



Středoškolská technika 2023

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

OVLÁDACÍ PANEL PRO VÝUKU AUTOMATIZACE NA JEDNOTCE SIMATIC S7-1200

Lukáš Hlaváček

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové

Hradební 1029, Hradec Králové



**Střední průmyslová škola, Střední odborná škola a Střední odborné učiliště,
Hradec Králové**

Centrum odborného vzdělávání ve strojírenství a obnovitelných zdrojích energie

Hradební 1029, 500 03 Hradec Králové

Praktická ročníková práce

Ovládací panel pro výuku automatizace na jednotce SIMATIC S7-1200

Jméno a příjmení: Lukáš Hlaváček

Studijní obor: 26-41-L/01 Mechanik elektrotechnik

Školní rok: 2022/2023

Vedoucí práce: Libor Karban, učitel OV

Oponent: Vladimír Veselík, vedoucí učitel OV

Anotace

Praktická ročníková práce se zabývá vytvořením výukového panelu pro jednotku PLC SIMATIC S7-1200. V průběhu práce je popisován návrh a výroba ovládacího panelu, který bude sloužit jako výuková pomůcka při výuce automatizace. Jako hlavní metoda výroby byl zvolen 3D tisk s různými způsoby tisku. Panel umožňuje signalizaci vstupů a výstupů, spínání vstupů pomocí přepínačů a regulaci analogové hodnoty pomocí potenciometrů. Panel je vytvořen tak, aby odpovídal bezpečnostním požadavkům a nemuselo se do jednotky zasahovat. Připojení vstupů a výstupů je realizováno pomocí panelových zdířek, není tedy potřeba žádného nástroje. Práce dále rozebírá metody programování v aplikaci TIA Portal a obsahuje ukázkové programy pro simulaci logických hradel a pro ovládání nádrže. Ovládací panel je jednoduše rozšiřitelný pomocí prodloužení DIN lišty a osazení dalších prvků. Specifické vstupy, například vodivostní čidlo, snímač teploty a další, lze připojit k jednotce pomocí panelových zdířek. HMI panel KTP700 Basic slouží k vizualizaci a ovládání dané jednotky.

Klíčová slova:

SIMATIC; S7-1200; KTP700; HMI; PLC; TIA Portal; výukový panel; automatizace; simulace; 3D tisk; elektronika, programování

Annotation

The practical year work deals with the creation of a tutorial panel for the SIMATIC S7-1200 PLC unit. In the course of the work, the design and production of the control panel is described, which will serve as a teaching aid in teaching automation. 3D printing with different printing methods was chosen as the main production method. The panel allows signaling of inputs and outputs, switching of inputs by means of switches and analog value control by means of potentiometers. The panel is designed to meet safety requirements and does not need to be tampered with. Connection of inputs and outputs is made using panel sockets, so no tools are needed. The paper also discusses the programming methods in the TIA Portal application and includes sample programs for simulating logic gates and for tank control. The control panel is easily expandable by extending the DIN rail and fitting additional elements. Specific inputs, such as conductivity sensor, temperature sensor and others, can be connected to the unit via panel sockets. The KTP700 Basic HMI panel is used for visualisation and control of the unit.

Keywords:

SIMATIC; S7-1200; KTP700; HMI; PLC; TIA Portal; educational panel; automation; simulation; 3D printing; electronics, programming

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a na základě literatury a pramenů uvedených v seznamu použité literatury.

V Hradci Králové dne 17. dubna 2023

Lukáš Hlaváček

Stanovisko vedoucího práce

Souhlasím s předloženou podobou ročníkové práce.

V Hradci Králové dne 17. dubna 2023

Libor Karban

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Davidovi Kosařovi a Danielovi Beladovi za jejich ochotu a pomoc s 3D tiskem, který byl nezbytný pro realizaci mého projektu.

Dále bych rád vyjádřil svou vděčnost Bc. Danielovi Ulrichovi a Liboru Karbanovi za jejich cenné rady a pomoc se zapojením elektronických obvodů. Bez jejich odbornosti a zkušeností bych si nebyl schopen poradit s mnoha problémy, které jsem při práci řešil.

Obsah

Úvod	1
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	2
1.1 SIMATIC S7-1200	2
1.2 SIMATIC HMI základní panel	2
2 PRAKTICKÁ ČÁST.....	3
2.1 Tvorba návrhu	3
2.2 Seznam součástek a rozpočet	3
2.3 Tisk konstrukčních částí.....	5
2.4 Tisk doplňujících částí.....	6
2.5 Vytvoření DPS pro signalizaci log.0/log.1	8
2.6 Zapojení panelu	9
2.7 Programování jednotky	10
Závěr	16
Seznam použitých zdrojů.....	17
Seznam obrázků	18
Seznam příloh.....	18

Úvod

Tuto jednotku CPU jsem společně s mým spolužákem Danielem Hýskem vyhrál loni v létě. V Elektrárnách Opatovice nad Labem jsme soutěžili o finanční podporu naší školy. Cílem bylo ukázat, odborné porotě, jak bychom dokázali peníze smysluplně využít. Ve třetím ročníku jsme se učili programování na průmyslových mikrokontrolerech LOGO! Chtěli jsme se však naučit i něco víc, a tak jsme začali pátrat. Zjistili jsem, že firma Siemens vyrábí i jednotky řady SIMATIC. Plnohodnotné PLC, které slouží pro malé a střední podniky. Tak jsme se rozhodli, že se se svým projektem „Praktická výuka automatizace“ výzvy zúčastníme. Elektrárny Opatovice nad Labem nás podpořily koupí jedné startovací sady, která obsahovala jednotku SIMATIC S7-1200 a HMI panel KTP700 Basic.

Dal jsem si za cíl, vytvořit funkční výukový panel, který bude sloužit k výuce automatizace na naší škole. Vždy, když jsme programovali mikrokontrolery LOGO! mi vadilo, že musím do obvodu připojovat tlačítka na digitální vstupy a signálky na digitální výstupy. Tato práce byla zdouhavá, zdržovala od programování a bylo potřeba použití šroubováku. Chtěl jsem přijít k již připravenému zapojení a nemuset nic šroubovat. Takže mým cílem bylo vytvořit výukový panel tak, aby obsahoval co nejvíce důležitých věcí. V průběhu této ročníkové práce jsem tedy navrhl panel, který bude mít LED indikaci log.0 a log.1 na vstupu či výstupu, 2 potenciometry pro nastavení analogové hodnoty a 8 spínačů na spínání digitálních vstupů. Pokud by někdo chtěl do jednotky zapojit jiný vstup či výstup, navrhl jsem i vstupní a výstupní panelové zdířky. Přes ně lze například připojit na vstup jednotky koncový spínač a na výstup zvuková signalizace pomocí zvonku.

Jako nejlepší metodu výroby panelu jsem zvolil 3D tisk. Jedná se o aditivní metodu výroby, takže na rozdíl od substraktivní metody nevzniká tolik odpadu. Substraktivní metoda výroby, například frézování, soustružení, vrtání, ubírá materiál z celku a tím získává finální výrobek. Zatímco aditivní výroba, 3D tisk, materiál přidává, a tak postupně staví finální výrobek. Nevýhodou je nutná postprodukce výrobku jako je odstranění podpěr a broušení hran a delší doba výroby. [0]

Tuto ročníkovou práci jsem rozdělil na dvě části. V teoretické části popisují vlastnosti jednotky SIMATIC S7-1200 a HMI panelu KTP700 Basic. V praktické části se zabývám návrhem a tvorbou výukového panelu. Dále pak uvádím způsoby programování a vlastní program vytvořený pro ukázkou funkčnosti a ovládání jednotky pomocí panelu HMI.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 SIMATIC S7-1200

Jedná se o jednotku programovatelného logického automatu od značky Siemens. Používali jsme jednotku kompaktního CPU 1212C, má integrovaných 8 DI¹, 2 AI² a 6 DO³ (2A relé).

Jednotka je certifikovaná pro stupeň krytí IP20, navržena pro rozvaděče a lze přizpůsobit díky širokým možnostem rozšíření. Má integrované rozhraní PROFINET⁴, to umožňuje řízení dalších prvků pomocí inženýrského prostředí TIA Portal. „Systém SIMATIC S7-1200 může být rozšířen o signální moduly pro vstup a výstup, technologické moduly pro speciální technologické funkce, jako je například čítání, komunikační moduly, dostupné centrálně či decentrálně.“ [1] Řada SIMATIC S7 se vyrábí v několika variantách, podle počtu DI, AI, výstupů a jejich technologie. Siemens vyrábí jednotky i ve variantě fail-safe⁵. V této variantě mohou jednotky ovládat bezpečnostní obvody, např. nouzové zastavení stroje po narušení perimetru.

1.2 SIMATIC HMI⁶ základní panel

Operátorské panely sloužící ke kontrole a ovládání automatizovaného systému. Používal jsem jednotku SIMATIC HMI KTP700 Basic 7" barevný displej s 8 fyzickými tlačítky.

„Série nabízí 4", 7", 9" a 12" displej s kombinovaným ovládáním pomocí kláves a dotyku.“ [2] Nabízejí barevný displej s vysokým rozlišením, možnost režimu na výšku. Pomocí USB lze připojit klávesnice, myš, nebo čtečka čárových kódů k snazšímu ovládání.



Obr. 1 CPU 1212C AC/DC/RLY [3]



Obr. 2 SIMATIC HMI KTP700 [3]

¹ DI – digitální vstup

² AI – analogový vstup

³ DO – digitální výstup

⁴ PROFINET – mezinárodně standardizovaná průmyslová komunikační sběrnice

⁵ Fail-safe – jednotky odolné proti selhání, chyba jednoho obvodu nezpůsobí nečekané narušení celého programu, místo toho spustí naprogramované nouzové scénáře

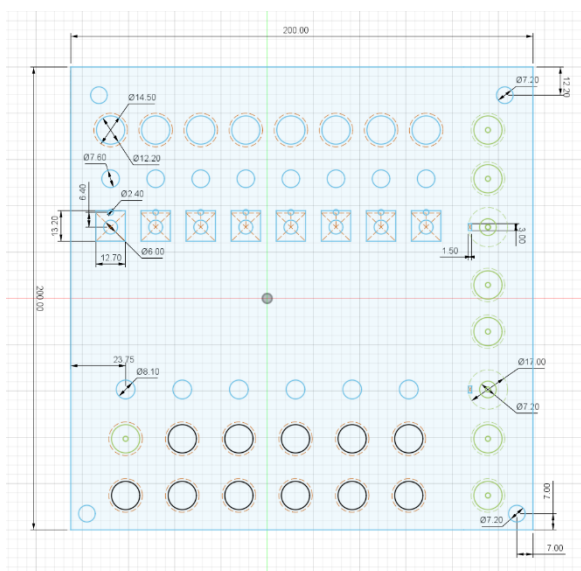
⁶ HMI – Human Machine Interface, panel zobrazující provoz zařízení a umožňující jeho řízení

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Tvorba návrhu

Začínal jsem s vyhledáním vhodných součástek na internetu. Používal jsem stránky www.gme.cz, z nich jsem pak většinu součástek objednal. Z datasheetů⁷ vybraných součástek jsem vyčetl rozměry, abych je mohl použít při tvorbě návrhu. K tvorbě modelu jsem použil program Fusion 360 od firmy Autodesk.

Vrchní část ovládacího panelu tvoří dvě vrstvy. V první (oranžové) vrstvě je ukotveno 8 spínačů a 2 potenciometry. V druhé (černé) vrstvě, která je položena na vrstvě první, jsou ukotveny panelové zdířky a LED diody. Dále jsou ve druhé vrstvě prohlubně na štítky s označením. Tyto prohlubně budou muset být vyplněny podporami, které následně z výtisku odstráním. Model totiž musím tisknout vrchní stranou na tiskové podložce, protože zespuďu je žebrování, které zvýší pevnost modelu.



Obr. 3 Návrh ovládacího panelu v aplikaci Fusion 360



Obr. 4 Vizualizace ovládacího panelu

2.2 Seznam součástek a rozpočet

Sklad. č.	Název	Počet kusů	Cena za kus	Cena
škola	Výuková sada SIMATIC + HMI	1x	23 000 Kč	23 000 Kč
113-153	Potenciometr 10 kΩ	2x	25 Kč	50 Kč
220-050	Dioda 1300 V/1 A	8x	0,53 Kč	4,24 Kč
222-135	Transil bipolární 27 V	1x	6,30 Kč	6,30 Kč
330-004	Lineární stabilizátor U 9 V/1,5 A	1x	15 Kč	15 Kč
427-162	CMOS Invertor	3x	16 Kč	48 Kč
511-359	LED 3mm R/G	8x	6,60 Kč	52,80 Kč
511-729	LED 5mm R/G	6x	8,60 Kč	51,60 Kč
624-165	Objímka pro LED 3mm	8x	4,10 Kč	32,80 Kč

⁷ Datasheet – katalogový list, dokument uvádějící technické parametry součástky

624-296	Objímka pro LED 5mm	6x	8 Kč	48 Kč
624-491	Přístrojový knoflík žlutý	2x	4,20 Kč	8,40 Kč
631-538	Páčkový spínač do panelu	8x	22 Kč	176 Kč
811-230	Zdířka panelová 4mm bílá	8x	14 Kč	112 Kč
811-232	Zdířka panelová 4mm zelená	6x	11 Kč	66 Kč
811-233	Zdířka panelová 4mm žlutá	2x	11 Kč	22 Kč
811-256	Zdířka panelová 4mm červená	2x	9,50 Kč	19 Kč
811-302	Zdířka panelová 4mm černá	8x	19 Kč	152 Kč
Š-Hobby	Dioda 1N4148	7x	0,5 Kč	3,5 Kč
škola	Chladič na TO220	1x	30 Kč	30 Kč
škola	Keystone Solarix CAT5E UTP	2x	39 Kč	78 Kč
škola	Kondenzátor 110 nF	2x	1 Kč	2 Kč
škola	Kondenzátor 330 nF	2x	1 Kč	2 Kč
Š-Hobby	Konektor – dutinka	10x	5 Kč	50 Kč
škola	Konektor RJ45	2x	7 Kč	14 Kč
Š-Hobby	Lineární stabilizátor U 10 V	1x	18 Kč	18 Kč
Hornbach	Matičky M3; sada 50 ks	1x	30 Kč	30 Kč
Š-Hobby	Napájecí konektor IEC320 C14	1x	89 Kč	89 Kč
Š-Hobby	Pojistka 1 A	1x	10 Kč	10 Kč
Š-Hobby	Rezistor 1k	7x	1 Kč	7 Kč
Š-Hobby	Rezistor 330R	6x	1 Kč	6 Kč
Š-Hobby	Rezistor 560R	8x	1 Kč	8 Kč
Š-Hobby	Rezistor 680R	6x	1 Kč	6 Kč
Hornbach	Šrouby M3; sada 50 ks	1x	37 Kč	37 Kč
Š-Hobby	Zenerova dioda 5V1	7x	3 Kč	21 Kč
škola	Filament	cca 850 g	500 Kč/Kg	425 Kč
Cena celkem s DPH				24 701 Kč
Cena s DPH bez výukové sady SIMATIC + HMI				1 701 Kč

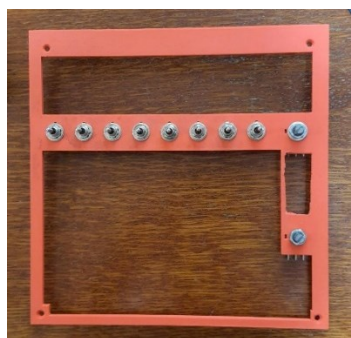
Kliknutím na skladové číslo se otevře detail produktu na e-shopu gme.cz, kde jsem většinu součástek nakupoval. Ceny jsou uvedené k datu objednávky, tj. převážně 1. listopadu 2022.

2.3 Tisk konstrukčních částí

Model první (oranžové) vrstvy jsem vyexportoval do souboru .stl⁸ a otevřel jsem ho v PrusaSlicer⁹. Nastavil jsem parametry pro tisk, jako je výška vrstvy (detailnost), materiál, výplň. Nechal jsem program, aby model naslicoval. Výstupem z programu byly odhadované náklady, počet gramů spotřebovaného filamentu¹⁰, doba tisku a soubor .gcode. Soubor, ze kterého 3D tiskárna přečte instrukce o pohybu extrudéru¹¹ v jednotlivých vrstvách. V souboru jsou obsaženy informace jako nastavení teplot, rychlostí, chlazení a dalších. Tento soubor je specifický pro konkrétní typ tiskárny, proto se 3D modely nejčastěji rozšiřují pomocí souboru .stl. [4] To samé jsem udělal s modelem druhé (černé) vrstvy. Soubor .gcode jsem nahrál na SD kartu a vložil do 3D tiskárny.

Kalibrační destičku rozměrů a první (oranžovou) vrstvu modelu jsem tiskl u nás na dílně z PLA¹² pomocí tiskárny Ender 3 S1 od firmy Creality. Jedná se o FDM¹³ 3D tiskárnu s tiskovou plochou 220×220×270 mm. V první vrstvě jsem zapomněl vytvořit otvor pro zdířky potenciometrů. Z výtisku jsem tedy vyřízl a dlátky vysekal obdélník pro zdířky potenciometrů.

Druhou (černou) vrstvu jsem tiskl u pana učitele Kosaře z PETG¹⁴ na FDM 3D tiskárně Original Prusa i3 MK3S+ od firmy Prusa Research. Tato tiskárna má tiskový prostor 250×210×210 mm. Výtisky se liší podle vlastností dané tiskárny i materiálu.



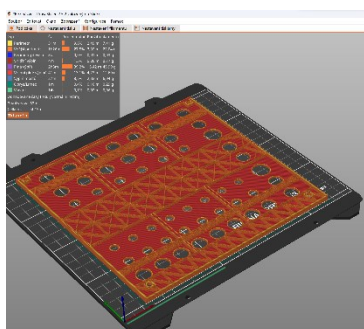
Obr. 5 První vrstva s upevňovacími spínači a potenciometry



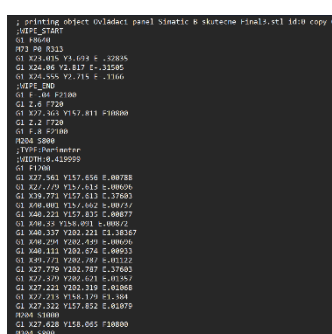
Obr. 6 Odstranění podpěr z druhé vrstvy



Obr. 7 Žebrování na spodní straně druhé vrstvy, zajišťuje zpevnění modelu



Obr. 9 Model v PrusaSlicer



Obr. 8 Část kódu .gcode

⁸ .stl – stereolitografie, soubor popisuje pouze geometrii povrchu 3D objektu

⁹ PrusaSlicer – program od výrobce 3D tiskáren Prusa Research, slicer – program k nařezání modelu do jednotlivých vrstev, které 3D tiskárna vytiskne

¹⁰ filament – tisková struna, kterou 3D tiskárna taví a tiskne z ní

¹¹ extruder – tisková hlava, nanáší materiál v jednotlivých vrstvách na tiskovou podložku

¹² PLA – kyselina polymléčná, nejpoužívanější filament, tvrdý, ale křehký

¹³ FDM – metoda 3D tisku, tisk se skládá z jednotlivých tiskových vrstev

¹⁴ PETG – Polyethylentereftalát modifikovaný glykolem, odolný proti nárazu, náročnější než PLA

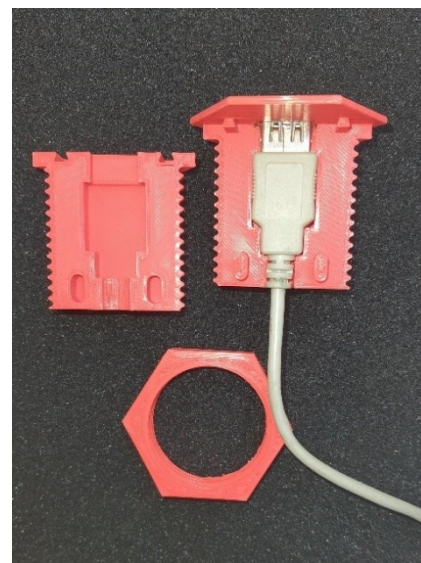
Dále jsem navrhl i ostatní části ovládacího panelu. Horní panel, do kterého bude zapuštěn SIMATIC HMI KTP700 Basic 7", a stěny držáků těchto panelů. Nejdříve jsem vymodeloval celý model, do kterého se vloží horní ovládací panel, nebo panel s dotykovým displejem. Zjistil jsem, že tohle řešení není vhodné. Tisk by trval nonstop přes 4 dny a spotřeboval by mnoho materiálu. Proto jsem se rozhodl model nakreslit po jednotlivých stěnách, které půjdou odlehčit a smontovat pomocí šroubků. Matičky jsem se rozhodl do modelu zatavit pomocí pauzy v tisku. Vytvoří se model s otvorem pro matičky, tiskárna se automaticky zastaví, po ručním vložení matiček tiskárna pokračuje v tisku nad matičkou.

Tyto díly jsem tisknul u pana učitele Kosaře z PETG na FDM 3D tiskárně Original Prusa i3 MK3S+ od firmy Prusa Research. Tato tiskárna má větší tiskový prostor a pan učitel Kosař ji má upravenou pro tisk velkých modelů. Zejména větší velikostí trysky a pomocí vylepšených tiskových profilů, které upravují kvalitu, rychlost a další parametry tisku.

Do bočních stran panelu jsem vymodeloval drážku pro vložení DIN lišty¹⁵. Na držáku panelu HMI jsem vytvořil otvor pro průchodku pro USB, které slouží k připojení myši či čtečky čárových kódů. Na držáku ovládacího panelu jsem vytvořil otvory pro napájecí konektor IEC320 C14 s pojistkou a pro dvě ethernetové zásuvky RJ45.



Obr. 10 Mezi stěnami → DIN lišta



Obr. 11 Průchodka pro USB

2.4 Tisk doplňujících částí

Vrchní část ovládacího panelu jsem osadil panelovými zdířkami, objímkami s LED diodami. Pod objímky s diodami, signalizujícími vstup log.0/log.1 do ovládací jednotky, jsem umístil bílé prostupky, které barevně ladí ke vstupním svorkám. Dále jsem na panel navrhl štítky s označením svorek ovládací jednotky a označení potenciometrů. Štítky jsem vytiskl pomocí více metod vícebarevného 3D tisku.

¹⁵ DIN lišta – nosná lišta normalizovaného tvaru a rozměrů, slouží k upevňování elektrických přístrojů

Vícebarevný 3D tisk s využitím jednotky MMU2S¹⁶

Štítek pro DI, štítek potenciometrů (AI) a štítek DO jsem vytiskl na FDM 3D tiskárně i3 MK3S+ od firmy Prusa Research doplněné o jednotku MMU2S. Tato jednotka umožňuje tisk s až 5 barvami současně. [5] Tuto 3D tiskárnu na škole nemáme, chtěl jsme ji ale vyzkoušet. Tuto 3D tiskárnu s multimaterial jednotkou mají v Knihovně města Hradec Králové. [6] Proto jsem využil příležitosti a v rámci návštěvních hodin jejich 3D dílny jsem si tam štítky vytiskl.

Model se musí vytvořit s více komponenty, podle jejich barev. Všechny komponenty jsem exportoval do souboru .stl. Po vložení nám PrusaSlicer automaticky nabídne vložení objektu s více částmi. V nastavení zvolím požadovanou barvu pro dané extrudery. V náhledu pak vyberu, jakým extruderem (barvou) se budou tisknout jednotlivé části. Slicer model naslicuje a vznikne tak soubor .gcode, který již obsahuje i informace o více extruderech. Jednotka MMU2S pak automaticky zavádí do extruderu filament podle předchozího nastavení. Vícebarevný tisk pak probíhá automaticky.

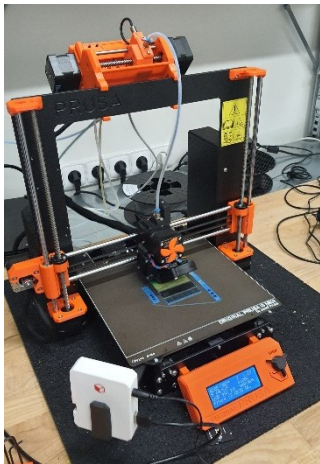
Nevýhodou této metody vícebarevného tisku je velké množství odpadu. Tiskárna musí vyčistit trysku při každé změně barvy. Tiskne čisticí věž, kterou čistí trysku od předešlé barvy filamentu, vzniká tak velké množství odpadu. Při velkém počtu střídání barev pak čisticí věž váží mnohonásobně více než samotný tištěný objekt. Snížit množství odpadu je možné, ve větších objektech, čištěním do výplně – tiskárna čistí trysku v průběhu tisku výplně.

Tiskárna Original Prusa i3 MK3S + multimaterial jednotka MMU2S Knihovny města Hradec Králové. (Obr. 14) Na tiskárně aktuálně běží tisk štítků pro potenciometry a pro výstupní svorky DQ. Vlevo dole bílá krabička – Karmen Pill XL. „Karmen Pill je zařízení, které zajistí zabezpečené ovládání a monitoring 3D tiskárny přes cloudovou službu Karmen. Přenáší obraz z kamery a poskytuje uživateli informace o probíhajícím tisku, teplotě senzorů apod. Zároveň zpracovává pokyny a tiskové úlohy pro 3D tiskárnu.“ [7]

Vícebarevný 3D tisk bez využití jednotky MMU2S

Štítek označující svorky DQ a GND jsem tisk pomocí metody jedné barvy v jedné vrstvě. Model jsem si připravil tak, aby každá část, která má být vytisknutá jinou barvou, byla v jiné výšce. Tento model budu tisknout s výškou vrstvy 0,10 mm, tři vrstvy 3D tisku tedy budou vysoké 0,3mm. O tuto výšku tedy musím zvýšit písmo, které budu chtít tisknout jinou barvou. Poté model exportuji do souboru .stl. Tento soubor otevřu v PrusaSliceru a nastavím parametry tisku (výšku vrstvy 0,10 mm a další parametry). V náhledu si najdu místo, kde končí podklad a začíná písmo. Do tohoto místa vložím změnu barvy (výměnu filamentu – příkaz M60). 3D tiskárna pak při tisku zastaví a vyčká na výměnu filamentu odpovídající barvy. To samé udělám i v místě, kde končí první písmo a začíná písmo jiné barvy. Tím docílím snadného vícebarevného tisku. Vrchní 3 vrstvy tohoto písma budou mít jinou barvu.

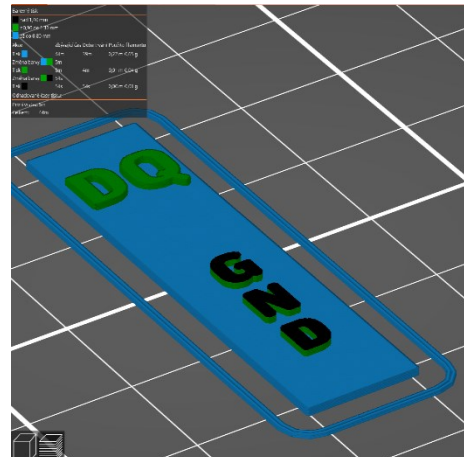
¹⁶ Multi Material Upgrade 2S – jednotka umožňující multimateriálový tisk



Obr. 14 Original Prusa MK3S + MMU2S



Obr. 12 Výtisk s multimaterial jednotkou



Obr. 13 Barevný výtisk po vrstvách

2.5 Vytvoření DPS¹⁷ pro signalizaci log.0/log.1

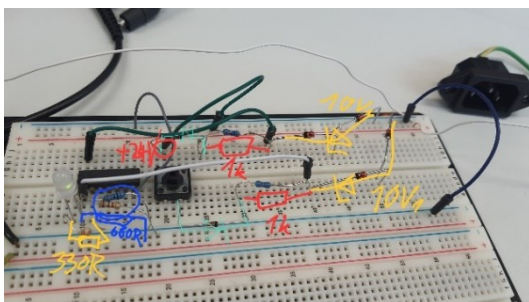
Pro signalizaci log.0 a log.1 na vstupu a výstupu jednotky jsem zvolil dvoubarevné LED diody. Přepnu-li DI do stavu log.1, LED dioda signalizující tento konkrétní DI změní svou barvu ze zelené na červenou. Zelená barva signalizuje bezpečný stav, červená nebezpečí – zde konkrétně + 24 V. Ovládání signalizace jsem vyřešil pomocí DPS.

Princip obvodu jsem vyzkoušel v aplikaci TinkerCAD od firmy Autodesk. Webová aplikace umožňuje jednoduché 3D modelování a tvoření elektronických obvodů. Při tvoření elektronického obvodu, aplikace nabízí pouze některé součástky. Nabízí však i modul mikrokontroleru Arduino u kterého dokáže simulovat program. Díky tomu si studenti můžou vyzkoušet funkčnost svého zapojení i bez tohoto mikrokontroleru. Já si vystačil pouze s LED diodami, tlačítkem, napájecím zdrojem, stabilizátorem, invertorem a rezistory. Bohužel jsem se setkal s tím, že simulace fungovala pouze někdy. Netuším, čím jsou tyto problémy způsobeny. Občas se simulace rozjede až po dlouhé době, občas ihned. Pravděpodobně se jedná o problémy se servery TinkerCADu, na kterých webová aplikace běží. Odkaz na schémata a simulaci obvodů uvádím jako přílohu I a II.

DPS jsem vytvořil tak, aby přesně pasovala na svorky a diody. Rozměřil jsem si vzdálenost součástek a poskládal je tak, aby se vešli na desku. Tento návrh jsem si pomocí důlčičku přenesl na cuprexit¹⁸. Lihovým fixem jsem narýsoval na cuprexit vodivé cesty, ty po vyleptání zůstanou vodivými. Zatímco tam, kde nebyla lihová fixa, bude měď vyleptána roztokem chloridu železitého. Poté jsem vyvrtal díry na součástky, desku osadil a připájel. Stejnou metodou jsem vytvořil DPS i pro signalizaci log.0 a log.1 na výstupu z jednotky SIMATIC. Dále jsem si vytvořil menší DPS určenou pro regulátor 24 V / 9 V, kterým budu napájet DPS pro signalizaci DI, a pro regulátor 24 V / 10 V, který slouží pro napájení potenciometrů, které budou připojené jako AI do jednotky SIMATIC.

¹⁷ DPS – deska plošného spoje

¹⁸ laminát ze skelné tkaniny sycený epoxidovou pryskyřicí, z jedné nebo obou stran je nalepena měděná folie



Obr. 17 Zapojení na nepájivém poli



Obr. 18 Leptání v chloridu železitém



Obr. 15 QR DI



Obr. 16 QR DQ

2.6 Zapojení panelu

Po vytisknutí a upravení částí modelu (odstranění podpor, začištění hran, dolepení matiček) jsem je doplnil konektory a sešrouboval. Do vrchního panelu jsem pomocí výrobce přiložených „paciček“ upevnil HMI displej. Do vrchního ovládacího panelu jsem vložil průchodky s LED diodami, potenciometry a panelové zdířky. U montáže panelových zdířek jsem narazil na problém. Panelové zdířky se utahují pomocí kulaté matičky s dvěma výřezy pomocí speciálního klíče. Klíč jsme však na dílně neměli a museli bychom ho objednat, proto jsem se rozhodl ho navrhnout a vytisknout si ho na 3D tiskárně. Na osazený panel jsem nasadil DPS a součástky připájel. Na vodiče jsem nasadil návlečky, které označují místo připojení vodiče.

Tyto dva modely, ovládací panel a panel s HMI displejem, jsem spojil pomocí DIN lišty. DIN lištu jsem osadil napájecím zdrojem 230 V / 24 V a jednotkou SIMATIC S7-1200, konkrétně kompaktní CPU 1212C. Vyzkoušel jsem i zapojení s CSM 1277 - kompaktním switch¹⁹ modulem, to umožní připojení výukového panelu pouze jedním napájecím konektorem a jedním datovým konektorem. Switch dokáže propojit více síťových zařízení pomocí jednoho datového kabelu.

Označené vodiče z obou panelů jsem zapojil do jednotky. Připojil jsem napájení na jednotku, ovládací panel a na displej. Zapojil jsem ethernetové zásuvky do jednotky a do displeje, všechny vodiče jsem vložil do chrániče kabelů.



Obr. 19 Výukový panel

¹⁹ switch – síťový přepínač, má za úkol propojovat koncová zařízení

2.7 Programování jednotky

Teorie programování

Jednotka SIMATIC S7-1200, konkrétně CPU 1212C se programuje v aplikaci TIA Portal – Totally Integrated Automation Portal. TIA Portal umožňuje plánování automatizovaných systémů a jejich programování.

Následující program pro ukázkou jednotlivých programovacích jazyků jsem vytvořil podle odpovědi na zadání pokynů umělé inteligenci. „Napiš mi prosím LAD program pro tuto jednotku pomocí schematických značek. DI0 sepne DQ0; DI1 sepne DQ1; DI2 sepne DQ2; DI3 blokuje sepnutí DQ0; DQ1; DQ2; DI4 sepne DQ3; DQ4; DQ5.“

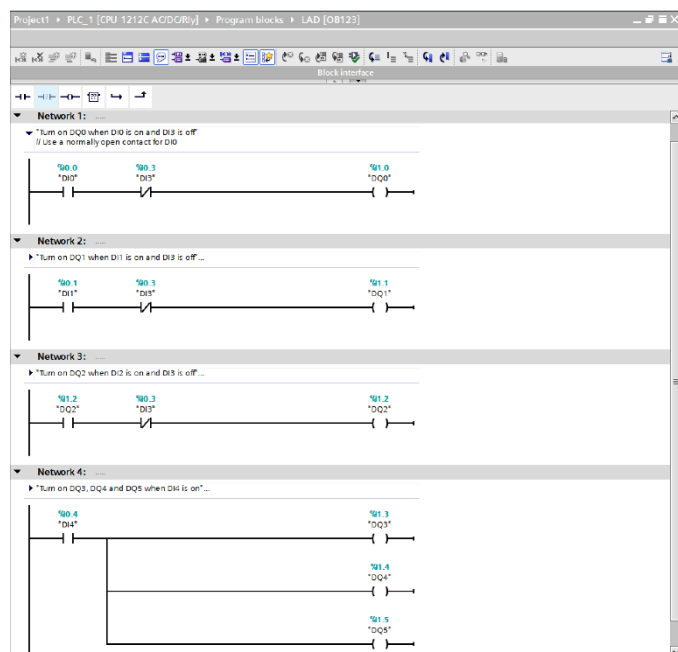
Chatovací mód vyhledávače Bing, dokáže hledat informace a generovat obsah. Dokáže odpovídat v českém jazyce, je však nutné informace ověřovat. Ne vždy odpovídá relevantně, často píše nepravdy a nedokáže určit zdroj informace.

Zde se sám popsal: „Jsem založen na neuronové síti, která je schopna zpracovávat přirozený jazyk a generovat odpovědi na základě kontextu a cílů konverzace. Učím se z velkého množství textových dat z různých domén a jazyků. Můžu programovat pomocí speciálních dotazů, které mi umožňují vytvářet kód nebo obrázky.“ [8]

Kód, který mi navrhl jsem přetvořil na program pro jednotku SIMATIC. Program nemusí být zcela funkční, jde převážně o ukázání rozdílu mezi způsoby programování.

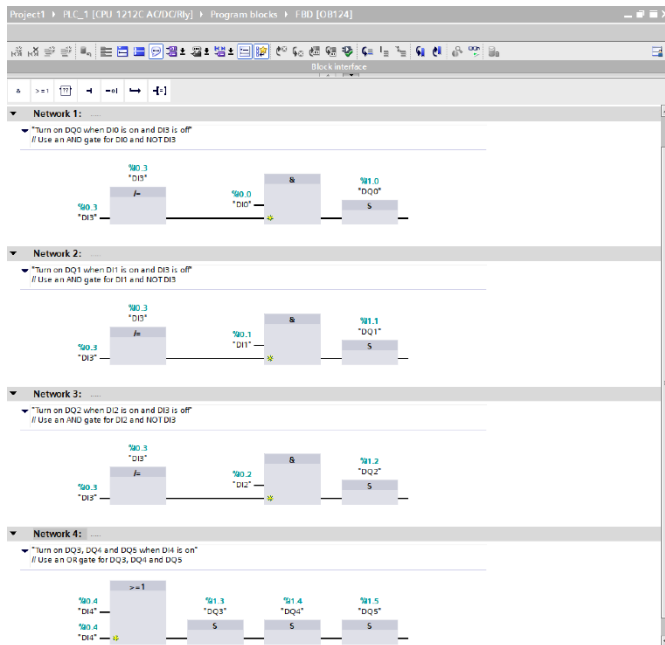
Typy programování jednotky v aplikaci TIA Portal:

- LAD (ladder diagram) / žebříkový diagram
 - grafický jazyk, využívá symboly kontaktů pro tvorbu logických operací
 - vychází z reléové logiky, vhodný pro sekvenční a kombinační obvody
 - rychlé a přehledné zpracování velkého množství signálů



Obr. 20 Ukázka programu v LAD

- FBD (function block diagram)
 - grafický jazyk, využívá přednastavené funkční bloky pro logické a matematické operace
 - vychází z logiky hradel
 - jednoduchý, intuitivní programovací jazyk nevhodný pro větší projekty



Obr. 21 Ukázka programu v FBD

- SCL (structured control language)
 - textový jazyk, využívá strukturované příkazy a proměnné pro realizaci logických a matematických operací
 - vhodný pro programování regulace, dobře čitelný
 - vyžaduje znalost syntaxe jazyka a datových typů

```

Project1 -> PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] -> Program blocks -> SCL [OB125]
Block interface
IF... TO DO... (Ladder)
Case... FOR... WHILE... (Ladder)
1 // SCL program for simatic s7 1200
2 // DI0 turns on DQ0
3 // DI1 turns on DQ1
4 // DI2 turns on DQ2
5 // DI3 blocks turning on DQ0, DQ1 and DQ2
6 // DI4 turns on DQ3, DQ4 and DQ5
7
8 PROGRAM Main
9 VAR
10 // Declare inputs and outputs as boolean variables
11 DI0:
12 Bool; // Input 0
13 DI1:
14 Bool; // Input 1
15 DI2:
16 Bool; // Input 2
17 DI3:
18 Bool; // Input 3
19 DI4:
20 Bool; // Input 4
21 DQ0:
22 Bool; // Output 0
23 DQ1:
24 Bool; // Output 1
25 DQ2:
26 Bool; // Output 2
27 DQ3:
28 Bool; // Output 3
29 DQ4:
30 Bool; // Output 4
31 DQ5:
32 Bool; // Output 5
33 END_VAR
34
35 BEGIN
36 // Assign inputs and outputs to physical addresses
37 "DI0" := I0.0;
38 "DI1" := I0.1;
39 "DI2" := I0.2;
40 "DI3" := I0.3;
41 "DI4" := I0.4;
42 "DQ0" := Q0.0;
43
44 "DQ1" := Q0.1;
45 "DQ2" := Q0.2;
46 "DQ3" := Q0.3;
47 "DQ4" := Q0.4;
48 "DQ5" := Q0.5;
49
50
51 // Turn on DQ0 when DI0 is on and DI3 is off
52 IF ("DI0" AND NOT "DI3") THEN
53   "DQ0" := TRUE;
54 ELSE
55   "DQ0" := FALSE;
56 END_IF;
57
58 // Turn on DQ1 when DI1 is on and DI3 is off
59 IF ("DI1" AND NOT "DI3") THEN
60   "DQ1" := TRUE;
61 ELSE
62   "DQ1" := FALSE;
63 END_IF;
64
65 // Turn on DQ2 when DI2 is on and DI3 is off
66 IF ("DI2" AND NOT "DI3") THEN
67   "DQ2" := TRUE;
68 ELSE
69   "DQ2" := FALSE;
70 END_IF;
71
72 // Turn on DQ3, DQ4 and DQ5 when DI4 is on
73 IF ("DI4") THEN
74   "DQ3" := TRUE;
75   "DQ4" := TRUE;
76   "DQ5" := TRUE;
77 ELSE
78   "DQ3" := FALSE;
79   "DQ4" := FALSE;
80   "DQ5" := FALSE;
81 END_IF;
82
83 END_PROGRAM

```

Obr. 22 Ukázka programu v SCL

Realizace programování:

Otevřel jsem si program TIA Portal a přidal si do něj naše zařízení – CPU 1212C a HMI KTP700 Basic. Abych nemusel hledat konkrétní typ jednotky, přidám do projektu nespécifikovanou jednotku S7 řady 1200. Program pak vyhledá v síti dané zařízení a nakonfiguruje ho. HMI panel jsem musel dohledat, důležité bylo zvolit správnou verzi systému. Verze systému lze změnit i dodatečně, ale je jednodušší tím začít.

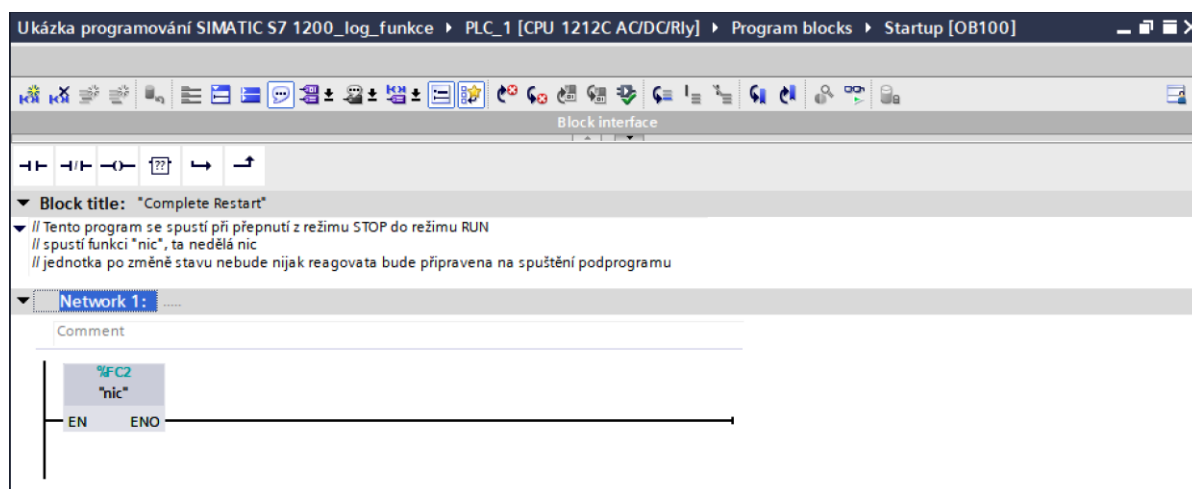
Program se skládá z bloků. Jako první si vytvoříme nový blok – Organizační blok (OB) Startup. Ten určuje, co se stane po přepnutí jednotky z režimu STOP do režimu RUN. Do OB Startup jsem si přidal Function (FC) Nic, aby jednotka při změně režimu nijak nereagovala. Zbytek programu obstará OB Main, který už byl automaticky předem vytvořen. Do OB Main jsem přidával bloky FC, kterými ovládám jednotlivé podprogramy. Naprogramoval jsem i HMI panel tak, aby zobrazoval vysvětlivky k programu.

Z důvodu větší pochopitelnosti, přikládám ukázkou programování jako video. Odkaz na video – příloha III.

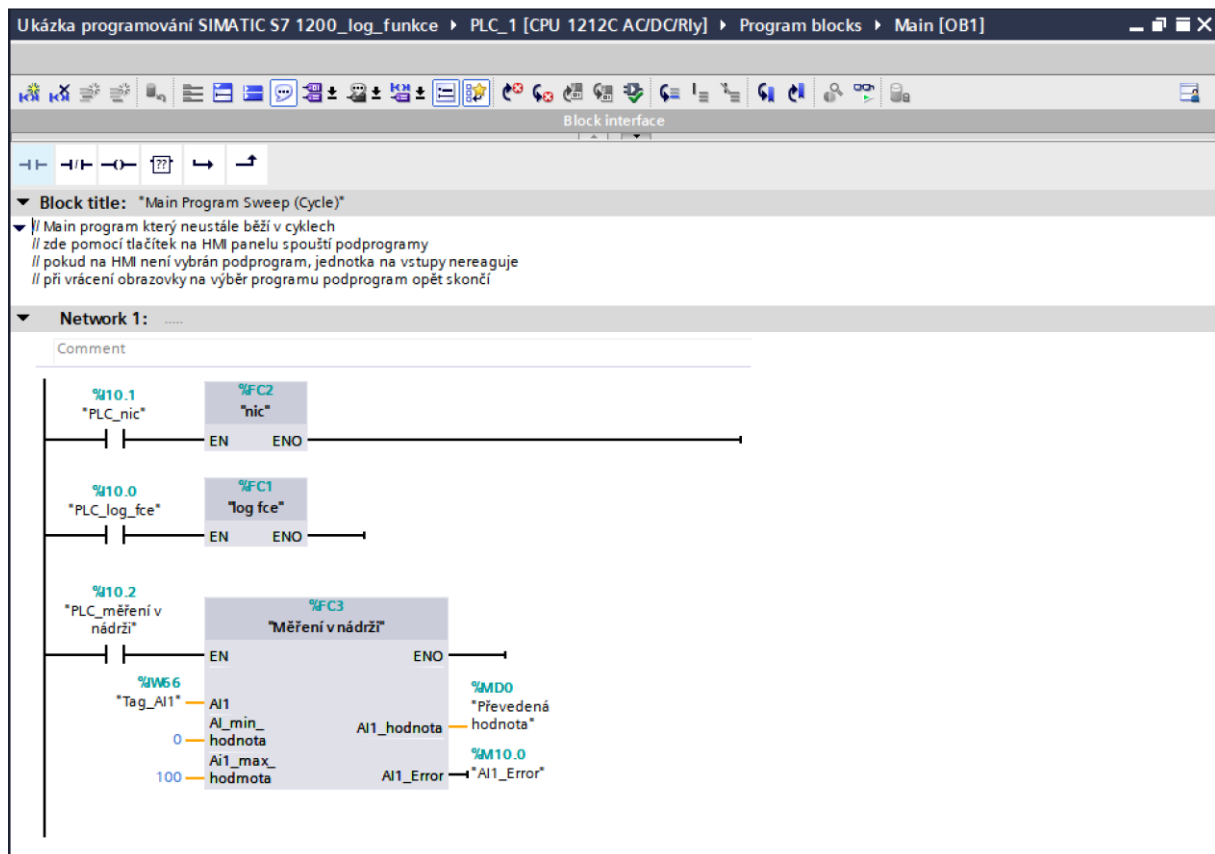


Obr. 23 QR Video

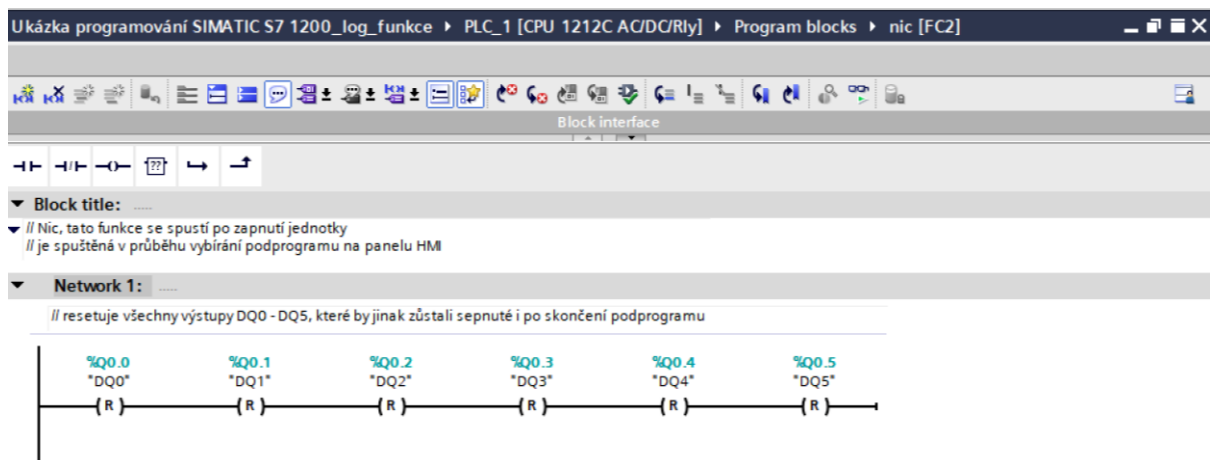
Zde je ukázkou programu, který jsem vytvořil a nahrál na jednotku CPU 1212C:



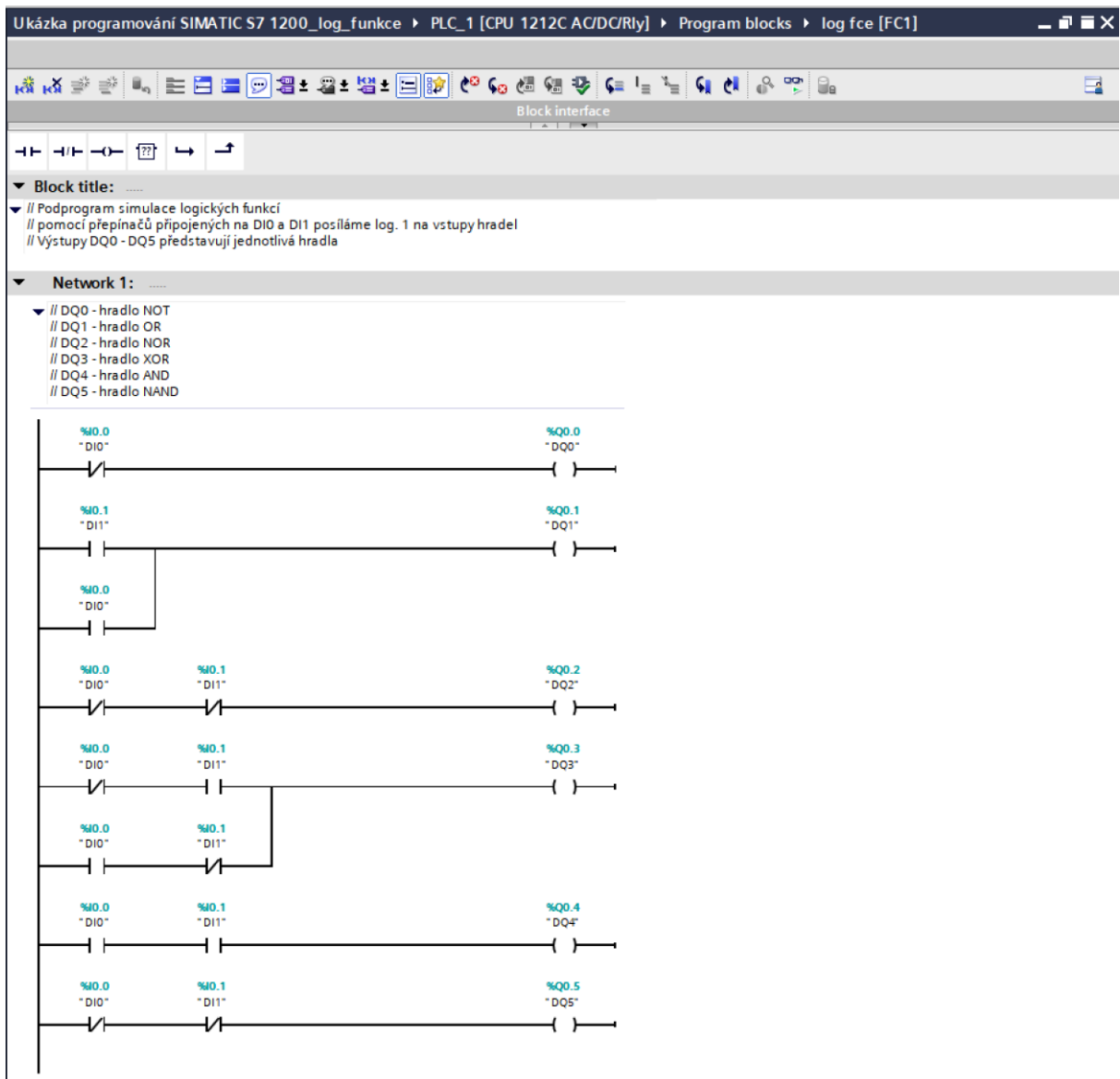
Obr. 24 Blok Startup



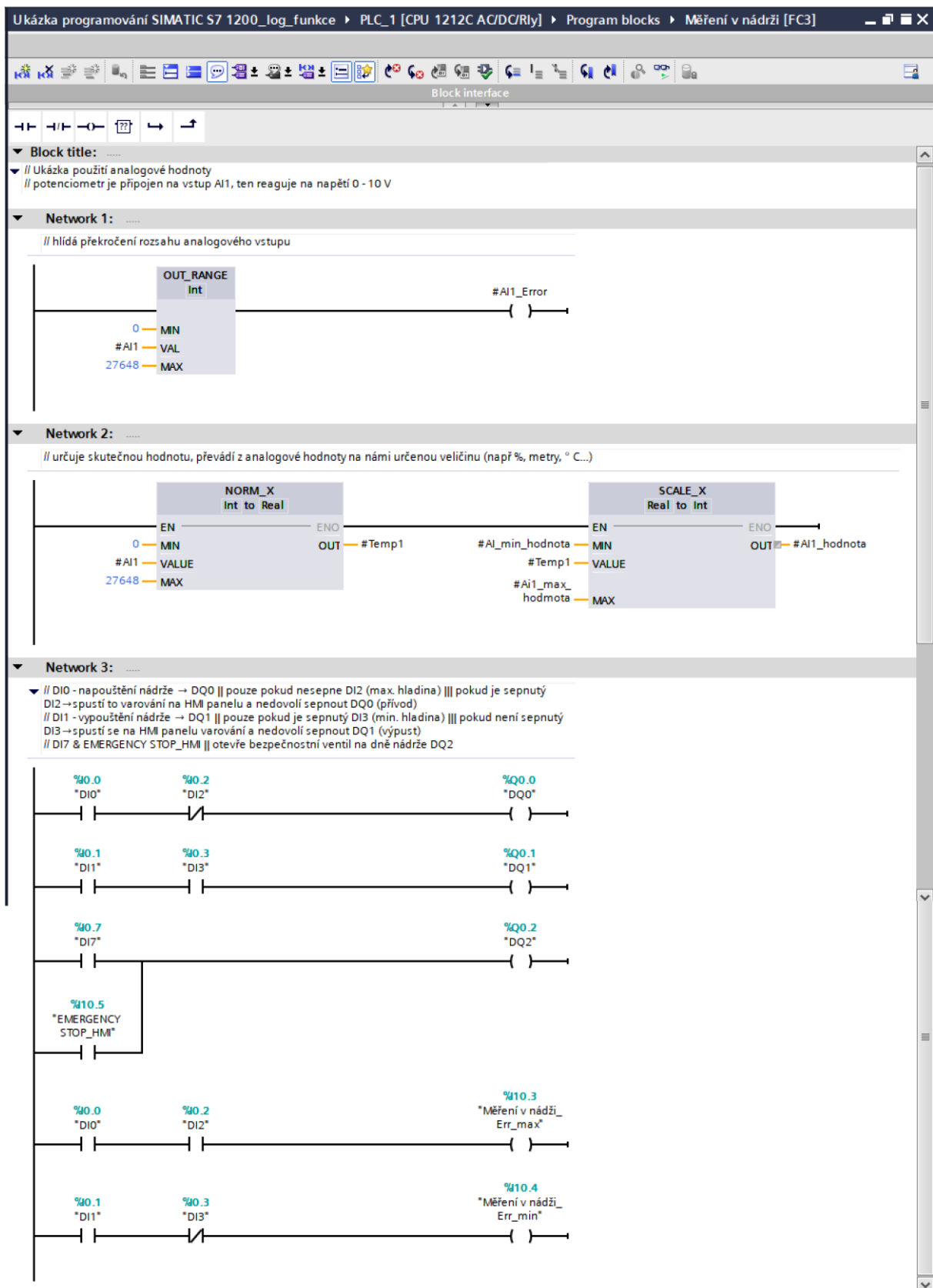
Obr. 25 Blok Main



Obr. 26 Blok Nic



Obr. 27 Blok Logické funkce



Obr. 28 Blok Měření v nádrži

Závěr

V této ročníkové práci jsem se zabýval návrhem výukového panelu pro výuku automatizace na jednotce SIMATIC S7-1200. Cílem práce bylo tento panel vytvořit a ukázat jeho funkčnost.

Věřím, že jsem zadání ročníkové práce splnil a vypracoval ji nejlépe jak jsem mohl. Sám jsem překvapen výsledkem své práce, která se dle mého názoru povedla. Při tvorbě této ročníkové práce jsem se naučil spoustu věcí, které jsem si i prakticky vyzkoušel. Ať se jedná o tvorbu pokročilejších modelů v aplikaci Fusion 360, tak práce s 3D tiskem.

Odnesl jsem si z toho i spoustu znalostí uplatnitelných při tvorbě podobných prací, což bylo pravděpodobně cílem ročníkových prací. Zjistil jsem, že:

- V 3D tištěných modelech je vhodné používat pozastavení tisku k vložení maticek a následnému zatištění maticky do modelu. Nevýhoda je časová náročnost, protože tiskárna pokračuje až po vložení maticky. Takže pokud tisknete přes noc, pozastavený tisk bude pokračovat až ráno po vložení maticek.
- Naopak není vhodné maticky do modelu dolepovat. Maticky nebudou v tisku držet a hrozí, že lepidlo zateče do závitů maticky což znemožní její funkčnost. Pokud potřebujeme do modelu maticky dolepit, je vhodné je lepit přes model tak, aby utažená maticka tlačila přes část modelu. Není vhodné je lepit ze strany šroubu. Řešením je pak maticku do modelu zatavit pomocí nažhavení maticky.
- 3D tiskárna tiskne s odchylkou, která závisí na tiskovém nastavení, konkrétní fyzické tiskárně a na materiálu ze kterého tiskneme. Je vhodné si před tiskem modelu, u kterého potřebujeme přesné rozměry, vytisknout kalibrační destičku, kde vyzkoušíme, jaké rozměry (např. pro díru) jsou odpovídající.
- 3D tiskárna nevytiskne pravé úhly tak dokonale. Díky pnutí v materiálu se model mírně kroutí, zvláště pokud se daná část netiskne přímo na tiskové podložce.
- U tvorby DPS je důležité používat fix s dobrým krytím a dostatečnou tloušťkou čáry. Vodivá cesta se nám poté nepodleptá a DPS bude fungovat.
- Je důležité si uvědomovat, prostorovou orientaci modelu. Například zrcadlové otočení DPS. Důležité je také, rýsovat náčrt ze správné strany modelu, podle toho, co a kam potřebujeme narýsovat.

Tímto bych rád ukončil svoji ročníkovou práci, ve které jsem se zabýval návrhem a výrobou výukového panelu. Věřím, že panel bude dobře sloužit a tato práce poslouží při výrobě podobných panelů. Věřím, že další studenti se ponaučí z mých chyb a jejich práce budou ještě lepší.

Seznam použitých zdrojů

- [0] *Additive vs. subtractive manufacturing – what's the difference?* [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://blogs.autodesk.com/advanced-manufacturing/2018/07/29/additive-vs-subtractive-manufacturing-whats-the-difference/>
- [1] *Přizpůsobí se veškerým vašim požadavkům – SIMATIC S7-1200*. Siemens.com [online]. [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- [2] *SIMATIC HMI Basic Panels*. Siemens.com [online]. [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/Basic-panels.html>
- [3] *Industry Mall*. Siemens.com [online]. [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com>
- [4] STRÍTESKÝ, Ondřej, PRŮŠA, Josef, BACH, Martin. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. Praha: Prusa Research, 2019. Dostupné také z: <https://www.prusa3d.com/downloads/zaklady-3d-tisku.pdf>
- [5] *Multi Material Upgrade 2S*. Prusa3d.com [online]. [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.com/cs/produkt/original-prusa-i3-mm2s-upgrade-kit-for-mk2-5s-mk3s-oranzova/>
- [6] *Kreativní 3D dílna*. Knihovnahk.cz [online]. [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.knihovnahk.cz/pro-verejnost/sluzby/kreativni-3d-dilna#>
- [7] *Příběh Karmen* [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://karmen.tech/cs/karmen-story/>
- [8] *Chatovací mód vyhledávače Bing* [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://bing.com/chat>

VORDERMAN, Carol. *Programování pro děti: od úplných základů k programování jednoduchých her*. Přeložil Jan ANDRŠ. Praha: Slovart, [2022]. ISBN 978-80-276-0325-1.

Kanál PC REVUE [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/@nextech>

SIEMENS TIA PORTAL S7-1200 PLC programming [online]. Plcgoods [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://youtu.be/cYr0EXwfc9Y>

Mylms [online]. Petr Doleček [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz>

Seznam obrázků

Obr. 1 CPU 1212C AC/DC/RLY [3].....	2
Obr. 2 SIMATIC HMI KTP700 [3].....	2
Obr. 3 Návrh ovládacího panelu v aplikaci Fusion 360	3
Obr. 4 Vizualizace ovládacího panelu.....	3
Obr. 5 První vrstva s upevněnými spínači a potenciometry.....	5
Obr. 6 Odstranění podpěr z druhé vrstvy	5
Obr. 7 Žebrování na spodní straně druhé vrstvy, zajišťuje zpevnění modelu.....	5
Obr. 8 Část kódu .gcode	5
Obr. 9 Model v PrusaSliceru	5
Obr. 10 Mezi stěnami → DIN lišta.....	6
Obr. 11 Průchodka pro USB.....	6
Obr. 12 Výtisk s multimaterial jednotkou.....	8
Obr. 13 Barevný výtisk po vrstvách	8
Obr. 14 Original Prusa MK3S + MMU2S.....	8
Obr. 15 QR DI.....	9
Obr. 16 QR DQ.....	9
Obr. 17 Zapojení na nepájivém poli.....	9
Obr. 18 Leptání v chloridu železitém.....	9
Obr. 19 Výukový panel	9
Obr. 20 Ukázka programu v LAD	10
Obr. 21 Ukázka programu v FBD	11
Obr. 22 Ukázka programu v SCL.....	11
Obr. 23 QR Video.....	12
Obr. 24 Blok Startup.....	12
Obr. 25 Blok Main.....	13
Obr. 26 Blok Nic	13
Obr. 27 Blok logické funkce	14
Obr. 28 Blok měření v nádrži	15

Seznam příloh

Příloha I	Obvod a simulace signalizace vstupu log.0 / log.1
Příloha II	Obvod a simulace signalizace výstupu log.0 / log.1
Příloha III	Video – ukázka programování