datové typy [5]

Klíčové slovo	Datový typ	Bitů	Rozsah
BOOL	Boolovské číslo	1	0,1
SINT	Krátké celé číslo	8	-128 až 127
INT	Celé číslo	16	-32 768 až 32 767
DINT	Celé číslo, dvojnásobná délka	32	-2 147 483 648 až 2 147 483 647
USINT	Krátké celé číslo bez znaménka	8	0 až 255
UINT	Celé číslo bez znaménka	16	0 až 65 535
UDINT	Celé číslo bez znaménka, dvojnásobná délka	32	0 až 4 294 967 295
REAL	Číslo v pohyblivé řádové čárce (jednoduchá přesnost)	32	±2.9E-39 až ±3.4E+38

Klíčové slovo	Datový typ	Bitů	Rozsah
LREAL	Číslo v pohyblivé řádové čárce (dvojnásobná přesnost)	64	Podle IEC 559
TIME	Trvání času		24d 20:31:23.647
DATE	Datum		Od 1.1.1970 00:00:00
TIME_OF_DAY	Denní čas		24d 20:31:23.647
DATE_AND_TIME	Absolutní čas		Od 1.1.1970 00:00:00
STRING	Řetězec		Max 255 znaků
BYTE	Sekvence 8 bitů	8	Není deklarován rozsah
WORD	Sekvence 16 bitů	16	Není deklarován rozsah
DWORD	Sekvence 32 bitů	32	Není deklarován rozsah

1.4.2 Programovací jazyky:

Textové programovací jazyky:

- IL (Instruction List - jazyk seznamu instrukcí)

Jedná se o evropský protějšek jazyka LD. Tento jazyk je podobný jazyku assembler. [5], [6]

```
LD A
AND B
OR C
```

Obrázek 5. Ukázka programovacího jazyka IL

- ST (Structured Text - jazyk strukturovaného textu)

Má kořeny v jazycích Pascal a C. Jedná se o velmi výkonný programovací jazyk. Tento jazyk je vhodný pro definování funkčních bloků, které pak mohou být použity jakémkoliv jiném programovacím jazyku. [5], [6], [7]

```
D:= (A AND B) OR C;
```

Obrázek 6. Ukázka programovacího jazyka ST

Grafické programovací jazyky:

- LD (Ladder Diagram - jazyk kontaktních schémat)

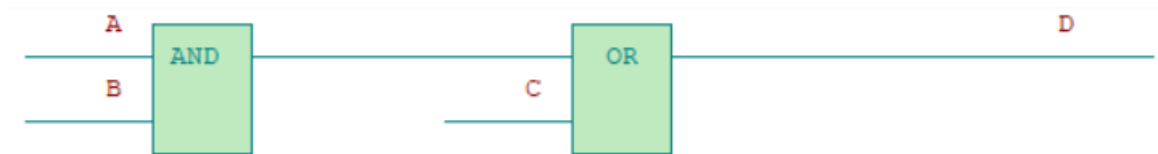
Tento jazyk pochází z USA. Spočívá v grafické prezentaci reléové logiky. Program je v tomto jazyce psán pomocí sítě propojených grafických prvků. [5],[6],[7]



Obrázek 7. Ukázka programovacího jazyka LD

- FBD (Function Block Diagram - jazyk funkčního blokového schématu)

Vyjadřuje chování funkčních bloků jako soubor vzájemně propojených grafických bloků jako v obvodových diagramech. Používají se zde standartní funkční bloky logických funkcí, čítačů, časovačů, ... [5],[6],[7]

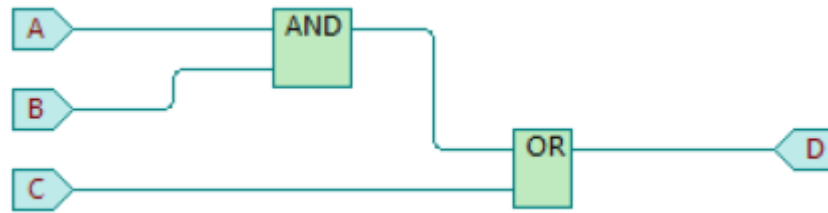


Obrázek 8. Ukázka programovacího jazyka FBD

- CFC (Coutinuous Function Chart)

Tento jazyk se vyvinul z jazyka FBD, tudíž je tomuto jazyku velmi podobný. Patří mezi populární a rozšířené jazyky. Spočívá v umístování hotových funkčních bloků na plochu a v jejich následném spojování mezi vstupy a výstupy. Jazyk CFC je zaměřený na správu celých technologických celků. Mezi jeho výhody patří přehlednost pro malé programy.

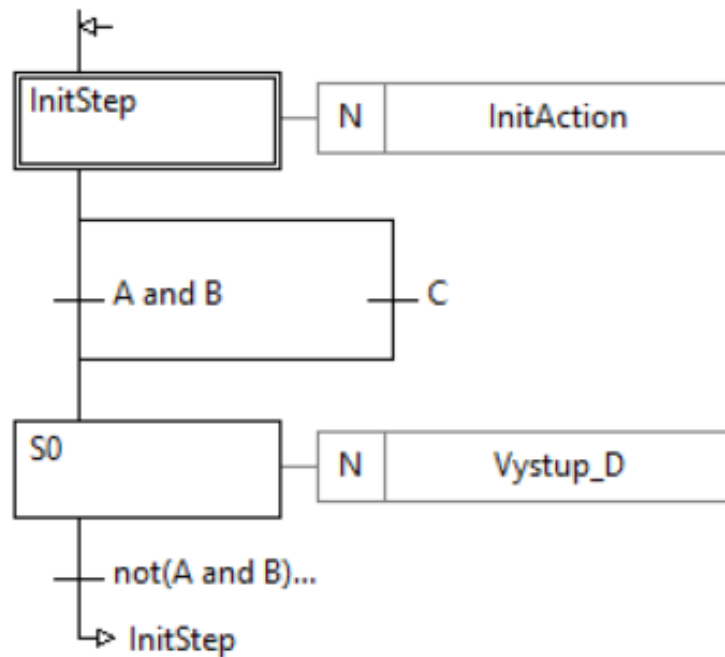
[5],[6],[7]



Obrázek 9. Ukázka programovacího jazyka CFC

- SFC (Sequential Function Chart - jazyk sekvenčních diagramů)

Je odvozený ze symboliky Petriho sítí. Algoritmus tohoto jazyka je tvořen posloupností kroků, které jsou odděleny přechodovými podmínkami. K jednotlivým krokům mohou být připojeny různé akce. [21]



Obrázek 10. Ukázka programovacího jazyka SFC

2 VÝVOJOVÁ PŘIOSTŘEDÍ PRO TVORBU PROGRAMŮ PRO PLC

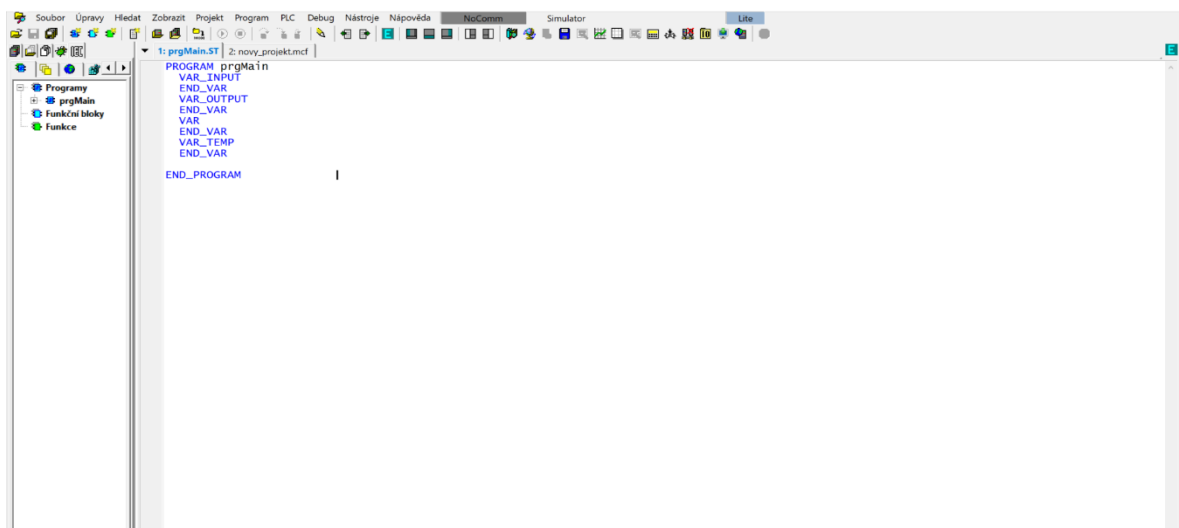
Program, podle kterého PLC pracuje je vytvářen v určitém vývojovém prostředí. Každý výrobce má své prostředí, ve kterém probíhá tvorba programů. Pro PLC od firmy Teco se používá vývojové prostředí Mosaic. PLC značky Siemens pracují s vývojovým prostředím jménem TIA Portal. A pro programování PLC Saia je používáno vývojové prostředí Saia PG5.

2.1 Vývojové prostředí PLC Tecomat - Mosaic

Mosaic je vývojové prostředí, ve kterém probíhá tvorba programů pro PLC Tecomat od firmy Teco. Tento program byl vytvořen v roce 2000 a je vyvíjen v souladu s normou IEC EN-61131-3.[8]

Program Mosaic je volně ke stažení ze stránek firmy Teco (www.tecomat.com). Po stažení Mosaic funguje ve verzi Lite. Tato verze obsahuje všechny nástroje, které jsou v dané chvíli k dispozici. Verze Lite je plně dostačující pro výuku a pro programování nejmenších PLC. Součástí této verze je i plná simulace. Pokud bychom chtěli pracovat s většími PLC budeme potřebovat HW klíč, poté bude možné deklarovat větší množství I/O modulů.[8]

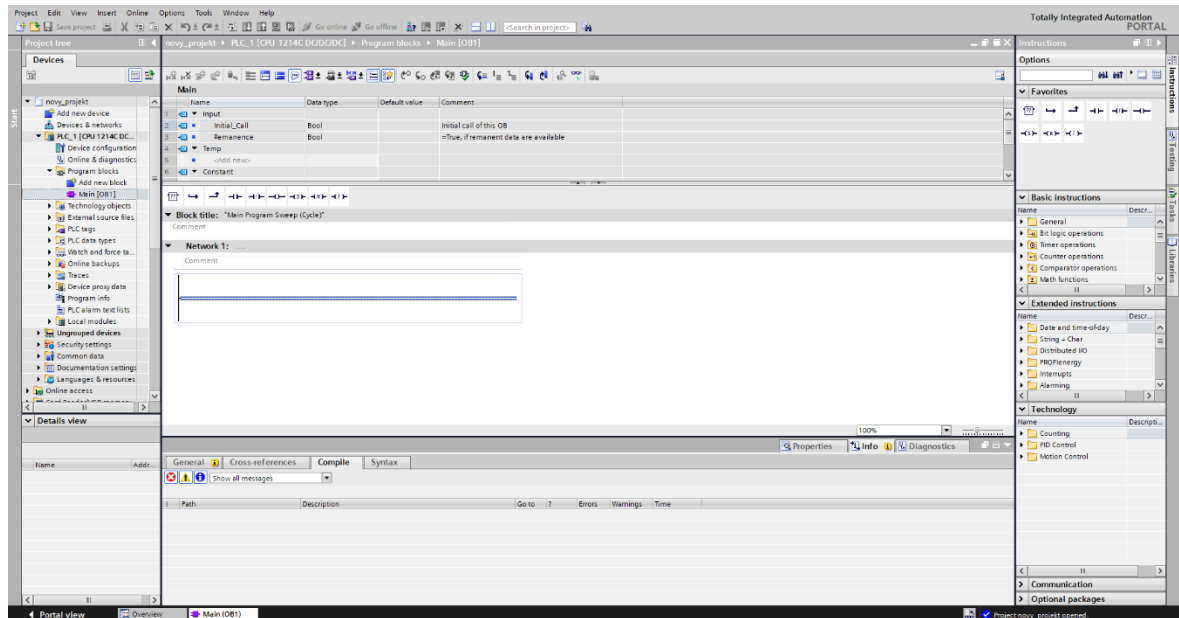
V programu Mosaic můžeme veškerá PLC programovat i pomocí nativního mnemokódu, který se používal pro programování starších automatů z řad NS950, TC400, TC500,... U nové generace PLC se již programuje v souladu s normou IEC 61131-3.[8]



Obrázek 11. Ukázka vývojového prostředí Mosaic

2.2 Vývojové prostředí PLC SIEMENS - TIA Portal

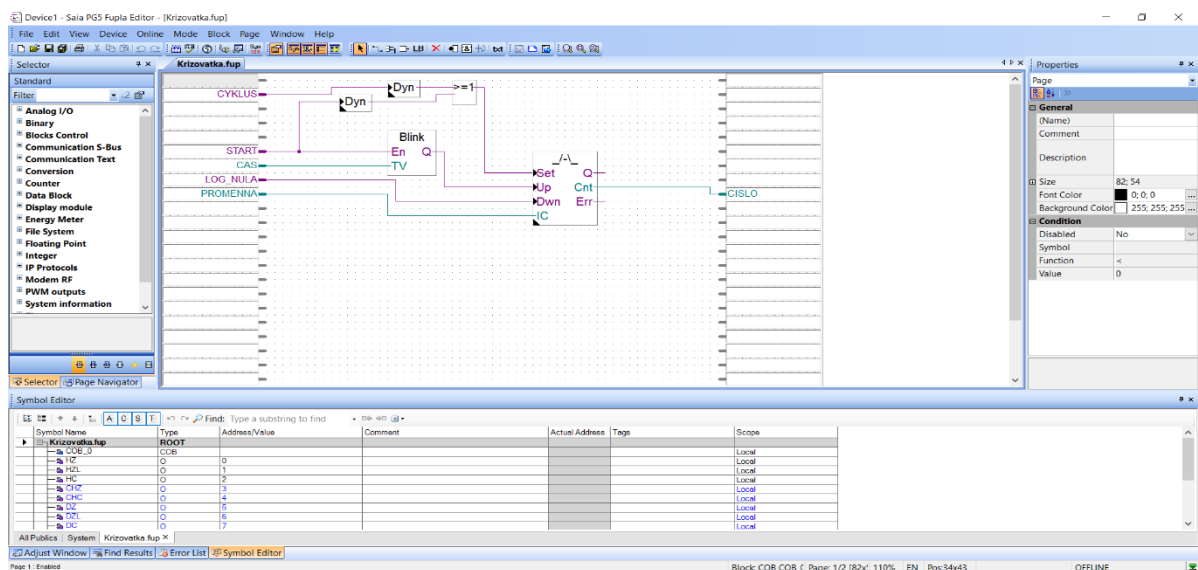
Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) je vývojové prostředí pro PLC od firmy Siemens. Nabízí nástroje potřebné k projektování a konfiguraci řídicích systémů.[9]



Obrázek 12. Ukázka vývojového prostředí TIA Portal V15

2.3 Vývojové prostředí PLC Saia - Saia PG5

V prostředí Saia PG5 se programují všechny automaty od firmy Saia. Obsah tohoto nástroje odpovídá požadavkům normy IEC 61131. Jsou tedy mnohem víc než jen dobrým servisním a programovacím nástrojem. Většina aplikací pro PLC Saia se programuje pomocí grafických aplikačních modulů tzv. FBoxy. [10]



Obrázek 13. Ukázka vývojového prostředí Saia PG5

3 SCADA SYSTÉM

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) - systém pro dohled, řízení a sběr dat. Software typu SCADA je provozován na vyšší úrovni nad hardware (PLC, senzory, měřiče, ...). Není to plnohodnotný řídicí systém, ale zaměřuje se spíše na dispečerský dohled a monitorování. Dále zprostředkovává konektivitu a sběr dat ze sledovaných technologických procesů. Tyto systémy mohou být na jednom místě rozšířeny do několika oblastí pomocí různých komunikačních technologií (profibus, RS-232, RS-485), dnes je ovšem nejvíce rozšířená komunikace pomocí sítě Ethernet. SCADA systémy se nejčastěji používají v oblastech jako je energetika, chemické provozovny, vodní systémy a v mnoha dalších oblastech.

3.1.1 Historie SCADA systému

První SCADA systémy pochází ze 60. let 20. století. Historii těchto systémů můžeme rozdělit do čtyř generací.

1. Generace - ostrovní systémy

Nákladné jednoúčelové systémy.

2. Generace - distribuované systémy

Větší počet menších stanic propojených uzavřenými komunikačními protokoly. Jednotlivé stanice plnily specifické funkce.

3. Generace - síťové systémy

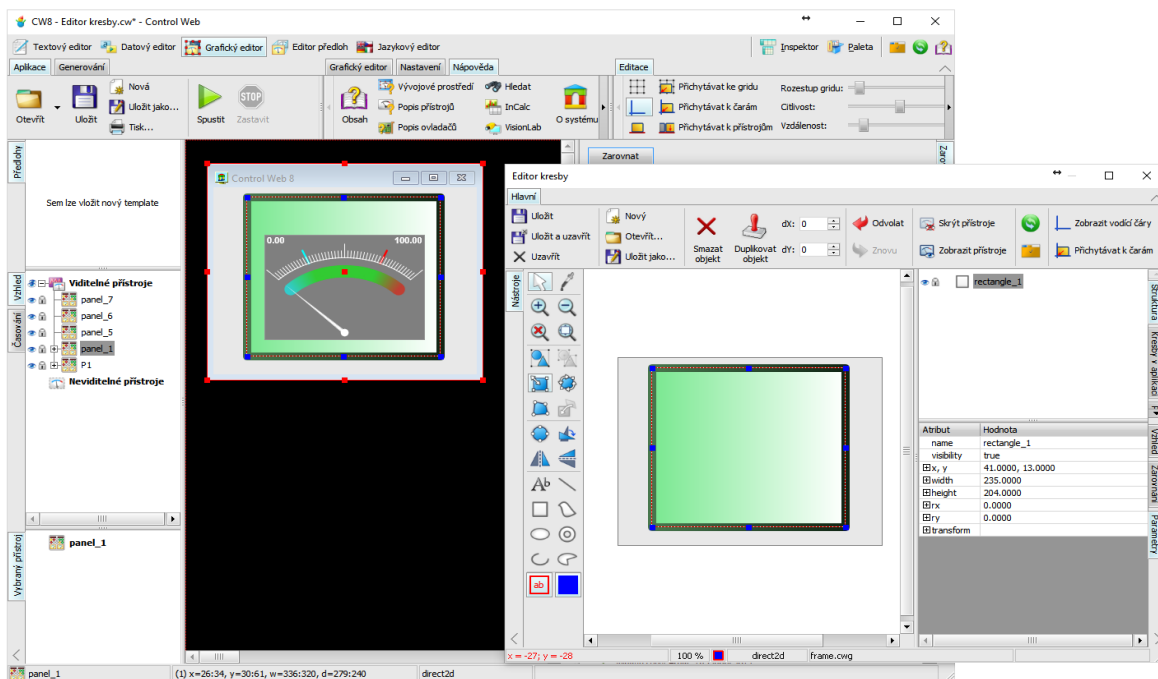
Používají otevřené komunikační protokoly, rozmach počítačových sítí.

4. Generace - „internet of things“

Propojení v síti internet. Dominují cloudové služby. [12],[13]

3.2 Control Web

Control Web (CW) je SW pro vizualizaci a řízení technologických procesů v reálném čase. Pomocí různých ovladačů dokáže komunikovat s mnoha průmyslovými zařízeními (PLC - Siemens, Omron, Teco, ...; I/O moduly - DataLab IO; měřící karty). Vyvinul se ze SW Control Panel 3.1, v roce 2021 je využívána verze 8. Control Web je program, který pro plnou funkčnost potřebuje licenci. Pokud licenci nevlastníme, je doba běhu programu omezená na délku třiceti minut. [11]



Obrázek 14. Ukázka SCADA systému Control Web [12]

4 HMI SYSTÉM

Human - Machine interface - rozhraní mezi člověkem a strojem.

Umožňují řízení a přístup k automatizačním zařízením. Pomocí HMI systému můžeme přímo ovládat některé stroje a zařízení.[13],[14]

4.1.1 SIMATIC KTP700 BASIC

Příkladem HMI systému je i displej SIMATIC KTP700 BASIC. Tento displej je používán pro zařízení, které jsou ovládány pomocí PLC SIEMENS.

Panely SIMATIC HMI Basic jsou ideální pro jednoduché operace na úrovni člověk-stroj. Nabízí kombinované ovládání dotykem nebo pomocí tlačítek, kterých má tento panel osm. Pomocí USB rozhraní může být k panelu připojena například myš, klávesnice nebo čtečka čárových kódů. Podporuje také archivaci dat a USB flash disk. Pro připojení k displeji slouží Ethernetové rozhraní. [15]



Obrázek 15. Panel KTP700 Basic [15]

Tabulka 2. Technické parametry displeje KTP700 Basic

Technické údaje	KTP700 Basic
Napájecí napětí	24 V
Displej	7" TFT, barevnost 64K
Rozlišení	800 x 400 px
Ovládání	Dotyková obrazovka / 8 funkčních kláves
Paměť	10 MB
Rozhraní	RJ 45 Ethernet pro PROFINET, USB host
Rozměry	214 x 158 mm

4.1.2 PCD7.D232

Dalším ze skupiny HMI systémů je panel PCD7.D232. Tento panel slouží k ovládání PLC značky Saia.

Panel obsahuje číselnou klávesnici, osm funkčních kláves a několik navigačních tlačítek, které slouží k jeho ovládání. Hlavní částí panelu je podsvícený displej, který je tvořen osmi řádky po dvaceti znacích.[25],[26]



Obrázek 16. Panel PCD7.D232 [28]

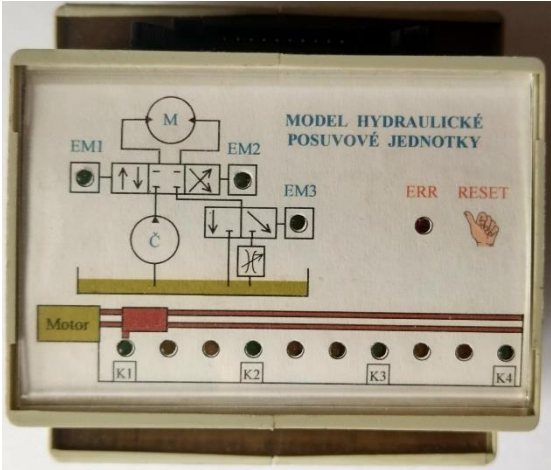

Tabulka 3. Technické parametry PCD7.D232 [25],[26]



Technické údaje	PCD7.D232
Napájecí napětí	24 V
Rozlišení	128 x 64 px
Ovládání	Klávesnice
Rozměry	115 x 125 mm

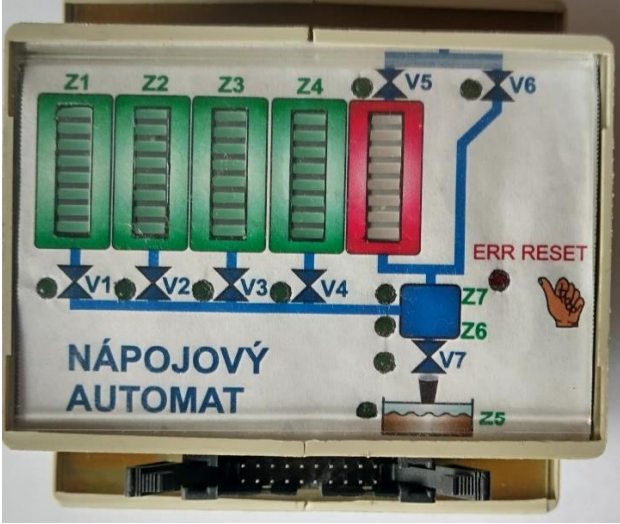

5 EDU MODELY

EDU modely byly vytvořeny Ing. Ludškem Kohoutem pro zkvalitnění výuky automatizace na středních a vysokých školách. Jedná se o soubor několika modelů „technologických procesů“. Každý model komunikuje pomocí dvaceti pinového konektoru, ke kterému je připojen plochý kabel. Tento kabel vede na rozbočovací modul, který obsahuje čtyři (dva vstupní a dva výstupní) Cannon 9 konektory. Tyto konektory jsou přímo připojené na vstupy a výstupy PLC. Díky tomu se dá velmi lehce ke každému modelu připojit jakékoliv PLC. V modelu je umístěn mikropočítač, který komunikuje s PLC tak jako skutečný objekt. Jednotlivé funkce daného objektu jsou signalizovány pomocí LED diod.[6],[16]

Tabulka 4. Tabulka původních modelů

MODEL	POPIS MODELU
<p style="text-align: center;">Support</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • simulace pohybu posuvné jednotky • poloha snímána snímači K1 až K4 • jednotka se může posouvat doprava nebo doleva dvěma různými rychlostmi • přejetí koncových senzorů a nebo sepnutí obou motorů způsobí chybové hlášení
<p style="text-align: center;">Křižovatka</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • obsahuje dva semaforey pro auta a jeden pro chodce • neobsahuje řídicí jednotku • model neobsahuje chybové hlášení

MODEL	POPIS MODELU
<p style="text-align: center;">Pračka</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • simuluje funkci skutečné pračky • dvě rychlosti a dva směry otáčení bubnu • napouštění a vypouštění vody • dva stavy hladiny vody • čtyři stavy teploty vody • při sepnutí motorů pro otáčení vlevo i vpravo nebo při přetečení vody hlásí chybu
<p style="text-align: center;">Mísicí jednotka</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • skládá se ze tří plnicích tanků a jedné mísicí nádoby • pět ventilů a jeden mixér • ventily SV1 až SV3 plní nádoby rychlostí 6 l/s • snímače H3, H5, H8 snímají minimální výšku hladiny • snímače H2 a H7 snímají polovinu nádrže • snímače H1, H4 a H6 signalizují plnou nádrž • ventil SV4 napouští mísicí nádobu • ventil SV5 vypouští mísicí nádobu • průtoková rychlost plnění a vypouštění je 18 l/s • chyby nastává při přetečení některé z nádrží

MODEL	POPIS MODELU
<p data-bbox="470 309 715 342">Nápojový automat</p> 	<ul data-bbox="933 313 1428 1019" style="list-style-type: none"> • vytvořený v rámci bakalářské práce, není produktem Ing. Lud'ka Kohouta • čtyři zásobníky Z1 až Z4 • ventily V1 až V4 vypouští zásobníky • ventil V5 napouští vodu přes ohřivač, který můžeme zapínat a vypínat • ventil V6 napouští přímo zásobníky na míchání Z6 a Z7 • ventil V7 vypouští zásobníky Z6 a Z7
<p data-bbox="422 1055 758 1088">Sedmisegmentový displej</p> 	<ul data-bbox="933 1059 1428 1317" style="list-style-type: none"> • sedm LED diod • při spínání těchto diod se vytváří čísla • neobsahuje procesorovou jednotku

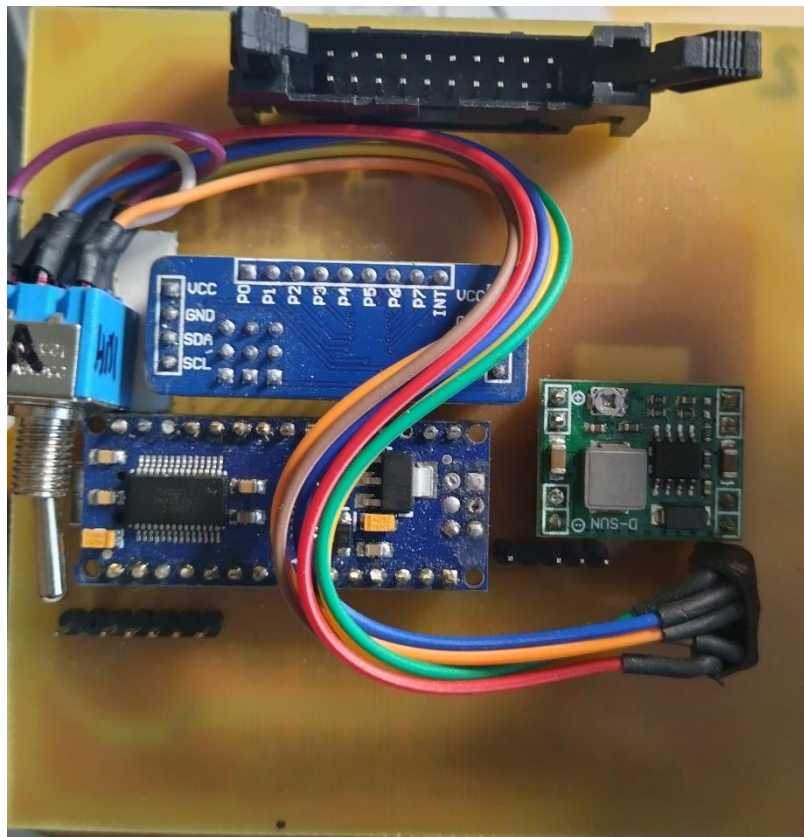
II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 MODERNIZOVNÝ MODUL

Jak již bylo v úvodu zmíněno, tato práce navazuje na Bakalářskou práci studenta Jana Vinklárka z roku 2020. Student Jan Vinklárek vytvořil základní desku pro současný modul. Součástí této práce bylo i testování jím vytvořené desky a nebyly zjištěny žádné nedostatky, které by bylo potřeba opravit či přepracovat.

Vstupy modulu jsou řešeny pomocí stabilizátoru tvořeným Zenerovou diodou, která zajišťuje stabilizaci napětí na 4,7V. Napájení Arduina je řešeno pomocí DC - DC měniče, na jehož výstupu je 7,2V. Ostatní komponenty na desce jako je rozšiřovací modul a displej jsou napájeny napětím 5V z Arduina. Výstupy z modulu jsou řešeny pomocí optočlenů, tudíž jsou oddělená napětí 24V z PLC a 5V z Arduina.

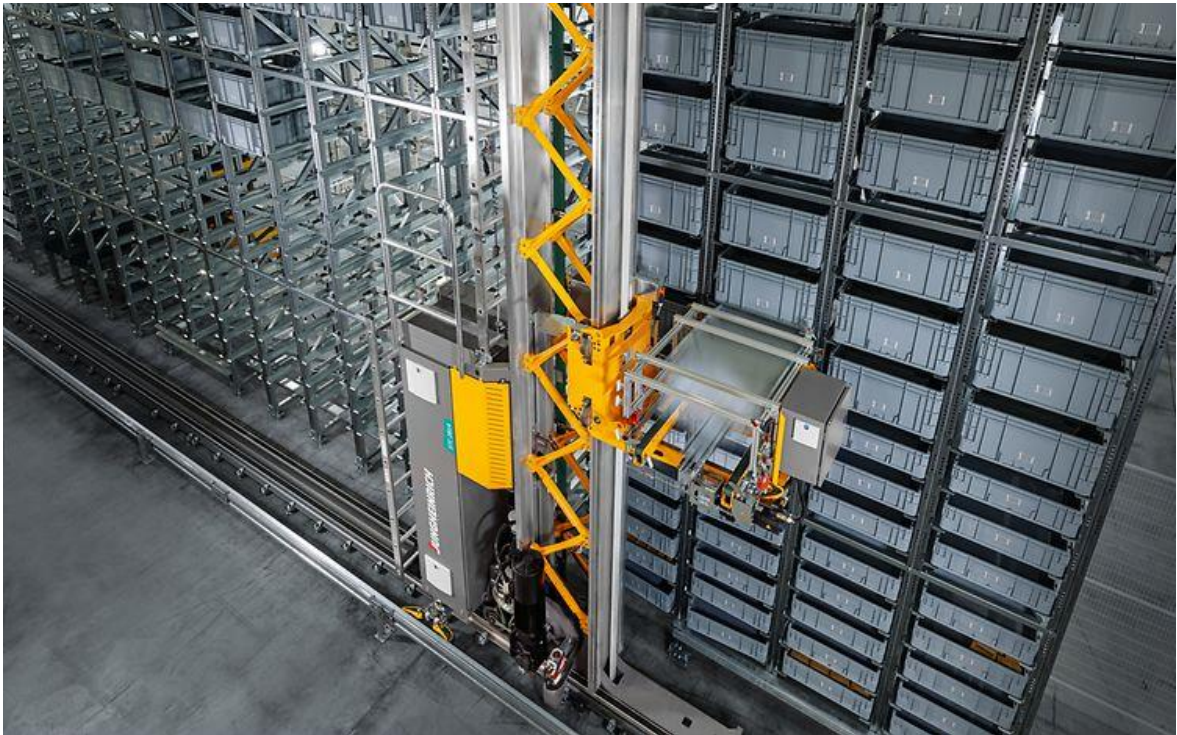
Jako velmi praktický se jeví způsob, jak je vyřešené připojení displeje k desce a přepínání funkcí modelu (Arduino, HMI, PLC). Připojení k displeji je vyřešeno pomocí "konektoru" tvořeného z hřebínku a duté lišty, tudíž se dá displej kdykoliv oddělit od desky. Přepínání režimů je řešeno pomocí třech propojek („jumperů“), jejichž pozice se mění podle toho, jaký režim chceme používat. Později byly tyto propojky nahrazeny přepínačem, který umožňuje snadnější přepínání mezi režimy.



Obrázek 17. Modernizovaný modul

7 NOVÝ MODEL TECHNOLOGICKÉHO PROCESU

Jedná se o model automatického skladu. Fyzickou podobu tohoto modelu můžeme vidět na obrázku 17, kde je ukázán automatický sklad drobných dílů od firmy Jungheinrich.



Obrázek 18. Automatický sklad drobných dílů [22]

Tento model je možné rozdělit na část zakladače a na část zásobníku.

Produkt je nejprve umístěn na zakladač, který jej uskladňuje do jednotlivých pozic v zásobníku. Přítomnost produktu v zakladači je signalizována kontrolkou *Čidlo*. Produkt lze do zakladače umístit tak, že zakladač umístíme do pozice vpravo dole a sepneme akční člen *Zakladač*. Po uplynutí cca šesti sekund dojde k najetí produktu na zakladač a sepnutí výstupu.

Zásobník obsahuje celkem devět pozic rozdělených do tří pater a tří sloupců. Každé patro i sloupec má vlastní čidlo, které snímá polohu zakladače. Výchozí pozice zakladače je vpravo dole. Na této pozici je možné na zakladač umístit produkt.

Zakladač se může pohybovat do čtyř směrů (*Doleva, Doprava, Nahoru a Dolů*) tak, aby bylo možné jej umístit na požadovanou pozici v zásobníku. Po najetí do požadované pozice a sepnutí akčního členu *Zakladač* dojde po krátké době k přemístění produktu do zásobníku. V případě naplnění některé pozice se objeví grafická značka signalizující tento stav.

V případě, naplnění všech pozic zásobníku dojde k sepnutí výstupu modelu. Tím dá model signál PLC, že jsou všechny pozice obsazené. PLC poté musí poslat signál do modelu, aby se zásobník vyprázdnil.

Stejně jako ostatní modely, obsahuje i tento model chybové stavy. Ty můžeme rozdělit na opravitelné a neopravitelné.

Mezi opravitelné chyby patří chyba, která nastane v případě, že sepneme zároveň akční členy pro pohyb *Doprava* a *Doleva* nebo akční členy pro pohyb *Nahoru* a *Dolů*. Tato chyba se dá opravit tak, že vypneme některý z akčních členů tvořících tuto chybu.

Neopravitelná chyba nastává v případě, že přejedeme některou z krajních pozic. Další stav může nastat v případě, že se pokusíme umístit produkt na pozici zásobníku, ve které již produkt umístěn je a nebo pokud začneme vyprazdňovat zakladač mimo některou z pozic zásobníku. V tomto případě musíme pro obnovení chodu modelu stisknout tlačítko restart.

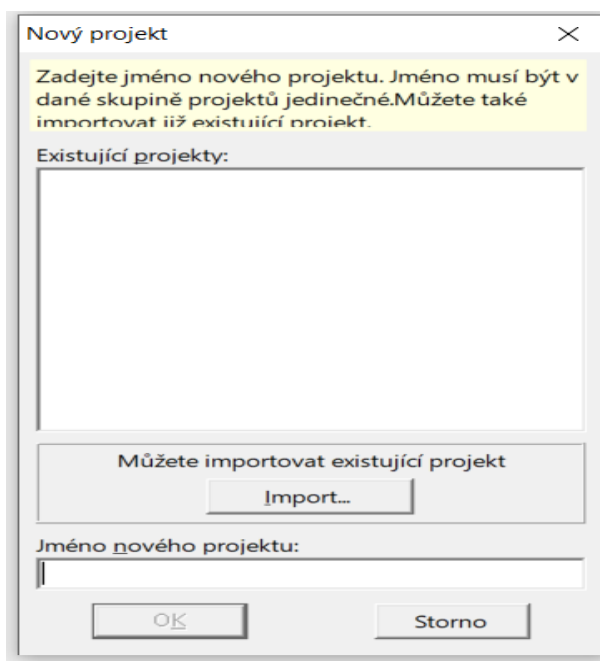


Obrázek 19. Model automatického skladu

8 MOSAIC

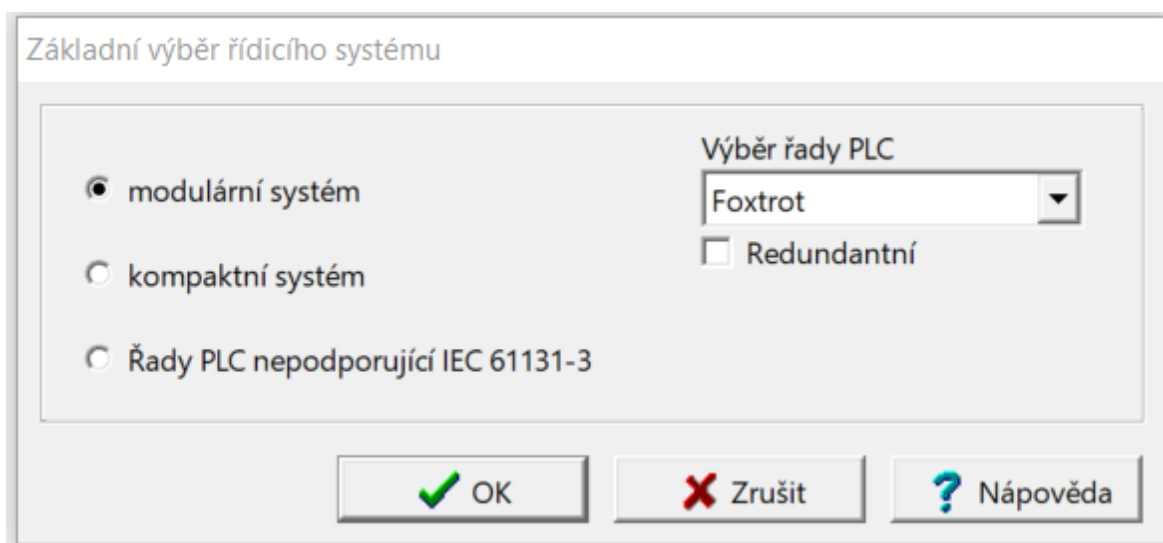
Postup vytvoření nového projektu v prostředí Mosaic 2021.2:

Nejprve musíme vytvořit nový projekt, který si následně pojmenujeme,



Obrázek 20. Pojmenování nového projektu - Mosaic

Následně je zapotřebí vybrat typ PLC. Vybíráme mezi modulárním PLC, kompaktním PLC a nebo mezi některou z řad PLC, které nepodporují normu IEC 61131-3.



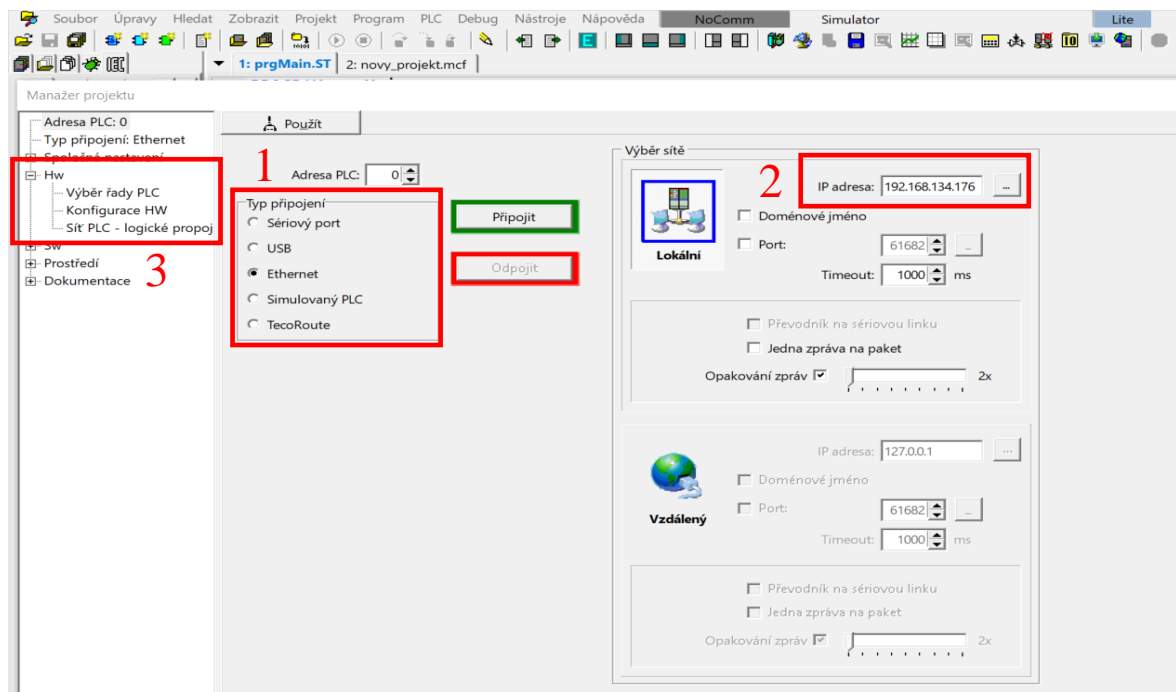
Obrázek 21. Základní výběr řídicího systému - Mosaic

Poté je potřeba vybrat jméno programu a programovací jazyk, se kterým budeme pracovat.



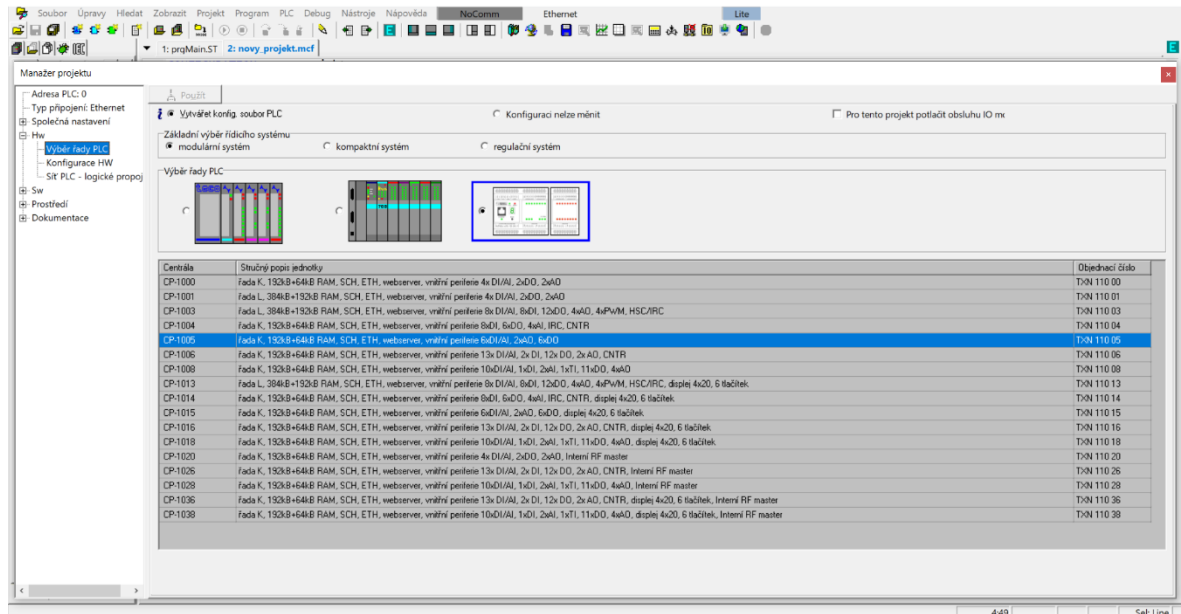
Obrázek 22. Deklarace programové organizační jednotky-Mosaic

Po výběru požadovaného jazyka klikneme v levém horním rohu na ikonu *Manažer projektů*. Zde si zvolíme typ připojení k PLC (1). Na výběr máme z připojení pomocí sériového portu, USB, ethernet, Simulovaný PLC a nebo TecoRoute. V případě, že zvolíme *Ethernet*, musíme poté zadat IP adresu PLC (2). Poté klikneme na *výběr řady PLC* (3).



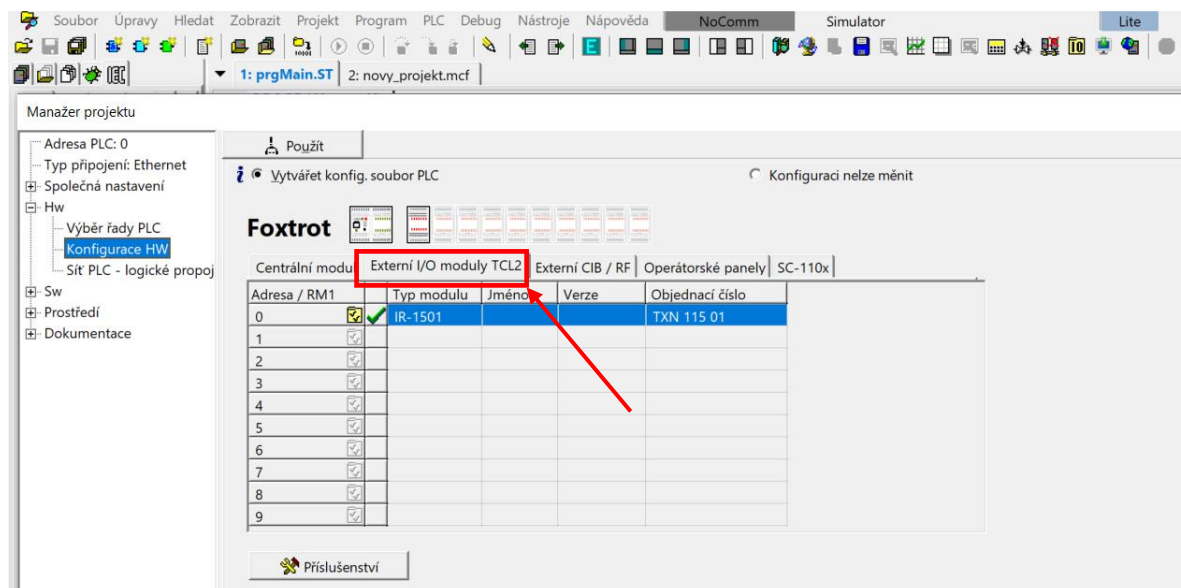
Obrázek 23. Manažer projektů - Mosaic

Zde si zvolíme, jakou řadu PLC budeme používat. V mém případě jsem zvolil PLC CP-1005.



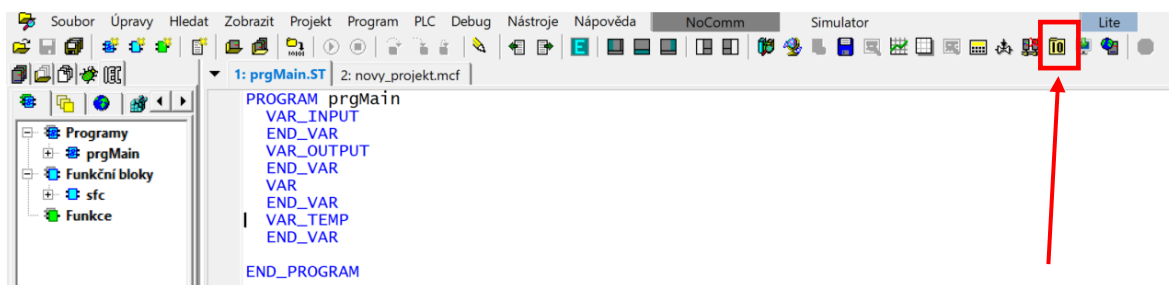
Obrázek 24. Výběr řady PLC - Mosaic

V některých případech je k PLC připojen i rozšiřující modul. Ten se přidá tak že na liště vlevo klikneme na položku *Konfigurace HW* a zde rozklikneme kartu *Externí I/O moduly TCL2*. Poté dvakrát klikneme do pole *Typ modulu* a v seznamu si vybereme námi požadovaný modul.



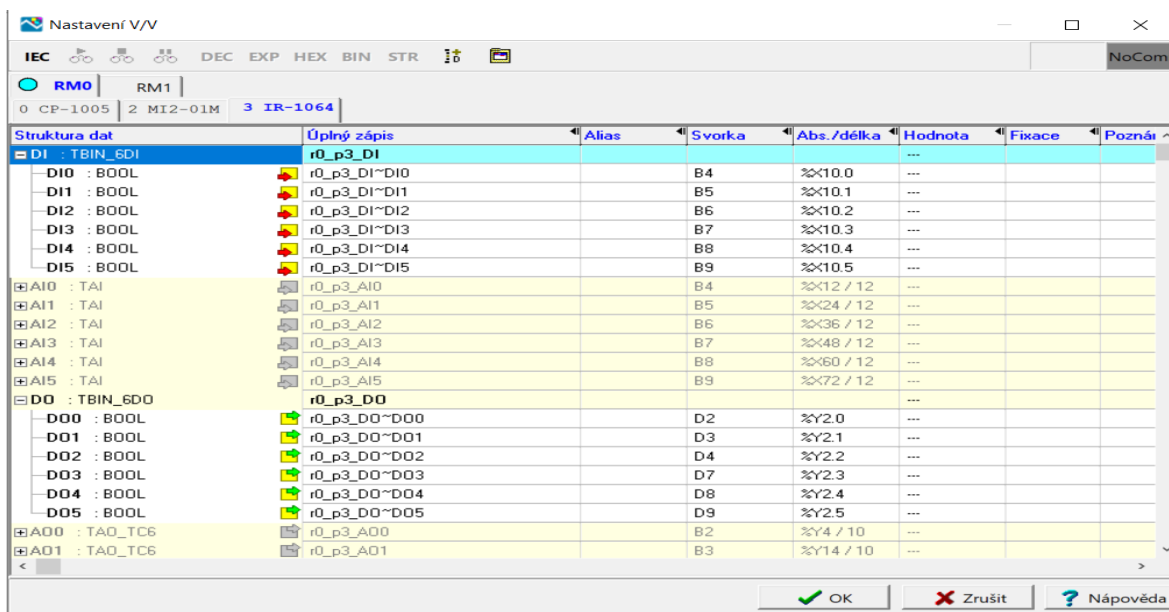
Obrázek 25. Konfigurace HW - Mosaic

Rozpoznání jednotlivých vstupů a výstupů se provádí kliknutím na ikonu *Nastavení V/V*, která je umístěna na horní liště.



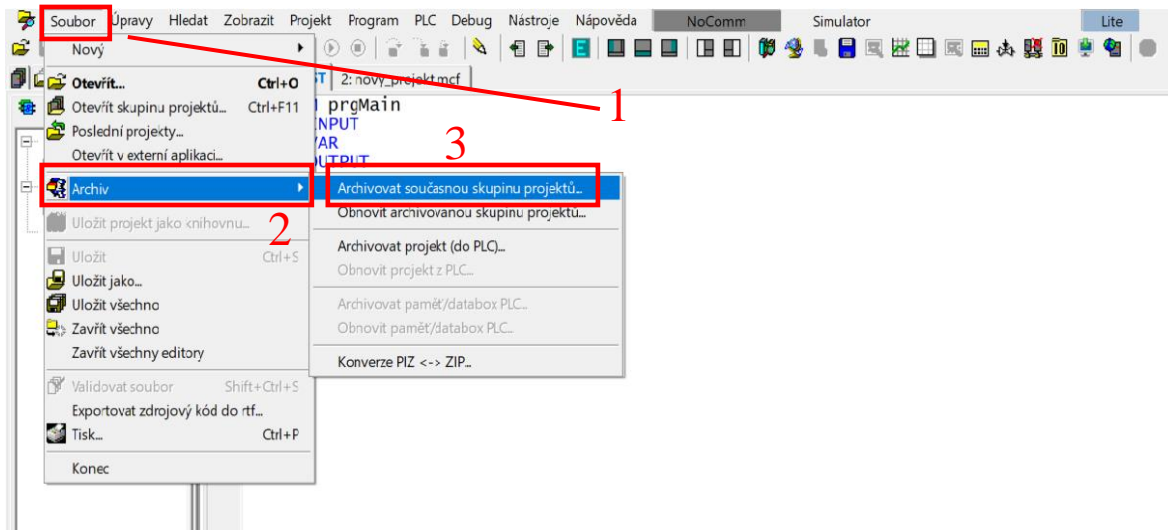
Obrázek 26. Vývojové prostředí - Mosaic

Po kliknutí na tuto ikonu se nám otevře nové okno, kde nalezneme jak záložku pro hlavní modul, tak záložku pro rozšiřující modul. Najdeme zde adresy jednotlivých I/O, jejich pozice na svorkách PLC a jejich aktuální hodnotu. Tu zde můžeme pouze sledovat nebo i zadávat. Můžeme zde jednotlivé I/O přejmenovávat tak, jak je pak používáme v programu.



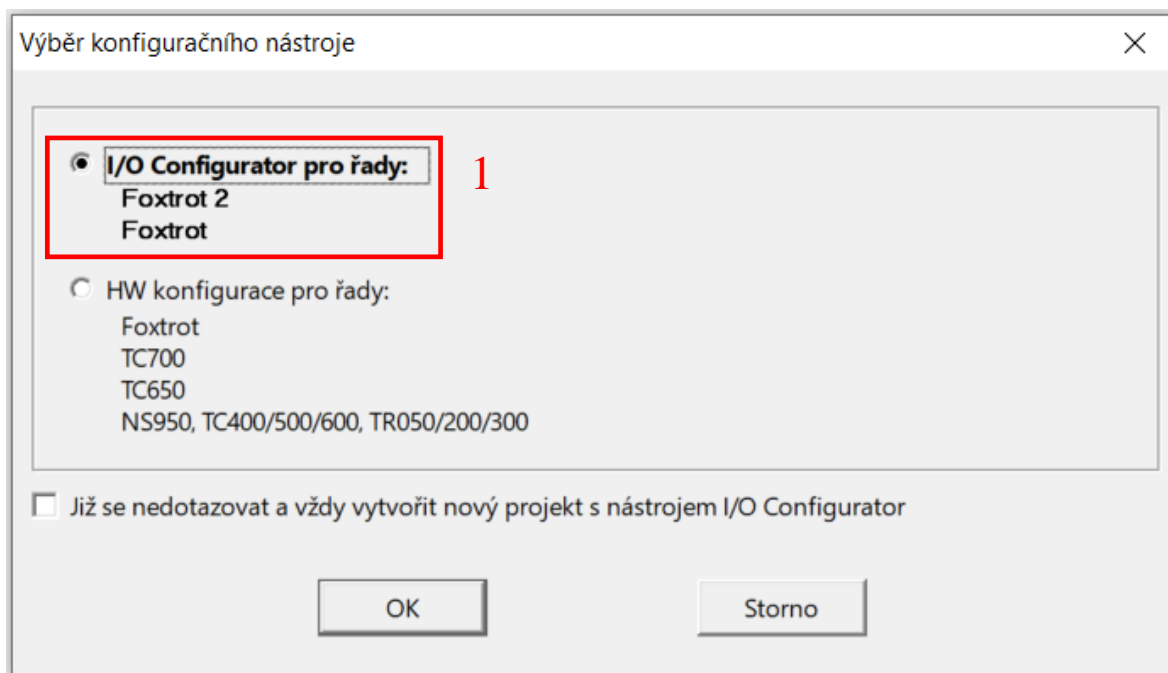
Obrázek 27. Nastavení V/V - Mosaic

Pokud chceme náš projekt přenést na jiné zařízení, je potřeba jej archivovat. To provedeme tak, že klikneme na *Soubor* (1), poté na *Archiv* (2) a následně na *Archivovat současnou skupinu projektů* (3).



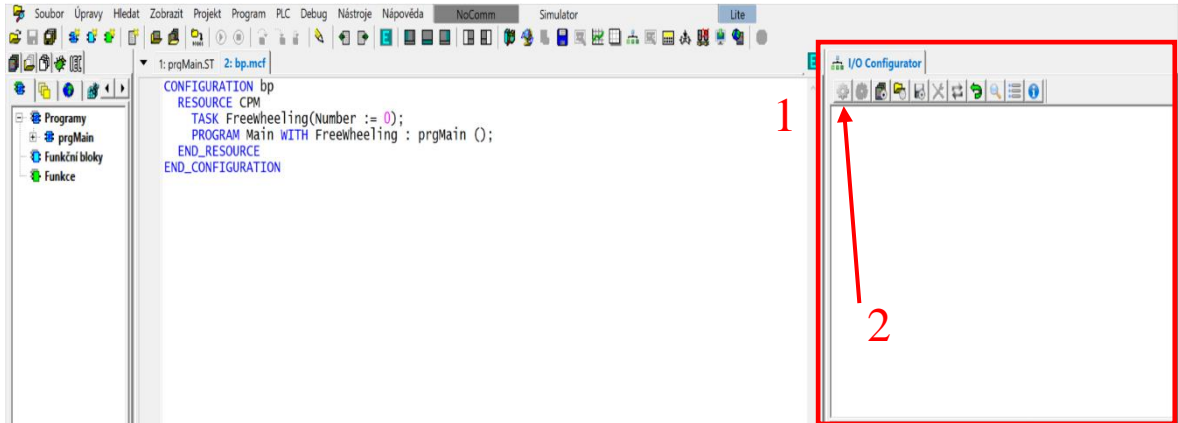
Obrázek 28. Archivace projektu - Mosaic

Ve verzi programu Mosaic 21.2 máme ještě jednu možnost, jak do projektu vložit požadované PLC a to hlavně, pokud chceme pracovat s PLC řady Foxtrot 2. Po vytvoření nového projektu se nám objeví okno pro výběr konfiguračního nástroje. V tomto okně zvolíme možnost *I/O Configurator pro řady*: (1).



Obrázek 29. Výběr konfiguračního nástroje - Mosaic

Dále se nám objeví stejné okno, jako u předchozí verze ovšem na pravé straně se objevila záložka *I/O Configurator* (1). Po kliknutí na ikonu *Založit novou konfiguraci* (2). Se nám otevře nové okno s nabídkou různých PLC.

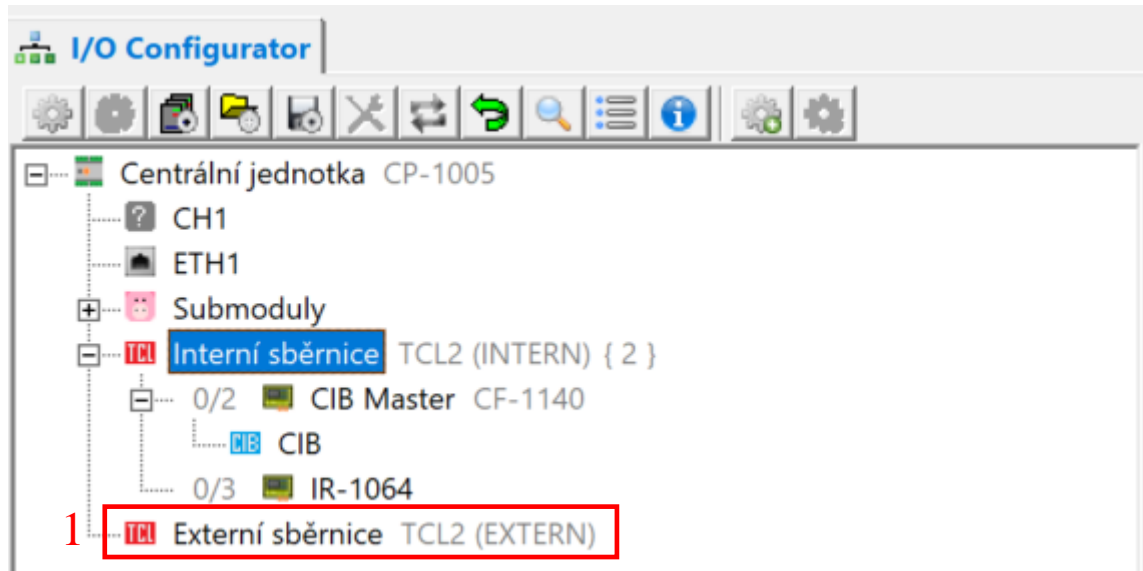


Obrázek 30. Vývojové prostředí - Mosaic



Obrázek 31. Nabídka zařízení - Mosaic

Po zvolení požadovaného typu PLC se nám tento typ objevil v záložce *I/O Configurator*. Pokud chceme k vybranému PLC přidat rozšiřovací modul nebo jiné zařízení, musíme otevřít položku *Externí sběrnice* (1).

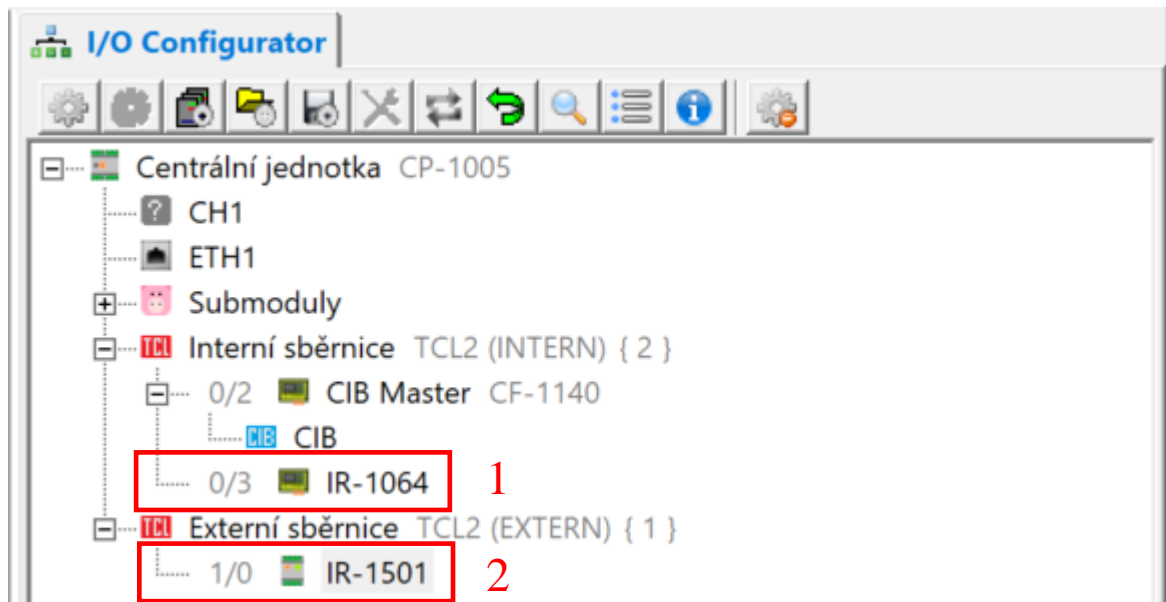


Obrázek 33. I/O Configurator - Mosaic

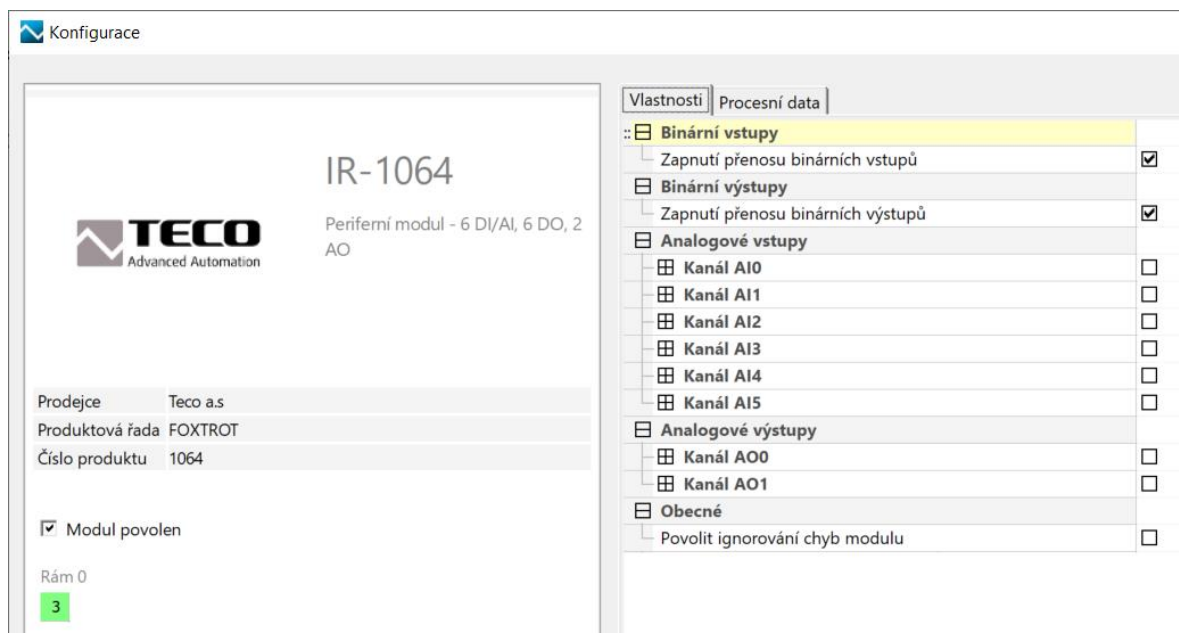


Obrázek 32. Výběr externího zařízení - Mosaic

Abychom si mohli nastavit a pojmenovat jednotlivé vstupy a výstupy musíme otevřít jednotlivé sběrnice. V mém případě, pokud bych chtěl nastavit vstupy a výstupy přímo na PLC musím otevřít *IR-10641* (1). A pokud bych chtěl nastavit vstupy a výstupy na externím modulu, musím otevřít *IR-1501* (2).



Obrázek 34. I/O Configurator s vybraným PLC - Mosaic



Obrázek 35. Vlastnosti V/V - Mosaic

Po kliknutí na záložku *Procesní data* (1) můžeme nastavovat *Alias* k jednotlivým vstupům a výstupům. Nalezneme zde také jméno svorky, na které se daný vstup nebo výstup nachází.

The screenshot shows the configuration interface for the TECO IR-1064 module. The left sidebar contains the following information:

- TECO Advanced Automation** logo
- IR-1064** - Periferní modul - 6 DI/AI, 6 DO, 2 AO
- Prodejce: Teco a.s.
- Produktová řada: FOXROT
- Číslo produktu: 1064
- Modul povolen
- Rám 0
- 3

The main window displays the 'Procesní data' tab with a table for configuring I/O points:

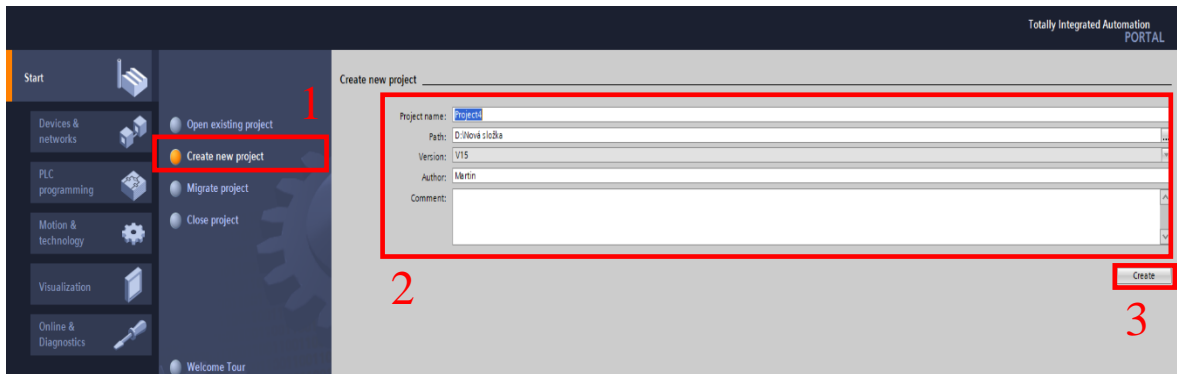
Vlastnosti	Alias	Poznámka	Alokace	Svorka
DI : TBIN_6DIW				
- DI0 : BOOL			Po překladu	D0 / A0
- DI1 : BOOL			Po překladu	D1 / A1
- DI2 : BOOL			Po překladu	D2 / A2
- DI3 : BOOL			Po překladu	D3 / A3
- DI4 : BOOL			Po překladu	D4 / A4
- DI5 : BOOL			Po překladu	D5 / A5
AI0 : TAI				
- AI1 : TAI			Po překladu	D1 / A1
- AI2 : TAI			Po překladu	D2 / A2
- AI3 : TAI			Po překladu	D3 / A3
- AI4 : TAI			Po překladu	D4 / A4
- AI5 : TAI			Po překladu	D5 / A5
DO : TBIN_6DOW				
- DO0 : BOOL			Po překladu	D00
- DO1 : BOOL			Po překladu	D01
- DO2 : BOOL			Po překladu	D02
- DO3 : BOOL			Po překladu	D03
- DO4 : BOOL			Po překladu	D04
- DO5 : BOOL			Po překladu	D05
AO0 : TAO				
- FS : INT			Po překladu	
- ENG : REAL			Po překladu	
- PCT : REAL			Po překladu	
AO1 : TAO				
- FS : INT			Po překladu	
- ENG : REAL			Po překladu	
- PCT : REAL			Po překladu	

Obrázek 36. Procesní data V/V - Mosaic

9 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PLC SIEMENS - TIA PORTAL 15

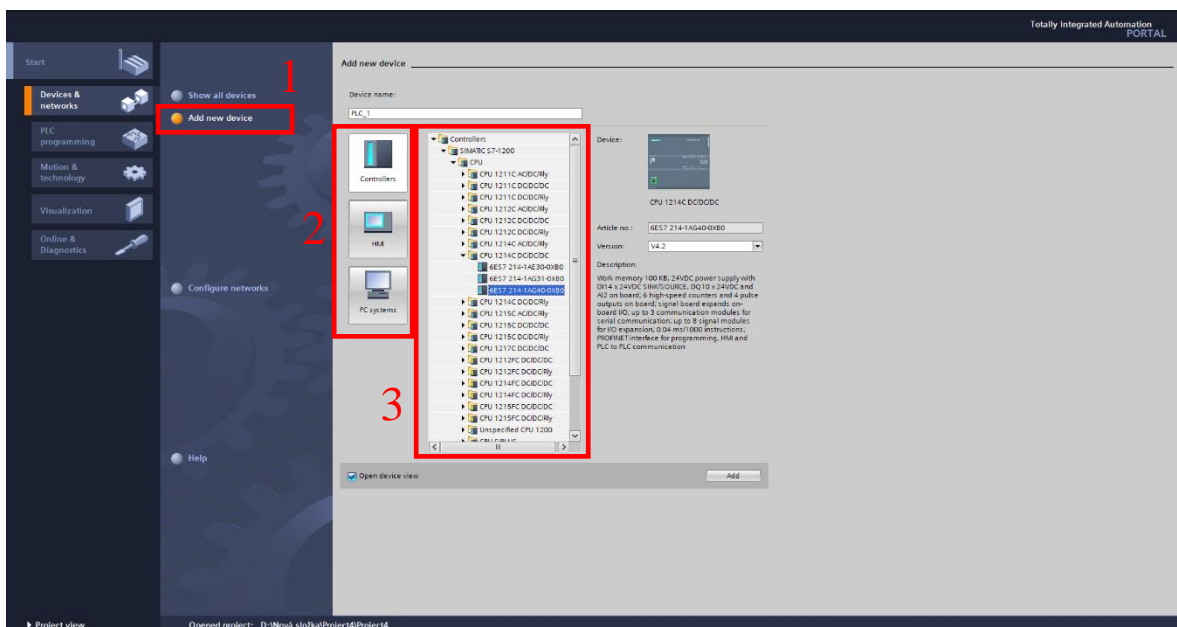
Vytvoření nového projektu v TIA Portal 15:

Po zapnutí TIA Portal 15 zvolíme v nabídce *Create new project* (1). Poté vyplníme další potřebné údaje o našem projektu (2) a klikneme na tlačítko *Create* (3).



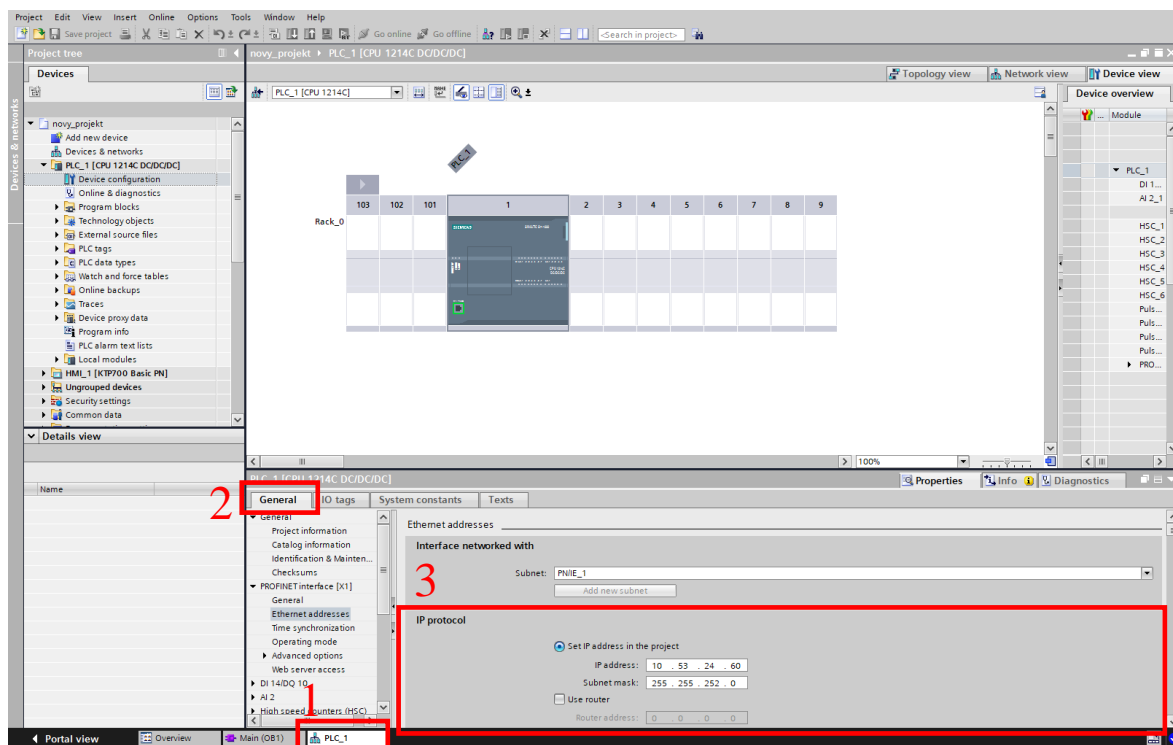
Obrázek 37. Vytvoření nového projektu - TIA Portal 15

Po stisknutí tohoto tlačítka se nám objeví další stránka. Nejprve klikneme vlevo na *Add new device* (1). Následně si vybereme, jaké zařízení chceme do našeho projektu přidat (2) a vybereme konkrétní typ tohoto zařízení (3).



Obrázek 38. Výběr zařízení - TIA Portal 15

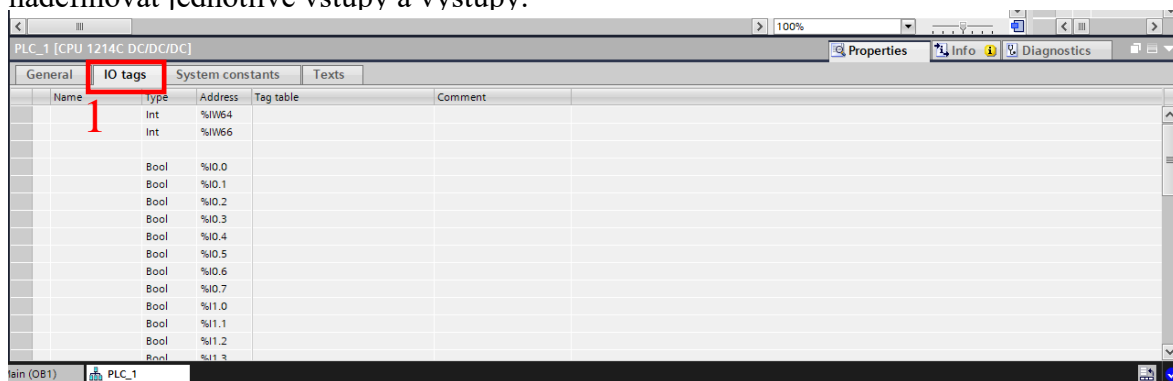
Po vybrání požadovaného PLC a stisknutí tlačítka *Add* se ocitneme na záložce *PLC_1* (1). Zde v záložce *General* (2) nastavíme IP adresu našeho PLC (3).



Obrázek 39. Nastavení IP adresy PLC - TIA Portal 15

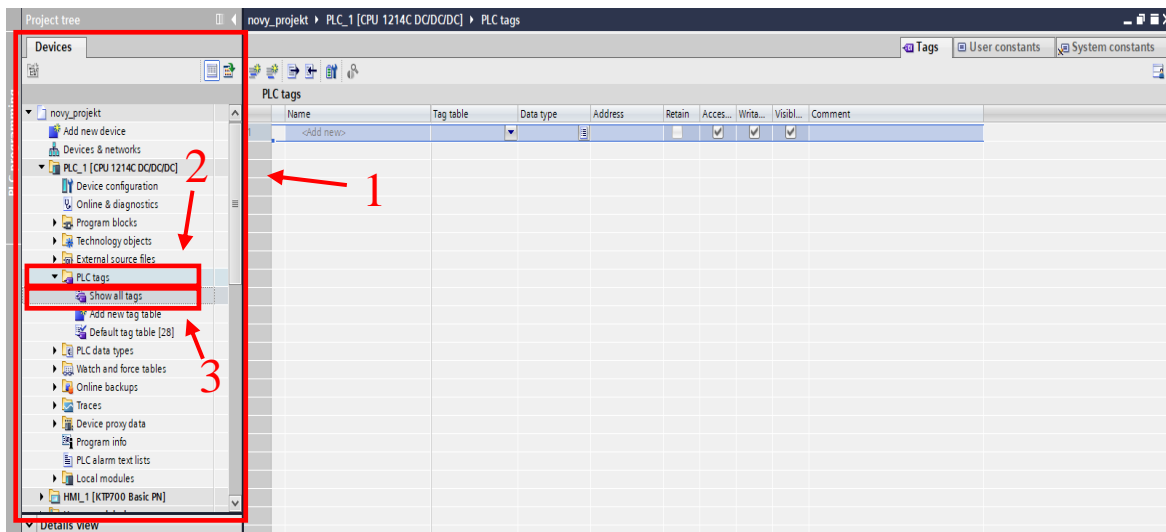
Nastavení vstupů a výstupů můžeme udělat dvěma způsoby.

První způsob je, že ze záložky *General* se přepneme do záložky *IO tags* (1). Zde si můžeme nadefinovat jednotlivé vstupy a výstupy.



Obrázek 40. Nastaví vstupů a výstupů - TIA Portal 15

Druhý způsob je, že si v nabídce vlevo (1) otevřeme položku *PLC tags* (2) a rozklikneme *Show all tags* (3). Zde si již můžeme definovat jednotlivé vstupy a výstupy, ale také další systémové proměnné.

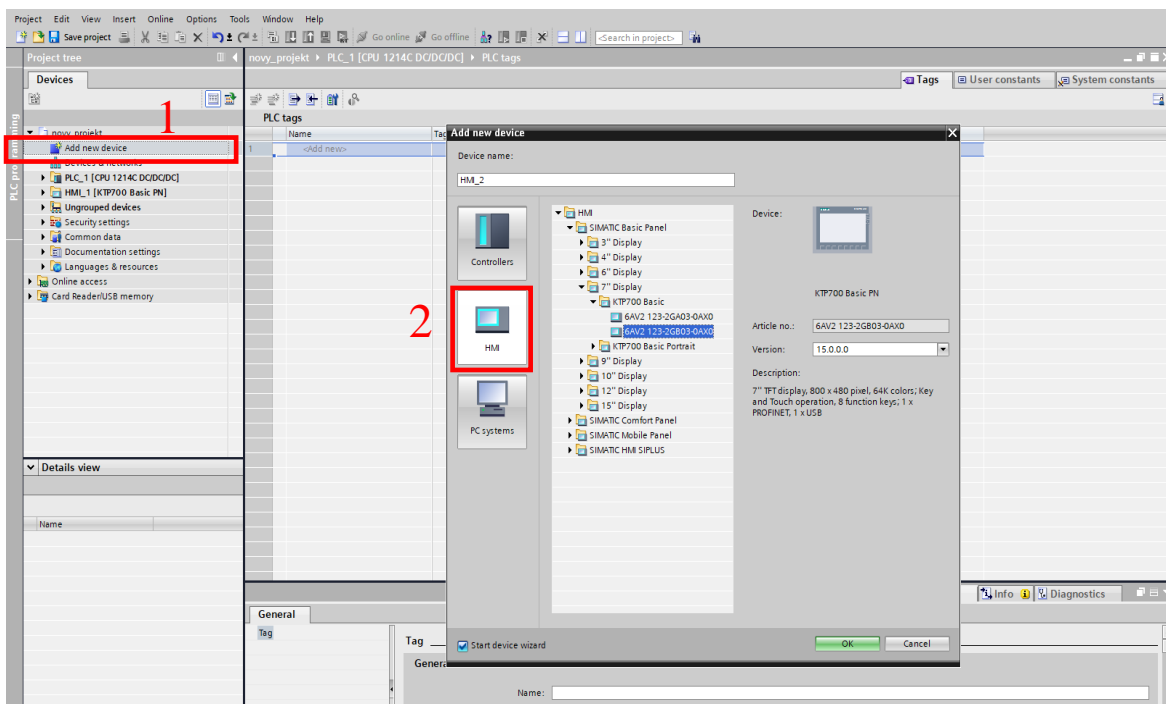


Obrázek 41. Nastavení vstupů a výstupů - TIA Portal 15

9.1 Přidání HMI panelu

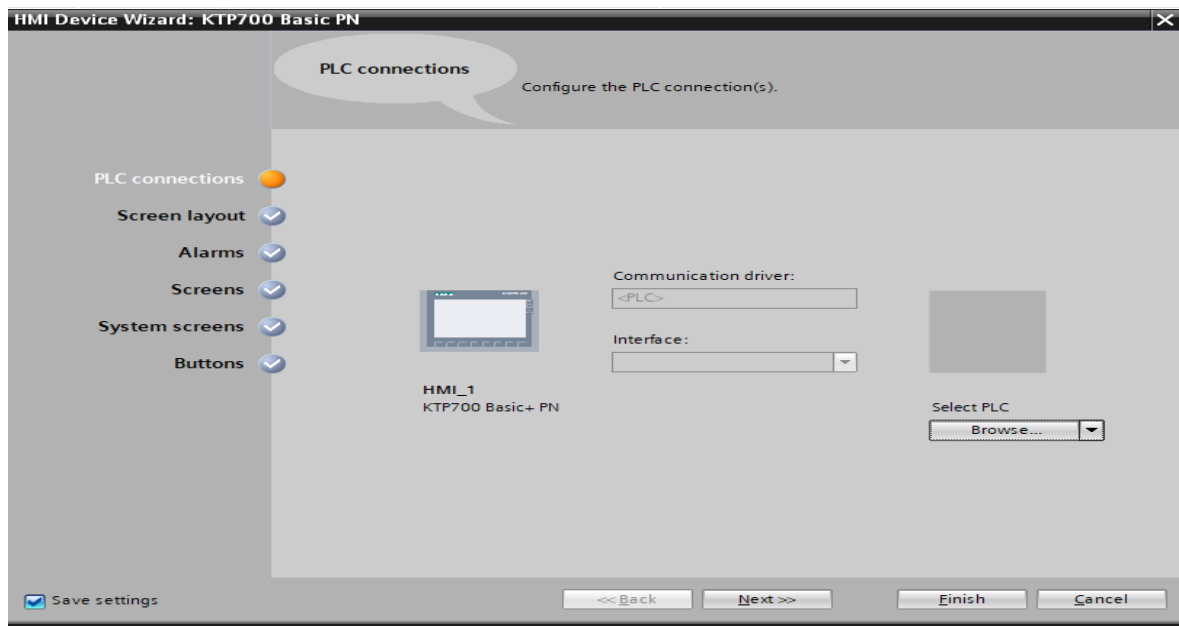
Dále si ukážeme, jak do našeho projektu můžeme přidat HMI panel.

V nabídce vlevo klikneme na položku *Add new device* (1). Otevře se nám nové okno, kde klikneme na tlačítko *HMI* (2) a v nabízeném seznamu si vybereme požadované zařízení. V mém případě jsem vybral displej 6AV 123-2GB03-0AX0.



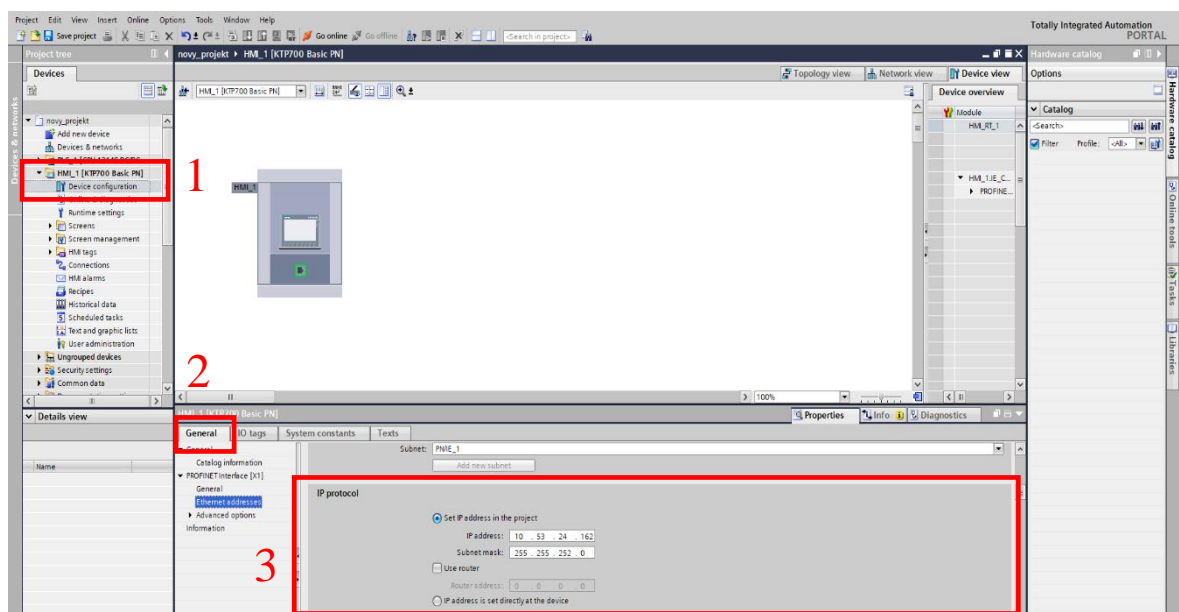
Obrázek 42. Přidání HMI - TIA Portal 15

Po vybrání vhodného displeje se nám otevře okno, ve kterém můžeme provést nastavení displeje. Najdeme zde například umístění tlačítek, času, loga, ...



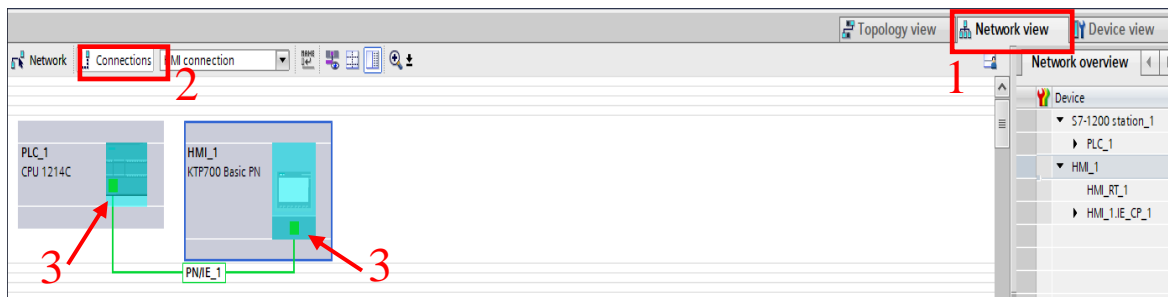
Obrázek 43. Nastavení HMI - TIA Portal 15

V dalším kroku nastavíme IP adresu našeho HMI panelu. V nabídce *Devices* otevřeme složku *HMI* (1) a zde vybereme *Device configuration* (1). Následně vybereme kartu *General* (2), kde otevřeme položku *PROFINET Interface* a poté *Ethernet addresses* a nastavíme IP adresu a masku podsítě (3).



Obrázek 44. Nastavení IP adresy HMI - TIA Portal 15

Po nastavení IP adresy klikneme vpravo nahoře na záložku *Network view* (1) a zde vlevo vybereme *Connections* (2). Poté propojíme dva zelené čtverečky (3), které představují konektor na PLC a HMI.



Obrázek 45. Propojení PLC a HMI - TIA Portal 15

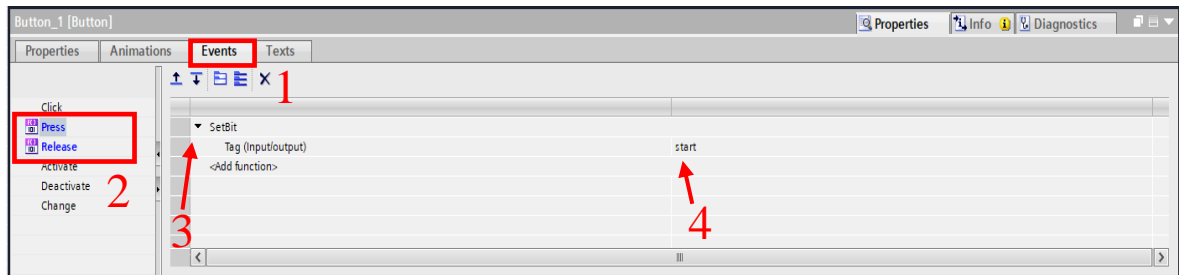
Poté, co nastavíme spojení mezi PLC a HMI můžeme začít s úpravou samotného prostředí pro HMI. Vlevo klikneme na složku *Screens* (1). Zde můžeme přidávat další obrazovky a upravovat je. Po otevření požadované stránky se nám na pravé straně objeví nabídka objektů, které je možné na stránku vložit (2).



Obrázek 46. Tvorba jednotlivých stránek HMI - TIA Portal 15

V případě že do projektu vkládáme tlačítko (*Button*) musíme nastavit jeho funkci. Tlačítko může vykonávat nastavené příkazy buď při stisknutí a nebo při puštění tlačítka (*Press*,

Release) (2). Toto nastavení najdeme na kartě *Events* (1). Dále pak musíme vybrat, jakou funkci má tlačítko vykonávat (např. *SetBit* (3)). V tomto případě musíme ještě nastavit jméno proměnné, jejíž hodnota má být tlačítkem měněná (4). Tyto proměnné se vytváří v *PLC tags* a měly by mít nastavenou adresu M.

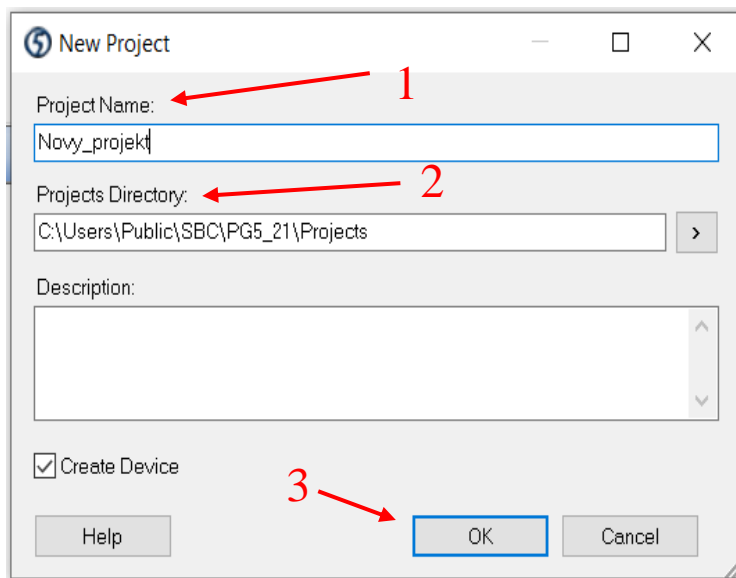


Obrázek 47. Nastavení tlačítka HMI - TIA Portal 15

10 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PLC SAIA - PG5

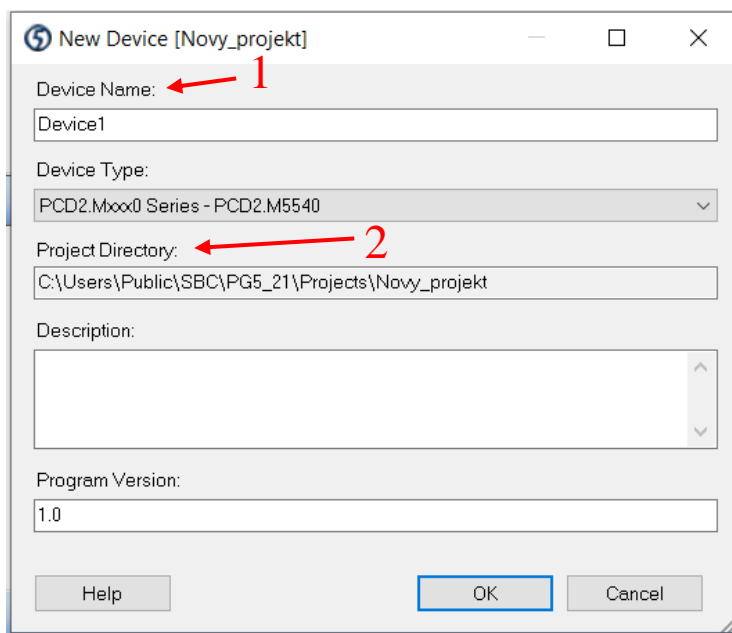
Postup vytvoření nového projektu v prostředí PG5:

Po spuštění programu klikneme v horní liště na *Project* → *New*. Poté se nám otevře okno, ve kterém si pojmenujeme náš projekt (1), zvolíme, kde má být projekt uložen (2) a poté kliknutím na tlačítko *OK* (3) projekt vytvoříme.



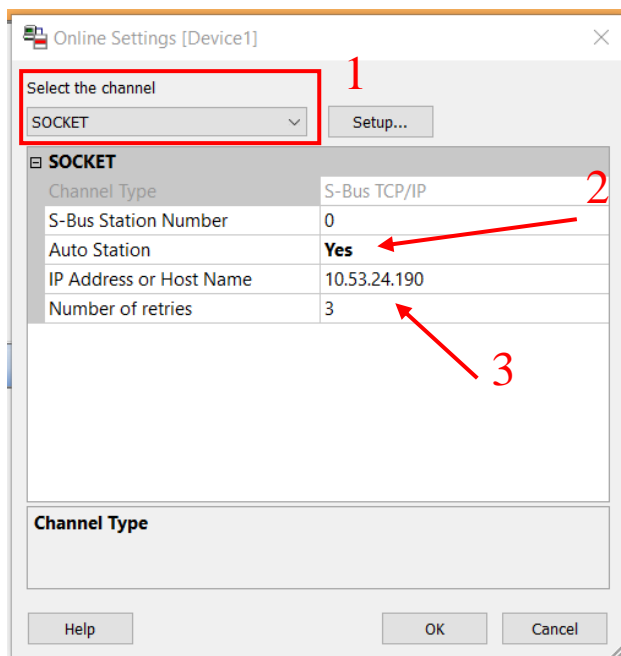
Obrázek 48. Vytvoření nového projektu - PG5

Následně se nám otevře okno, ve kterém pojmenujeme naše PLC (1) a také vybereme typ našeho PLC (2).



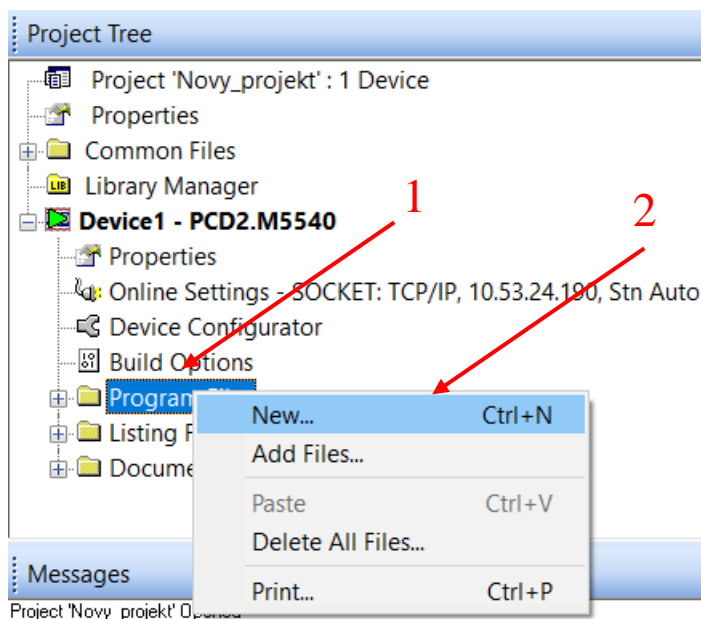
Obrázek 49. Vytvoření nového zařízení - PG5

V dalším kroku klikneme v horní liště na *Online* → *Online Settings*. Následně se nám otevře okno, ve kterém nastavíme typ připojení k našemu PLC. V nabídce *Select the channel* vybereme typ *SOCKET* (1). Poté v řádku *Auto Station* nastavíme hodnotu *Yes* (2) a do řádku *IP Address or Host Name* nastavíme IP adresu našeho PLC (3).



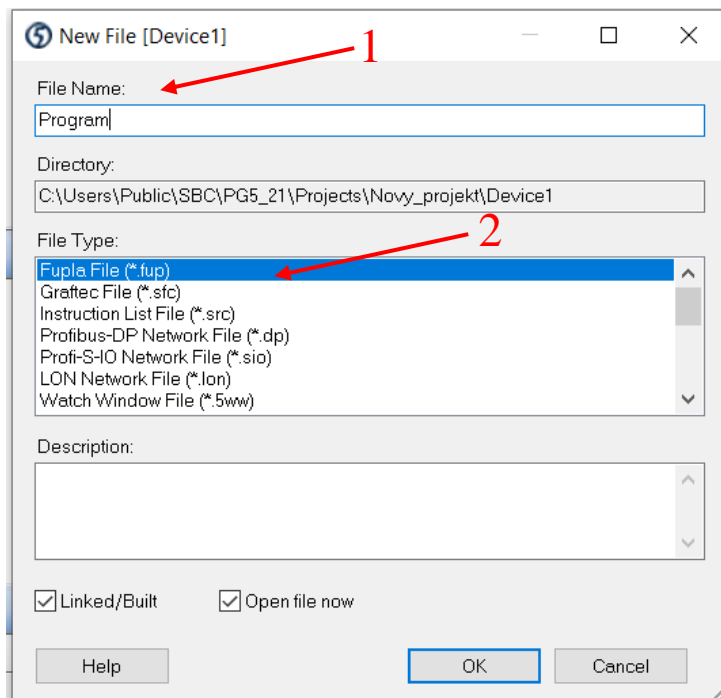
Obrázek 50. Nastavení připojení k PLC - PG5

Dále již stačí vytvořit pouze nový program. Ten vytvoříme tak, že klikneme pravým tlačítkem na *Program files* (1) a v nabídce zvolíme *New* (2).



Obrázek 51. Vytvoření nového programu - PG5

Otevře se nám nové okno, kde si můžeme náš program pojmenovat (1) a zvolit jazyk, ve kterém budeme náš program psát (2). Na výběr máme z jazyků *Fupla*, *Graftec* a *Instruction list*.



Obrázek 52. Výběr programovacího jazyka - PG5

Poté se otevře nové okno, ve kterém budeme vytvářet náš program.

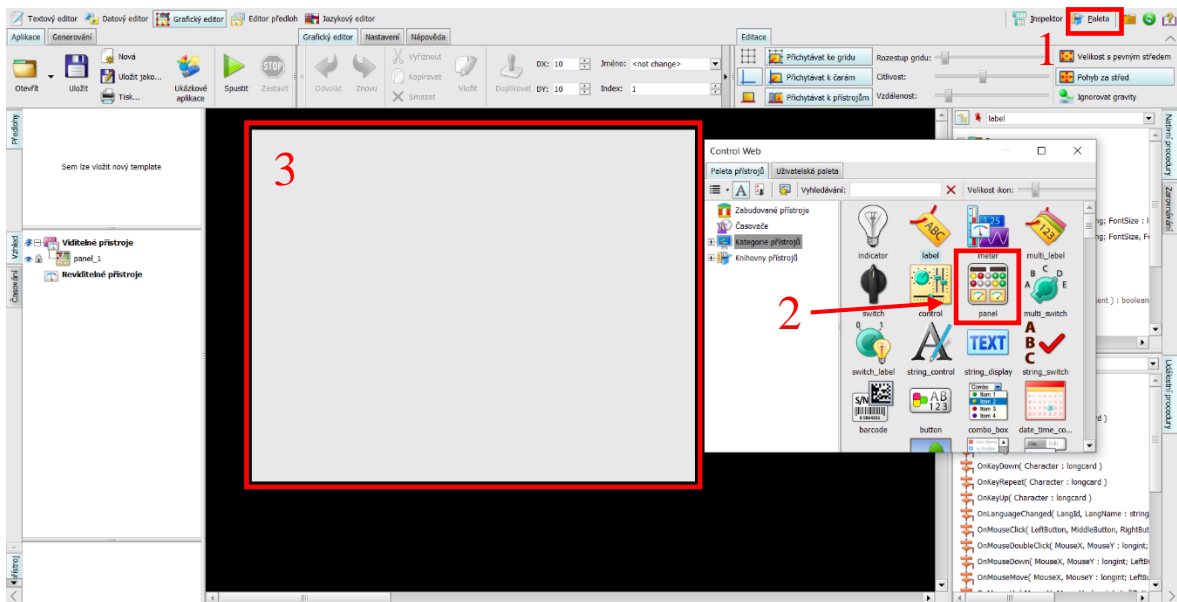
Ve spodní části tohoto okna se nachází *Symbol Editor*. Zde vkládáme a pojmenováváme nejen naše vstupy a výstupy, ale také další proměnné použité v programu.

Symbol Name	Type	Address/Value	Comment	Actual Address	Tags	Scope
Program.fup	ROOT					
COB_0	COB					Local
I_10	I	16				Local
I_11	I	17				Local
I_12	I	18				Local
O_00	O	0				Local
O_01	O	1				Local
O_02	O	2				Local
F_0	F	0				Local

Obrázek 53. Vstupy/výstupy - PG5

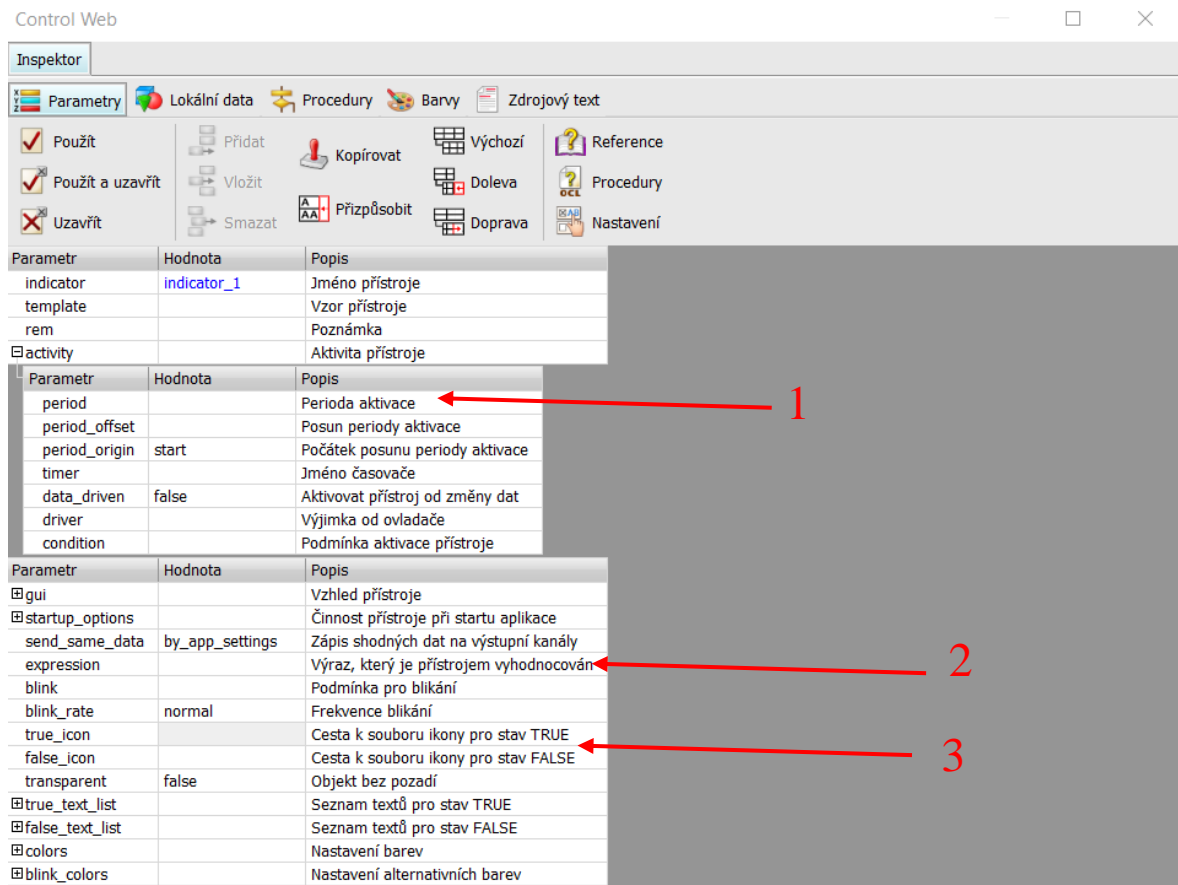
11 CONTROL WEB

Nejprve otevřeme ikonu *Paleta* (1). Odtud můžeme přidávat jednotlivé prvky do našeho projektu. Zde najdeme spoustu prvků jako třeba indikátory, přepínače, textové prvky,... Nejprve přidáme prvek *Panel* (2) tak, že jej přesuneme na plochu (3). Do tohoto panelu poté můžeme přesouvat jednotlivé prvky.



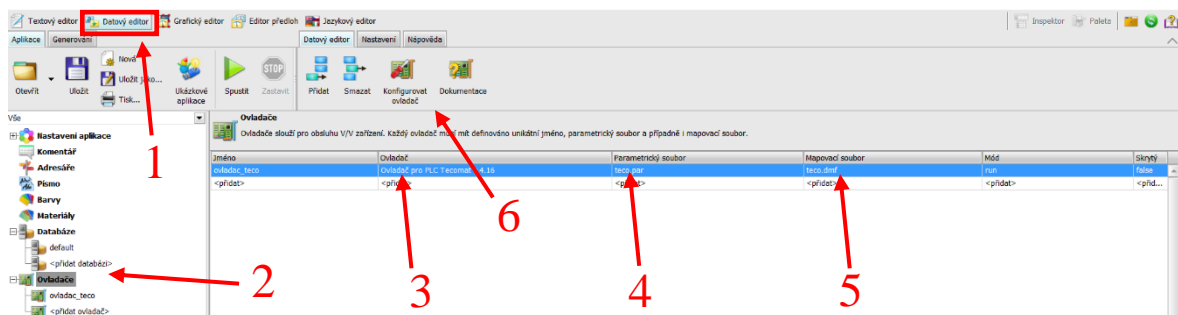
Obrázek 54. Vytvoření projektu - Control Web

U každého prvku, který do našeho projektu přidáme, je potřeba nastavit některé parametry. Například u prvku *indicator* je jedním z těchto parametrů je parametr *period* (1). Tento parametr nastavuje periodu, po které se prvek neustále aktivuje a kontroluje tak stav proměnné, která mění grafickou podobu prvku *indicataor*. Dalším parametrem je *expression* (2). Zde nastavujeme proměnnou, podle které se indikátor řídí. Dále můžeme nastavit parametry *true_icon* a *false_icon* (3). Tyto parametry nastavují vzhled indikátoru při změně řídicí proměnné.



Obrázek 55. Nastavení přístroje - Control Web

V dalších krocích je popsáno, jak provést připojení CW k PLC Tecomat. Nejprve si musíme přepnout editor na datový (1). Poté v nabídce vybereme položku *Ovladače* (2) a zde vytvoříme nový ovladač. Nový ovladač pojmenujeme a přiřadíme k němu soubor *Ovladač pro PLC Tecomat v.4.16* (3). Ke každému ovladači je nutné přidat *Parametrický soubor* (4) a *Mapovací soubor* (5). Tyto soubory obsahují informace o adresách proměnných v CW a PLC. Můžeme je různě upravovat pomocí ikony *Konfigurovat ovladač* (6).



Obrázek 56. Přidání sekce kanálů - Control Web

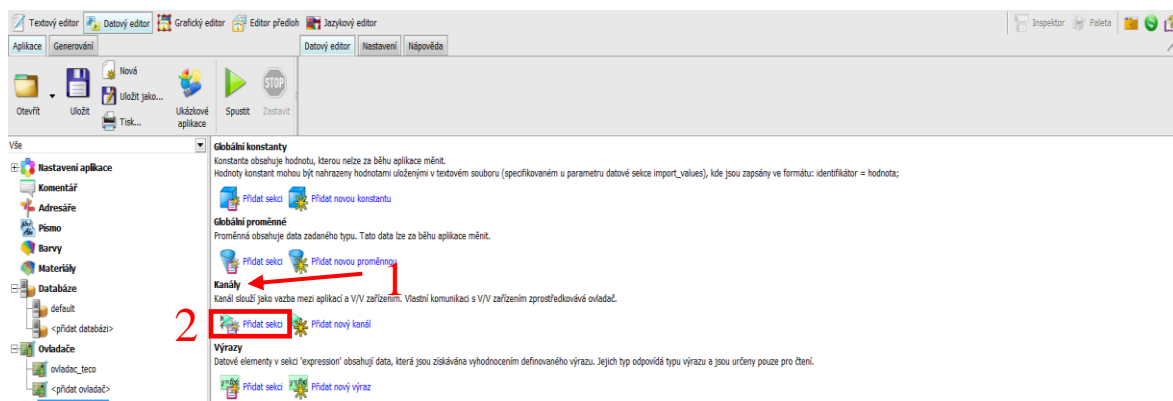
V parametrickém souboru nalezneme parametry pro komunikaci mezi CW a PLC. Sloupec č. jedna obsahuje adresy paměti v CW. Ve druhém sloupci se nachází IP adresa PLC, se kterým CW komunikuje. Třetí sloupec udává typ adresového prostoru PLC, ve kterém se nachází daná proměnná. Ve čtvrtém sloupci je datový typ proměnné. Pátý sloupec obsahuje informaci o adrese v PLC. A v šestém sloupci najdeme informaci, zda se jedná o vstup (*input*), výstup (*output*), obousměrný (*bidirect*). To zda se jedná o vstup, či výstup se posuzuje z pohledu CW.

```

; Block = <From>, <To>, <Con>, 2 3 <Area>, <Type>, 5 <Adr> [,Bidirect]
[ ,SwapBytes] , [Id:<Name>]
Block = 100, 1 107, 00@127.0.0.1, R 4 sbit, 100, bidirect 6
Block = 110, 116, 00@127.0.0.1, R sbit, 102, bidirect
Block = 120, 127, 00@127.0.0.1, R sbit, 0, bidirect
Block = 130, 137, 00@127.0.0.1, R sbit, 1, bidirect
Block = 140, 147, 00@127.0.0.1, R sbit, 2, bidirect
Block = 150, 157, 00@127.0.0.1, R sbit, 328, bidirect
    
```

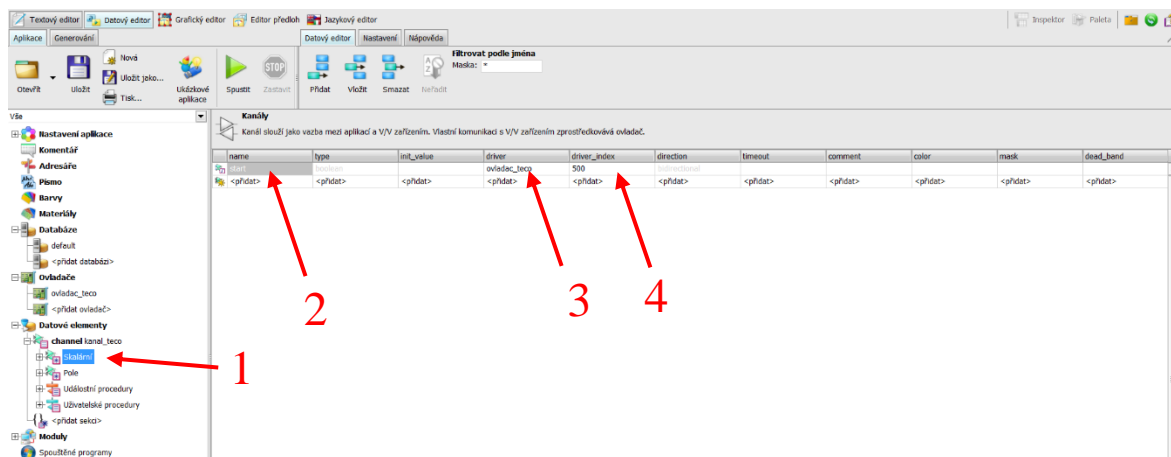
Obrázek 57. Ukázka parametrického souboru - Control Web

Po vytvoření ovladače otevřeme *Datové elementy* a zde musíme přidat novou sekci kanálů tím, že v části *Kanály* (1) klikneme na *Přidat sekci* (2).



Obrázek 58. Vytvoření ovladače - Control Web

Dále již pak do sekce *Skalární* (1) přidáváme jednotlivé proměnné, které komunikují mezi PLC a CW. Každá proměnná má své jméno (2), do pole *driver* (3) přidáme jméno ovladače, který jsme vytvořili. Položka *driver_index* (4) slouží k nastavení adresy proměnné. Tuto adresu nastavujeme podle parametrického souboru.



Obrázek 59. Vytvoření kanálu - Control Web

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření nových modulů, které by měly být použity pro výuku předmětu Programování PLC. S tím souvisí i převod původních modelů technologických procesů od Ing. Ludka Kohouta, které se již ve výuce používají delší dobu na nový modernizovaný modul, který vytvořil v rámci bakalářské práce Jan Vinklárek. Součástí práce je i vytvoření ukázkových programů pro PLC Tecomat, Saia a Siemens a ověření vizualizace a ovládání pomocí programu ControlWeb. Součástí práce bylo také vytvoření nového modelu technologického procesu.

V teoretické části práce nalezneme seznámení s programovatelnými automaty. Jejich rozdělení podle konstrukce a vysvětlení způsobu jejich funkce. Dále se zde nachází popis programovacích jazyků, které splňují požadavky normy IEC 61131 - 3. Následně je zde popsáno fungování původních modelů technologických procesů, které byly převedeny na nový modul.

Praktická část se zabývá ukázkou práce ve vývojových prostředí jednotlivých PLC. Popisuje, jak vytvořit nový projekt, jak se připojit k PLC a jak nadefinovat vstupy a výstupy. Můžeme zde také nalézt ukázkou práce ve SCADA SW ControlWeb. V této části je také popsán nový model technologického procesu „Automatický sklad“, který byl v rámci řešení této práce vytvořen.

Příloha obsahuje popis jednotlivých modelů a jejich zapojení z hlediska vstupů a výstupů. Můžeme zde také nalézt ukázky řešených příkladů pro vybrané PLC. Každé PLC obsahuje ukázkou celkem šesti jednodušších příkladů a dvou komplexnějších příkladů pro vybrané modely. Příklady jsou tvořené v různých jazycích, aby byla popsána jejich funkce. Součástí přílohy jsou také další příklady pro rozšiřující funkce některých PLC (webserver, datalogger, ...) Dále je zde ukázkou funkce SCADA systému ControlWeb s využitím vybraných PLC.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Electrical 4 U: Programmable Logic Controllers (PLCs): Basics, Types & Applications* [online]. 2021 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.electrical4u.com/programmable-logic-controllers/>
- [2] *Smart Energy Solution Provider: Programmable Logic Controller (PLC) Types and Applications* [online]. [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://chintglobal.com/blog/programmable-logic-controller-plc/>
- [3] Modulární PLC Siemens SIMATIC S7-300. *SIEMENS* [online]. [cit. 2021-10-22]. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ccf8b374a4e750320264ac2e0f38d1663961d89c/width:1125/quality:high/p-st70-xx-05782v-bg.jpg>
- [4] *PŘÍRUČKA PROGRAMÁTORA PLC TECOMAT* [online]. 13. vydání - září 2007. 2007 [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: [https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00109_\(v13\)_Prirucka_programatora_PLC_TECOMAT.pdf](https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00109_(v13)_Prirucka_programatora_PLC_TECOMAT.pdf)
- [5] *Programování PLC podle normy IEC 61131-3 v prostředí Mosaic* [online]. Jedenácté vydání. 2009 [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: [https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00321_\(v11\)_Programovani_PLC_TECOMAT_podle_IEC_61131-3.pdf](https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00321_(v11)_Programovani_PLC_TECOMAT_podle_IEC_61131-3.pdf)
- [6] NAVRÁTIL, Pavel. *Programování PLC* [online]. Zlín, 2019 [cit. 2021-10-23].
- [7] *Nástroj pro výuku programování PLC podle normy IEC EN 61131-3* [online]. Praha, 2019 [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/83691/F2-BP-2019-Grechka-Vladyslav-Grechka.B.P.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. České vysoké učení technické v Praze Fakulta strojní.

- [8] ZAČÍNÁME V PROSTŘEDÍ MOSAIC. *ZAČÍNÁME V PROSTŘEDÍ MOSAIC* [online]. 2010 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00320_01_mosaic_progstart_cz
- [9] Siemens TIA Portal - jednotné vývojové prostředí pro automatizaci v průmyslu. *Časopis Automa* [online]. 2011, **2011**(03), 2 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/43212.pdf
- [10] PG5+SW. *EWWH* [online]. [cit. 2021-11-24]. Dostupné z: <http://www.ewwh.cz/produkty/pg5-sw/81>
- [11] Co je Control Web? *Moravské přístroje a.s.* [online]. [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: <https://www.mii.cz/art?id=380&cat=146&lang=405>
- [12] Control Web 8 přináší novou možnost, jak kreslit obrázky v aplikaci. *Moravské přístroje a.s.* [online]. [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://www.mii.cz/art?id=952&lang=405>
- [13] Co je to SCADA? *PROMOTIC* [online]. [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsScada.htm>
- [14] SCADA HMI. *Pantek* [online]. [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: <https://www.pantek.cz/scada-hmi/>
- [15] Panely SIMATIC HMI Basic. *SIEMENS* [online]. [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>
- [16] Modely procesů - EDU mod. *Edumat.cz - Autorizované kurzy Teco a.s., pomůcky do odborných učeben a laboratoří.* [online]. [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=edumod>
- [17] *Edumat.cz - Autorizované kurzy Teco a.s., pomůcky do odborných učeben a laboratoří.* [online]. [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=suport>

- [18] *Edumat.cz - Autorizované kurzy Teco a.s., pomůcky do odborných učeben a laboratoří.* [online]. [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=krizovatka>
- [19] *Edumat.cz - Autorizované kurzy Teco a.s., pomůcky do odborných učeben a laboratoří.* [online]. [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=pracka>
- [20] *Edumat.cz - Autorizované kurzy Teco a.s., pomůcky do odborných učeben a laboratoří.* [online]. [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=mixer>
- [21] *VÝUKOVÝ PORTÁL COPTel: Sekvenční programy v jazyce SFC pro PLC Mitsubishi - FX* [online]. 2019 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://coptel.cz/mod/page/view.php?id=6695>
- [22] *Jungheinrich: Jeřábové zakladače drobných dílů* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/automaticke-skladove-systemy/automaticky-sklad-drobnych-dilu/jerabove-zakladace>
- [23] *SIEMENS: Přizpůsobí se veškerým vašim požadavkům - SIMATIC S7-1200* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- [24] *SIEMENS: SIMATIC S7-300 - Proven and available until 2033* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-300.html>
- [25] SOBOLÍK, Martin. *Nové laboratorní úlohy pro předmět Programovatelné automaty* [online]. Zlín, 2007 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/4789/sobol%C3%ADk_2007_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

- [26] *User's guide PCD7.D23x_rev5* [online]. 2007 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z:
https://sbc-support.com/uploads/tx_srcproducts/user's_guide_PCD7.D23x_rev5.pdf
- [27] VINKLÁREK, Jan. *Nové laboratorní úlohy pro předmět Programovatelné automaty s využitím PLC od firmy Siemens* [online]. Zlín, 2020 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z:
https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/47965/vinkl%a1rek_2020_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [28] All4sps. In: *All4sps* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z:
https://www.all4sps.com/media/image/product/506719/lg/490964_saia-burgess-pcd-operator-panel-pcd7d232_1.jpg

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PLC	Programmable Logic Controller
HMI	Human Machine Interface
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
CPU	Central Processing Unit
POU	Programová Organizační Jednotka
FUN	Funkce
FB	Funkční blok
PROG	Program
IL	Instruction list
ST	Structured Text
LD	Ladder Diagram
FBD	Function Block Diagram
CFC	Continuous Flow Diagram
SFC	Sequential Function Chart
TIA	Totally Integrated Automation Portal
CW	ControlWeb
IEC	International Electrotechnical Commission
HW	Hardware
SW	Software
I/O	Input/Output

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Kompaktní PLC Siemens SIMATIC S7-1200 [23]	9
Obrázek 2. Modulární PLC Siemens SIMATIC S7-300 [24]	10
Obrázek 3. Cyklus PLC Tecomat [4].....	11
Obrázek 4. Základní struktura POU [5].....	13
Obrázek 5. Ukázka programovacího jazyka IL	14
Obrázek 6. Ukázka programovacího jazyka ST	14
Obrázek 7. Ukázka programovacího jazyka LD.....	15
Obrázek 8. Ukázka programovacího jazyka FBD	15
Obrázek 9. Ukázka programovacího jazyka CFC	16
Obrázek 10. Ukázka programovacího jazyka SFC	16
Obrázek 11. Ukázka vývojového prostředí Mosaic	17
Obrázek 12. Ukázka vývojového prostředí TIA Portal V15	18
Obrázek 13. Ukázka vývojového prostředí Saia PG5.....	18
Obrázek 14. Ukázka SCADA systému Control Web [12].....	20
Obrázek 15. Panel KTP700 Basic [15].....	21
Obrázek 16. Panel PCD7.D232	22
Obrázek 17. Modernizovaný modul	27
Obrázek 18. Automatický sklad drobných dílů [22].....	28
Obrázek 19. Model automatického skladu	29
Obrázek 20. Pojmenování nového projektu - Mosaic.....	30
Obrázek 21. Základní výběr řídicího systému - Mosaic	30
Obrázek 22. Deklarace programové organizační jednotky-Mosaic.....	31
Obrázek 23. Manažer projektů - Mosaic	31
Obrázek 24. Výběr řady PLC - Mosaic	32
Obrázek 25. Konfigurace HW - Mosaic	32
Obrázek 26. Vývojové prostředí - Mosaic.....	33
Obrázek 27. Nastavení V/V - Mosaic	33
Obrázek 28. Archivace projektu - Mosaic	34
Obrázek 29. Výběr konfiguračního nástroje - Mosaic.....	34
Obrázek 30. Vývojové prostředí - Mosaic.....	35
Obrázek 31. Nabídka zařízení - Mosaic.....	35
Obrázek 32. Výběr externího zařízení - Mosaic	36

Obrázek 33. I/O Configurator - Mosaic.....	36
Obrázek 34. I/O Configurator s vybraným PLC - Mosaic.....	37
Obrázek 35. Vlastnosti V/V - Mosaic.....	37
Obrázek 36. Procesní data V/V - Mosaic	38
Obrázek 37. Vytvoření nového projektu - TIA Portal 15	39
Obrázek 38. Výběr zařízení - TIA Portal 15.....	39
Obrázek 39. Nastavení IP adresy PLC - TIA Portal 15	40
Obrázek 40. Nastaví vstupů a výstupů - TIA Portal 15	40
Obrázek 41. Nastavení vstupů a výstupů - TIA Portal 15	41
Obrázek 42. Přidání HMI - TIA Portal 15	41
Obrázek 43. Nastavení HMI - TIA Portal 15.....	42
Obrázek 44. Nastavení IP adresy HMI - TIA Portal 15.....	42
Obrázek 45. Propojení PLC a HMI - TIA Portal 15	43
Obrázek 46. Tvorba jednotlivých stránek HMI - TIA Portal 15	43
Obrázek 47. Nastavení tlačítka HMI - TIA Portal 15.....	44
Obrázek 48. Vytvoření nového projektu - PG5	45
Obrázek 49. Vytvoření nového zařízení - PG5.....	45
Obrázek 50. Nastavení připojení k PLC - PG5.....	46
Obrázek 51. Vytvoření nového programu - PG5	46
Obrázek 52. Výběr programovacího jazyka - PG5.....	47
Obrázek 53. Vstupy/výstupy - PG5	47
Obrázek 54. Vytvoření projektu - Control Web	48
Obrázek 55. Nastavení přístroje - Control Web	49
Obrázek 56. Přidání sekce kanálů - Control Web.....	49
Obrázek 57. Ukázka parametrického souboru - Control Web.....	50
Obrázek 58. Vytvoření ovladače - Control Web	50
Obrázek 59. Vytvoření kanálu - Control Web	51
Obrázek 60. Zapojení vstupu EDU - modelu [27].....	63
Obrázek 61. Chování vstupu při napětí 24VDC	63
Obrázek 62. Zapojení výstupu EDU - modelu	64
Obrázek 63. Výstup modulu	64
Obrázek 64. Nákres špiček na DPS	65
Obrázek 65. Nákres špiček přepínače.....	65

Obrázek 66. Nový model Křižovatky	66
Obrázek 67. Nový model Displeje.....	66
Obrázek 68. Nový model posuvné jednotky.....	66
Obrázek 69. Nový model mísící jednotky	66
Obrázek 70. Nový model Pračky	66
Obrázek 71. Nový model Nápojového automatu.....	66

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Elementární datové typy [5]	13
Tabulka 2. Technické parametry displeje KTP700 Basic.....	21
Tabulka 3. Tabulka původních modelů	23
Tabulka 4. Tabulka propojení přepínače a špiček na desce.....	65

SEZNAM PŘÍLOH

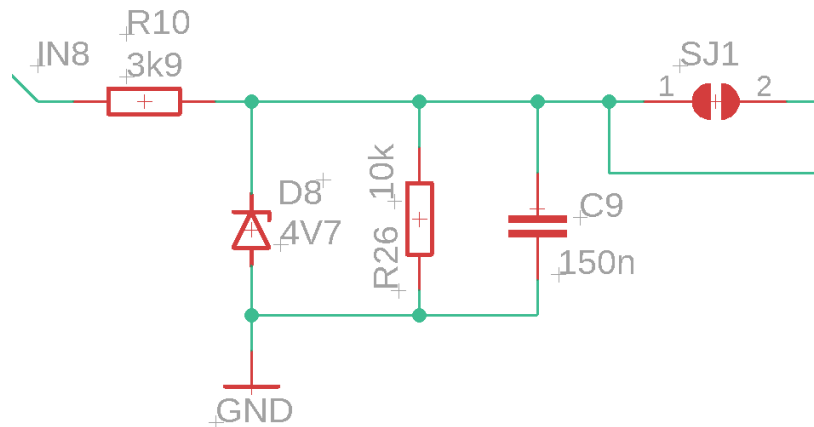
Příloha P I: Zapojení modulu

Příloha P II: Nové modely

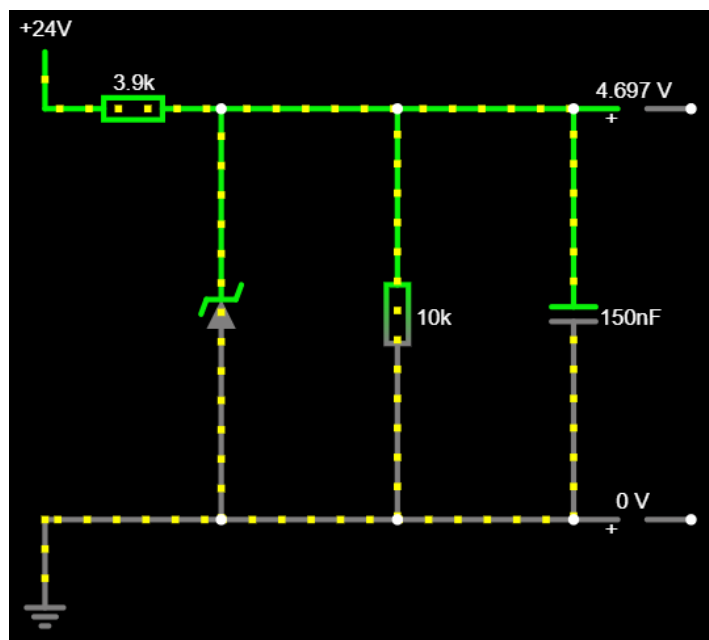
Samostatná příloha P III: Dokumentace EDU modelů

PŘÍLOHA P I: ZAPOJENÍ MODULU

Na obrázku 60 můžeme vidět zapojení vstupu EDU modelu, tak jak jej vymyslel student Jan Vinklárek. Obrázek 61 nám ukazuje, že na vstupu modulu je za pomoci stabilizátoru napětí složeného ze Zenerovy diody docíleno stabilního napětí 4,6V. Vstupní napětí pro I2C je 2,5V - 6V. Dále je zde kondenzátor a rezistor, který slouží pro odstranění rušení.

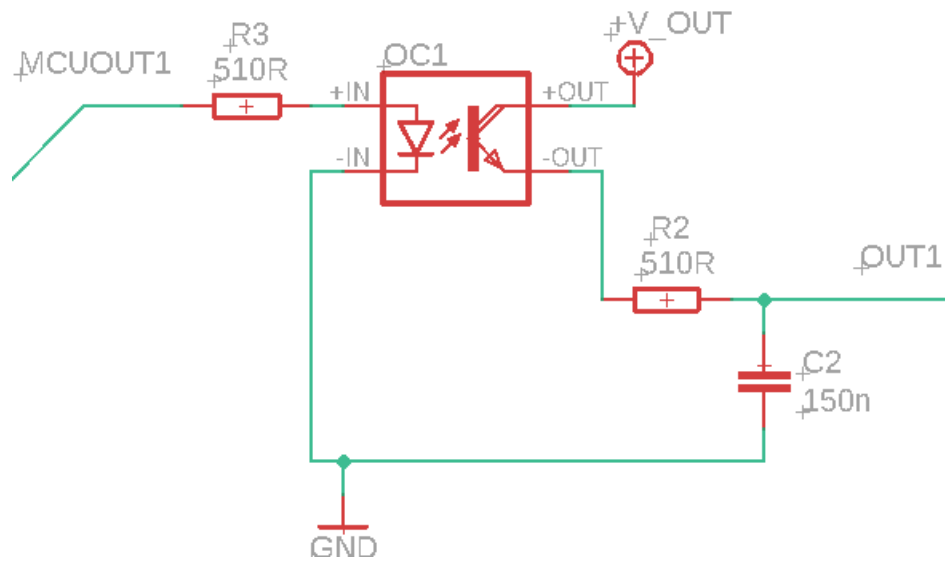


Obrázek 60. Zapojení vstupu EDU - modelu [27]

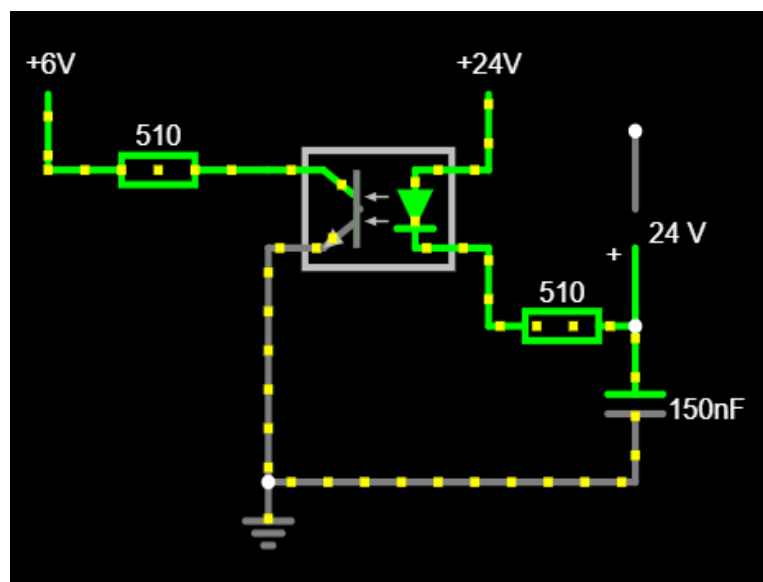


Obrázek 61. Chování vstupu při napětí 24VDC

Výstupy modulu jsou zapojené přes optočlen, což bezpečně zajistí oddělení napětí 6V z Arduina a 24V z PLC.



Obrázek 62. Zapojení výstupu EDU - modelu[27]



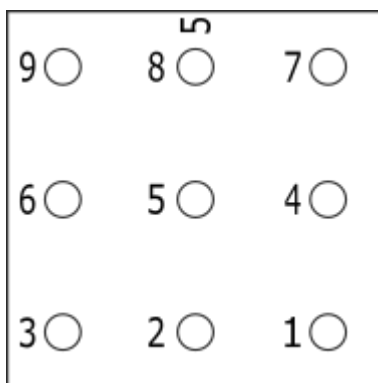
Obrázek 63. Výstup modulu

Zapojení přepínače pro režim modulu:

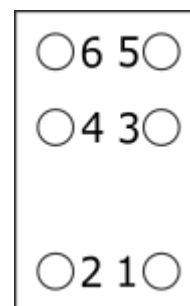
Výběr režimu modulu může být zvolen dvěma způsoby. První způsob je řešen pomocí propojek - tzv. „jumperů“. Tento způsob je při častém přepínání režimů zdoluhavý a pracný. Druhý způsob volby režimu je pomocí přepínače. Tento způsob volby režimu je mnohem rychlejší a praktičtější.

Tabulka 5. Tabulka propojení přepínače a špiček na desce

č. špičky přepínače	barva vodiče	č. špičky „jumperu“
1	červená	2
2	hnědá	1
3	-----	----
4	šedá	propoj na špičku č. 9 přepínače
5	žlutá	4
6	zelená, fialová	zelená - 6, fialová - propoj na špičku č. 7 přepínače
7	fialová	propoj na špičku č. 6 přepínače
8	modrá	5
9	oranžová, šedá	oranžová - 3, šedá - propoj na špičku č. 4 přepínače



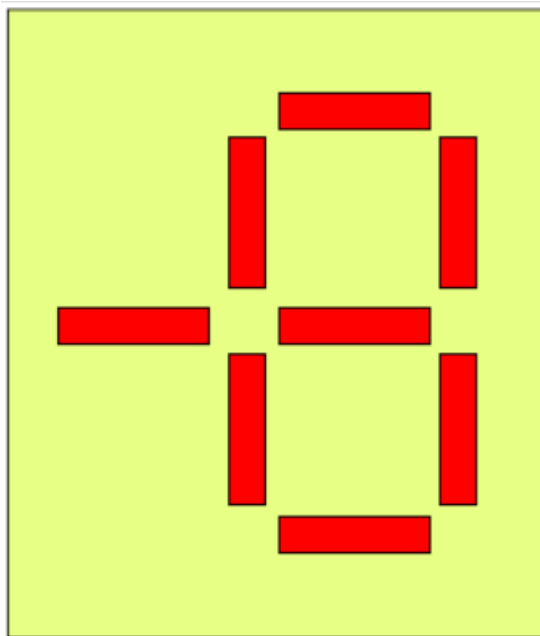
Obrázek 65. Nákres špiček
přepínače



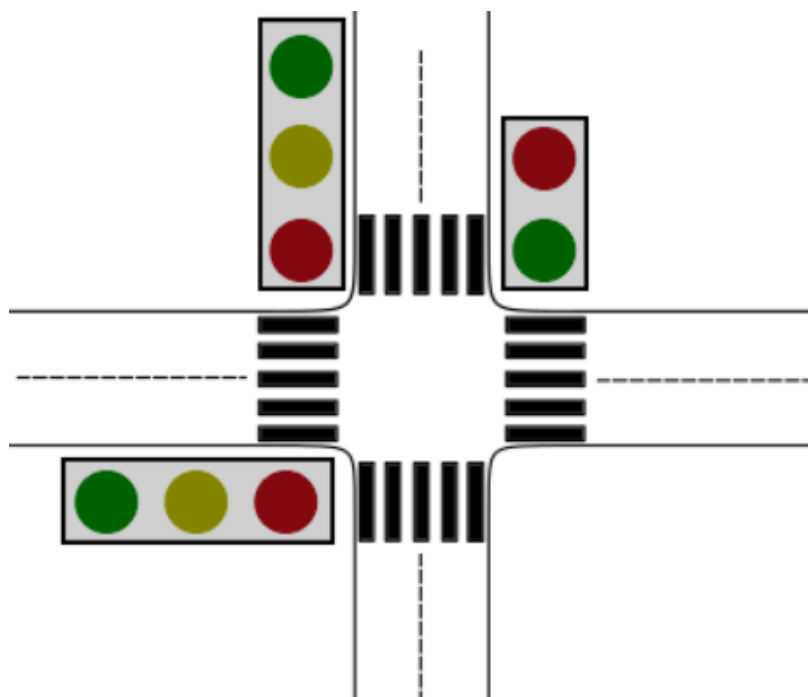
Obrázek 64. Nákres špiček na DPS

PŘÍLOHA P II: NOVÉ MODELY

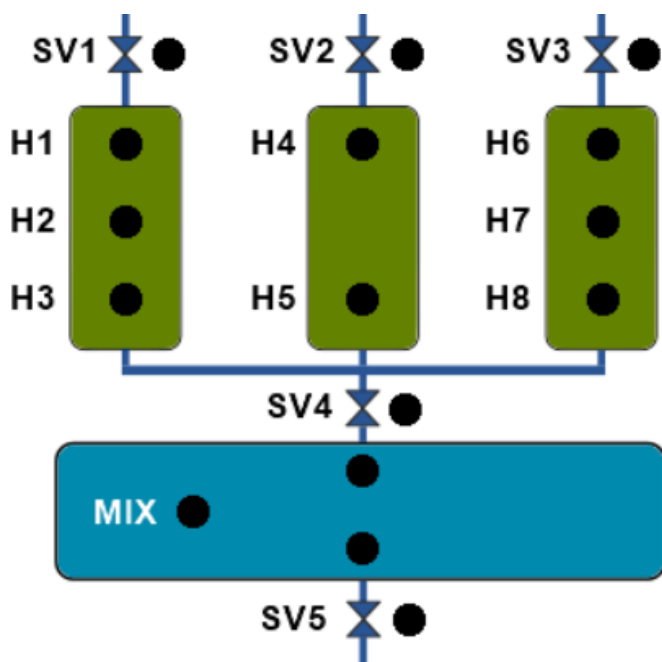
V této příloze najdeme novou podobu technologických procesů. Původní podobu modelů lze nalézt v tabulce 3.



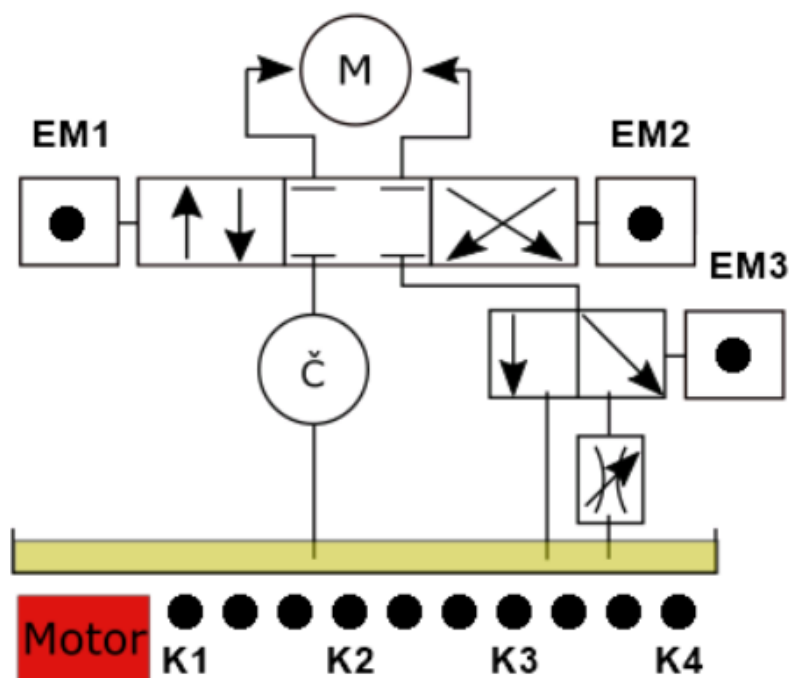
Obrázek 67. Nový model - Displej



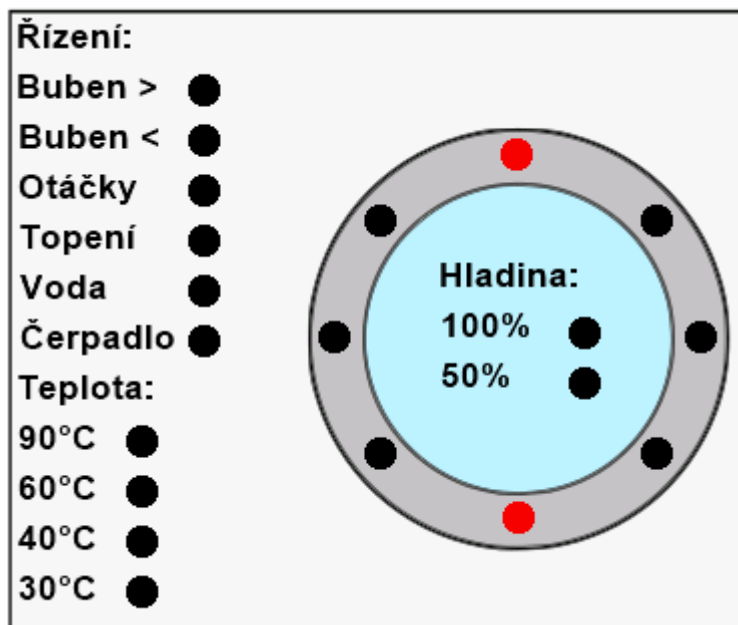
Obrázek 66. Nový model - Křižovatka



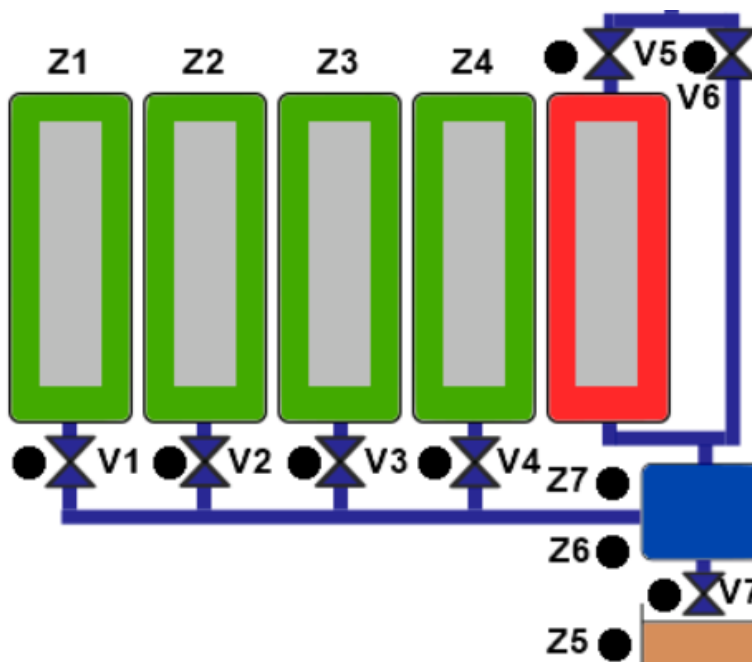
Obrázek 68. Nový model - Mísící jednotka



Obrázek 69. Nový model - Posuvná jednotka



Obrázek 70. Nový model - Pračka



Obrázek 71. Nový model - Nápojový automat

SAMOSTATNÁ PŘÍLOHA P III: DOKUMENTACE EDU MODELŮ

Součástí práce je i samostatná příloha, ve které se nachází popis jednotlivých modelů jak z hlediska jejich fungování, tak i z hlediska jejich zapojení. Dále se zde nachází také ukázkové příklady pro PLC Saia, Siemens a Tecomat. A popis práce s jednotlivými PLC.