

Nové laboratorní úlohy pro předmět Programovatelné automaty s využitím PLC od firmy Siemens

Jan Vinklárek

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

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

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan Vinklárek**
Osobní číslo: **A17045**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Inteligentní systémy s roboty**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Nové laboratorní úlohy pro předmět Programovatelné automaty s využitím programovatelného automatu od firmy Siemens**
Téma práce anglicky: **New Laboratory Tasks for „Programmable Logic Controllers“ Using a SIEMENS Programmable Logic Controller**

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši na problematiku týkající se programovatelných automatů, zaměřte se přitom zejména na PLC Simatic od firmy Siemens.
2. Upravte jednotlivá pracoviště ve stávající laboratoři tak, aby bylo možno využít ve výuce i PLC Simatic od firmy Siemens, včetně jeho příslušenství.
3. Navrhnete a realizujete úlohy s využitím daného typu PLC pro vybrané EDU modely, přičemž využijte také možnosti daného operátorského panelu. Ověřte možnosti webového serveru daného PLC.
4. Ověřte možnosti využití vybraného SCADA/HMI systému při řízení a monitorování daných úloh.
5. Navrhnete formu prezentace a zpracování získaných a vytvořených podkladů a proveďte její realizaci.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam doporučené literatury:

1. ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace 2. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
2. Siemens: Online support [online]. 2019 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/start?lc=en-DE>
3. Moravské přístroje a.s.: Control Web [online]. 2019 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.mii.cz/art?id=972&lang=405>
4. Language Reference [online]. 2019 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/reference/en/>
5. KADLEČÍK, Pavel. Možnosti využití programovatelných automatů Simatic řady S7-1200 od firmy Siemens. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 73 s. (57 278 znaků). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/41283>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky, Ústav automatizace a řídicí techniky.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Navrátil, Ph.D.
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: 20. prosince 2019
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. května 2020



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Jméno, příjmení: Jan Vinklárek

Název bakalářské práce: Nové laboratorní úlohy pro PLC Siemens

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 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 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 – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

Jan Vinklárek v. r.
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je začlenění programovatelných automatů PLC firmy Siemens řady S7-1200 do výuky. Samotná práce je zpracována z pohledu hardware i software, zahrnujících také návrh a realizaci nového EDU modelu (univerzální jednotka) stejně jako propojovací kabeláže potřebné ke komunikaci mezi zařízeními. Součástí práce je také vytvoření ilustračních příkladů s využitím daného typu PLC, včetně využití možností jeho webového serveru, stejně tak jako využití HMI panelu KTP700 Basic a SCADA/HMI systému ControlWeb 8.

Klíčová slova: PLC Siemens S7-1200, KTP700 Basic, model, Nextion, TIA Portal 15, SCADA/HMI, EDU ControlWeb 8

ABSTRACT

The purpose of this bachelor's thesis is the inclusion of programmable logic controllers from Siemens S7-1200 series into teaching. The work itself is solved from the point of view of hardware and software, including also the design and implementation of a new EDU model (universal unit) as well as the connection cabling needed for communication between devices. Part of the work is also the creation of illustrative examples using the type of PLC, including the use of its webserver, as well as the use of HMI panel KTP700 Basic and SCADA / HMI system ControlWeb 8.

Keywords: Siemens S7-1200, TIA Portal 15, KTP700 Basic, SCADA/HMI, EDU model, Nextion, ControlWeb 8, SIMATIC 1214C DC/DC/DC, S7-1200 webserver

Zde bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Navrátilovi, PhD. za cenné rady, poskytnutí materiálu a hardware, firmě KONEL, s.r.o. za pomoc při výrobě konzol a své rodině za podporu.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY	11
1.1 ZÁKLADNÍ MOŽNOSTI PLC	11
1.2 VSTUPY A VÝSTUPY PLC	11
1.3 KOMUNIKAČNÍ ROZHRANÍ	12
1.3.1 Průmyslový Ethernet	12
1.3.2 PROFINET	12
1.3.3 PROFIBUS.....	13
1.3.4 IO-Link.....	14
2 PLC SIMATIC S7-1200	15
2.1 PARAMETRY PLC SIEMENS	16
2.2 PROGRAMOVACÍ JAZYKY	17
2.2.1 LAD - Ladder diagram (reléové schéma)	17
2.2.2 FBD - Function Block Diagram (schéma funkčních bloků)	17
2.2.3 ST - Structured Text (strukturovaný text)	18
2.3 HMI KTP700 BASIC	19
2.4 TIA PORTAL.....	20
3 MODELY TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ	21
3.1 MÍSICÍ JEDNOTKA	21
3.2 POSUVOVÁ JEDNOTKA	22
3.3 PRAČKA.....	22
3.4 KŘÍŽOVATKA.....	23
3.5 NÁPOJOVÝ AUTOMAT	23
4 SCADA SYSTÉMY	24
4.1 CONTROL WEB.....	24
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
5 HARDWARE	26
5.1 DRŽÁKY	26
5.2 KABELÁŽ.....	28
5.3 NOVÝ EDU - MODEL	30
5.3.1 Displej	30
5.3.2 Vývojová deska	32
5.3.3 Další použité moduly	33
5.3.4 Návrh desky plošných spojů	34
5.3.5 Vstupy a výstupy	37
5.3.6 Komunikace EDU - modelu.....	40

6	SOFTWARE	41
6.1	TIA PORTAL.....	41
6.1.1	Programování HMI	45
6.1.2	Webserver	47
6.2	NEXTION EDITOR.....	53
6.3	ARDUINO IDE	54
6.4	EAGLE.....	55
6.5	CONTROL WEB 8.....	56
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM TABULEK.....	70
	SEZNAM PŘÍLOH.....	71

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá využitím programovatelného automatu od firmy Siemens a jeho příslušenstvím.

Jsou zde stručně popsány základní vlastnosti PLC, jeho programovací jazyky a zmíněny jsou i některé z mnoha používaných komunikačních rozhraní.

V další části se nachází popis modelů technologických procesů ze série EDU-mod, které využívají studenti programovatelných automatů při výuce.

Na základě zmíněných modelů byla vytvořena univerzální jednotka, která by měla být schopna nahradit a rozšířit možnosti stávajících EDU-modelů. Vytvořená univerzální jednotka by měla také umožnit vytvoření libovolného vlastního modelu na základě pouhé změny software modelu. Konstrukční omezení návrhu je dáno využitím stejného typu krabičky jako v případě EDU-mod. Díky využití původního návrhu je současná univerzální jednotka kompatibilní se stávajícími konektory, kde je k dispozici 8 binárních vstupů a 8 binárních výstupů z modelu.

Dále bylo nutné upravit stávající stanoviště v laboratoři tak, aby bylo možno použít ve výuce připravené sestavy s PLC Siemens, vytvořené studentem Pavlem Kadlečíkem v rámci jeho bakalářské práce. [3]

V závěrečné části práce jsou uvedeny ukázky použitých programů pro PLC Siemens, včetně využití jeho integrovaného webserveru a dále pak ukázka využití HMI panelu. Součástí je také ukázka vytvoření SW části modelu a jeho implementace do vytvořené univerzální jednotky (řídící jednotka a zobrazovací jednotka).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

Programovatelný automat (PLC) je malý počítač s vlastním operačním systémem, určený pro průmyslové prostředí. Je navržen tak, aby byl schopen řídit různé množství automatizačních úloh v reálném čase, s co nejmenší prodlevou. [1]

1.1 Základní možnosti PLC

PLC byly původně určeny jako náhrada pevné reléové logiky, tomu odpovídá jazyk reléových schémat (LD - Ladder Diagram). Dnešní PLC však nabízí většinou na výběr hned několik programovacích jazyků, jako je např. jazyk logických schémat (FBD - Function Block Diagram, CFC - Continuous Flow Chart), sekvenční programování (SFC - Sequential Function Chart), textový jazyk na vyšší úrovni (ST - Structured Text) či jazyk připomínající assembler (IL - Instruction List). O sjednocení programovacích se snaží norma IEC 61131-3. [2]

1.2 Vstupy a výstupy PLC

K dispozici jsou tyto vstupy a výstupy:

- digitální vstupy - slouží ke čtení dvouhodnotových veličin (stisknutí tlačítka, objekt před optickou závorou, apod.)
- analogové vstupy - měří spojitou hodnotu napětí (proudu) v diskrétních časech daných vzorkovací periodou, toto napětí je v A/D převodníku kvantováno, přesnost je závislá na bitové hloubce a vzorkovací frekvenci
- rychlé čítací vstupy - slouží k čítání rychlých impulzů, např. z enkodéru, perioda vstupního signálu může být i menší než je doba otočky cyklu programu, protože jsou impulzy čítány hardwarově a až poté zpracovány v PLC
- digitální výstupy - pomocí nich se ovládají akční členy automatizované soustavy, PLC může obsahovat jak polovodičové výstupy (PWM, rychlejší spínání bez mechanických částí), tak reléové výstupy (méně časté spínání, větší výkony)
- analogové výstupy - umožňují použití spojitého výstupního signálu

[3]

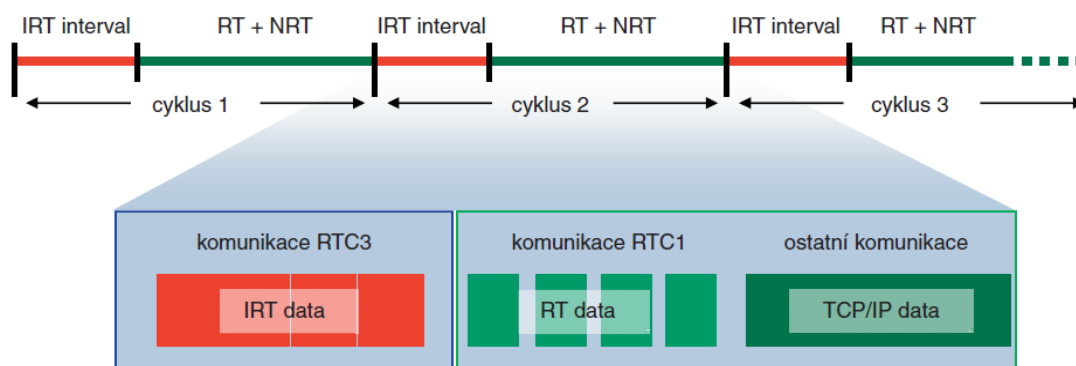
1.3 Komunikační rozhraní

1.3.1 Průmyslový Ethernet

Je to standard, který se vyvinul z počítačové sítě Ethernet, je odolný vůči elektrickému šumu, vlivu teploty a mechanickým vibracím. Musí splňovat také přísnější požadavky, např. minimální kolísání doby odezvy (jitter), stabilnější ochrana před výpadkem hardwaru či rychlé reakce na důležité zprávy. [4]

1.3.2 PROFINET

PROFINET je otevřený komunikační systém založený na standardu Ethernet, patří k jeho nejrozšířenějším komunikačním systémům. Jako síťové prvky jsou využity switche, neboli přepínače. Přepínač plní funkci předávání zpráv ze vstupního portu na výstupní a pro koncové zařízení není viditelný. Profinet nabízí několik priorit, zprávy s nízkou prioritou - NRT (non real-time), zprávy přenášející provozní data - RT (real-time) a pro úlohy, které vyžadují přesné časování - IRT (isochronous real-time). Pro posledně zmíněný typ zpráv je v komunikačním rámci vyhrazena doba, ve které není možno posílat zprávy s nižší prioritou (NRT a RT), viz obr. [5] Profinet nabízí odstupňovanou komunikační architekturu, která pokryje jak běžnou podnikovou automatizaci, tak i náročné řízení pohybu. Tento standard navazuje na sběrníkové systémy, jako je průmyslový Ethernet a PROFIBUS. [6]



Obrázek 1: Struktura komunikačního cyklu [5]

1.3.3 PROFIBUS

PROFIBUS je průmyslová sběrnice, která je založena na standardu RS485, spojuje se do hvězdice, nebo sběrnice, kde je potřeba použít zakončovací odpor pro utlumení nežádoucích odrazů na komunikační lince. Sběrnice nabízí varianty komunikačního protokolu např. PROFIBUS PA a PROFIBUS DP. [7]

Typ PA (Process Automation) je určen pro řízení pomalejších dějů v chemickém průmyslu a do výbušného prostředí, fyzicky často komunikuje pomocí proudové smyčky, nižší rychlostí 31,25 kb/s, podobně jako např. rozhraní MIDI.

Typ DP (decentralized periphery) je nejrozšířenější, rychlá varianta podporující rychlost až 12 Mb/s. Je vhodná pro komunikaci mezi PLC a vzdálenými vstupy a výstupy. [6]

Pro tuto sběrnici je typický dvoužilový stíněný kabel fialové barvy.



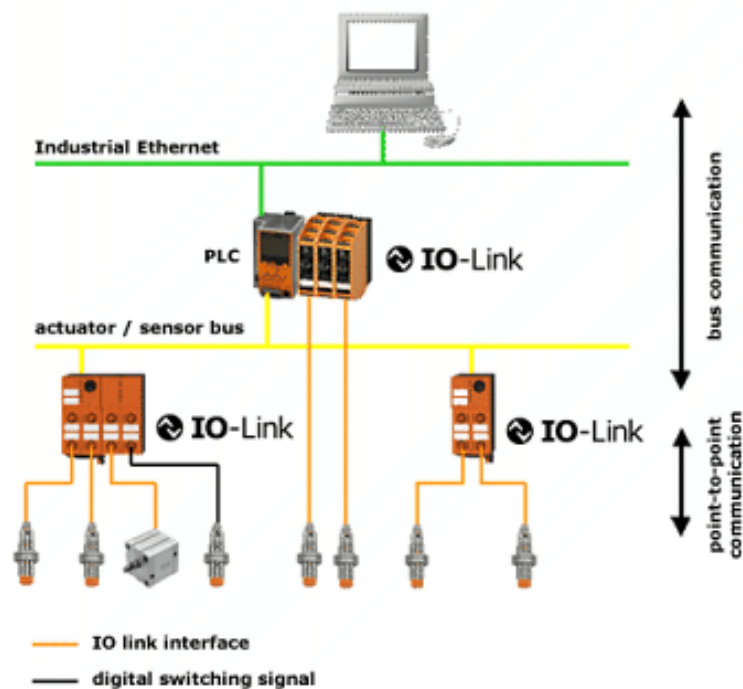
Obrázek 2: Kabel používaný pro sběrnici PROFIBUS [8]

1.3.4 IO-Link

Tento komunikační standard usnadňuje připojení snímačů a akčních členů na průmyslovou sběrnici. Má sloužit jako digitální náhrada analogových výstupů 4 - 20 mA, či 0 - 10 V. Mezi výhody patří možnost dálkově nastavit snímače a přenášet další diagnostická data. Tyto inteligentní snímače jsou ke komunikační sběrnici připojeny pomocí zařízení IO-Link Master, které pracuje jako komunikační brána. Master jednotka se snímači (slave) komunikuje pomocí 8bitového asynchronního přenosu, podobně jako RS232. Komunikační rychlost může být 4800, 38400, nebo 230400 b/s a vodiče k jednotlivým sensorům mohou být dlouhé maximálně 20 m.[10]



Obrázek 3: Master IO-Link s rozhraním PROFINET [9]



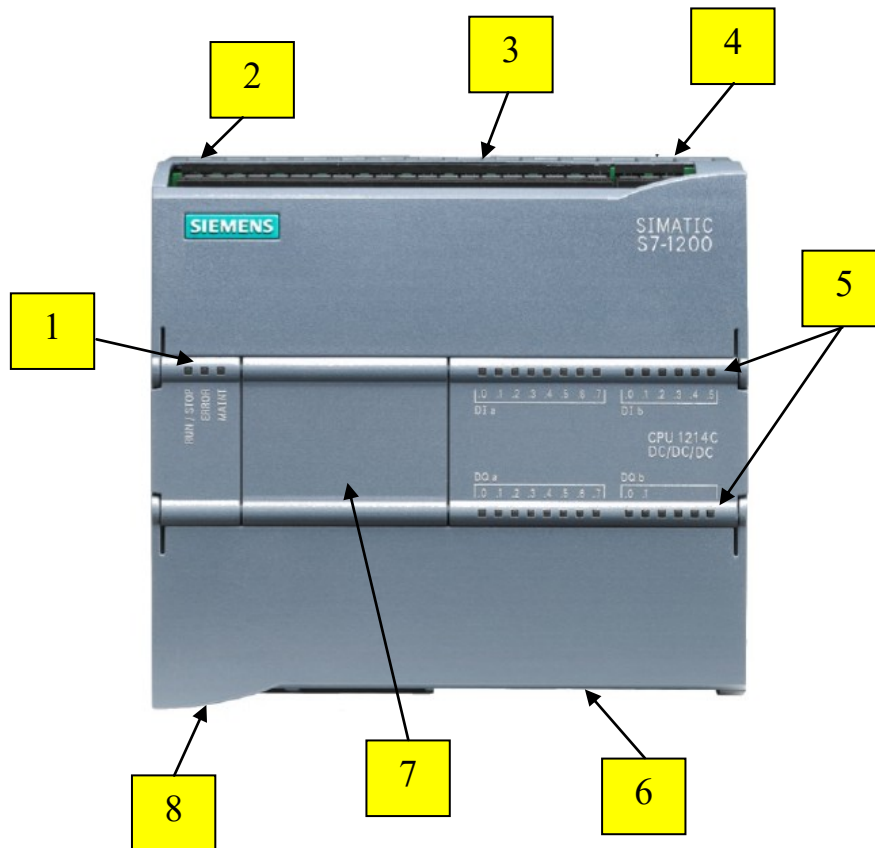
Obrázek 4: Schéma připojení sensorů s IO-Link [10]

2 PLC SIMATIC S7-1200

Toto výkonné PLC od firmy Siemens se již nějakou dobu používá v mnoha aplikacích, k dispozici jsou i další rozšiřující moduly podobného vzhledu, určené pro rozšíření počtu vstupů, výstupů či komunikační moduly PROFIBUS apod. Existuje i varianta bezpečnostního PLC, která musí splňovat přísnější normy a v případě výskytu hardwarové či softwarové chyby toto detekuje a přejde do definovaného stavu, aby se ještě více omezily škody na majetku a zdraví obsluhujících osob stroje. Jedná se o takové flexibilnější bezpečnostní relé pro složitější aplikace, kde se např. hlídají časové sekvence sepnutí jednotlivých kontaktů v rámci jednoho vícepólového tlačítka, protože může dojít k přerušení či zkratu v neočekávaných místech. Na výstupech těchto relé se využijí např. nuceně vedené kontakty, pomocí kterých si toto relé samo kontroluje svůj stav. Nevýhodou je vyšší cena, kterou je ale někdy nutné zaplatit pro redundanci okruhů zaměřených na bezpečnost. [12][13][14]



Obrázek 5: PLC SIMATIC S7-1200 s rozšiřujícími moduly



Obrázek 6: Popis PLC Siemens S7-1200

1 - LED indikující stav PLC, 2 - napájecí svorky, 3 - digitální vstupy, 4 - analogové vstupy, 5 - LED indikující stav vstupů a výstupů, 6 - digitální výstupy, 7 - slot pro signální modul, 8 - Profinet konektor

2.1 Parametry PLC Siemens

Zde je uveden krátký výčet parametrů použitého PLC Siemens.

Tabulka 1: Parametry PLC S7-1200

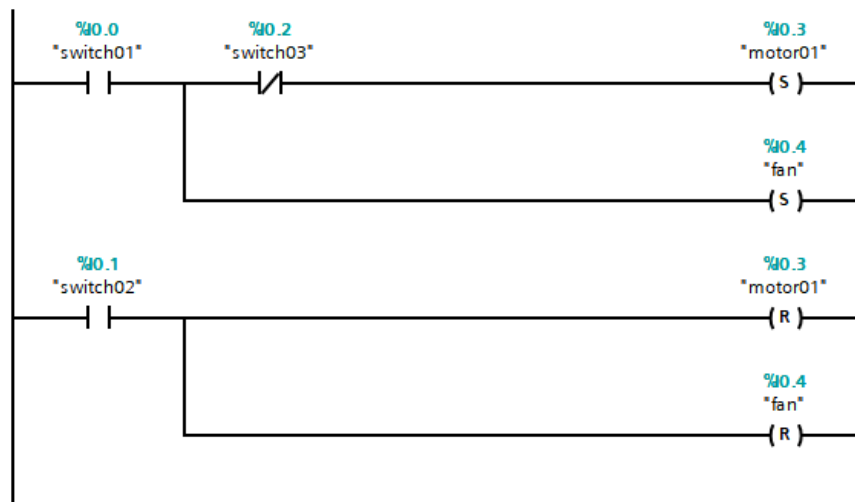
Parametry PLC	
Typ	SIMATIC S7-1200, 1214C DC/DC/DC
Označení verze	6ES7 214-1AG40 0XB0
Vstupy	14 digitálních (6 rychlých čítačů), 2 analogové (10 bit, 0 - 10 V)
Výstupy	10 digitálních (tranzistory, 4 rychlé)
Napájení	24 V; 1,5 A
Rozhraní	Profinet 100 Mb/s
Rozměry	110 x 100 x 75 mm
Váha	415 g
Paměť	datová 100 kB, programová 4MB

2.2 Programovací jazyky

Programátor má k dispozici u SIMATIC S7-1200 následující jazyky, výběr je závislý na druhu vytvářeného programu a na jeho zkušenostech.

2.2.1 LAD - Ladder diagram (reléové schéma)

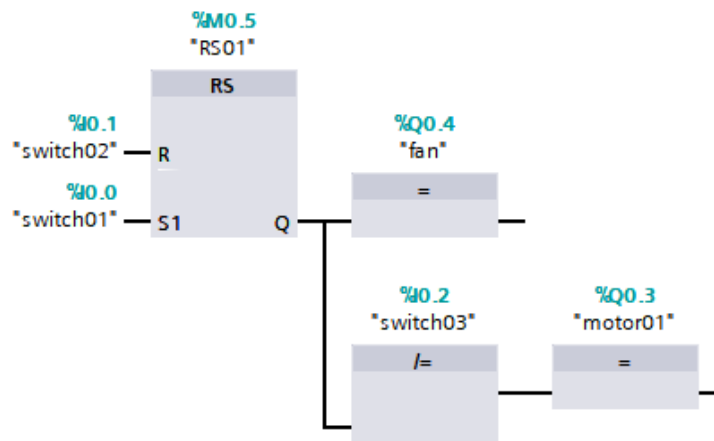
Tento programovací jazyk lze zařadit mezi ty nejjednodušší, názorně ukazuje kontakty spínačů, stykačů a jejich propojení, obdobně, jako na elektrických schématech. Je vhodný pro jednoduché a rozsahově menší úlohy. Pro výpočty a složitější sekvenční úlohy se jazyk jeví jako méně vhodný, ale pokud je k dispozici jen tento, tak s ním musí programátor vystačit.



Obrázek 7: Ukázka reléového schémata

2.2.2 FBD - Function Block Diagram (schéma funkčních bloků)

Schematicky se podobá předchozímu jazyku a může jej i doplňovat v jednom programu. Skládá se z bloků, které mají mezi sebou propojeny vstupy a výstupy, každý blok má funkci, např. porovnání, přepočítání, zpoždění sestupné hrany či PID regulátor.



Obrázek 8: Ukázka programu sestaveného z funkčních bloků

2.2.3 ST - Structured Text (strukturovaný text)

Jazyk strukturovaného textu (u PLC Siemens se používá název SCL - Structured Control Language) se hodí jak pro jednoduché úkoly, tak komplexní výpočty. Jednoduše se napíší cykly, časování, větvení a vnořování. Programátorovi, který má zkušenosti s embedded systémy a jazykem C, se stačí doučit syntaxi a funkce jazyka a může jej pak snadno použít.

[3]

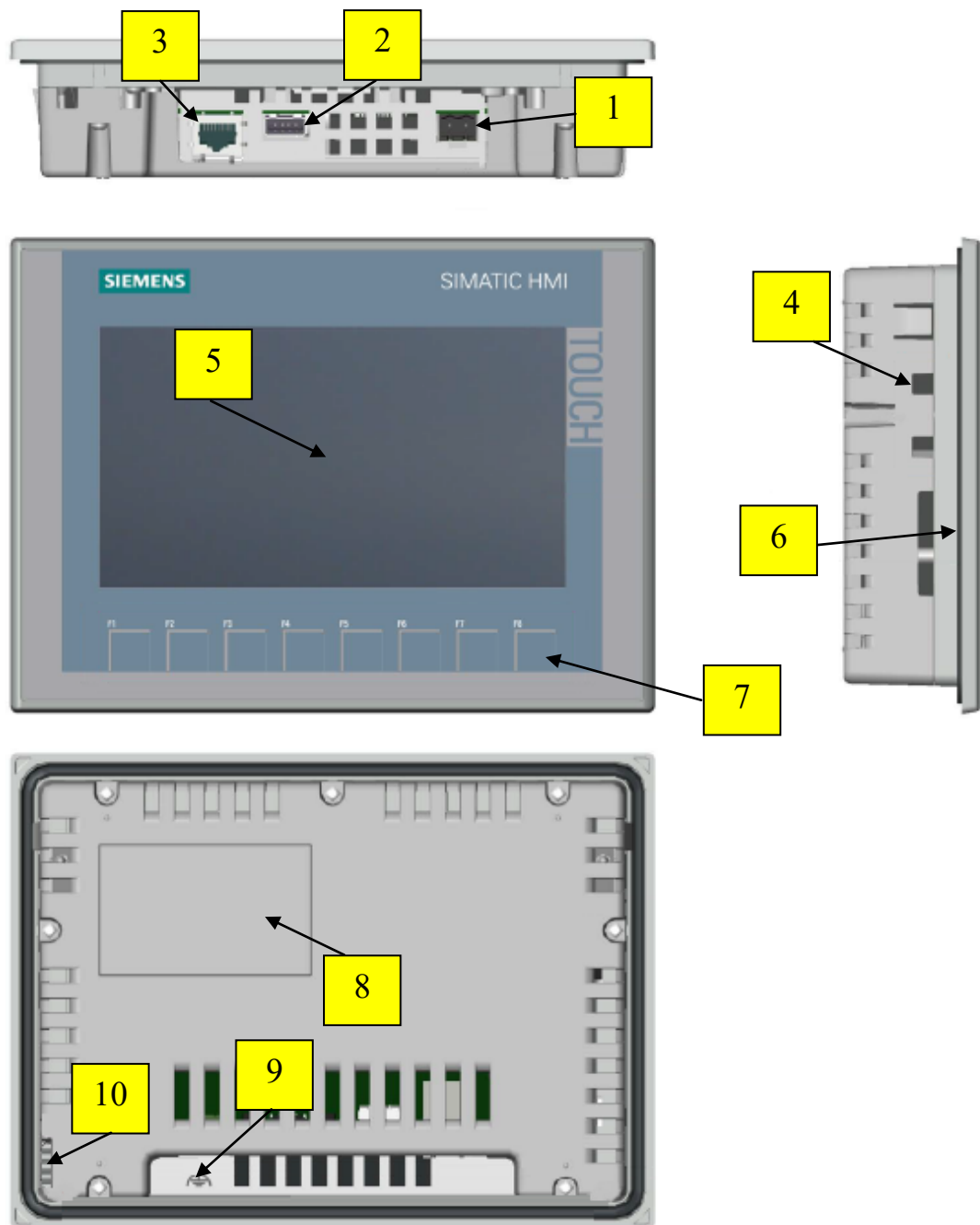
```

3 // motor control
4 IF "switch02"=TRUE THEN
5     "fan" := FALSE;
6     "motor01" := FALSE;
7 ELSE
8     IF "switch01" = TRUE THEN
9         "fan" := TRUE;
10        IF "switch03" = TRUE THEN
11            "motor01" := TRUE;
12        END_IF;
13    END_IF;
14 END_IF;
15 END_IF;

```

Obrázek 9: Ukázka strukturovaného textu

2.3 HMI KTP700 Basic



Obrázek 10: HMI panel KTP700 Basic

1 - konektor napájení, 2 - USB port, 3 - Profinet konektor (RJ45), 4 - upevňovací úchyty, 5 - displej/dotyková vrstva, 6 - těsnění, 7 - tlačítka, 8 - výrobní štítek, 9 - šroub uzemnění, 10 - držák popisovacích štítků

Firma Siemens nabízí kompaktní ovládací panely (HMI), pomocí kterých lze vizualizovat a ovládat automatizované stroje. V nabídce jsou panely o velikosti 4, 7, 9 a 12 palců,

ovládání je řešeno pomocí dotykového panelu a tlačítka. USB rozhraní slouží nejen k zálohování a obnově dat HMI na flash disk, ale i k připojení myši, klávesnice nebo čtečky čárových kódů. [11]

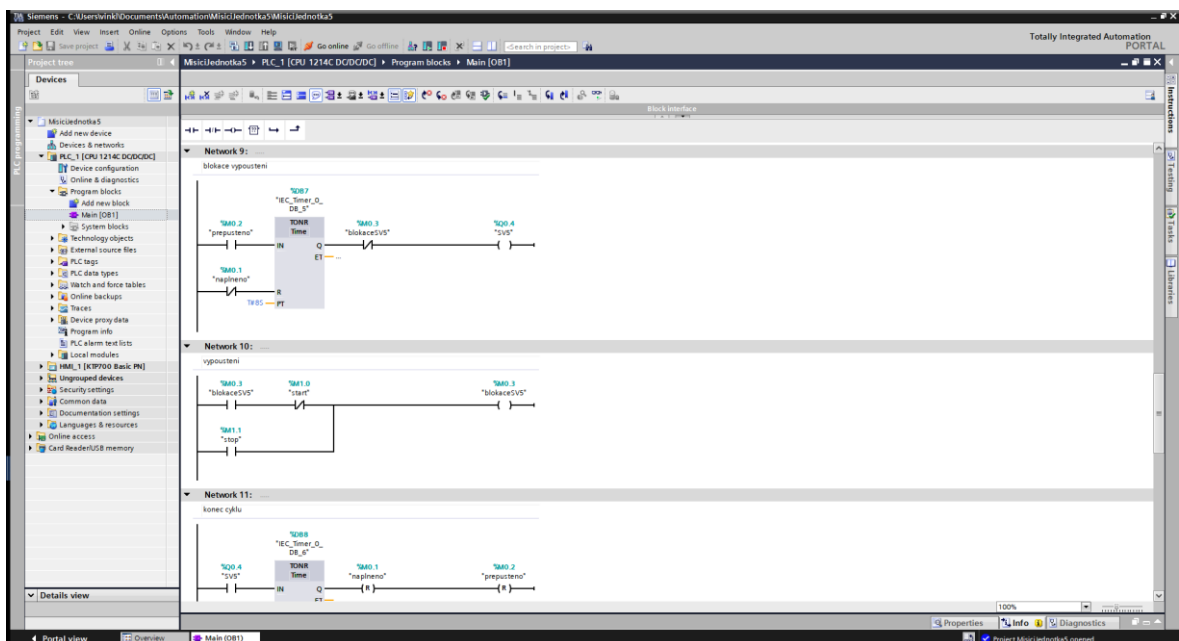
Použitý 7" HMI panel obsahuje rozhraní Profinet, po kterém komunikuje s PLC, dále USB port a osm tlačítek, kterým lze přiřadit vlastní funkce. Program pro HMI může být vytvářen ve vývojovém prostředí TIA Portal.

Tabulka 2: Parametry HMI panelu KTP700 Basic

Parametry HMI	
Displej	7", TFT, 65536 barev, 800 x 480 px
Ovládání	dotykové, tlačítka, (myš, klávesnice)
Napájení	24 V, 230 mA
Rozhraní	Profinet 10/100 Mb/s, USB
Krytí	IP65 (zepředu), IP20 (zezadu)
Paměť	512 MB

2.4 TIA Portal

TIA (Totally Integrated Automation) Portal je vývojové prostředí od firmy Siemens sloužící k programování PLC a také HMI panelů stejnojmenné firmy.



Obrázek 11: Vývojové prostředí TIA Portal 15

3 MODELY TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Pan Ing. Luděk Kohout vytvořil jako učební oporu pro výuku programování PLC hned několik typů modelů technologických zařízení pod souhrnným názvem EDU-mod. Ve výběru se objevily jak moduly určené pro PLC a jiné řídicí systémy s pracovním napětím 24 V, tak i s napětím 5 V, pro řízení mikroprocesory a hradly. Modely (kromě křížovanky) obsahují mikroprocesor, který simuluje jejich chování, jako by se jednalo o zjednodušené reálné zařízení. Stavů jsou přehledně indikovány barevnými LED diodami na přední části, je zde ukryto i resetovací tlačítko pro obnovení funkce modelu po jeho „havárii“ (nevhodné řízení z PLC - překročení povolené hladiny/teploty/polohy). V horní části se nachází 20 pinový konektor sloužící k napájení a propojení vstupů a výstupů, krabičku modelu lze umístit na DIN lištu. [23]

V laboratoři jsou k dispozici následující jednotky EDU-mod: Mísicí jednotka, Posuvová jednotka, Pračka, Křížovanka, Nápojový automat.

3.1 Mísicí jednotka

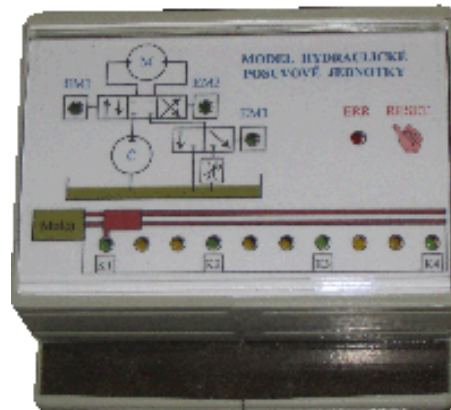
Tento model simuluje zařízení složené ze tří plnicích nádrží s hladinoměry a jedné mixovací nádrže, ta má objem roven součtu předchozích nádrží a nachází se v ní i míchadlo. Veškerý tok tekutiny se ovládá pomocí ventilů, je potřeba však ohlídat přeplnění nádrží. V zadání programu může být např. namíchání směsi v určitém poměru a její postupné dávkování.



Obrázek 12: Model mísicí jednotky

3.2 Posuvová jednotka

Jednotka simuluje pohyb hydraulického supportu řízeného dvěma ventily, které ovládají rychlost a směr pohybu. Chyba nastane, pokud support přejede krajní polohy či PLC sepne zakázanou kombinaci ventilů.



Obrázek 13: Model posuvové jednotky

3.3 Pračka

Model se chová jako pračka, u které lze řídit napouštění, ohřev, vypouštění vody a otáčení bubnem ve dvou směrech i s volbou rychlosti. Otáčení, teplota a výška hladiny je signalizována pomocí LED. Reakce teploty vody je nastavena podle chování soustavy druhého řádu. Mezi chybové stavy lze zařadit sepnutí otáčení na obě strany, ale hlavně přehřátí topení a přetečení pračky. Je to poněkud komplexnější model.



Obrázek 14: Model pračky

3.4 Křižovatka

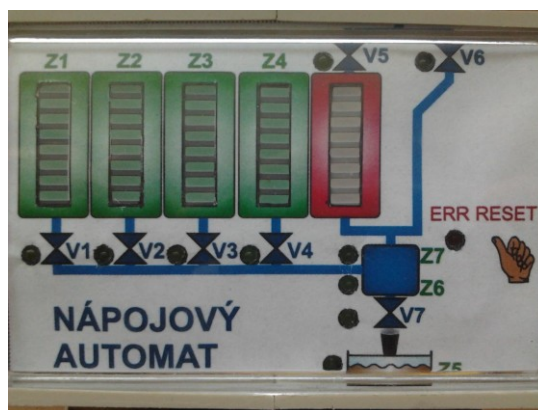
Jedná se o nejjednodušší model, na kterém se pouze zapínají semaforey, úkolem programátora u něj je vytvoření smysluplných sekvencí pro smyšlený provoz a lze k tomu využít případně další tlačítka a moduly.



Obrázek 15: Model křižovatky

3.5 Nápojový automat

Tento model již nepatří do původní edice EDU-mod, jedná se o bakalářskou práci studenta Daniela Macka, který rozšířil stávající portfolio. Model obsahuje zásobníky na 4 ingredience, přívod vody a ohřivač. Směs postupuje do zásobníku na míchání a na konci řetězce se nachází už jen zásobník na odpad. Chybový stav nastane, pokud jsou ventily pod zásobníky ingrediencí dlouho otevřeny, když je zapnutý ohřivač bez vody, při vyčerpání některého ze zásobníků či při přeplnění míchací nádoby nebo zásobníku na odpad. [25]



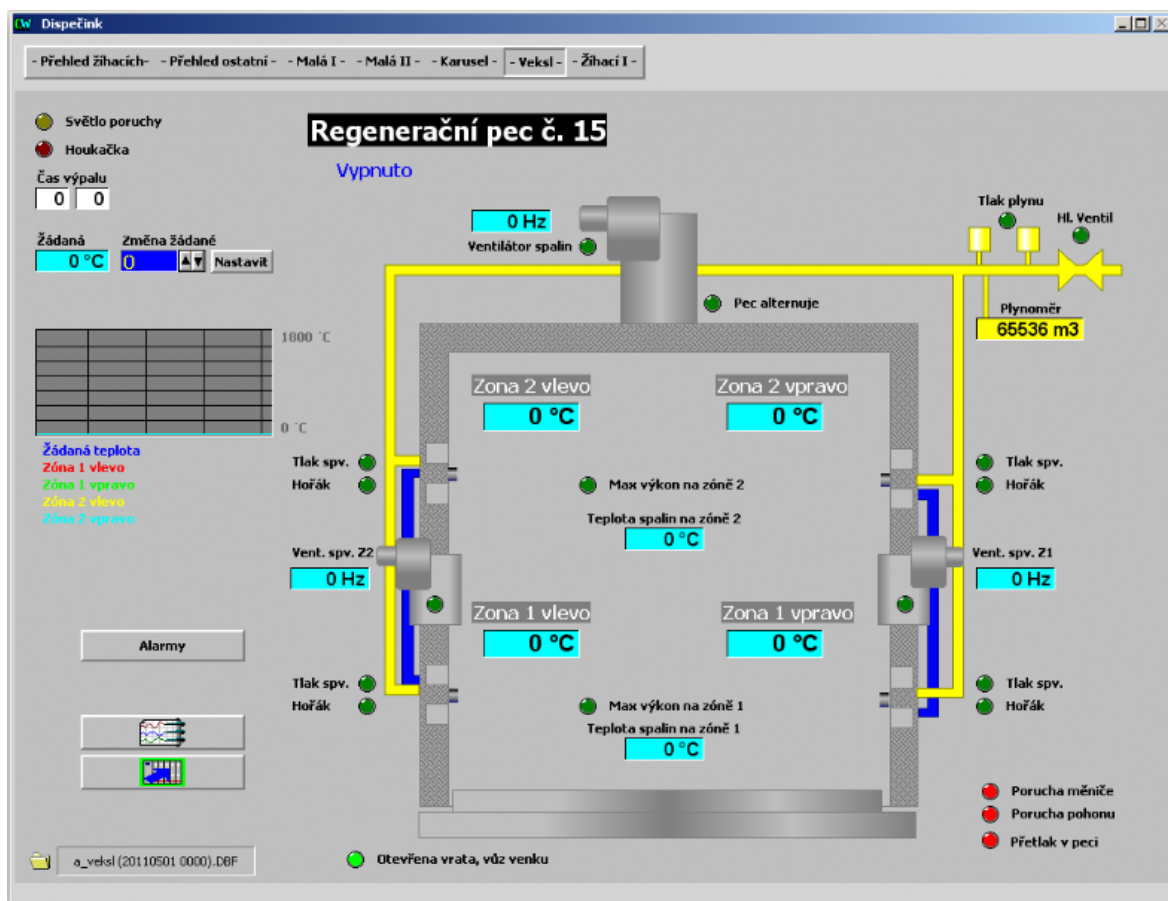
Obrázek 16: Model nápojového automatu

4 SCADA SYSTÉMY

Dohled nad automatizovaným procesem umožňují SCADA systémy (Supervisory Control And Data Acquisition). Komunikují s okolím nejčastěji pomocí sítě Ethernet, lze ukládat množství dat jak do textových souborů, tak do SQL databází. Obsluha zařízení tak může mít vzdálený dohled např. z PC a osobně řeší jen poruchy a další problémy.

4.1 Control Web

Jedná se o objektově orientovaný programový systém pro vizualizaci, komunikaci v oblasti automatizace, či vývoj databází, jeho možnosti jsou velice obsáhlé. Je navrhován nezávisle na hardware a pomocí příslušného ovladače může komunikovat s libovolným průmyslovým zařízením.



Obrázek 17: Ovládací panel vytvořený pomocí SCADA systému Control Web [26]

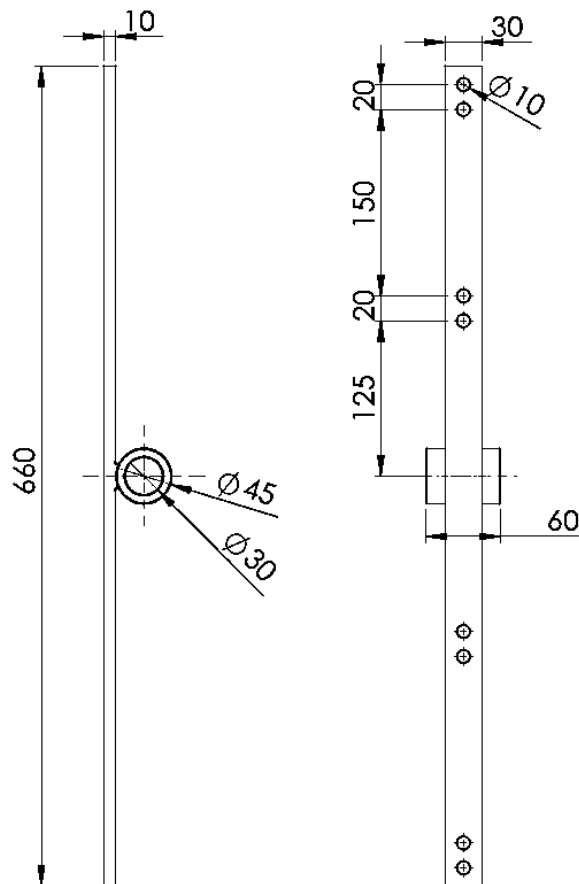
II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 HARDWARE

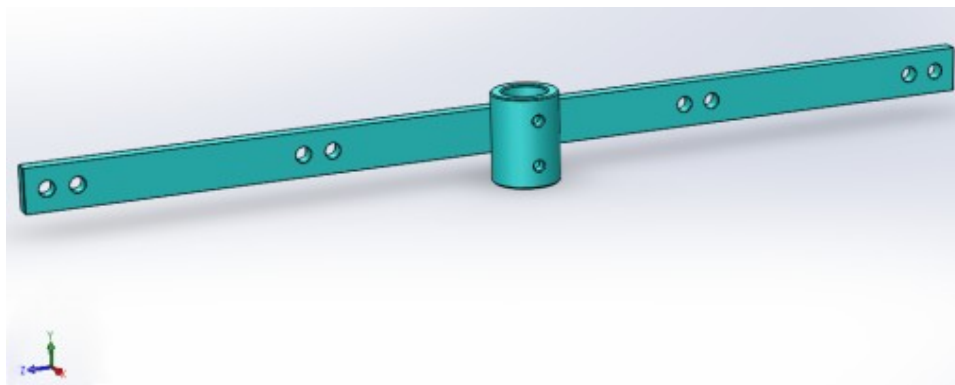
V této části jsou popsány úpravy propojení PLC, výroba držáků pro desky s PLC a v neposlední řadě návrh a výroba nového modelu technologického procesu (mísící jednotka).

5.1 Držáky

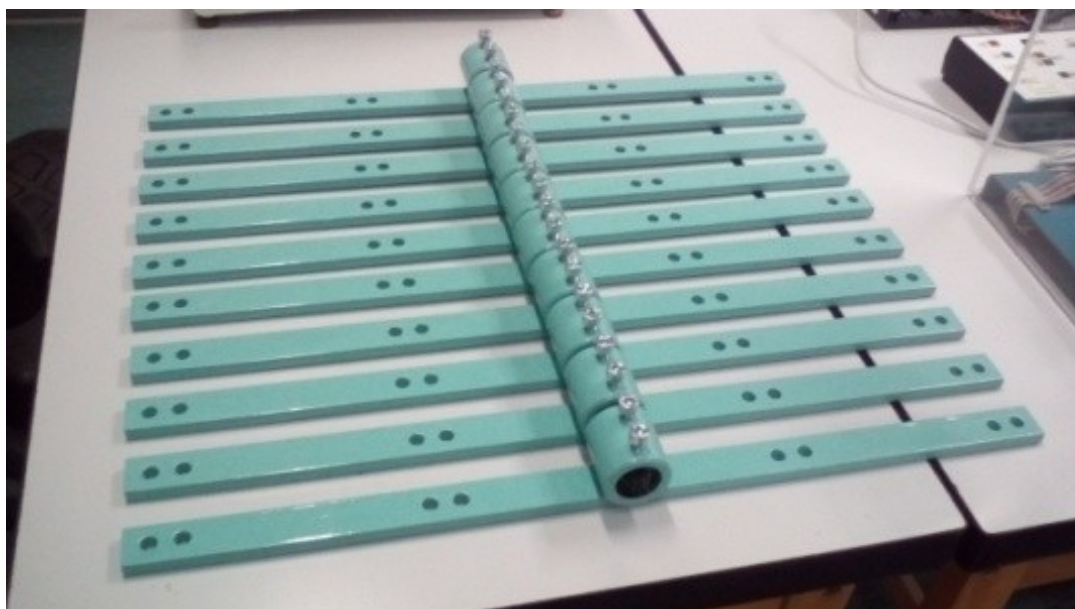
V laboratoři byly dosud dřevotřískové panely s PLC a příslušenstvím upevněny na velkých laboratorních stojanech pomocí posuvných konzol, jejich malý počet však neumožňoval přidat do sestav další patra pro nové typy PLC Siemens. Jelikož se nepodařilo sehnat stejný typ držáků, bylo potřeba navrhnout a vyrobit nové konzoly z důvodu dodržení jednotnosti v celé učebně.



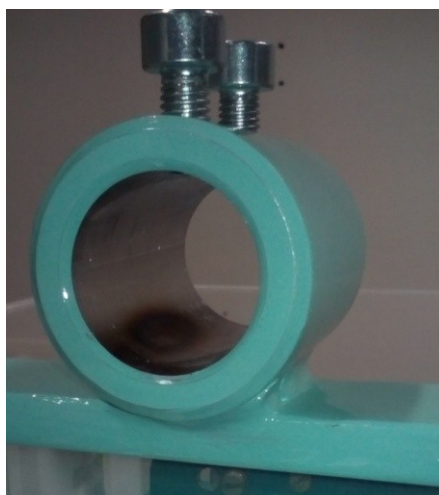
Obrázek 18: Zjednodušený náčrt nové upevňovací konzoly



Obrázek 19: 3D návrh upevňovací konzoly



Obrázek 20: Dokončené nové držáky



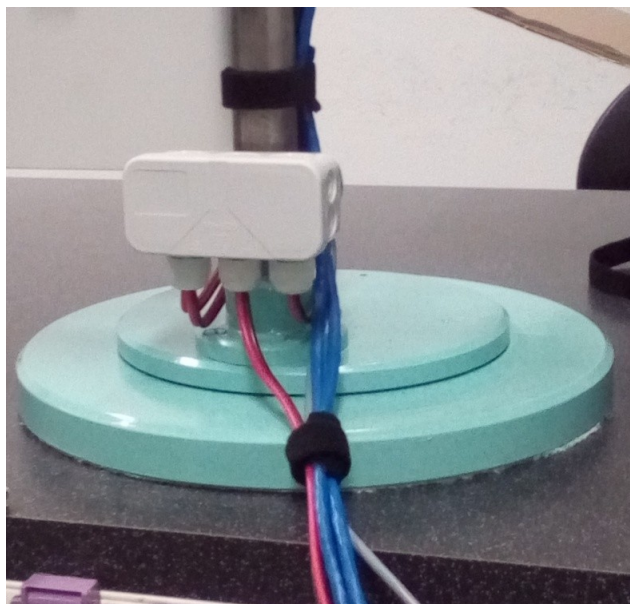
Obrázek 21: Detail středové části



Obrázek 22: Porovnání nové a původní konzoly

5.2 Kabeláž

Díky rozšíření počtu zařízení v laboratoři PLC bylo nutno upravit stávající kabelové propojení mezi jednotlivými zařízeními. Na každý stojan byla upevněna rozvodná krabice, od ní se pak vodiče rozdělily k deskám s PLC. Napájecí, ale i komunikační vodiče k PC a PLC byly umístěny do perforovaných žlabů, výrazně se tím zlepšil vzhled a zmenšilo riziko poškození těchto kabelů a připojených zařízení.

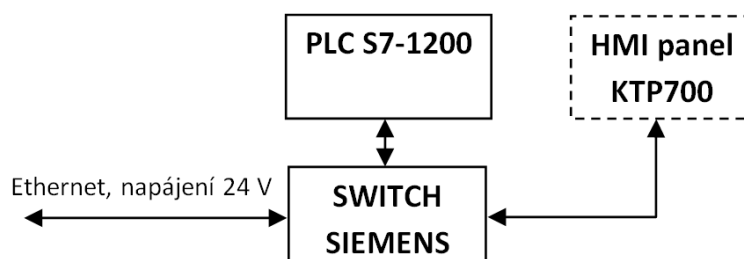


Obrázek 23: Rozvodná krabice pro napájení PLC



Obrázek 24: Vzhled kabeláže před a po uložení do žlabů

Přidané panely s PLC Siemens byly připojeny do stávající sítě pomocí switchů Scalance XB005. Na následujícím obrázku lze vidět switche, PLC i případné HMI panely, které stačí připojit k napájení 24 V a k LAN síti.

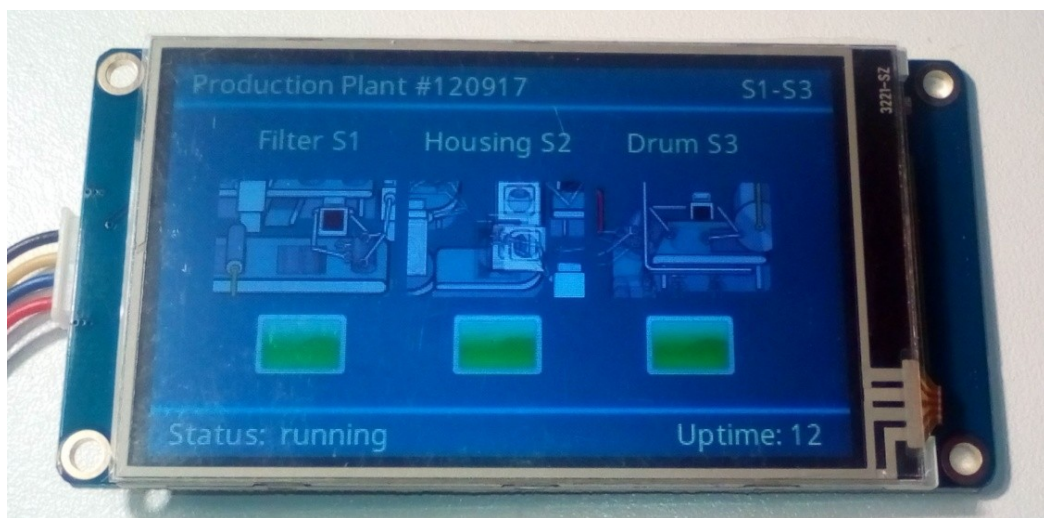


Obrázek 25: Zapojení PLC Siemens

5.3 Nový EDU - model

5.3.1 Displej

Toto HMI zařízení obsahuje vlastní procesor, který umožňuje realizovat komplexnější grafické výstupy, jako je vykreslování obrázků, textových polí, bargrafů, přijímání a vysílání zpráv na sériovou linku, atd. Hlavní MCU EDU-modelu má pak dostatek výpočetního výkonu pro zajištění obsluhy I/O a simulaci modelu (např. model posuvové jednotky). [29] Podobné HMI displeje nabízí také firmy 4D systems a Riverdi.



Obrázek 26: 3,5“ HMI LCD od firmy Nextion

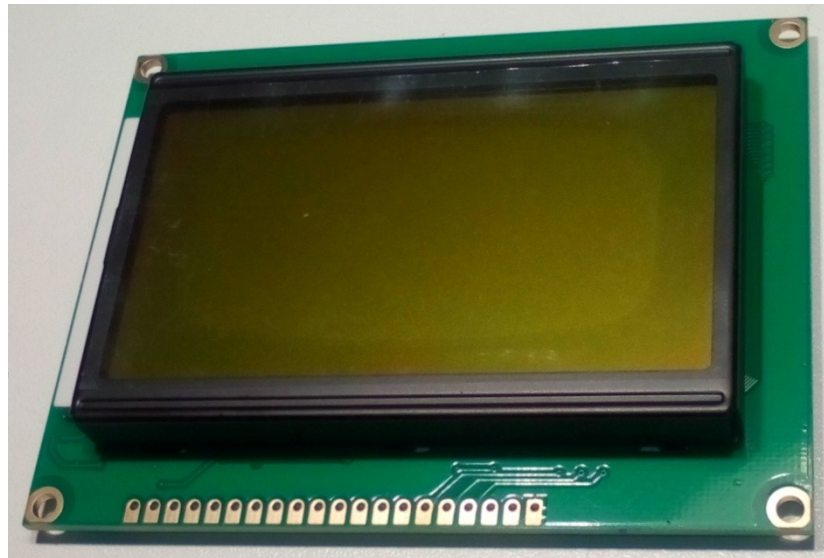
Tabulka 3: Parametry displeje použitého v novém modelu

Parametry HMI Nextion Basic	
Displej	3,5", TFT, 65536 barev, 480 x 320 px
Označení	NX4832T035
Ovládání	odporová dotyková vrstva
Napájení	5 V, 145 mA
Rozhraní	UART; 2,4 - 115,2 kb/s
Rozměry	101 x 55 x 5,5 mm
Váha	48 g
Paměť	flash 16 MB, RAM 3584 B
MCU	48 MHz

Modely vyšší třídy (Enhanced, Intelligent series) mají např. větší paměť, dostupnou EEPROM, vyšší rozlišení, navíc mají vestavěný RTC obvod a přístupné GPIO piny - pak lze využít např. vnější snímače, tlačítka a ovládat výstupy i pomocí PWM bez použití dalších pomocných vývojových desek. Základní model má také omezeny některé funkce, jako je např. posouvání objektů pomocí proměnné, je třeba si vystačit s pohyblivým bargrafem, ručičkovým ukazatelem, nebo s překreslováním obrázků.

V prvotním návrhu bylo počítáno s jednodušším, jednobarevným displejem s rozlišením 128x64 pixelů, který se připojuje k MCU pomocí rozhraní SPI. Pro zapojení stačí napájení a datové piny CS, MOSI a CLK. Při využití softwarového sériového rozhraní dokonce nebyl potřeba pin CS, ale hardwarové sériové rozhraní jej používá pro synchronizaci.

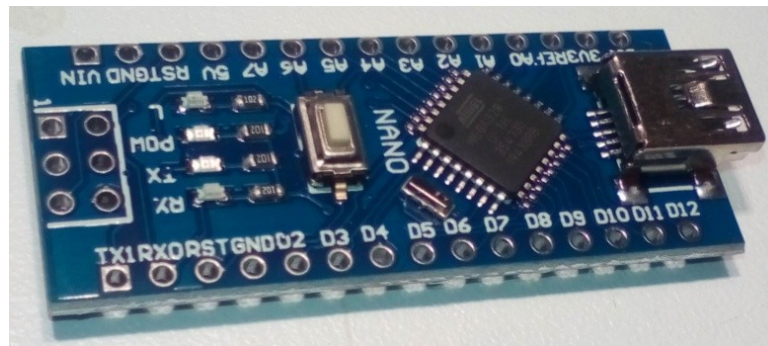
Po oživení prvního prototypu se však objevily mnohé nedokonalosti návrhu, bylo např. výpočetně náročné vykreslovat grafiku pomocí obrázků a dalších vektorů, vlastní proces pak nemohl poskytnout dostatečně rychlou odezvu (otočka cyklu trvala více než 70 ms). Arduino Nano má malý počet GPIO, proto byl do druhé verze přidán I²C expander, díky dvěma I²C pinům tak přibylo 8 ks GPIO.



Obrázek 27: Monochromatický displej 128x64 pixelů
prvního prototypu EDU modelu

5.3.2 Vývojová deska

Technologický proces byl naprogramován na vývojové desce Arduino NANO, která obsahuje mikroprocesor ATmega328p. Bylo počítáno s tím, že se program technologického procesu v budoucnu i vícekrát změní, v případě softwarové nebo hardwarové poruchy lze Arduino jednoduše vyjmout z patice modelu a nahradit jej. Tato deska má širokou komunitu uživatelů a proto ji lze využít v hodně širokém spektru aplikací. Deska obsahuje mini-USB konektor pro nahrání programu (přes integrovaný FTDI čip) a výpis zpráv po sériové lince. [27]



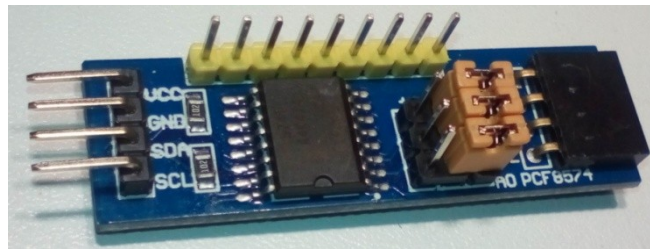
Obrázek 28: Vývojová deska Arduino NANO

Tabulka 4: Parametry použité vývojové desky

Parametry Arduino NANO	
Mikrokontrolér	ATmega328p
Architektura	AVR
Frekvence MCU	16 MHz
Analogové vstupy	8; 10-bit
GPIO	22 (6 x PWM)
Max. proud na GPIO	40 mA
Napájení	7 - 12 V
Komunikační rozhraní	UART, SPI, I ² C
Rozměry	18 x 45 mm
Časovače	2 x 8 bit, 1 x 16 bit
Váha	7 g
Paměť	flash 32 kB, SRAM 2kB, EEPROM 1kB

5.3.3 Další použité moduly

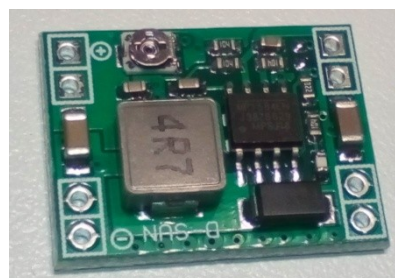
V návrhu byl použit rozšiřující I²C modul, protože se využily veškeré piny vývojové desky (vstupy a výstupy EDU modelu, SPI a UART rozhraní). Původní návrh používal dva čistě analogové vstupy MCU (z celkových 8 vstupů EDU modelu) pro získání binární hodnoty. [30]



Obrázek 29: Rozšiřující I²C I/O modul

Tabulka 5: Parametry rozšiřujícího I²C modulu

Parametry modulu PCF8574	
Typ GPIO	výstup NPN/vstup s pevným vnitřním pull-up rezistorem
Max. proud výstupu	25 mA
Napájení	2,5 - 6 V
Rozhraní	I ² C



Obrázek 30: DC-DC měnič

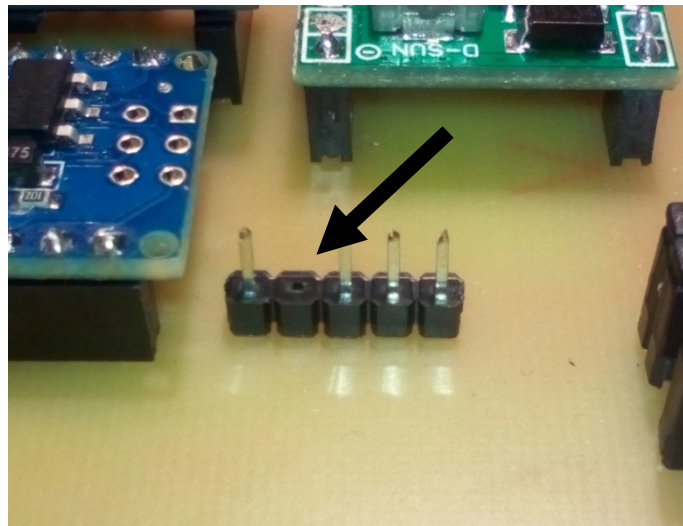
Tabulka 6: Parametry napájecího DC-DC měniče

Parametry DC-DC	
Čip	MP1584EN
Max. proud výstupu	1 A
Napájení	4,5 - 30 V
Účinnost	max. 92 %
Rozměry	22 x 17 x 4 mm

5.3.4 Návrh desky plošných spojů

Deska plošných spojů (dále jen DPS) byla navržena v programu Autodesk® EAGLE, tento program umožňuje navrhovat rozmístění součástek a vodivých cest mezi nimi. Pro tuto práci byla zvolena metoda povrchové montáže součástek (SMD), kvůli úspoře místa na plošném spoji. Díky využití nízkoprofilových patič pro osazení vývojové desky Arduino Nano, rozšiřujícího I2C I/O modulu i snižujícího DC-DC měniče se návrh stal modulárnějším.

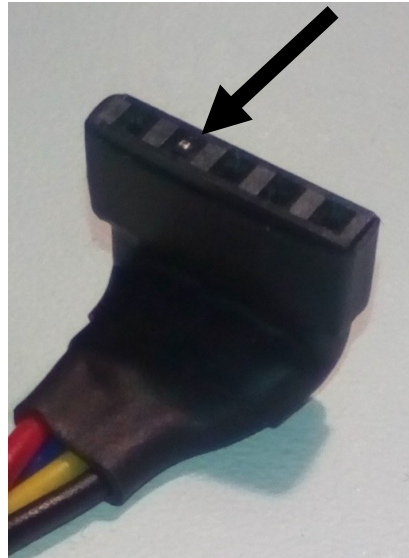
Aby bylo zabráněno poškození při obráceném zasunutí modulů do patič, byl vytvořen na všech konektorech a patičích zámek. Toho bylo docíleno ustřížením nepoužitých či přidaných pinů a vložení ucpávky do patice v místě ustříženého pinu.



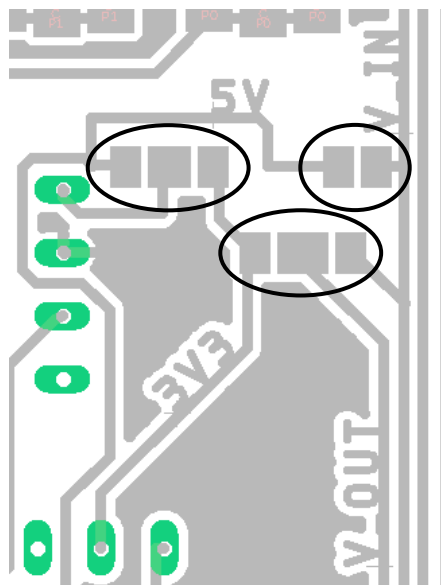
Obrázek 31: Ustřížený pin jako zámek konektoru

EDU-model lze provozovat pro více napájecích úrovní. Volba se provádí na DPS pomocí pájecích propojek. Základní návrh počítá s napájením 24 V, DC-DC měnič je schopen v tomto nastavení pracovat se vstupním napětím 9 - 30 V. [22]

Dále je možno nastavit model na 5V verzi, přičemž měnič se neosazuje, na vstup EDU-modelu se pak přivádí stabilizovaných 5 V (alespoň 0,5 A), postačuje i USB port osobního počítače. Digitální vstupy a výstupy pak pracují s tímto referenčním napětím. Protože mají vstupy vývojových desek o několik řádů vyšší vstupní odpor oproti PLC, jsou i výstupní debounce kondenzátory vybíjeny velice dlouho, proto je lepší je pro 5V a 3,3V provoz neosazovat.

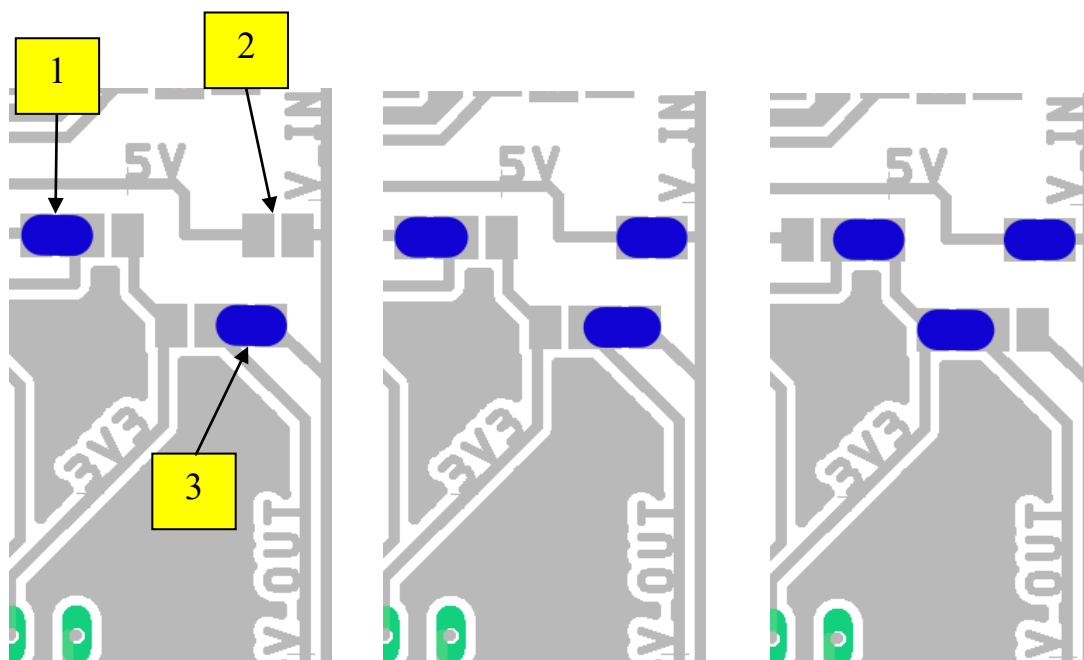


Obrázek 32: Ucpávka na straně konektoru k HMI



Obrázek 33: Pájecí propojky pro volbu pracovního napětí

Pro větší univerzálnost byla do návrhu zapracována i možnost propojení s jinými vývojovými kity, pracujícími s napětím 3,3 V, např. FRDM - KL25Z. EDU-model je možno tak využít i ve výuce dalších předmětů. Napájení je zde opět 5 V, protože se bez něj neobejde LCD či barevné HMI LCD. Vstupy a opticky oddělené výstupy se pak připojí na 3,3V větev, kterou napájí FTDI čip CH340 na desce Arduino Nano. Proudový odběr je zde však omezen na cca. 30 mA, což pro digitální vstupy ostatních vývojových desek bohatě postačuje.



Obrázek 34: Pájecí propojky pro pracovního napětí 24 V, 5 V a 3,3 V

Tabulka 7: Volba pájecích propojek dle pracovního napětí

Pracovní napětí[V]	9 - 30	5	3,3
Napájení [V]	9 - 30	5	5
Propojka 1	vlevo	vlevo	vpravo
Propojka 2	ne	ano	ano
Propojka 3	vpravo	vpravo	vlevo

Pozn. Pracovní napětí - napětí, které se přivádí na vstupy a výstupy

Napájení - napětí, kterým je nutno EDU model napájet přes jeho konektor

Jednodušeji, propojka 1 vybírá napětí které bude přiváděno na vstupy EDU modelu, vlevo $U \geq 5$ V, vpravo $U \leq 3,3$ V.

Propojka 2 umožňuje obejít měnič a stabilizátor, pozor, spojí 5V větev se stabilním 5V napájením EDU modelu, spájet při používaném pracovním napětí $U \leq 5$ V, měnič vyjmout z patice.

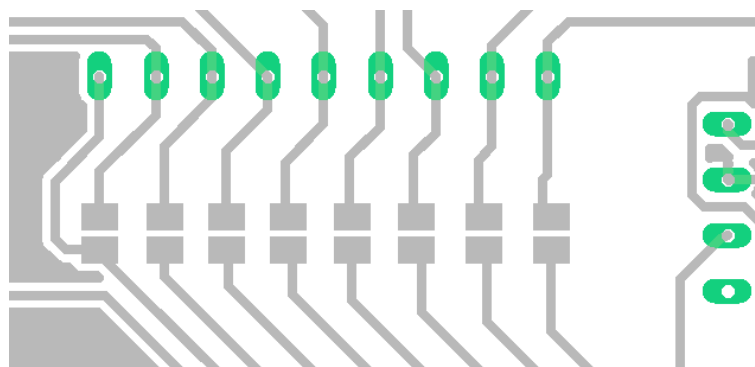
Propojka 3 volí, jaké napětí budou spínat optočleny na výstupech EDU modelu, zda vnitřních 3,3 V, či vnějších 5 (9-30) V

5.3.5 Vstupy a výstupy

Model využívá 8 digitálních vstupů a 8 digitálních výstupů, vstupní napětí je sníženo Zenerovými diodami na přijatelnou úroveň pod 5 V pro zpracování vstupem Arduina nebo rozšiřujícím modulem. Do návrhu musel být přidán pull-down rezistor o hodnotě 10 k Ω , protože rozšiřující I2C modul PCF8574 má vstupy, resp. výstupy řešeny jako otevřený kolektor (NPN) s interním pull-up rezistorem cca. 20 k Ω . Pokud je I/O nastaven do stavu logické jedničky, chová se pin jako vstup a případné tlačítko se zapojuje mezi tento pin a zem. Při nastavení pinu na logickou nulu se sepne výstupní NPN tranzistor a pin může spínat proud max. 10 mA (80 mA na pouzdro).

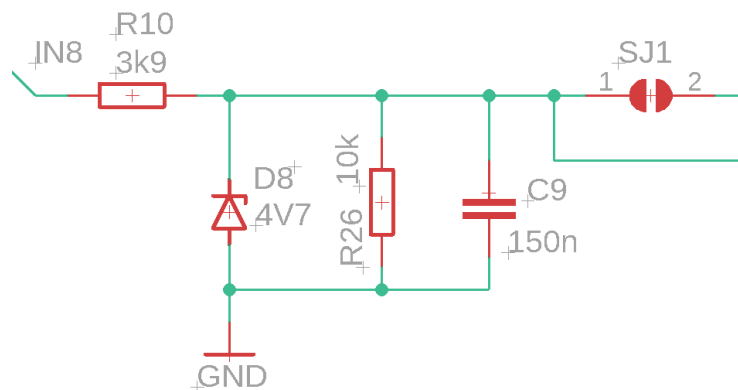
Pull-down rezistor musel být přidán do návrhu, protože PLC Siemens mají výstupy s aktivní logickou jedničkou (PNP) a vstup EDU-modelu by zůstal díky pull-up rezistorům I2C modulu neustále v logické jedničce.

Pájecí propojky u vstupů slouží k přímému připojení vstupů modelu ke GPIO Arduina v případě, že by nebyl osazen rozšiřující I²C modul. Tyto propojky mohly být v návrhu částečně vynechány (vyjma I²C pinů data a clock), avšak bylo přihlíženo k tomu, že může programátor EDU-modelu omylem zapsat na I²C modul log. nulu a zároveň na odpovídající GPIO Arduina log. jedničku. Piny by poté protékal zkratový proud omezený hlavně vnitřními odpory těchto I/O a mohlo by dojít k nevratnému poškození.



Obrázek 35: Pájecí propojky vstupů na DPS

Rezistor R10 spolu s kondenzátorem C9 tvoří dolní propust (debounce článek) pro odfiltrování případných rušení a zákmitů.

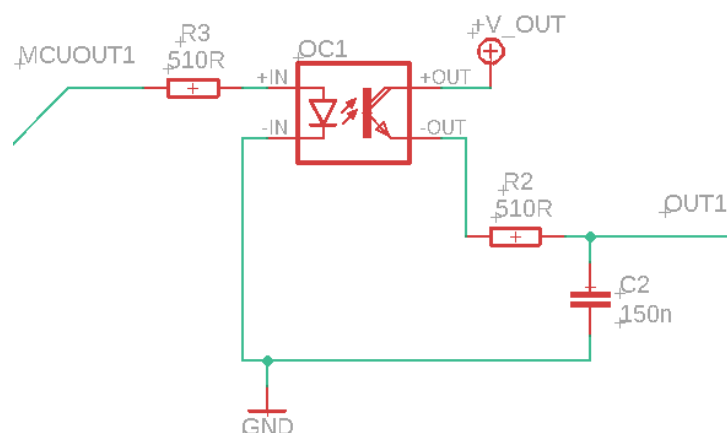


Obrázek 36: Zapojení vstupů EDU - modelu

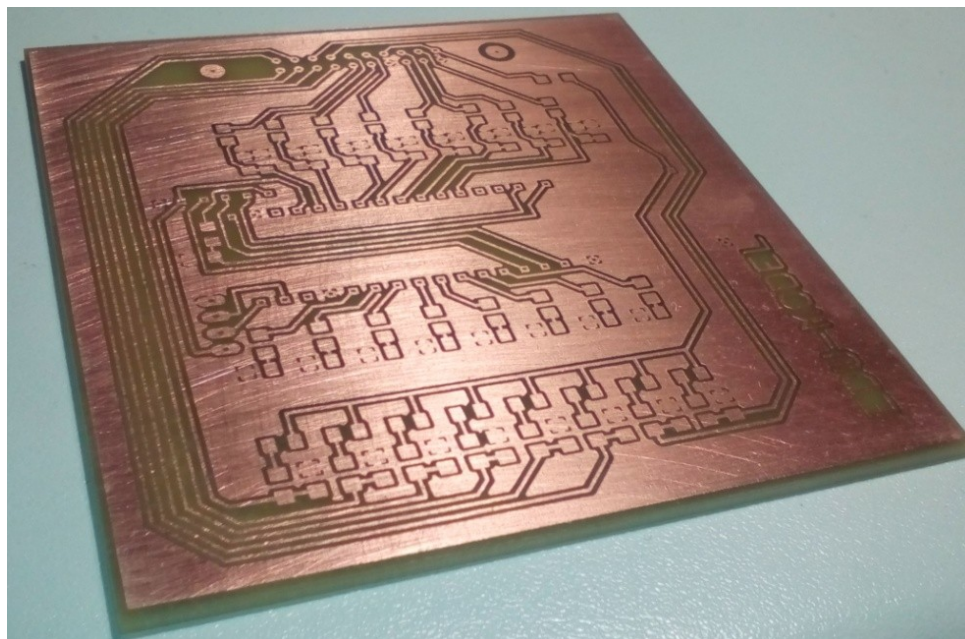
Na výstupech je umístěn oddělovací optočlen, aby bylo možno jednoduše spínat logickou jedničku (výstup může být v podstatě plovoucí vůči zemi). Odpor na vstupu optočlenu omezuje proud diodou, jejíž VA charakteristika je nelineární. Výstup optočlenu má také omezený proud, protože v jeho datovém listu je uváděn min. zisk 600 % (výstupní proud/vstupní proud) a výstup MCU není výkonový.

Řešením by mohlo být použití polem řízených tranzistorů (FET), jejichž zesílení je mnohanásobně větší. Navíc se jejich výstup chová jako odporová zátěž, narušil od bipolárních tranzistorů, kde je už od minimálního proudu určitý úbytek napětí.

Výstupní RC člunek opět slouží k odfiltrování případných zákmitů a rušení, i když toto bývá řešeno na přijímací straně hardwaru v PLC.



Obrázek 37: Zapojení výstupů EDU - modelu



Obrázek 38: DPS první verze nového EDU modelu

Tabulka 8: Seznam použitých součástek pro 1 ks EDU-modelu

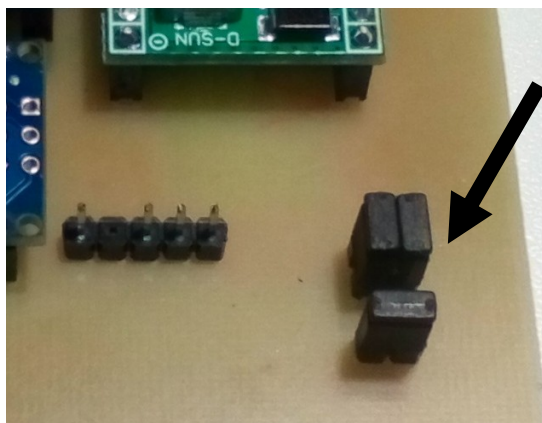
Název:	Počet	Cena [Kč]
Cuprexit 160 x 100 x 1,5 mm, (min. 89 x 93mm)	1	58
Jednořadá patice, nízká, rozteč 2,54 mm	4	72
Optočlen PC355N, 35 V, 80 mA (SMD MFP4)	8	80
Odpor 10k, 1 %, 0,25 W, R1206	9	12
Odpor 510R, 1 %, 0,25 W, R1206	16	24
Odpor 3k9, 1 %, 0,25 W, R1206	8	12
Páčkový přepínač, 3P3T, ON-OFF-ON	1	31
Kondenzátor 150 nF, 50 V, 5 % (SMD 1206)	17	10
Zenerova dioda 4,7 V, 0,5 W	8	6
Kolíková lišta, rozteč 2,54 mm	3	11
Dioda 1N4007, 1 kV, 1 A	1	4
Distanční sloupek, mosaz, délka 8 mm, M3	8	36
Krabička na DIN lištu WEB 1001 93 x 42 x 96 mm	1	240
Konektor se zámkem, PSL20, 20 pinů	1	8
DC-DC step down měnič MP1584	1	35
I2C expander, PCF8574	1	62
Arduino NANO, ATmega328P	1	129
HMI Nextion 3,5", 320 x 480 pix	1	990
Výsledná cena za použitý materiál:		1820

Pozn.: Ceny jsou uvedeny včetně DPH, jsou orientační a mohou se lišit dle dodavatele a množstevních slev.

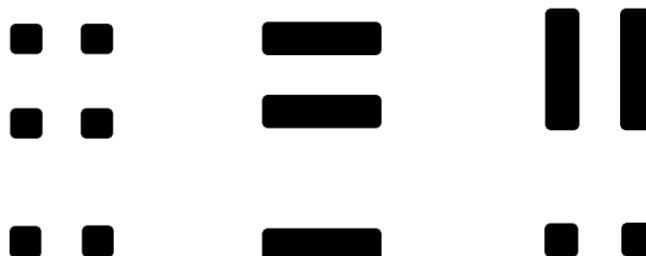
5.3.6 Komunikace EDU - modelu

Uživatelský program je potřeba nahrát přes sériovou linku jak do modulu Arduina, tak i do HMI. Na DPS jsou umístěny propojky (případně 3P3T přepínač s kabelem a konektorem, návrh umožňuje záměnu těchto variant), které směřují RX a TX piny mezi Arduinem, HMI a FTDI převodníkem. Vývojová deska má popsané sériové rozhraní ze strany procesoru, proto se připojuje vodič RX od HMI na RX pin Arduina, obdobně tak i TX.

1. Při nahrávání *.INO souboru do Arduina jsou všechny propojky odejmuty.
2. Programování HMI Nextion je provedeno pomocí FTDI čipu umístěného na Arduino Nano modulu, MCU je vyresetováno spodní propojkou (Arduino pak nereaguje na zprávy, které běží po sériové lince. Do HMI LCD lze eventuelně nahrát *.HMI program přes SD kartu (max. 32 GB), data se pak při zapnutí napájení nakopírují do vnitřní paměti HMI.
3. V provozním stavu modelu budou data posílána po seriové lince z Arduina do HMI, případně i opačně při využití odporové dotykové vrstvy HMI.



Obrázek 39: Propojky sériové linky



Obrázek 40: Nastavení propojek

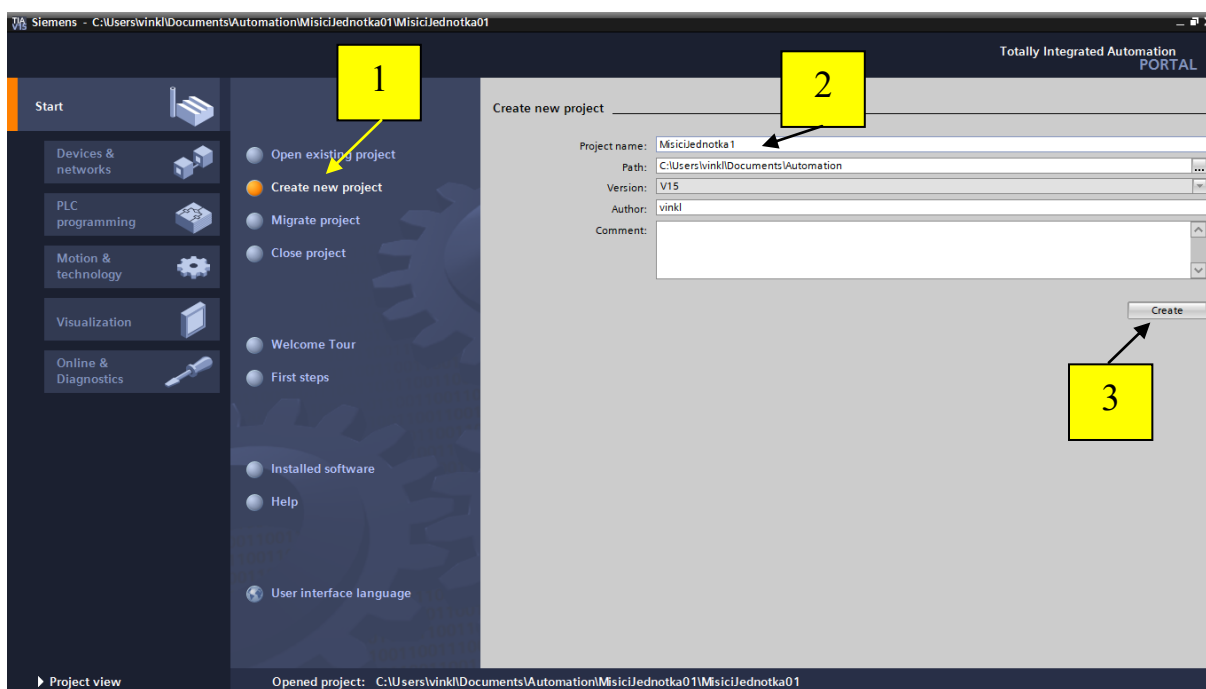
- a) nahrání programu do Arduina,
- b) nahrání programu do HMI Nextion
- c) pro komunikaci mezi Arduinem a HMI (provoz s PLC)

6 SOFTWARE

V této kapitole jsou popsány programy, které byly použity pro tuto bakalářskou práci.

6.1 TIA Portal

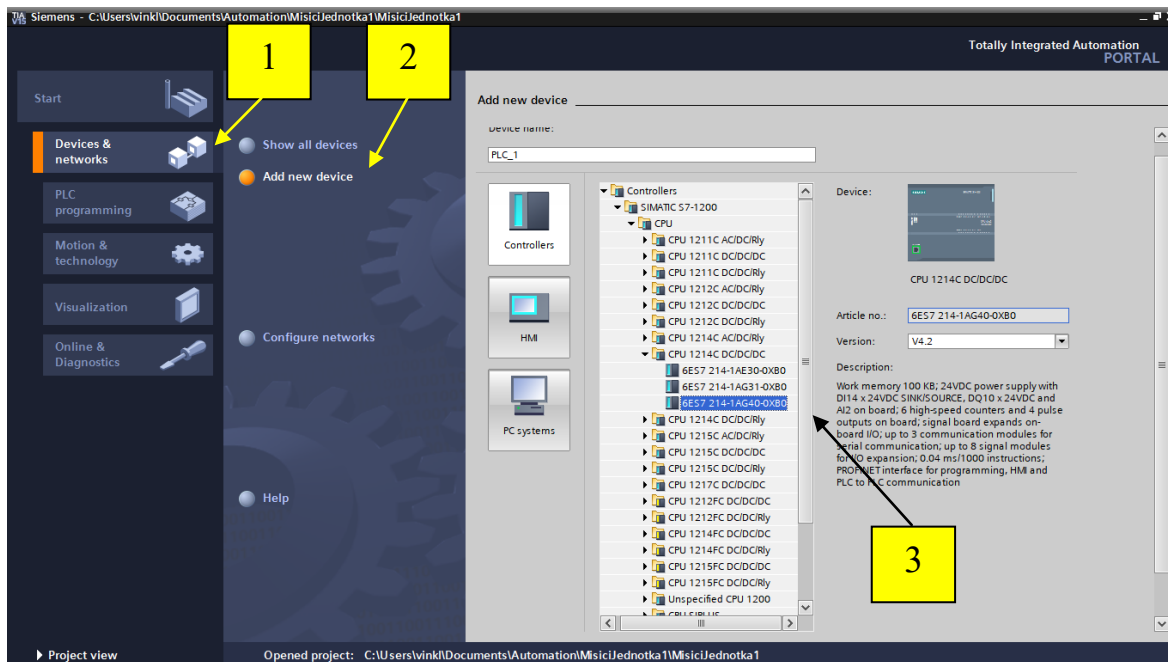
Po spuštění TIA portálu lze vidět úvodní obrazovku, nový projekt se vytvoří pomocí tlačítka *Create new project*, do textového pole *Project name* se napíše název nového projektu a potvrdí tlačítkem *Create*.



Obrázek 41: Úvodní obrazovka TIA Portalu

- 1 - (*Create new project*) tlačítko pro vytvoření nového projektu,
- 2 - (*Project name*) zde se vepíše název vytvářeného projektu,
- 3 - (*Create*) tlačítko pro vytvoření projektu

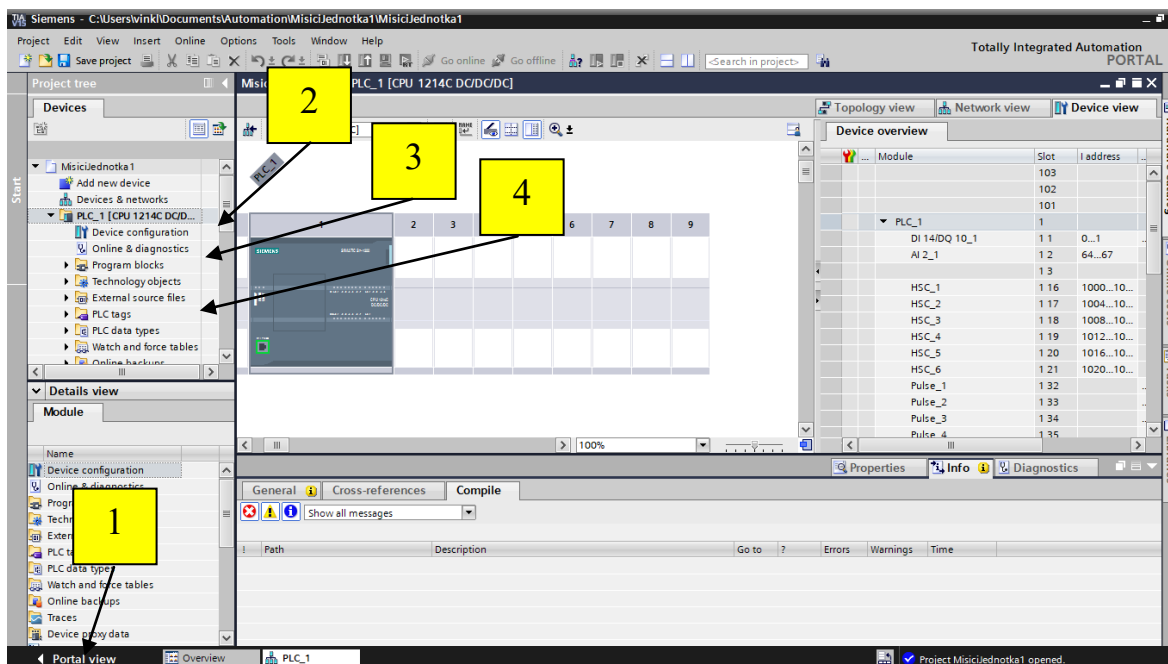
Přesný model PLC se nakonfiguruje v záložce *Devices and networks* (1), kliknutím na tlačítko *Add new device* (2) se vybere číslo modelu, které lze nalézt na pravé straně PLC přístroje, zde záložka *SIMATIC S7-1200\ CPU\ CPU 1214C DC/DC/DC\ 6ES7 214-1AG40-0XB0*. Přístroj se přidá dvojklikem na jeho číslo (3).



Obrázek 42: Nastavení modelu PLC

- 1 - (*Devices and networks*) záložka určená k nastavení použitých zařízení a sítě,
- 2 - (*Add new device*) tlačítko pro přidání nového zařízení do projektu,
- 3 - (*PLC model*) seznam konfigurací pro jednotlivé verze PLC

Nyní se přepneme do pohledu projektu pomocí tlačítka *Project view* (*Portal view*). V levém okně *Devices* nalezneme položku *PLC_1*, po rozbalení se objeví důležité položky.

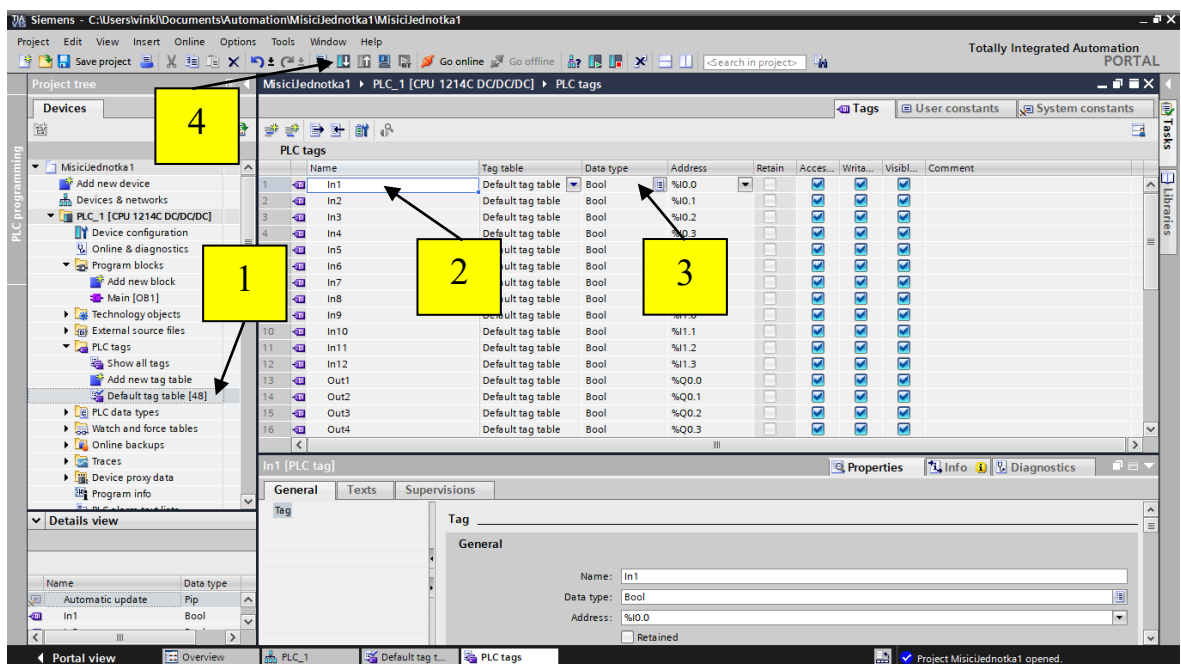


Obrázek 43: Pohled na projekt v TIA Portalu

- 1 - (*Project view/portal view*) přepínač zobrazení mezi úvodní obrazovkou a projektem,
- 2 - (*Device configuration*) veškeré nastavení PLC, IP adresy, aktivace webserveru, apod.,
- 3 - (*Program blocks*) zde se vytváří vlastní programy,
- 4 - (*PLC tags*) mapování I/O pro PLC a vytvoření proměnných

Dvojklikem na obrázek přidaného zařízení se ve spodní části objeví lišta, kde se nastavuje většina zásadních parametrů, jako je IP adresa, rychlé čítače, aktivace webserveru a další.

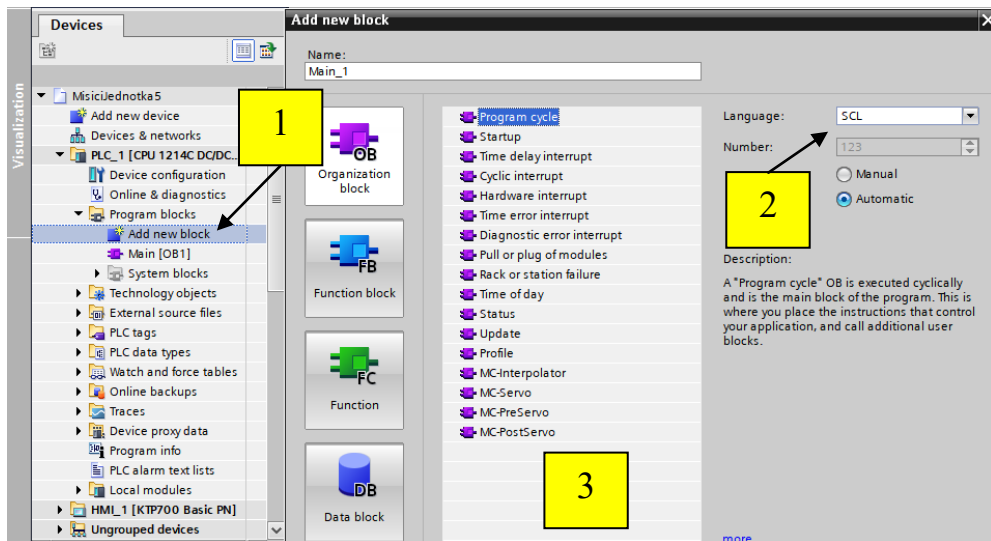
Po otevření položky *Default tag table* se zobrazí prázdný seznam, do něhož si zapíšeme zvolené názvy vstupů *I*, výstupů *Q* a pomocných proměnných *M*. Každá proměnná včetně I/O umožňuje vybrat datový typ v poli *Data type*, binární vstupy a výstupy používají *Bool*, *Int* lze použít např. pro čítače, hodnoty z A/D převodníků, atd.



Obrázek 44: Okno PLC tagů

- 1 - (*Default tag table*) tabulka výchozích PLC tagů,
- 2 - (*Name*) pole pro zadání nové proměnné,
- 3 - (*Data type*) nabídka výběru datového typu tagu
- 4 - (*Download to device*) tlačítko nahrání programu do PLC a HMI

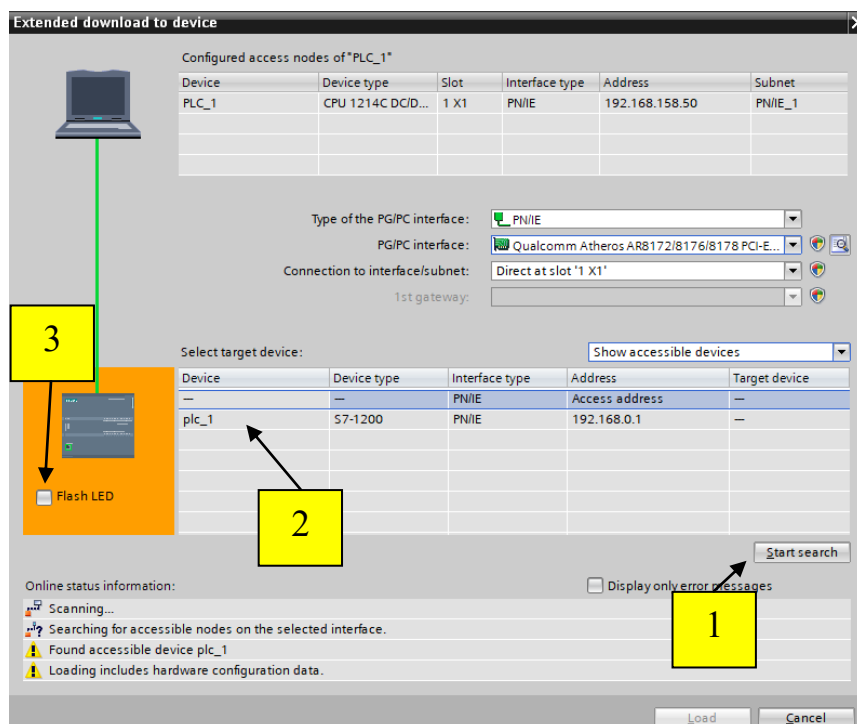
Nový program vytvoříme v záložce *Program blocks* \ *Add new block*, pro hlavní program vybereme *Program cycle*, pro blikání LED se hodí např. *Cyclic interrupt*. Na výběr jsou jazyky reléových schémat, funkčních bloků a strukturovaný text.



Obrázek 45: Vytvoření programového bloku

- 1 - (*Add new block*) tlačítko přidání nového programového bloku,
- 2 - (*Language*) výběr programovacího jazyka,
- 3 - seznam typů programového bloku

Kliknutím na ikonu *Download to device* lze vyhledat dostupné zařízení (PLC, HMI), k dispozici je i funkce *Flash LED*, která umožní jednoduše identifikovat zařízení v případě, že se jich na seznamu nachází více (zablikají stavové LED PLC či podsvícení HMI).



Obrázek 46: Okno pro nahrání programu do PLC

- 1 - (*Start search*) tlačítko vyhledání dostupných zařízení,
- 2 - (*Device*) nalezené zařízení,
- 3 - (*Flash LED*) funkce testu spojení se zařízením

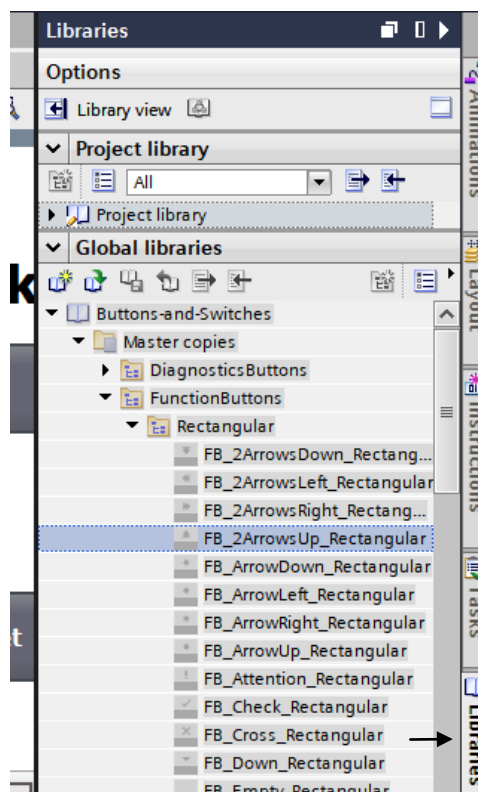
6.1.1 Programování HMI

Přidání HMI panelu do projektu je stejné, jako přidání PLC, v tomto případě (HMI KTP700 Basic) to bude *Add new device\ HMI\ SIMATIC Basic Panel\ 7" Display\ KTP700 Basic\ 6AV2 123-2GB03-0AX0*. Pokud potřebujeme přistupovat k proměnným v PLC z HMI panelu, musíme v seznamu *PLC tags* vytvořit pomocné proměnné (**M**), na ně se pak odkazujeme při vytváření HMI rozhraní.

▶ Device proxy data	22	← resetTag	Default tag table	Bool	%M0.5
▶ Program info	23	← reset	Default tag table	Bool	%Q0.7
▶ PLC alarm text lists	24	← startTag	Default tag table	Bool	→ %M0.6
▶ Local modules	25	← stopTag	Default tag table	Bool	→ %M0.7

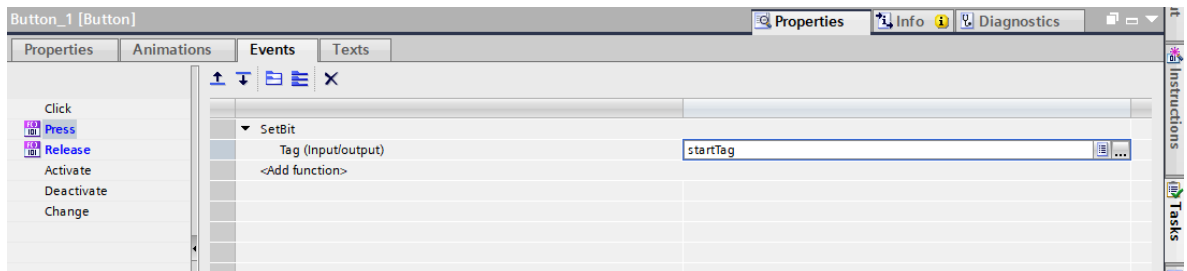
Obrázek 47: Okno PLC tagů použitých v projektu s HMI

Po pravé straně se dole nachází záložka *Libraries*, kde lze nalézt velké množství různých indikátorů a ovládacích prvků (tlačítek). Vybranou komponentu stačí přetáhnout na plochu.



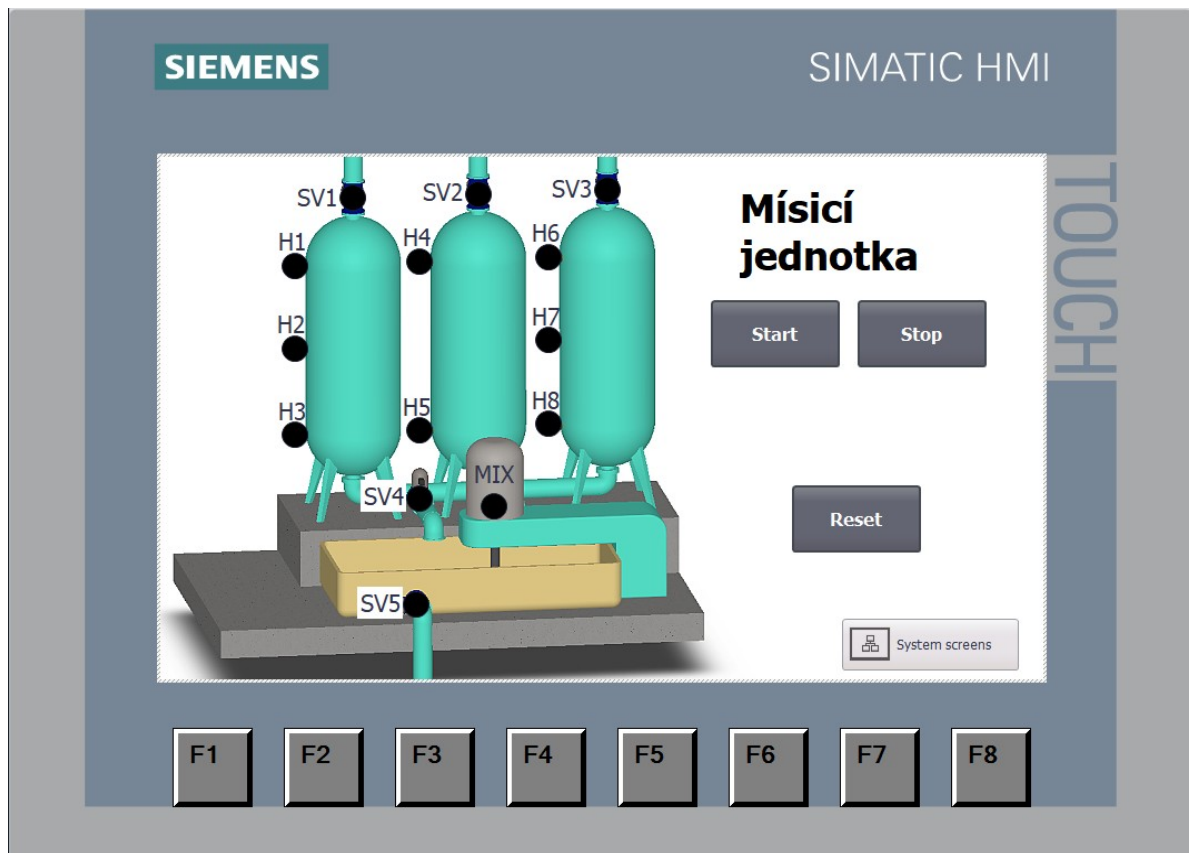
Obrázek 48: Knihovna grafických prvků

Ovládací prvky umožňují v záložce *Properties* bohatou konfiguraci, v další podzáložce *Properties* lze nastavit vzhled, popisy, v *Animations* se skrývá detailnější nastavení animací, v záložce *Events* se nastavuje, co se provede při používání tohoto prvku. Pro obsluhu při stisku a uvolnění vybereme záložky *Press* a *Release*, v nich např. vybereme funkci *SetBit* a *ResetBit* a odkážeme se na příslušný PLC tag (proměnnou). Tuto proměnnou dále využíváme v PLC programu.



Obrázek 49: Nastavení parametrů HMI tlačítka

Výsledné HMI rozhraní může vypadat následovně:

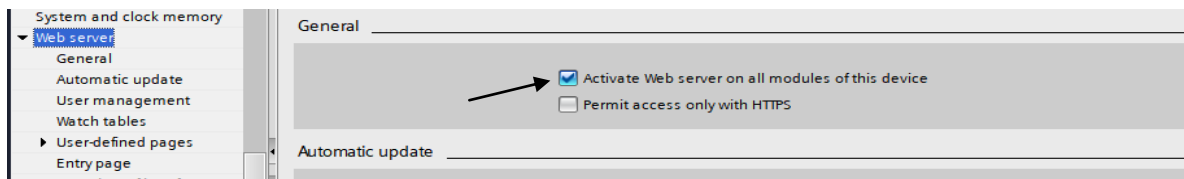


Obrázek 50: Obrazovka HMI panelu pro ovládání modelu mísicí jednotky

6.1.2 Webserver

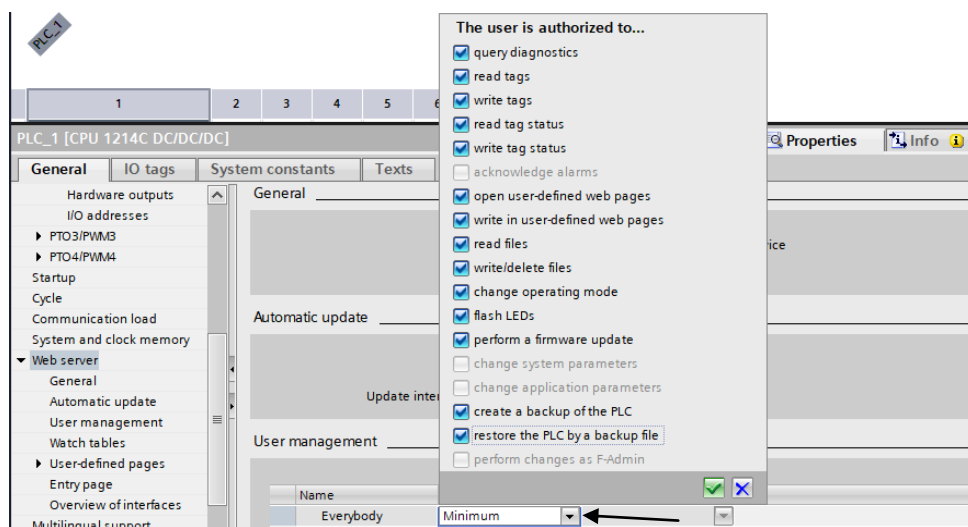
K zobrazení a ovládání stavu regulované soustavy ze vzdálených míst nabízí PLC Siemens vestavěný webový server. Ten představuje zjednodušenou variantu zobrazení oproti HMI. Navíc je vhodná znalost tvorby webových stránek v HTML, protože se vytváří v textovém souboru bez názorné zpětné vazby. Lze využít diagnostické strany, které PLC zobrazuje při aktivaci webserveru, nebo si vytvořit vlastní webové rozhraní pomocí jazyku HTML. Obsluhu dynamických prvků (změna barev objektů, apod.) obstará JavaScript, CSS zase zajišťuje styl zobrazení (barva, velikost a styl písma, apod.). Výměna stavu proměnných mezi programem v PLC a webserverem je provedena pomocí tzv. AWP příkazů.

Nejprve je nutné webserver PLC aktivovat v záložce *Web server* v části *General* zatrhnutím pole *Activate Web server on all modules of this device*.



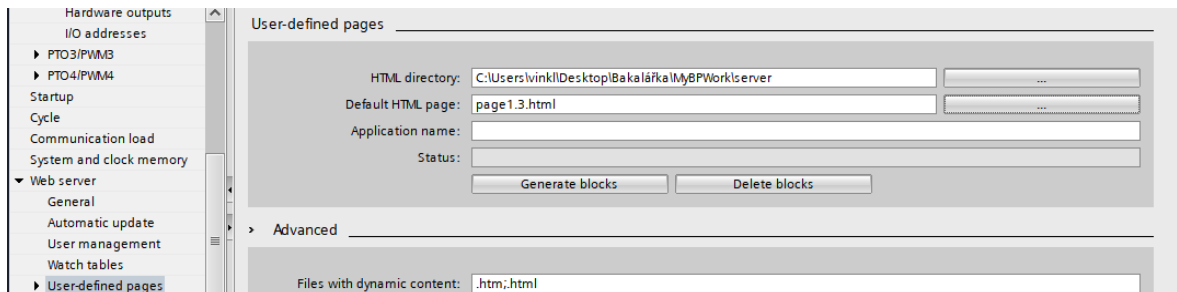
Obrázek 51: Aktivace webového serveru PLC Siemens

Dále je vhodné nastavit povolení k přístupu na webserver pod záložkou *Web server \ User management*. Označením všech polí v položce *Access level* se změní oprávnění na *Administrative* a uživatel poté nemusí zadávat přístupové údaje.



Obrázek 52: Povolení přístupu k webovému serveru PLC

Nyní je na řadě vygenerování datového bloku pro webový server, vlastní stránka se naprogramuje v jazyce HTML, složku s tímto souborem vybereme v poli *HTML directory* a výchozí stránku webového serveru vybereme v poli *Default HTML page*. Stisknutím tlačítka *Generate blocks* se vytvoří datový blok webové stránky.



Obrázek 53: Generování datového bloku pro webserver PLC

Pro úspěšné zprovoznění webserveru je potřeba dopsat na začátek hlavního programu (*PLC_1\ Program blocks\ Main [OBI]*) následující instrukci, pomocí které se uživatelské stránky synchronizují s programem v PLC.

```
"HTMLvalue" := WWW(CTRL_DB := 333);
```

Kde *HTMLvalue* je programátorem vytvořená proměnná (PLC tag), *WWW()* je synchronizační funkce a *333* je číslo datového bloku vygenerovaného pro webserver. Poté se program může nahrát do PLC.[18] [21][28]

Webovou stránku je možno psát i v prostém textovém editoru, ale pro přehlednost a barevné zobrazení lze doporučit např. Notepad++, zde je kód pro následující webovou stránku.

```
<!-- AWP_In_Variable Name="In1" -->
<!-- AWP_In_Variable Name="In2" -->
<!-- AWP_Out_Variable Name="Out1" -->
<!-- AWP_Out_Variable Name="Out2" -->
<!-- AWP_Out_Variable Name="Out3" -->
<!-- AWP_Out_Variable Name="Out4" -->

<!doctype html>
<html>

<head>
<meta http-equiv="refresh" content="1">
<meta charset="UTF-8">
<title>Rozběh čtyř motorů</title>
</head>
```



```
<body>

<div class="okno1" align="center">
  <h1>Postupný rozběh čtyř motorů</h1>
</div>

<div class="okno3">
</div>

<div class="okno2">
</div>

<div class="popisky">
<p><b>Motor_1 Motor_2 Motor_3 Motor_4</b></p>
</div>






<canvas id="panel" height="250" width="800" style="position:absolute;
top:280px; left:110px;">
</canvas>

<!--Start_button-->
<form method="post"; style="position:absolute; top:250px; left:60px;">
<p title="Spustí rozběhovou sekvenci">
<input type="submit" value="Start" style="background-color: green">
<input type="hidden" name="In1" value="1">
<input type="hidden" name="In2" value="0">
</form>

<!--Stop_button-->
<form method="post" style="position:absolute; top:350px; left:60px;">
<p2 title="Zastaví motory">
<input type="submit" value="Stop" style="background-color: red">
<input type="hidden" name="In1" value="0">
<input type="hidden" name="In2" value="1">
</form>

<script type="text/javascript">
  var motor1 = ":=Out1:";
  var motor2 = ":=Out2:";
  var motor3 = ":=Out3:";
  var motor4 = ":=Out4:";

  var gap = 170;
  var circleX1 = 110;
  var circleX2 = circleX1 + gap;
  var circleX3 = circleX2 + gap;
  var circleX4 = circleX3 + gap;
  var circleY = 30;
  var circleR = 22;
```

```
var onColor = "yellow";
var offColor = "black";

var t0 = document.getElementById("panel");

var t1 = t0.getContext("2d");
var t2 = t0.getContext("2d");
var t3 = t0.getContext("2d");
var t4 = t0.getContext("2d");

<!--1. kontrolka-->
t1.beginPath();
t1.arc(circleX1, circleY, circleR, 0, 2*Math.PI);

if(motor1 == 1){
    t1.fillStyle = onColor;
}else{
    t1.fillStyle = offColor;
}
t1.fill();

<!--2. kontrolka-->
t2.beginPath();
t2.arc(circleX2, circleY, circleR, 0, 2*Math.PI);

if(motor2 == 1){
    t2.fillStyle = onColor;
}else{
    t2.fillStyle = offColor;
}
t2.fill();

<!--3. kontrolka-->
t3.beginPath();
t3.arc(circleX3, circleY, circleR, 0, 2*Math.PI);

if(motor3 == 1){
    t3.fillStyle = onColor;
}else{
    t3.fillStyle = offColor;
}
t3.fill();

<!--4. kontrolka-->
t4.beginPath();
t4.arc(circleX4, circleY, circleR, 0, 2*Math.PI);

if(motor4 == 1){
    t4.fillStyle = onColor;
}else{
    t4.fillStyle = offColor;
}
t4.fill();

</script>
```

```
<!--inicializace tlacitek-->
<name="In1" value="0">
<name="In2" value="0">

<style>
/* komentar v CSS */
/* vzhled nadpisu */
.okno1{
  border: solid black 2px;
  position:relative;
  left: 10px;
  font-family:Arial;
  background-color: turquoise;
  width: 900px;
  height: 80px;
}

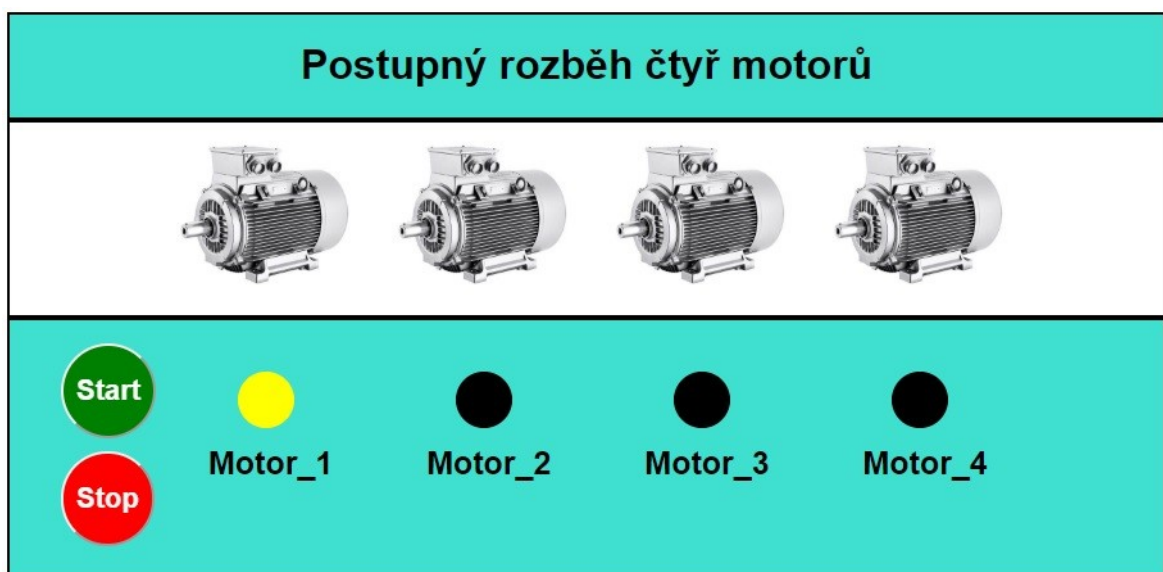
/* vzhled hlavniho okna */
.okno2{
  border: solid black 2px;
  position:relative;
  left: 10px;
  background-color:turquoise;
  width: 900px;
  height: 200px;
}

/* ramecek kolem motoru */
.okno3{
  border: solid black 2px;
  position:relative;
  top: 0px;
  left: 10px;
  background-color: white;
  width: 900px;
  height: 150px;
}

/* vzhled vykreseni motoru */
.motor{
  position:absolute;
  top:100px;
  width:205px;
  height:134px;
}

/* vzhled tlacitek */
input[type=submit]{
  color: white;
  padding: 22px 10px;
  font-size: 22px;
  border-radius: 50px;
}
```

```
/* vzhled popisku kontrolek */  
.popisky{  
  position: absolute;  
  top: 320px;  
  left: 175px;  
  font-family:Arial;  
  font-size: 25px;  
  background-color: turquoise;  
  width: 750px;  
  height: 50px;  
  word-spacing: 66px;  
}  
</style>  
</body>  
</html>
```

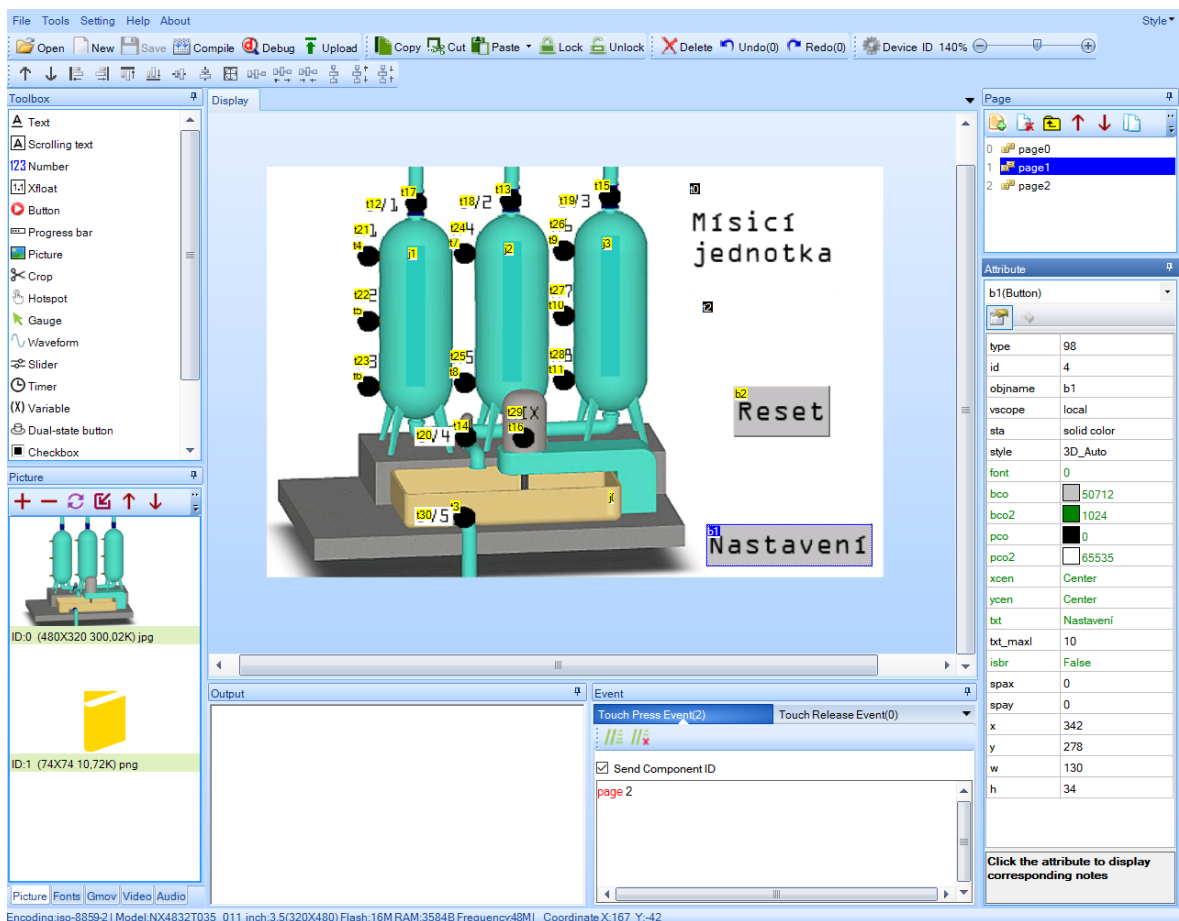


Obrázek 54: Uživatelská webová stránka na PLC Siemens

Ukázkový příklad webserveru demonstruje ovládání a signalizaci stavů čtyř motorů. Pomocí tlačítka *Start* se spustí rozběhová sekvence, kdy jsou motory postupně spouštěny po 1 sekundě (běh každého motoru je signalizován žlutou kontrolkou pod ním). Tlačítkem *Stop* lze tuto sekvenci kdykoliv zastavit, avšak opětovné spuštění je poté 4 sekundy blokováno, aby se mohly zastavit všechny tyto virtuální motory.

6.2 Nextion editor

Pro inteligentní displeje značky Nextion je k dispozici grafické programovací prostředí, doplněné o textové příkazy.[29] Práce s ním je velice podobná programování průmyslových HMI panelů, avšak tyto displeje jsou díky svému komunikačnímu rozhraní více zaměřeny pro embedded systémy. Programátor má k dispozici množství přednastavených funkcí, díky kterým lze např. jednoduše vykreslovat grafy až 4 funkcí zároveň pomocí posílání hodnot do objektu *Waveform*. Vývojové prostředí obsahuje také simulátor, díky kterému není potřeba mít fyzicky k dispozici displej, otestovat se takto dá i komunikace s MCU a veškeré ovládací a indikační prvky. Více informací se nachází v samostatné příloze.

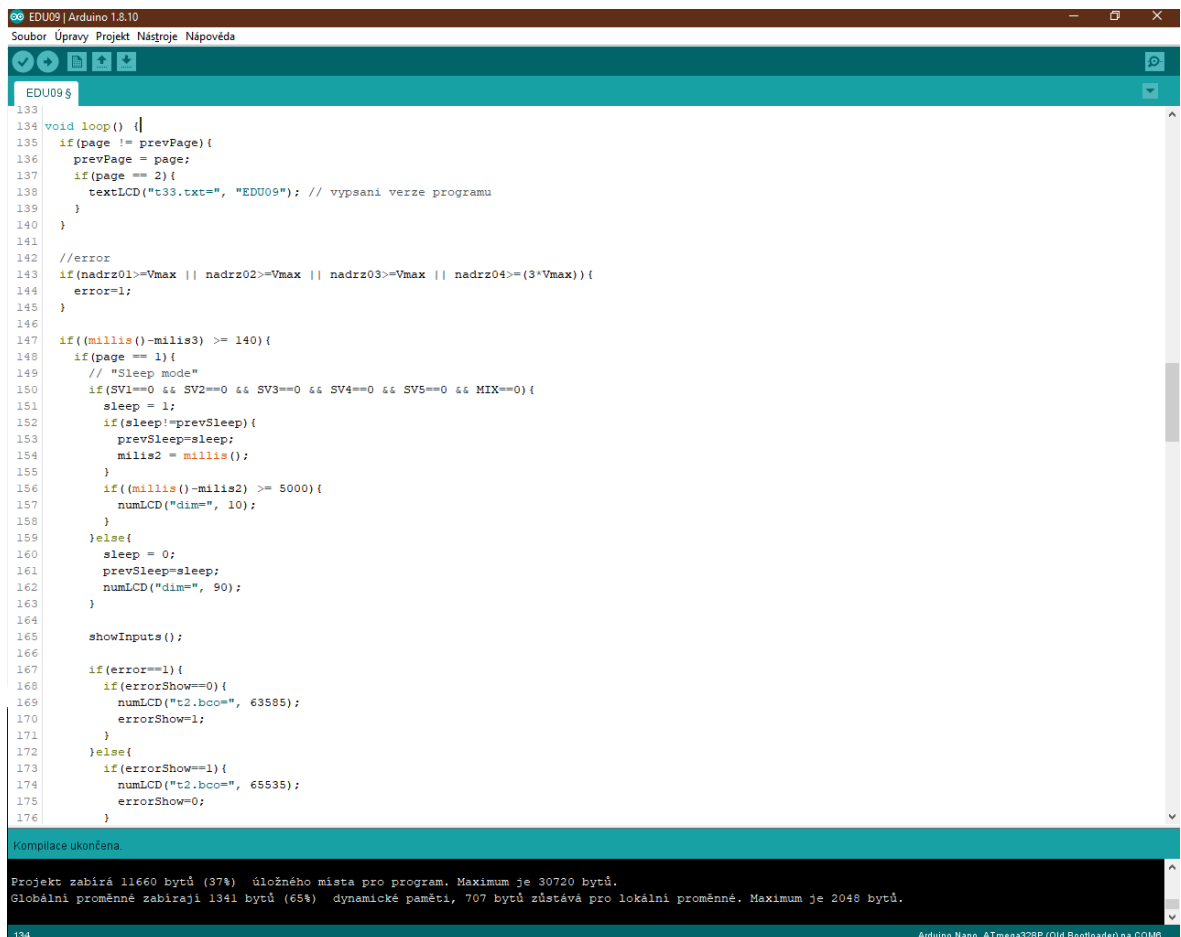


Obrázek 55: Ukázka vývojového prostředí pro HMI Nextion

6.3 Arduino IDE

Jedná se o textové vývojové prostředí usnadňující vývoj prototypů na bázi jednočipových mikro počítačů od firmy Atmel. Uživatel má možnost svůj program jednoduše zkompileovat a nahrát do mikroprocesoru na vývojové desce přes USB rozhraní. (Vývojové desky často obsahují i převodník USB \Leftrightarrow TTL UART, který zajišťuje komunikaci mezi vlastním

MCU a programovacím počítačem.) K dispozici je konzole, která může pomoci při ladění programů, na jejím výstupu lze zobrazit jak textové řetězce, tak i grafy naměřených hodnot, apod. V případě, kdy méně zkušený programátor plánuje ve svém projektu použít složitější periferie, jako jsou displeje, převodníky a další komunikační rozhraní, je vhodné využít širokou komunitu uživatelů těchto vývojových desek a jejich knihoven.



```
133
134 void loop() {
135   if(page != prevPage){
136     prevPage = page;
137     if(page == 2){
138       textLCD("t33.txt=", "EDU09"); // vypsani verze programu
139     }
140   }
141
142   //error
143   if(nadrz01>=Vmax || nadrz02>=Vmax || nadrz03>=Vmax || nadrz04>=(3*Vmax)){
144     error=1;
145   }
146
147   if((millis()-milis3) >= 140){
148     if(page == 1){
149       // "Sleep mode"
150       if(SV1==0 && SV2==0 && SV3==0 && SV4==0 && SV5==0 && MIX==0){
151         sleep = 1;
152         if (sleep!=prevSleep){
153           prevSleep=sleep;
154           milis2 = millis();
155         }
156         if((millis()-milis2) >= 5000){
157           numLCD("dim=", 10);
158         }
159       }else{
160         sleep = 0;
161         prevSleep=sleep;
162         numLCD("dim=", 90);
163       }
164
165       showInputs();
166
167       if(error==1){
168         if(errorShow==0){
169           numLCD("t2.bcc=", 63585);
170           errorShow=1;
171         }
172       }else{
173         if(errorShow==1){
174           numLCD("t2.bcc=", 65535);
175           errorShow=0;
176         }
177       }
178     }
179   }
180 }
```

Kompilace ukončena.

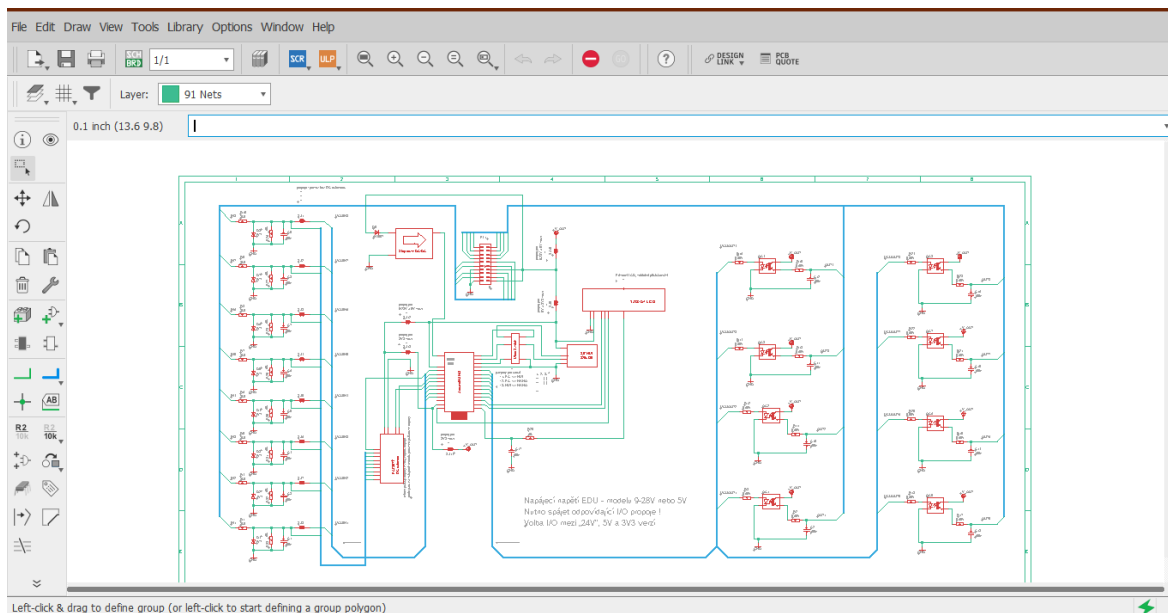
Projekt zabírá 11660 bytů (37%) úložného místa pro program. Maximum je 30720 bytů.
Globální proměnné zabírají 1341 bytů (65%) dynamické paměti, 707 bytů zůstává pro lokální proměnné. Maximum je 2048 bytů.

134 Arduino Nano, ATmega328P (Old Bootloader) na COM8

Obrázek 56: Ukázka vývojového prostředí Arduino IDE

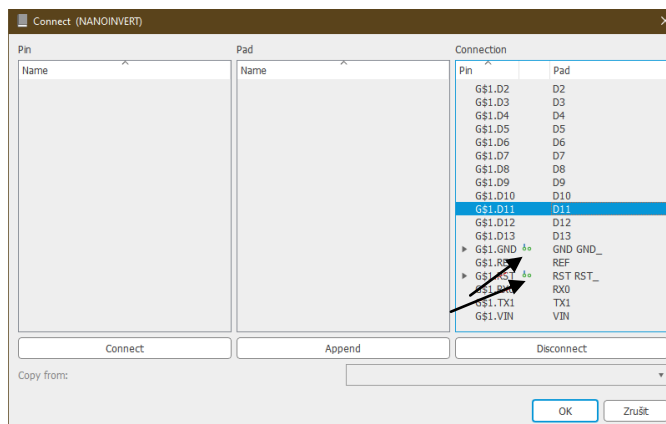
6.4 EAGLE

Tento software slouží k návrhu schémat a plošných spojů. Umožňuje i tvorbu vlastních pouzder a součástek. Hlavním úkolem tohoto programu je provázat zapojení komponent ze schématu s fyzickým propojením na výsledné DPS.



Obrázek 57: Ukázka software Eagle pro návrh schémat a plošných spojů

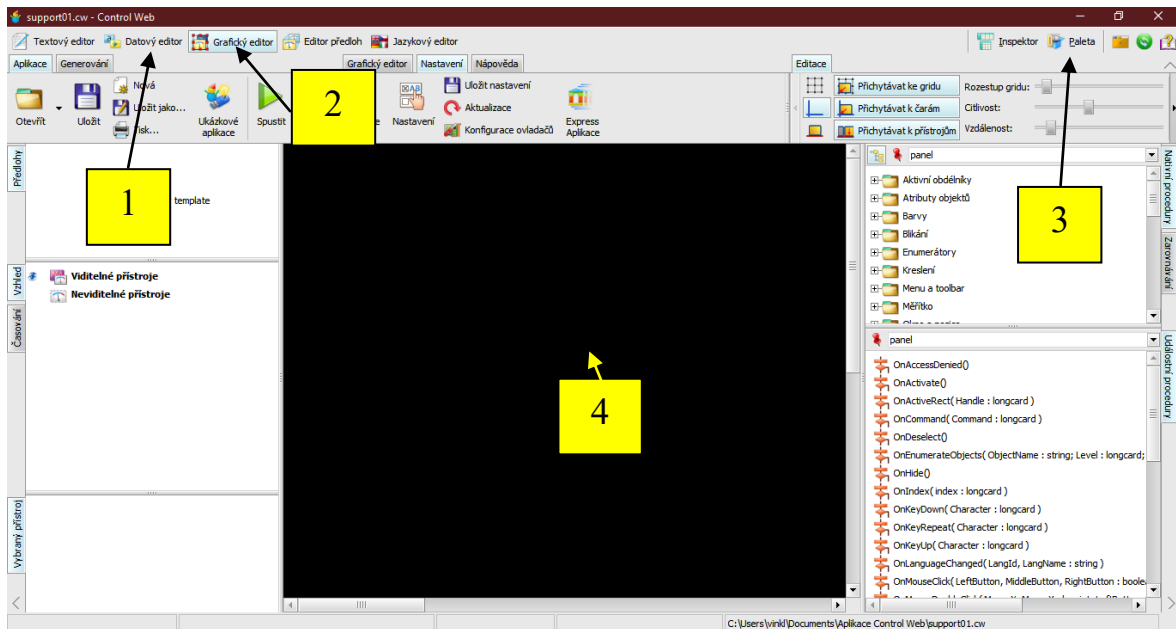
Za zmínku jistě stojí nenápadná funkce „append“ [31], která při vytváření vlastního pouzdra součástky umožní vnitřní spojení více pinů na stejný potenciál. Při následném návrhu plošného spoje se tohoto vnitřního propojení dá využít k omezení počtu drátových propojek, apod.



Obrázek 58: Nastavení vnitřního propojení pinů

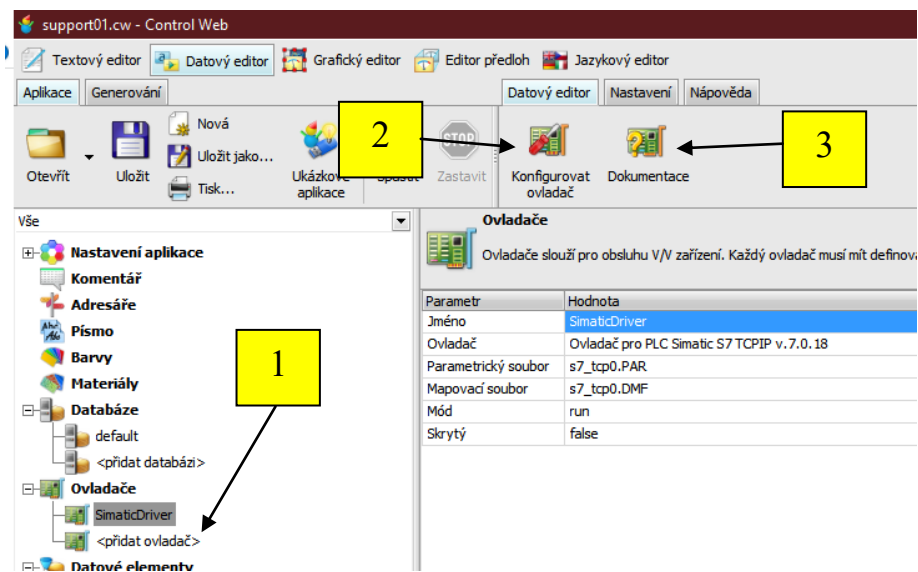
6.5 Control Web 8

Aplikace Control Web 8 umožňuje spolupracovat s mnoha systémy, potřebuje k tomu však správný ovladač, v tomto případě byl nainstalován *ovladač pro PLC Simatic S7 TCP/IP v.7.0.18*. [16]



Obrázek 59: Programové prostředí Control Web 8

- 1 - (*Datový editor*) nastavení ovladačů, proměnných, databází apod.,
- 2 - (*Grafický editor*) prostředí pro grafickou editaci panelu,
- 3 - (*Paleta přístrojů*) knihovna virtuálních přístrojů,
- 4 - (*Pracovní prostor*) část pro rozvržení vzhledu ovládacího panelu



Obrázek 60: Programové prostředí Control Web 8

- 1 - (*Přidat ovladač*) přidání ovladače pro konkrétní zařízení,
- 2 - (*Konfigurovat ovladač*) nastavení ovladače pro správnou komunikaci
- 3 - (*Dokumentace*) dokumentace vybraného ovladače

Ovladač po stažení a instalaci přidáme do projektu přes ikony *Datový editor* \ *<přidat ovladač>*, následně jej pojmenujeme a vytvoříme nový parametrický a mapovací soubor. Případně použijeme poslední dva zmíněné textové soubory *.PAR a *.DMF z minulých projektů. Poté můžeme postoupit ke konfiguraci ovladače a jeho kanálů ikonou *Konfigurovat ovladač*, zobrazí se nejspíše obsah prázdných souborů, můžeme použít např. tento parametrický soubor:

```
[Connection]
Simatic01 =station:192.168.0.1,rack:0,slot:1,cpu:1200

[Channels]
Block =200, 209, Simatic01, M,bits,0
Block =300, 309, Simatic01, O,bits,0
Block =310, 319, Simatic01, I,bits,0
```

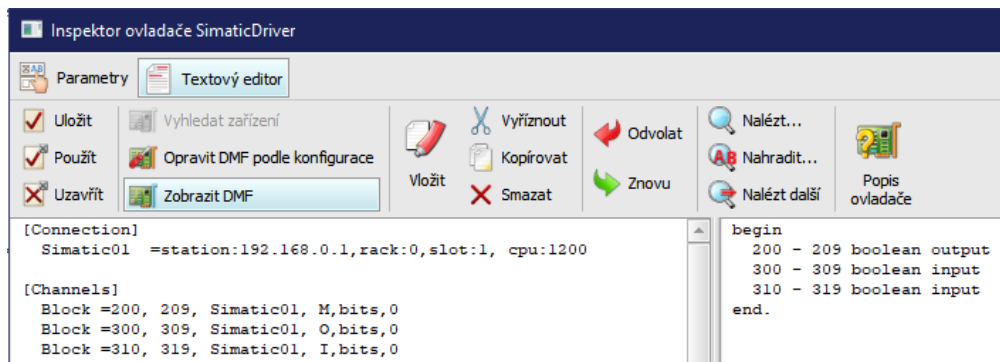
Je potřeba správně nastavit IP adresu PLC, tu najdeme v TIA Portalu v: *PLC_I \ Device configuration \ Properties \ PROFINET interface [X1]*, čísla *Rack* a *Slot* nalezneme ve vedlejší záložce *General*.

Také se musí povolit komunikace Control Webu a PLC, toto se provede v TIA Portalu v podzáložce *Protection & Security \ Connection mechanisms \ Permit access with PUT/GET communication from remote partner*.

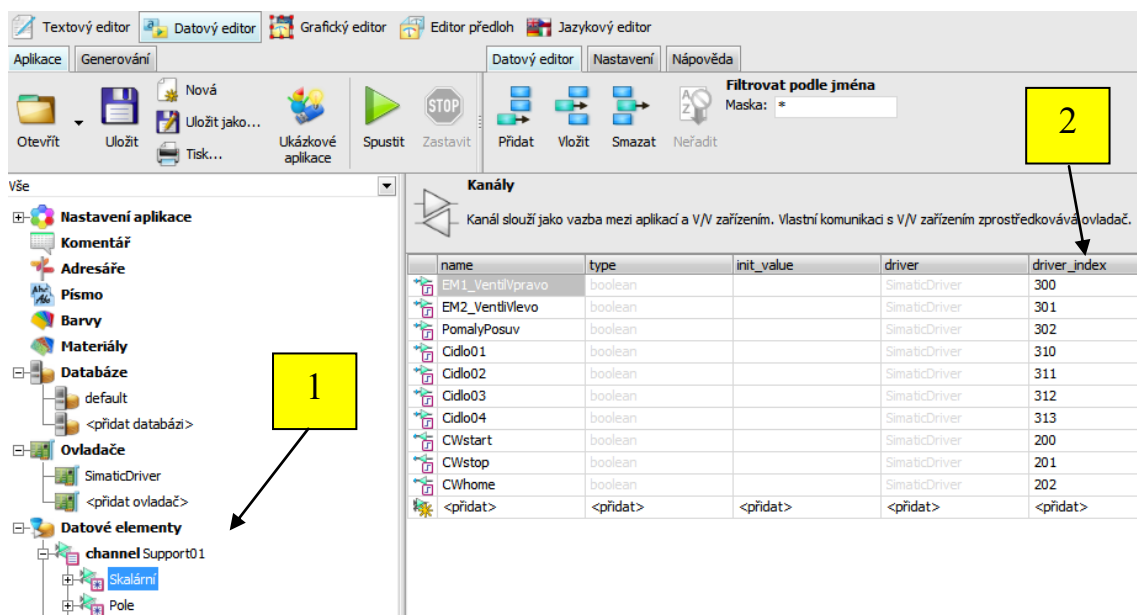
V sekci *[Channels]* nalezneme komunikační kanály s PLC, adresy 200 - 209 jsou v tomto případě použity pro ovládací prvky (výstupy) v Control Webu, v PLC jsou k nim vytvořeny pomocné proměnné typu *M*.

Obdobně je to i u kanálů 300 - 319, kde jsou ale hodnoty čteny z PLC (vstupy *I* a výstupy *O*), aby mohly být zobrazeny na panelu Control Webu. Tyto kanály se musí poté zapsat do mapovacího souboru dle níže uvedeného vzoru.

```
begin
  200 - 209 boolean output
  300 - 309 boolean input
  310 - 319 boolean input
end.
```

Obrázek 61: Parametrický a mapovací soubor v *Inspektoru ovladače*

Pro úspěšné propojení je dále zapotřebí v Control webu vytvořit další „kanály“, tentokrát pod záložkami *Datový editor* \ *Datové elementy*, u položky *Kanály* klikneme na *Přidat sekci* a vytvoříme si seznam kanálů v podzáložce *Skalární*.



Obrázek 62: Programové prostředí Control Web 8

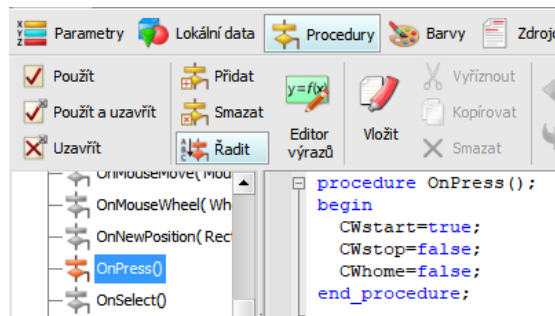
1 - (*Datové elementy*) vytvoření konstant, proměnných a kanálů,

2 - (*driver_index*) kanál, na který se odkazujeme,

musí být v rozsahu uvedeném v parametrickém a mapovacím souboru

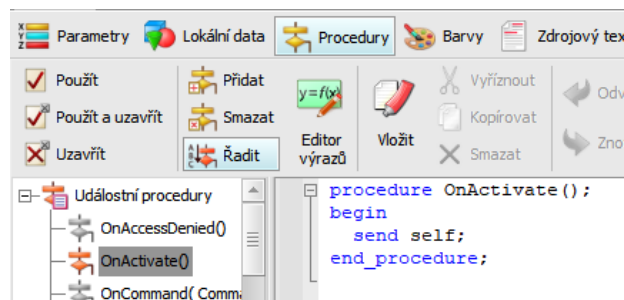
V posledním kroku zbývá nastavit vlastnosti a procedury ovládacích a indikačních prvků na panelu v Control Webu. [3]

Dvojklikem na prvek se zobrazí jeho nastavení, u tlačítka nás zajímá hlavně procedura *OnPress()*, ve které můžeme editovat proměnné provázané s PLC programem.



Obrázek 63: Nastavení aktivity tlačítka

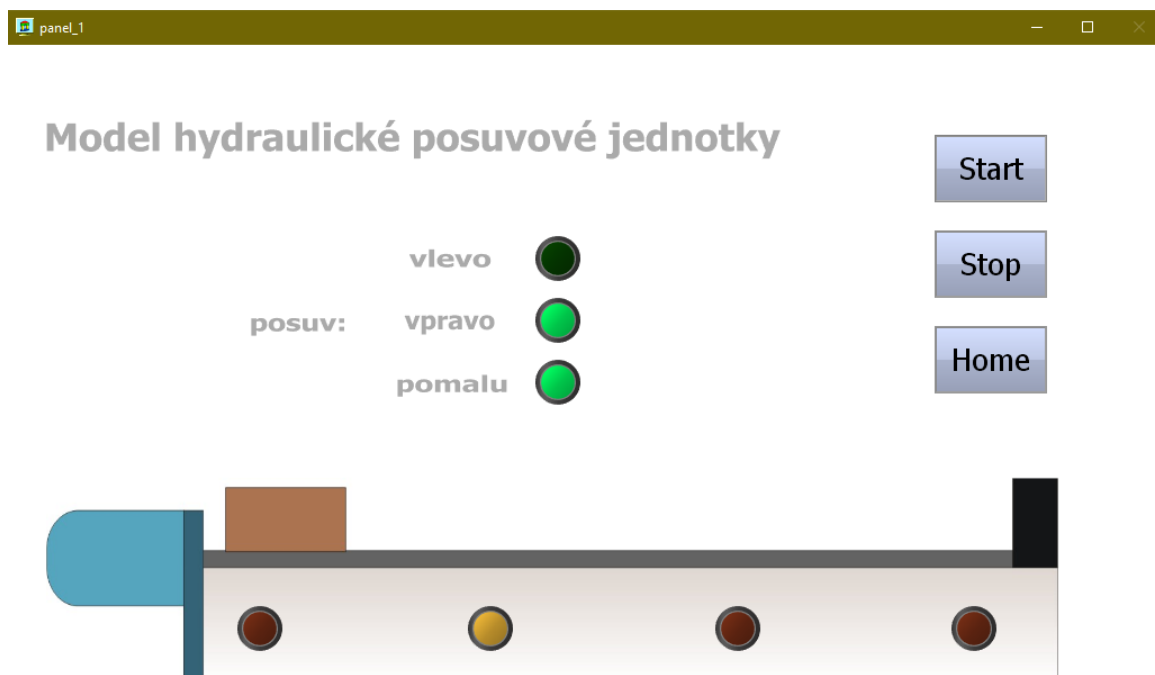
Kontrolka vyžaduje instrukci *send self* a v parametrech *activity\ period* obnovovací periodu, ta je udávána v sekundách, lze jí přiřadit i globální konstantu.



Obrázek 64: Nastavení aktivity kontrolky

activity		Aktivita přístroje	
Parametr	Hodnota	Popis	
period	refreshPeriod	Perioda aktivace	←
period_offset		Posun periody aktivace	
period_origin	start	Počátek posunu periody aktivace	
timer		Jméno časovače	
data_driven	false	Aktivovat přístroj od změny dat	
driver		Výjimka od ovladače	
condition		Podmínka aktivace přístroje	
Parametr	Hodnota	Popis	
gui		Vzhled přístroje	
startup_options		Činnost přístroje při startu aplikace	
send_same_data	by_app_settings	Zápis shodných dat na výstupní kanály	
disable_launch_repaint	false	Přístroj neinicializuje překreslení scény	
transparent	true	Objekt bez pozadí	
expression	EM2_VentilMevo	Výraz vyhodnocovaný přístrojem	←
mode	led_round	Vzhled přístroje	

Obrázek 65: Nastavení obnovy a sledované proměnné u kontrolky



Obrázek 66: Příklad panelu vytvořeného v prostředí Control Web 8

ZÁVĚR

Bakalářská práce se věnuje využití PLC Siemens S7-1200, včetně dostupných HMI panelů KTP700 Basic, ve výuce programovatelných automatů. Součástí práce byla také úprava jednotlivých výukových stanišť tak, aby mohly být dané komponenty zahrnuty do výuky. Dále byly také ověřeny možnosti vizualizace a ovládání s využitím webservru PLC Siemens a ControlWeb 8.

Velkou část práce byla věnována návrhům, výrobě a programování nového EDU-modelu, který prošel několika inovacemi, aby se mohl kvalitativně porovnávat s dostupnými modely ze série EDU-mod.

Příloha práce obsahuje kompletní schéma a vzor desky plošných spojů, včetně osazovacích nákrešů a rozměrů některých komponentů.

V samostatné příloze je uveden popis a ukázky využití softwarových prostředků určených k programování nového EDU-modelu (univerzální jednotky).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *PLC - Programovatelný logický automat* [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: <http://plc-automatizace.cz/knihovna/plc.htm>
- [2] *Programování PLC* [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: https://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_plc.pdf
- [3] KADLEČÍK, Pavel. *Možnosti využití programovatelných automatů Simatic řady S7-1200 od firmy Siemens*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 73 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/41283>. Bakalářská práce. UTB.
- [4] *Průmyslový Ethernet* [online]. [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: https://automa.cz/cz/casopis-clanky/prumyslovy-ethernet-2005_04_30417_493/
- [5] *Časopis Automa* [online]. 5/2013 [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: http://www.automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/10377.pdf
- [6] SOBOLÍK, Martin. *Nové laboratorní úlohy pro předmět Programovatelné automaty*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 93 s. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/4789>
- [7] BLAŽEK, Jaroslav, *Základní informace o průmyslové sběrnici Profibus, část I* [online] [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: <https://www.blaja.cz/archiv-clanku/zakladni-informace-o-prumyslove-sbernici-profibus-cast-1.html>
- [8] *PROFIBUS cable* [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: <https://www.gridconnect.com/products/profibus-cable>
- [9] *IO-Link master s rozhraním Profinet* [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.ifm.com/cz/cs/product/AL1102>
- [10] *IO-Link – popis digitální komunikace pro senzory* [online]. [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/iolink-popis-digitalni-komunikace-pro-senzory>
- [11] *Panely SIMATIC HMI Basic* [online]. [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>
- [12] *Bezpečnostní obvody* [online]. [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/Bezpecnostni%20obvody_061.pdf
- [13] *Bezpečnostní relé pro nouzové zastavení* [online]. [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.blaja.cz/mar/bezpecnostni-rele-pro-nouzove-zastaveni-jak-je-neznate.html>

- [14] *Explore the benefits of moving from Siemens SIMATIC S7-200 to SIMATIC S7-1200* [online]. [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.rs-online.com/designspark/explore-the-benefits-of-moving-from-siemens-simatic-s7-200-to-simatic-s7-1200>
- [15] Language reference: Serial. *Arduino.cc* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/serial/>
- [16] Ovladače průmyslových automatů. *Moravské přístroje a.s.* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.mii.cz/cat?id=170&lang=405>
- [17] *I2C expandér PCF8574* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/i2c-expander-pcf8574.html>
- [18] BLAŽEK, J. *Webový server v PLC Simatic S7-1200* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.blaja.cz/archiv-clanku/webovy-server-v-plc-simatic-s7-1200.html>
- [19] HTML tutorial. *W3schools.com* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.w3schools.com/html/default.asp>
- [20] BLAŽEK, J. *TIA Portal - SCL programování PLC, part 8* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.blaja.cz/software/tia-portal-scl-programovani-plc-part-8.html>
- [21] POLÁK, Pavel. *Řízení modelů procesů EDU-mod programovatelným automatem řady S7-1200*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2013, 63 s. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=64851.
Bakalářská práce. VUT.
- [22] ŠMARDA, Milan. *Návrh a realizace modelu posuvné jednotky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012, 55 s. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=54939.
Bakalářská práce. VUT.
- [23] KOHOUT, L. *Modely technologických procesů EDU-mod* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=edumod>
- [24] ŠMEJKAL, Ladislav. *PLC a automatizace*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
- [25] MACEK, Daniel. *Výukový model nápojového automatu pro cvičení předmětu Programovatelné automaty*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013, 66 s.(55258

znaků). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/25552>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky.

[26] *SCADA procesů* [online]. [cit. 2020-06-30]. Dostupné z: <https://www.ecsnb.cz/scada-proces-.html>

[27] *Arduino NANO* [online]. [cit. 2020-07-02]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>

[28] HTML tutorial. *W3schools.com* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.w3schools.com/html/default.asp>

[29] *HMI Nextion* [online]. [cit. 2020-07-02]. Dostupné z: <https://nextion.tech/datasheets/nx4832t035/>

[30] *PCF8574 Remote 8-Bit I/O Expander for I2C Bus* [online]. [cit. 2020-07-02]. Dostupné z: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/pcf8574.pdf?ts>

[31] *Eagle CAD pins with same function* [online]. [cit. 2020-07-22]. Dostupné z: <https://electronics.stackexchange.com/questions/278950/eagle-cad-pins-with-same-function>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AWP - Automation Web Programming

CLK - Clock

CS - Chip Select

CSS - Cascading Style Sheets

DC - Direct Current

DP - Decentralized Periphery

DPS - Deska Plošných Spojů

EAGLE - Easily Applicable Graphical Layout Editor

EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read Only Memory

EDU-mod - modely technologických procesů

FET - Field Effect Transistor

FTDI - Future Technology Devices International

GPIO - General Purpose Input Output

HMI - Human Machine Interface

HTML - Hyper Text Markup Language

I/O - Input/Output

I²C - Inter-Integrated Circuit

IDE - Integrated Development Environment

IRT - Isochronous Real Time

LCD - Liquid Crystal Display

LD - Ladder Diagram

MCU - MicroController Unit

MIDI - Musical Instrument Digital Interface

MOSI - Master Out Slave In

NRT - Non Real Time

PA - Process Automation

PC - Personal Computer

PID - Proporcionálně Integrovaně Derivační regulátor

PLC - Programmable logic controller

PROFIBUS - Process Field Bus

PWM - Pulse Width Modulation

SRAM - Static Random Access Memory

RT - Real-Time

RTC - Real Time Clock

RX - Receive

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition

SMD - Surface Mount Device

SPI - Serial Peripheral Interface

SQL - Structured Query Language

TFT - Thin Film Transistor

TTL - Transistor Transistor Logic

TIA - Totally Integrated Automation

TX - Transmit

USB - Universal Serial Bus

UART - Universal Asynchronous Receiver Transmitter

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Struktura komunikačního cyklu [5]	12
Obrázek 2: Kabel používaný pro sběrnici PROFIBUS [8].....	13
Obrázek 3: Master IO-Link s rozhraním PROFINET [9].....	14
Obrázek 4: Schéma připojení senzorů s IO-Link [10].....	14
Obrázek 5: PLC SIMATIC S7-1200 s rozšiřujícími moduly	15
Obrázek 6: Popis PLC Siemens S7-1200	16
Obrázek 7: Ukázka reléového schémata	17
Obrázek 8: Ukázka programu sestaveného z funkčních bloků.....	18
Obrázek 9: Ukázka strukturovaného textu.....	18
Obrázek 10: HMI panel KTP700 Basic	19
Obrázek 11: Vývojové prostředí TIA Portal 15.....	20
Obrázek 12: Model mísící jednotky.....	21
Obrázek 13: Model posuvové jednotky	22
Obrázek 14: Model pračky	22
Obrázek 15: Model křížovanky	23
Obrázek 16: Model nápojového automatu.....	23
Obrázek 17: Ovládací panel vytvořený pomocí SCADA systému Control Web [26]	24
Obrázek 18: Zjednodušený náskres nové upevňovací konzoly.....	26
Obrázek 19: 3D návrh upevňovací konzoly	27
Obrázek 20: Dokončené nové držáky	27
Obrázek 21: Detail středové části	27
Obrázek 22: Porovnání nové a původní konzoly.....	28
Obrázek 23: Rozvodná krabice pro napájení PLC.....	28
Obrázek 24: Vzhled kabeláže před a po uložení do žlabů.....	29
Obrázek 25: Zapojení PLC Siemens.....	29
Obrázek 26: 3,5“ HMI LCD od firmy Nextion	30
Obrázek 27: Monochromatický displej 128x64 pixelů.....	31
Obrázek 28: Vývojová deska Arduino NANO	32
Obrázek 29: Rozšiřující I ² C I/O modul	33
Obrázek 30: DC-DC měnič.....	33
Obrázek 31: Ustřižený pin jako zámek konektoru.....	34
Obrázek 32: Ucpávka na straně konektoru	35
Obrázek 33: Pájecí propojky pro volbu pracovního napětí	35
Obrázek 34: Pájecí propojky pro pracovního napětí 24 V, 5 V a 3,3 V	36

Obrázek 35: Pájecí propojky vstupů na DPS	37
Obrázek 36: Zapojení vstupů EDU - modelu	38
Obrázek 37: Zapojení výstupů EDU - modelu	38
Obrázek 38: DPS první verze nového EDU modelu	39
Obrázek 39: Propojky sériové linky	40
Obrázek 40: Nastavení propojek.....	40
Obrázek 41: Úvodní obrazovka TIA Portalu	41
Obrázek 42: Nastavení modelu PLC	42
Obrázek 43: Pohled na projekt v TIA Portalu	42
Obrázek 44: Okno PLC tagů.....	43
Obrázek 45: Vytvoření programového bloku	44
Obrázek 46: Okno pro nahrání programu do PLC.....	44
Obrázek 47: Okno PLC tagů použitých v projektu s HMI	45
Obrázek 48: Knihovna grafických prvků.....	45
Obrázek 49: Nastavení parametrů HMI tlačítka	46
Obrázek 50: Obrazovka HMI panelu pro ovládání modelu mísicí jednotky	46
Obrázek 51: Aktivace webového serveru PLC Siemens	47
Obrázek 52: Povolení přístupu k webovému serveru PLC.....	47
Obrázek 53: Generování datového bloku pro webserver PLC	48
Obrázek 54: Uživatelská webová stránka na PLC Siemens	52
Obrázek 55: Ukázka vývojového prostředí pro HMI Nextion	53
Obrázek 56: Ukázka vývojového prostředí Arduino IDE	54
Obrázek 57: Ukázka software Eagle pro návrh schémat a plošných spojů	55
Obrázek 58: Nastavení vnitřního propojení pinů.....	55
Obrázek 59: Programové prostředí Control Web 8	56
Obrázek 60: Programové prostředí Control Web 8	56
Obrázek 61: Parametrický a mapovací soubor v <i>Inspektoru ovladače</i>	58
Obrázek 62: Programové prostředí Control Web 8	58
Obrázek 63: Nastavení aktivity tlačítka.....	59
Obrázek 64: Nastavení aktivity kontrolky	59
Obrázek 65: Nastavení obnovy a sledované proměnné u kontrolky	59
Obrázek 66: Příklad panelu vytvořeného v prostředí Control Web 8.....	60
Obrázek 67: Schéma zapojení (část 1/2, výstupy)	72
Obrázek 68: Schéma zapojení (část 2/2, vstupy, napájení, MCU a HMI/LCD).....	73
Obrázek 69: Deska plošných spojů (z pohledu vodivých cest)	74

Obrázek 70: Osazovací výkres (z pohledu vodivých cest)	75
Obrázek 71: Rozmístění modulů (z pohledu vodivých cest)	76
Obrázek 72: Distanční deska displeje (z čelní strany displeje)	77
Obrázek 73: Originální model mísicí jednotky série EDU-mod	78
Obrázek 74: Nový EDU-model s programem mísicí jednotky.....	78

SEZNAM TABULEK

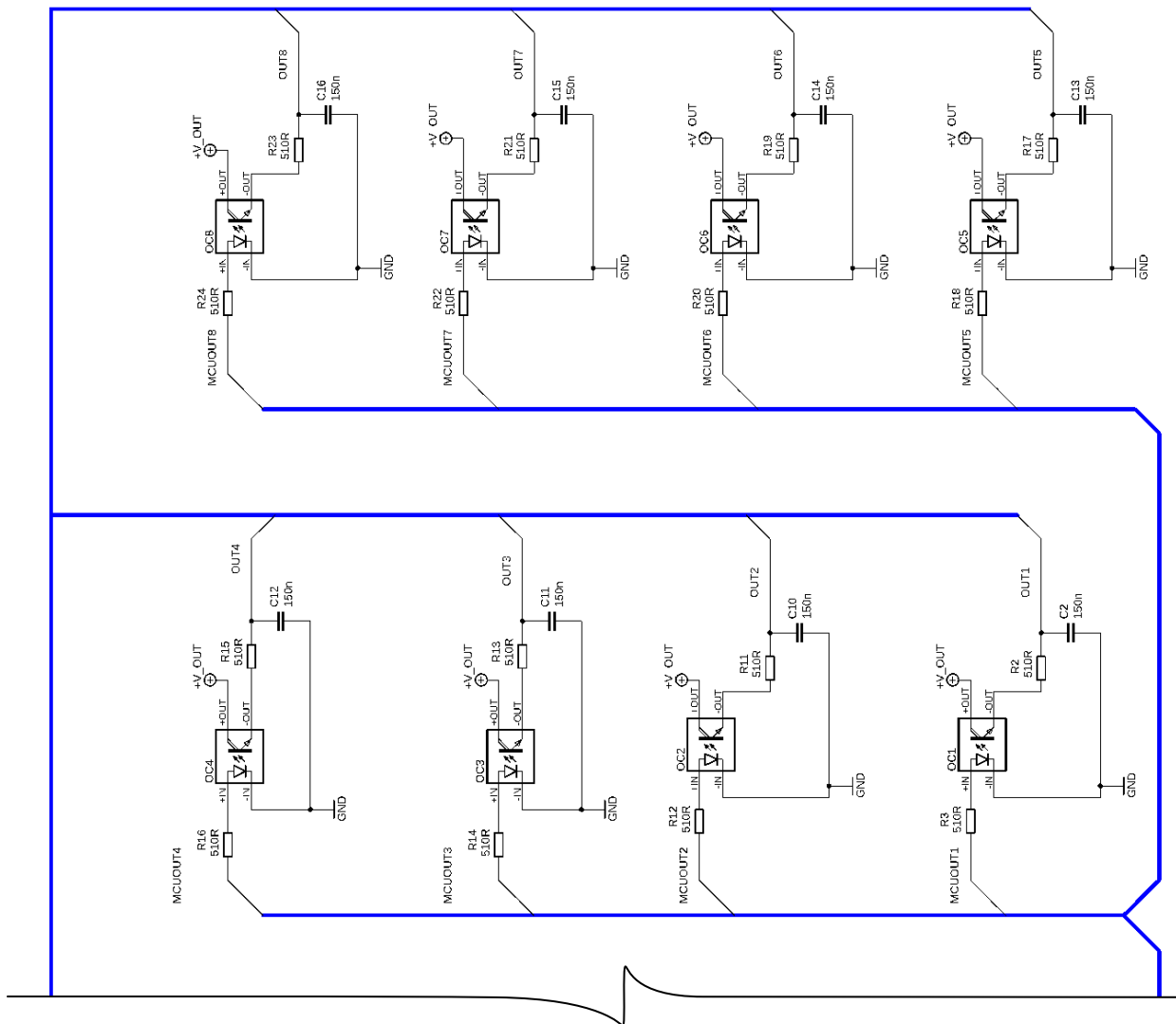
Tabulka 1: Parametry PLC S7-1200	16
Tabulka 2: Parametry HMI panelu KTP700 Basic	20
Tabulka 3: Parametry displeje použitého v novém modelu.....	30
Tabulka 4: Parametry použité vývojové desky	32
Tabulka 5: Parametry rozšiřujícího I2C modulu	33
Tabulka 6: Parametry napájecího DC-DC měniče	33
Tabulka 7: Volba pájecích propojek dle pracovního napětí	36
Tabulka 8: Seznam použitých součástek pro 1 ks EDU-modelu.....	39

SEZNAM PŘÍLOH

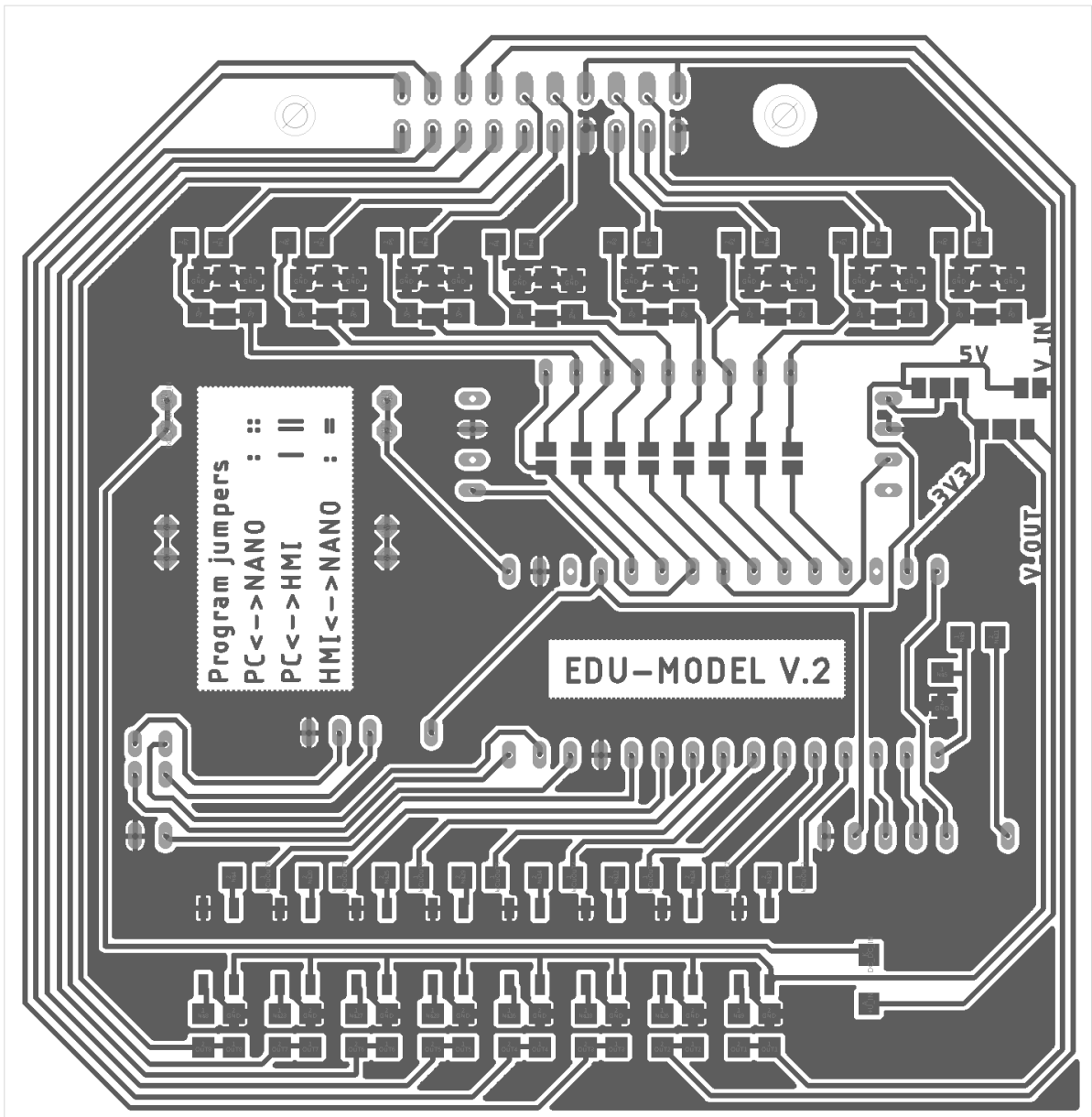
Příloha P I: Technická dokumentace

Samostatná příloha P II: Dokumentace softwarové části EDU-modelu

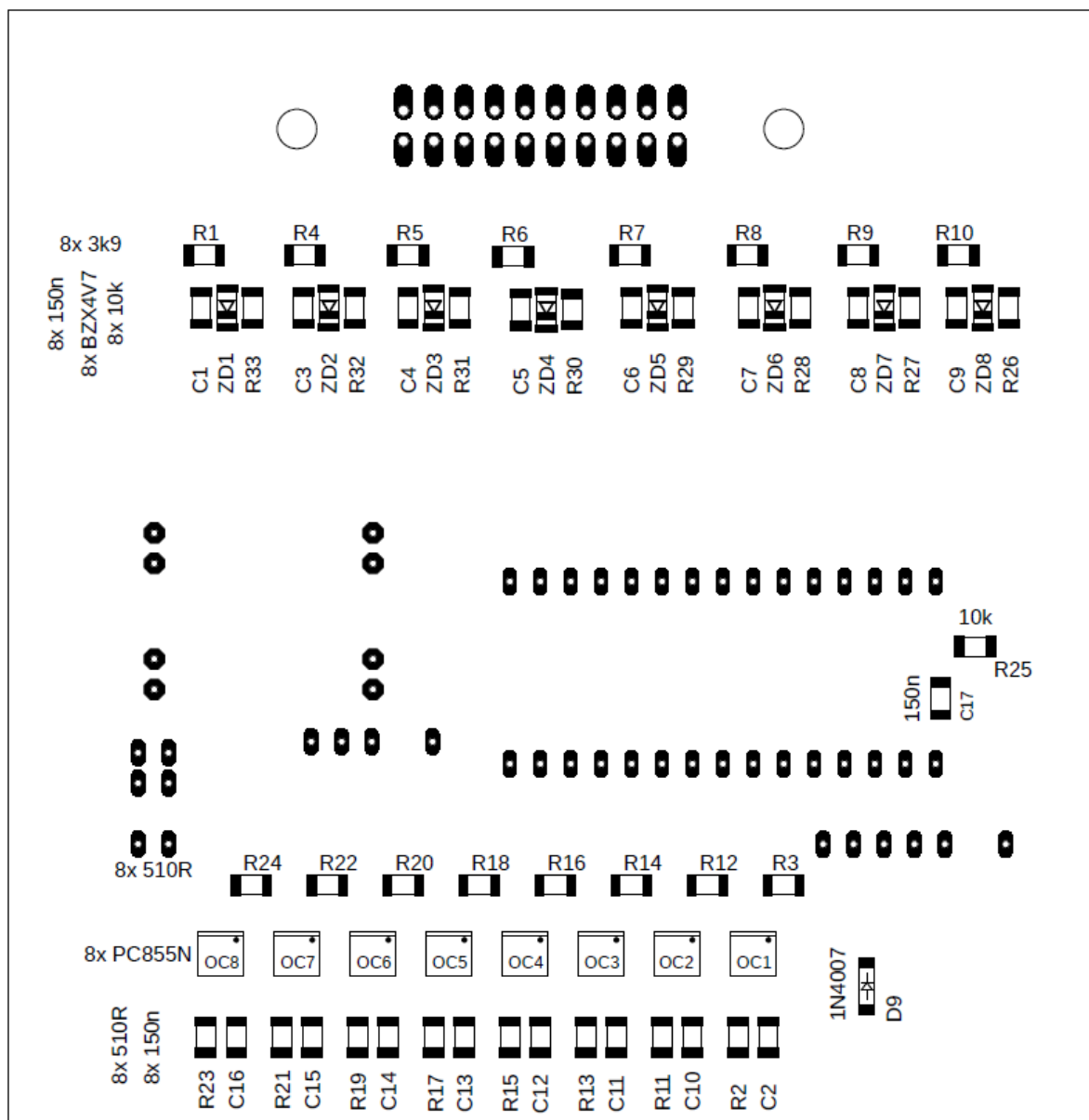
PŘÍLOHA P I: TECHNICKÁ DOKUMENTACE



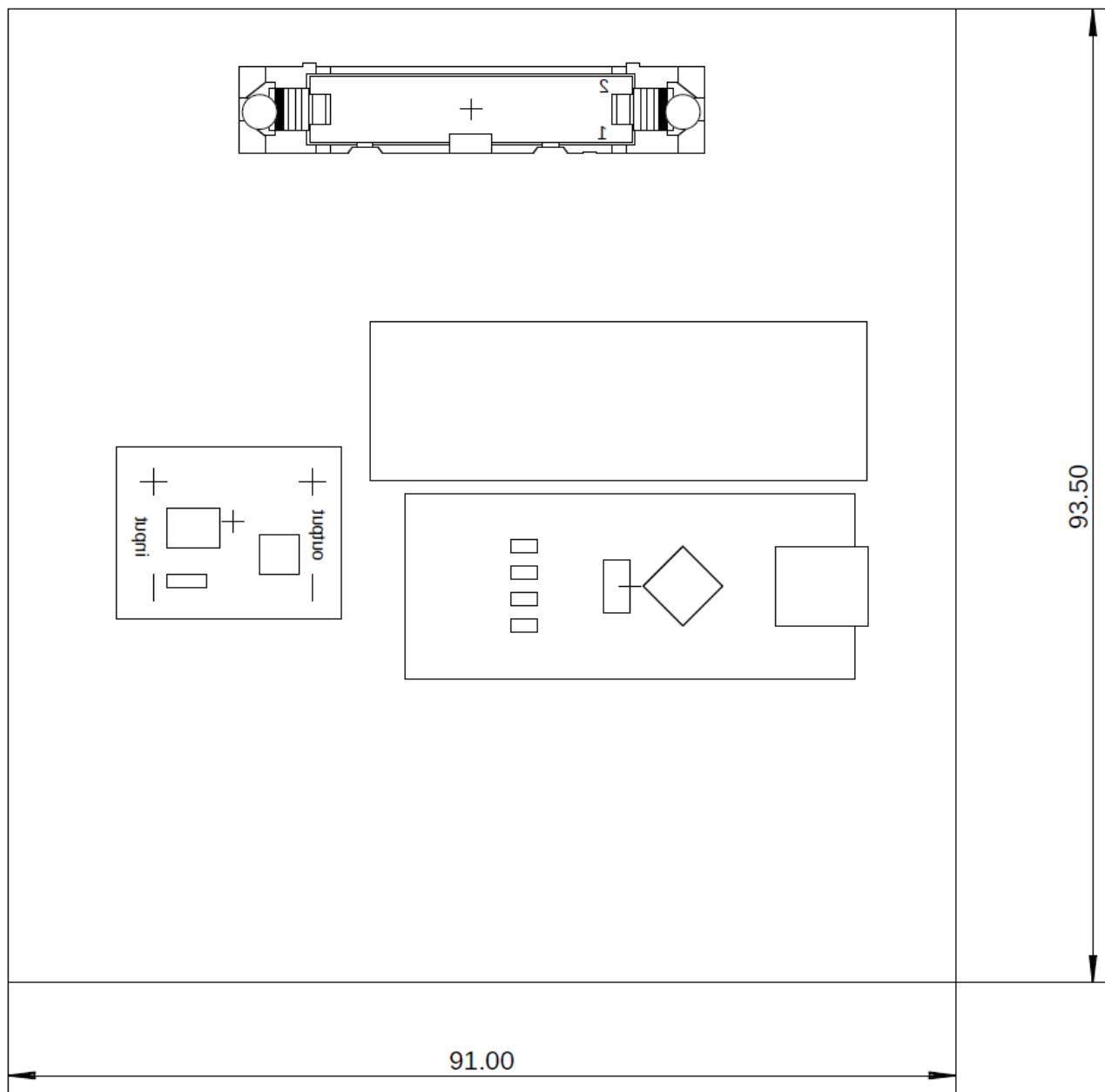
Obrázek 67: Schéma zapojení (část 1/2, výstupy)



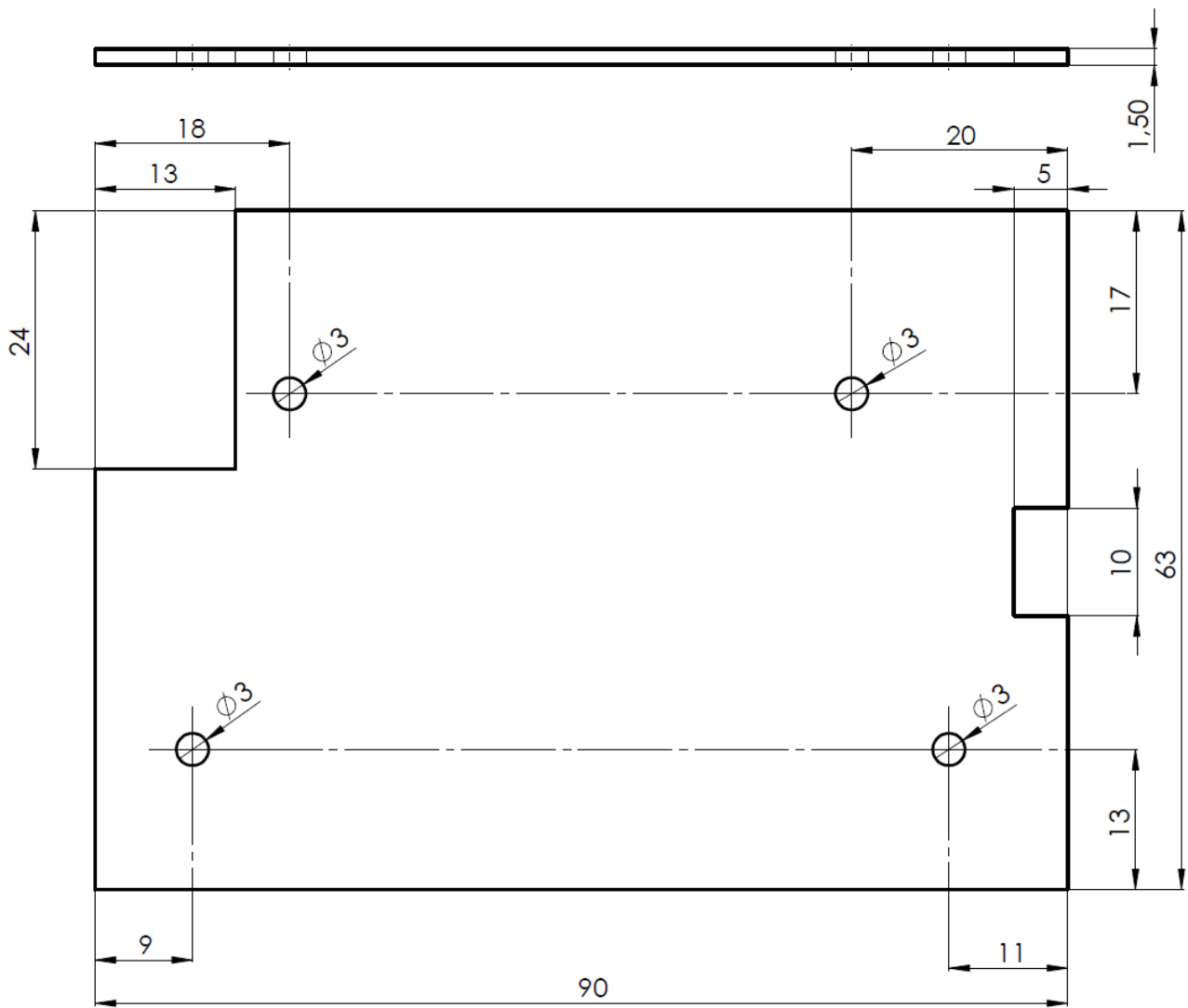
Obrázek 69: Deska plošných spojů (z pohledu vodivých cest)



Obrázek 70: Osazovací výkres (z pohledu vodivých cest)



Obrázek 71: Rozmístění modulů (z pohledu vodivých cest)



Obrázek 72: Distanční deska displeje (z čelní strany displeje)



Obrázek 73: Originální model mísicí jednotky série EDU-mod



Obrázek 74: Nový EDU-model s programem mísicí jednotky