

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

**MANIPULAČNÍ AUTOMAT V PRIMÁRNÍM VZDĚLÁVÁNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vojtěch Soukup**

*Technická výchova se zaměřením na vzdělávání*

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Moc, Ph.D.

**Plzeň, 2024**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně  
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne .....

.....

vlastnoruční podpis

## **Poděkování**

Své poděkování bych rád věnoval panu Mgr. Pavlovi Mocovi, Ph.D. za ochotu, cenné rady a postřehy, které mi věnoval v průběhu zpracování bakalářské práce. Dále firmě Duratec s. r o. za možnost využití dílny pro výrobu modulu a také KMT ZČU za poskytnutí PLC.

---

**OBSAH**

Úvod .....	6
1 Automatizace a průmyslové revoluce .....	7
1.1 Automatické řízení před průmyslovou revolucí .....	7
1.2 Automatizace v 1. průmyslové revoluci .....	8
1.3 Automatizace ve 2. průmyslové revoluci .....	11
1.4 Automatizace ve 3. průmyslové revoluci .....	12
1.5 Automatizace ve 4. průmyslové revoluci .....	13
1.6 Co můžeme čekat v 5. průmyslové revoluci? .....	14
2 Přehled automatů na trhu .....	16
2.1 Vymezení pojmů .....	16
2.1.1 PLC automat .....	16
2.1.2 Vstupy a výstupy u PLC automatu .....	16
2.1.3 Sensory a snímače .....	17
2.1.4 Základní logické funkce .....	19
2.2 Druhy PLC automatů .....	20
2.3 Výčet vhodných automatů na trhu .....	21
2.3.1 SEA PLC .....	21
2.3.2 UNIPI .....	22
2.3.3 Siemens .....	23
2.3.4 Velocio .....	24
2.3.5 Teco .....	25
3 Volba vhodného automatu .....	27
3.1 Porovnání vybraných automatů .....	28
3.2 Výběr finálního zařízení .....	29
4 Realizace učební pomůcky .....	30
4.1 Návrh .....	30
4.2 Realizace .....	30
4.2.1 Schránka výukové pomůcky .....	31
4.2.2 Držák DIN lišty .....	33
4.2.3 Kryt elektromotoru .....	34
4.2.4 Terčik elektromotoru .....	35
4.2.5 Spodní kryt .....	36

---

4.2.6	Nohy modulu .....	36
4.2.7	Zapojení elektroinstalace .....	37
4.3	Zhodnocení realizace.....	38
5	Výukové aktivity vztažené k výuce na ZŠ.....	39
5.1	Rozdíl mezi sériovým a paralelním zapojením .....	39
5.2	Simulace krátkého zmáčknutí směřového světla v automobilu.....	40
5.3	Jednoduchá bubnová pračka .....	41
5.4	Alarm při bankovní loupeži .....	42
5.5	Nastavování hodnot na číselníku .....	43
6	Ověření učební pomůcky.....	44
	Závěr.....	46
	Resumé.....	47
	Summary .....	47
	Seznam literatury .....	48
	Seznam obrázků, tabulek, grafů a diagramů.....	50
	Přílohy .....	I

## Úvod

Tato práce se zabývá realizací výukové pomůcky s využitím PLC pro základní školy. Jde o výukový modul využívající průmyslový PLC automat za účelem přiblížení automatického řízení a automatizace samotné. Cílem práce je realizace celé výroby, montáže a zapojení jednotlivých dílů výukového modulu, který interpretuje jednoduché automatizační úkony.

Na začátku se práce věnuje historii automatizace ve vztahu k jednotlivým průmyslovým revolucím. Poté se zaměřuje na seznámení čtenáře se základními principy automatizace, logickými funkcemi. Dále poskytuje pohled na použitelná PLC dostupná na trhu a porovnává je na základě důležitých atributů jako je například počet vstupů a výstupů nebo pořizovací cena. V následující kapitole jednotlivá PLC porovnává, následně je celé porovnání zobrazeno v názorné tabulce a je provedena samotná volba i její zdůvodnění.

Nejdůležitější a zásadní kapitolou práce je ta, jež pojednává o realizaci samotného modulu. Nejprve se zabývá rozvržením práce, hrubým zřeslením a promyšlením jak jednotlivých dílů, tak jejich propojením s elektrotechnickou částí výrobku – prvotním plánem a rozvahou. Dále obsahuje popis výroby jednotlivých součástí modulu včetně výkresové dokumentace. Poté se zabývá sestavením všech součástí do funkčního mechanismu, který je kompletně rozebíratelný z důvodu oprav a případné údržby modulu. Následně je přiblíženo zapojení elektroinstalace modulu a princip jeho fungování. Okrajově je zde zahrnuto i programování modulu.

V další kapitole se práce zaměřuje na navržení a zrealizování několika jednoduchých úkolů, které by mohli programovat a upravovat sami žáci. Obsahuje postup, vysvětlení funkcí i schéma programování.

V poslední dílčí části práce shrnuje moment, kdy byl modul poskytnut žákům a došlo k otestování jeho funkčnosti a ověření, zda je jeho složitost úměrná věku dětí a jak s ním zvládají pracovat.

## **1 AUTOMATIZACE A PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE**

Nejprve by bylo vhodné si definovat a přiblížit, co samotný pojem automatizace znamená, kde ji najdeme, a co vše zahrnuje. Dle Všeobecné encyklopedie zní vysvětlení pojmu automatizace takto: „Automatizace je proces aplikování technologií využívajících teorie automatů a zařízení, které jsou v podstatě automaty. V současnosti nejčastěji počítačové systémy řízení technologických procesů a informační systémy pro podporu práce managementu a podporu řešení úloh v projektování.“ (Nakladatelský dům OP, 1996, s.173).

Automatizace je tedy řízení nějakého procesu automaticky v určitém předem definovaném rozsahu, a to bez zásahu člověka. Pokud je automatický proces správně nastavený, dokáže cyklicky běžet sám bez manuálního řízení člověkem. Jedná se o nahrazení dílčí části procesu vykonávané člověkem, jako je například stisknutí tlačítka po dokončení jedné fáze a tím spuštění fáze druhé. Člověka a jeho činnosti v tuto chvíli nahradí soustava prvků, které vyhodnotí situaci, zvolí vhodně další postup a následně vykonají následující akci v procesu. Může to být postup výrobní, dopravní nebo například kontrolní. V zásadě se skládá ze spojení více samostatných prvků, jejichž funkce se prolínají a navzájem ovlivňují až do chvíle, než vznikne samočinný řízený systém.

### **1.1 AUTOMATICKÉ ŘÍZENÍ PŘED PRŮMYSLOVOU REVOLUCÍ**

I když se nejedná vyloženě o automatické řízení v podobě, jakou známe dnes, předchůdci automatizace se datují daleko do dob před první průmyslovou revolucí. Úplně první zmínku o automatizaci a její zkoumání spojujeme s Héronem Alexadrijským (1.st. př.n.l.), který žil v 1. století našeho letopočtu v Egyptě. Jednalo se o ředitele Múseia, matematika, optika, mechanika a hlavně autora mnoha vynálezů. Vytvořil spisy o mechanice a fyzice, ale pro automatizaci je nejdůležitějším spisem „O automatech“. V tomto spisu popisuje principy strojů, které propojují několik činností dohromady a jedná se tedy o jednoduché automaty.

Věnuje se zde mechanismům jako je olejová lampa, do které se neustále sám dolévá olej, automatický pohyb loutek nebo automat na antickou limonádu, který po vhození pětidrahmy vydal člověku limonádu. Nejpropracovanějším automatickým systémem byly ale automatické dveře chrámu poháněné vodní parou (Štoll, 2009). Fungovaly na principu

změny tlaku v jedné komoře s vodou po jejím zahřátí. Rozdílem tlaku došlo k přečerpání vody skrz sifon do nádoby druhé, která působila jako závaží a její pohyb přes systém kladek otevíral dveře. Při zahřátí nádrže s vodou teplem z ohně se tedy dveře otevřely, při zchladnutí nádrže se opět zavřely.

V té době lidstvo nedisponovalo technologiemi, které by dokázaly umožnit praktické využívání plně funkčních exemplářů, ale již tyto návrhy a myšlenky byly revoluční a pokládaly svými principy základní kameny pro další bádání, vynalézání a technologický pokrok.

Další příklad primitivního předchůdce automatizace nalezneme u vodních a větrných mlýnů. Byl to systém, který převáděl rotační pohyb lopatkového kola přes jednoduché kolíkové, později ozubené a úhlové převody na otáčivý pohyb mlýnských kamenů. O čistě automatizační řešení se jednalo při zapojení samotřesu do běžného provozu mlýnů. Šlo o první průmyslově používaný automat, který reagoval na změnu otáček mlýnského kamene, který přímo reagoval na průtok vody korytem díky změně otáček mlýnského kola. Samotřes poté reguloval přísun zrní pod mlýnské kameny a tím udržoval proces mletí obilí stále ve stabilních a efektivních poměrech (Lacko, 2000).

Vrcholem středověké automatizace byly orloje. Mechanické hodiny, které navíc k již samotnému složitému mechanismu hodin přiřazovaly další okruhy jako bylo například zobrazování polohy Slunce a Měsíce na obloze, fáze měsíce, sluneční čas a mnoho dalších. I přesto, že se jedná v podstatě pouze o použití ozubených převodů a práci s jejich poměry se jednalo o natolik komplexní stroje s tak velkými rozdíly převodových poměrů jednotlivých prvků, že se rozhodně jedná o automaty. Vyžadovaly velkou míru údržby a seřizování, což v dnešní době nahrazují novější komponenty, které umí korekce vyhodnocovat a provádět autonomně, ale opět – v té době lidé taková zařízení neměli, a proto bylo stále potřeba zásahu člověka.

### **1.2 AUTOMATIZACE V 1. PRŮMYSLOVÉ REVOLUCI**

Průmyslová revoluce odstartovala rozvoj průmyslu a jeho vývoje. Místem a dobou děje 1. průmyslové revoluce je Velká Británie přibližně mezi lety 1750-1850 (Paulinyi, 2002). V této etapě technologického vývoje lidstva je hlavním hnacím prvkem a zároveň



spouštěčem akcelerace pokroku vynález nebo přesněji spíše zdokonalení a praktické nasazení parního stroje do výroby a průmyslu.

Zpočátku se používaly parní stroje dle konstrukce Thomase Newcomena (1663-1729) jehož atmosférický parní pístový stroj byl poprvé nasazen v praxi již v roce 1712, což bylo ještě před samotným vypuknutím průmyslové revoluce. Jednalo se o stroj s mnoha konstrukčními i výrobními nedostatky, které vedly k velmi nízké účinnosti v poměru ke spotřebě uhlí, která byla astronomická. Tlaková nádoba parostroje fungovala zároveň i jako kondenzátor, což v praxi znamenalo, že se musela střídavě ochlazovat a opět zahřívat. Toto bylo z pohledu na spotřebu uhlí ke generování páry kamenem úrazu celé koncepce. Navíc se stroj potýkal s častými problémy netěsnosti mezi válcem a pístem právě z důvodu již zmiňovaných nedostatečných technologií k výrobě v podobě nepřesného obrábění. I přesto byl velice oblíbený kvůli své relativně nízké pořizovací ceně a byl nasazován ve Skotských dolech jako zdroj energie pro přemísťování vody v rezervoárech nebo k odvodňování štol. V 50. letech 18. století tuto koncepci zdokonalil, co se týče obrábění i samotného dimenzování rozměrů součástí John Smeaton. Hlavně dokázal, že po dosažení určité hranice průměru pístu začne účinnost stroje klesat. Díky jeho přínosům zařízení dosahovalo dvojnásobné účinnosti.

Do rukou zaměstnance univerzity v Glasgow Jamese Watta (1736-1819) se dostala zakázka, během které měl opravit nefunkční model Newcomenova parního stroje. Při té příležitosti se Watt pozastavil a dumal nad zvýšením účinnosti a snížením spotřeby uhlí a páry stávajícího technického řešení. Došel k závěru, že stroj by měl mít udržovanou teplotu válce přibližně na vstupní teplotě páry a vstříkovaná voda pro kondenzaci by neměla přesahovat teplotu 38 °C. To bylo samozřejmě nedosažitelné v Newcomenově konstrukci. Watt tedy přišel se svou vlastní, kdy měl stroj uzavřený parní plášť okolo válce, oddělený kondenzátor a vývěvu. Toto si nechal po investování veškerých svých prostředků do vývoje James Watt patentovat a vznikl první prototyp, který měl v měřítku aplikovatelném v průmyslu píst o průměru skoro 0,5 metru. Pořád se nejednalo o stroj, který by byl schopný nepřetržitého provozu v průmyslu, a proto po dalších finančních problémech s drahým vývojem nových strojů musel Watt na několik let pracovat jako zeměměřič, aby na další výzkum vydělal dostatek prostředků. V roce 1782 si nechal patentovat dvojčinný parní stroj, který o dva roky později doplnil o paralelogram, kterým nahradil křížák při přenosu síly ze setrvačnicku

na poháněný prvek. Do té doby byl hnán přímo pístnicí ve dvojčinném provedení namáhanou jak na tlak, tak na tah.

Celou dobu Watt do konstrukčních řešení zapojoval samozřejmě otázku, jak efektivně připojovat ke svému univerzálnímu motoru jednotlivé spotřebiče. Vznikaly tak celé továrny poháněné mechanicky z jednoho místa. Jednalo se o mechanickou automatizaci, kdy jeden prvek poháněl druhý. Funkce jednoho mechanického okruhu součástí závisela na funkci druhého. Takto mechanicky se poháněly celé obráběcí dílny se sdílenou hřídelí rozvádějící energii k jednotlivým strojům, pivovary, slévárny, doly, kovárny a zkrátka celý průmysl (Paulinyi, 2002).

Výrazným počinem, co se automatizace týče byl samozřejmě dvojčinný parní stroj ve své finální podobě, protože fungoval bez přičinění člověka, ten pouze ovládal jeho vstupy, ale stroj sám měnil své výstupní hodnoty na základě změn na vstupu.

Neméně důležitými jsou ale i vynálezy jednotlivých zařízení ke strojnímu zpracování a výrobě textilií a tkanin. V době průmyslové revoluce byl textilní průmysl jedním z největších odvětví výroby a postupně se stal ekonomicky nejrozsáhlejším ze všech (Paulinyi, 2002). Pro uspokojení potřeb trhu a zvýšení produktivity práce byl vymyšlen nespočet strojů a přípravků na urychlování a mechanizování jednotlivých kroků ve výrobě textilií. Roku 1785 si nechal Dr. Edmund Cartwright (1743-1823) patentovat svůj převratný vynález ručně poháněného tkacího stroje s vertikální osnou. Jednalo se o člověka, který neměl žádnou předchozí tkalcovskou praxi nebo znalosti podobně jako další vynálezci tkalcovských strojů tohoto období. Jelikož se jednalo o outsidersy tkalcovského světa, kteří nahlíželi na tkaní jako na sérii několika druhů pohybu po sobě a jejich cyklení stále dokola, stroje trpěly oproti ručnímu tkaní nedostatky. Cartwright si nechal v roce 1786 patentovat jeho vylepšení a následující dva podsystémy tkacích strojů. Ty již obsahovaly funkce jako třeba automatické odstavení stroje v případě poruchy. Jeho nápady byly promyšlené do nejmenšího technického detailu, ale z praktického tkalcovského hlediska byly nereálné a stroje byly poruchové. Několik dílen s nimi prodělalo kvůli tomu, že stroj měl menší produktivitu než ruční tkadlec, který ho stejně musel obsluhovat. Nejednalo se o praktický přínos, ale Cartwrightovy nápady byly stavebními kameny pro myšlenky a nápady dalších vynálezců přímo z textilního odvětví, kteří časem jeho ideu zdokonalili a v letech 1815 bylo

definitivně ve Velké Británii vytlačeno ruční postřihování strojním. Ruční potiskování textilu pak v roce 1832 (Paulinyi, 2002).

Ovšem o opravdový průlom v historii automatizace se jednalo okolo roku 1800, kdy francouz Joseph Jacquard sestrojil automaticky řízený programovatelný tkalcovský stav, který byl řízený vzorem látky na tuhém kartónu. V kartonu byly umístěny otvory, které snímalo snímací zařízení pomocí hmatadel, podobně jako jehla gramofonu. Na základě podnětu od otvoru v kartonu stroj z hmatadla převodem na páku určoval, jakou barvu vláken do textilie zanést. Takto se daly strojově tvořit vzorované tkaniny, přičemž program tkaní se dal relativně snadno změnit, protože tvorba kartonové předlohy nebyla časově ani technologicky náročná. Za konstrukci stroje bylo Jacquardovi uděleno členství ve francouzské Akademii Des Sciences (Lacko, 2000). Tento vynález byl funkčním předchůdcem programovatelných obráběcích strojů na děrné štítky a později na děrné pásky, které později umožnily rozvoj a vydláždily cestu NC strojům a dnešním CNC.

### **1.3 AUTOMATIZACE VE 2. PRŮMYSLOVÉ REVOLUCI**

O druhé průmyslové revoluci hovoříme ve spojitosti s elektrifikací výroby a zavedením elektřiny jako takové do běžného života lidí. V roce 1800 Alessandro Giuseppe Volta (1745-1827) představil první zdroj elektrické energie, což odstartovalo výzkum a pokusy s elektřinou a magnetismem (Štoll, 2009).

George Simon Ohm (1789-1854) o skoro tři desetiletí později v roce 1827 přišel se svým zákonem o vzájemné závislosti napětí, odporu a proudu na sobě. Dnes ho známe jako Ohmův zákon, pojednávající o tom, jak změna jedné veličiny ovlivňuje veličinu druhou a dodnes se jedná o jeden z hlavních zákonů fyziky (Štoll, 2009).

V roce 1831 popsal Michael Faraday (1791-1897) podstatu elektromagnetické indukce, když při použití dvou cívek navinutých na společném válcovém jádře, v té době ještě neznámém transformátoru, a následovněm připojení jedné z nich na zdroj napětí, na kterém střídavě přerušoval napětí, pak pomocí magnetu pozoroval, že se v druhé cívce indukují střídavé impulzy elektrického proudu. Toto bylo základním kamenem pro jakoukoliv výrobu elektrické energie v budoucnosti (Štoll, 2009).

Nikola Tesla (1856-1943) byl bezpochyby dalším a možná největším průkopníkem v modernějším rozvoji elektrifikace. Vynalezl generátory, transformátory, první asynchronní elektromotor, rozvodová zařízení vícefázových soustav nebo soustavy veřejného osvětlení. Za jeho objevy a vynálezy získal přes 700 patentů a zařízení, která navrhl před dvěma stoletími používáme dodnes a stojí na nich celá elektrická síť (Štoll, 2009).

První soustavu osvětlení, která byla dostupná veřejnosti však zkonstruoval a zhotovil Thomas Alva Edison (1847-1931), který také vynalezl žárovku tak, jak ji známe dnes. Mimo jiné také vynalezl uhlíkový mikrofon, nový typ dynama a zdokonalil psací stroj, na němž si vytvořila jméno společnost Remington, která se do té doby zabývala pouze výrobou zbraní. Roku 1879 vyrobil se svými spolupracovníky první žárovku se zuhelnatělým bavlněným vláknem, která měla životnost 45 hodin. Po dalším experimentování s různými materiály na vlákna žárovek se přiklonili k výrobě vláken nejprve ze speciálně upravené a zuhelněné nitrocelulosy a poté wolframu. Žárovky se začaly používat k osvětlování v divadlech, kde snižovaly riziko požáru kvůli odstavení provozu plynových svítidel. Navíc elektrické osvětlení dávalo široké možnosti snadného a přesného ovládní. Toto je jednou z věcí, které automatizace ve spojení s elektrifikací přinesla – přesné jednoduché řízení a regulaci. V Evropě bylo prvním elektricky osvětleným divadlem brněnské, a to v roce 1882, obnovené Národní divadlo pak o rok později (Mayer, 1997).

V této době však každý spotřebitel elektrické energie musel mít vlastní zdroj v podobě stejnosměrného dynama poháněného parním strojem. S cílem přinést elektrickou energii i malým podnikům nebo domácnostem Edison roku 1882 v odlehlé čtvrti New Yorku vybudoval první veřejnou elektrárnu. Zde dvě dynama o hmotnosti 27 tun napájela 85 domů na luxusním okolí Wall Street (Mayer, 1997).

Elektrifikace a asynchronní motory poskytovaly širší možnosti strojního obrábění, kdy bylo možné napájet celé haly plné soustruhů, frézek, lisů, bucharů a dalších strojů.

#### **1.4 AUTOMATIZACE VE 3. PRŮMYSLOVÉ REVOLUCI**

Zlomovým bodem pro období dnes označované jako třetí průmyslová revoluce bylo nejspíše to, kdy Henry Ford (1863-1947) zavedl první strojírenskou linku sériové pásové

výroby. Výrobní linka jako taková mu připisována být nemůže, protože jednotlivé dílčí části linky lidé používali již dlouho. Dokonce dopravníkové výrobní linky existovaly o více jak 70 let dříve než ta jeho, a to v potravinářském průmyslu. Nápad s efektivním využitím takové linky mu vnuknula bourací linka na prvních průmyslových jatkách v Cincinnati z roku 1845.

Kombinací jeho technického myšlení, inspirace na průmyslových jatkách a poznatků o ergonomii a normalizaci publikovaných Frederickem W. Taylorem (1856-1915) roku 1913 spustil první pásovou výrobu automobilů včetně její automatizace. Byla používána k výrobě Fordu Model T, jehož produkce díky lince rostla, snižovala cenu i dobu výroby na kus a tím zajišťovala firmě růst. Produkt se stával dostupnější široké veřejnosti, poptávka rostla a zároveň práce na lince byla dobře finančně ohodnocena, později Ford zavedl i osmihodinový pracovní den (Tesařík, 2014).

Dalším velkým milníkem ve vývoji automatizace i průmyslu samotného byl vývoj a zavedení prvních numericky řízených strojů, označovaných jako NC. Jednalo se o upravené klasické obráběcí stroje s elektricky řízenými hydromotory a později elektromotory. Byly doplněny o motory pohánějící ovládací prvky stroje a čtecí zařízení na děrné pásky, které představovaly jednoduché programy určující, jakým posuvem, na jakou pozici se má stroj posunout. Toto je období zhruba 40.-50. let v USA. Následně byly stroje a jejich řízení ovládány počítačem, což dnes známe jako pojem CNC. Nabízí větší možnosti, jednoduchost, program se dá měnit přímo ve stroji například kvůli korekci a není třeba skladování děrných štítků (Magaly, 2022).

Počítače sehrály v tomto období velkou roli a udaly směr, kterým se průmysl bude dále ubírat a na čem bude jeho podstata fungování stát. Poskytly možnosti efektivnější, přesnější výroby a řízení strojů, ale stále zachovávaly počty zaměstnanců v průmyslu, i když byly často kladené vyšší či jiné nároky na kvalifikaci pracovníků.

### **1.5 AUTOMATIZACE VE 4.PRŮMYSLOVÉ REVOLUCI**

O čtvrté průmyslové revoluci se mluví v posledních několika letech a podle odborníků stojíme na jejím počátku. Souvisí s implementací cloudových služeb, vzdáleného přístupu a řízení, robotizace a celkového propojení jednotlivých složek průmyslu, vývoje, výroby

a ekonomiky. Narozdíl od předchozích revolucí, kde byl jasně stanovený určitý spouštěč fyzický se zde začíná jednat spíše o nehmateľné softwarové oblasti vývoje. Hlavním motorem této revoluce je bezpochyby internet, který umožňuje sdílení dat, provázanost oborů a jednotlivých kroků výroby i na opačných polokoulích planety během zlomku sekundy.

V souvislosti se čtvrtou revolucí se hovoří o termínu Průmysl 4.0, který vznikl již v roce 2011, ale ve svém článku ho také popsal Klaus Schwab v roce 2018. Schwabova idea nedostatky dá přeložit přibližně takto: *“Čtvrtá průmyslová revoluce není pouhou vizí budoucnosti, ale měla by pobízet lidi k činům. Je to způsob jakým rozvíjet, zlepšovat a řídit technologie ve všech odvětvích průmyslu zároveň. Stojí na spolupráci jednotlivých odvětví, udržitelnosti, zachování důstojnosti všech lidí zaměstnaných v průmyslu a postavený na stejných základech zaručujících všeobecnou spokojenost. Jedná se o vizi na následujících 50 let.”* (Cagáňová, 2020).

Jedná se tedy o revoluci spíše v digitální sféře, souvisí se zapojením internetu, cloudových služeb a uložišť, CAD a CAM, 3D tiskáren, robotů, vzdálených přístupů a řízení. Důležitým prvkem je také internet věcí nebo zkráceně z angličtiny IoT (Internet of Things), což je síť zařízení, která obsahují elektroniku, procesory, čipy nebo senzory a mezi sebou komunikují, dochází k výměně nějakých informací a dat. Může působit na úrovni domácnosti, firmy, odvětví a globální (Cagáňová, 2020).

Automatizace již má v této revoluci podobně jako v té předchozí své místo pevně dané a je její nedílnou součástí, jejíž význam stále jen roste.

## **1.6 CO MŮŽEME ČEKAT V 5. PRŮMYSLOVÉ REVOLUCI?**

I když je současná úroveň průmyslu označena jako Průmysl 4.0 predikovaná na následujících 50 let, je možné, že během této doby lidstvo přijde s něčím převratným a započne tak novou revoluci průmyslu, výroby nebo materiálů. V současnosti v reálném čase lidstvo pozoruje rozvoj umělé inteligence, která se stává dostupnější běžnému člověku, zvládá již spoustu úkonů, rychle se učí a její vývoj i zapojení do různých výzkumů a projektů se těší oblibě. Můžeme tedy určitě očekávat, že následující průmyslová revoluce bude nějak souviset se zapojením AI (artificial intelligence z angličtiny) do výroby, bude

například řídit dílčí části výrobního procesu, kdy bude umět vyhodnocovat různé situace a konat v souladu s normami a předpisy k optimalizaci výrobního postupu. Je možné, že na toto nebude lidstvo muset dlouho čekat, pokrok se urychluje, technologie zdokonalují a již v minulosti se s každou další revolucí zkracovalo okno té předchozí, je proto možné tento trend očekávat znovu.

## 2 PŘEHLED AUTOMATŮ NA TRHU

Cílem projektu je realizace učební pomůcky ve formě kompaktního modulu, který bude bezpečný, dostatečně jednoduchý pro práci ve škole a zvládnou ho programovat i žáci vyšších ročníků základní školy. Na trhu se nachází široká škála automatů pro různá použití s rozličnými parametry a benefity v určitém směru oproti jiným zařízením. Je důležité si stanovit, co od automatu požadujeme, jaké funkce nám má poskytovat, jaký typ vstupů preferujeme, kolik jich potřebujeme, pro jaké napětí chceme modul koncipovat atd. Těchto faktorů ovlivňujících výběr je mnoho a blíže jsou přiblíženy dále v kapitole.

### 2.1 VYMEZENÍ POJMŮ

Nejprve je dobré si přiblížit a vysvětlit základní pojmy a principy fungování PLC automatů, což nalezneme v této podkapitole.

#### 2.1.1 PLC AUTOMAT

PLC je zkratka z anglického Programmable Logic Controller, což by se dalo přeložit jako programovatelný logický automat. Jedná se o uživatelsky programovatelný řídicí systém určený a přizpůsobený k řízení průmyslových a technologických procesů (Šmejkal Ladislav, 1999, s.32). Prvním produkčním PLC v historii byl Modicon model 084, a to v letech 1968-1969. V dnešním světě by mezi moderními automaty nevynikal, ale v té době toto zařízení vysoké přibližně jako průměrný dospělý člověk nabízelo širší a jednodušší možnosti než do toho okamžiku sestavy tisíců relé (Peterson, 2022). Občas se můžeme setkat taky s označením SPS, což je pouze označení z němčiny podobně jako třeba u svařování TIG a WIG, kde dvě zkratky označují to samé, jen vycházejí z jiného jazyka.

Automat v zásadě přijímá vstupní hodnoty, vyhodnocuje podle předem naprogramovaných, ale přizpůsobitelných předpisů a logických funkcí, jak upravit výstupy v závislosti na vstupních hodnotách a požadované funkci. Tímto nahrazuje ruční řízení, kde vstupní a výstupní hodnoty upravuje člověk a v historii se podobné jednodušší funkce řešily přes reléové obvody.

#### 2.1.2 VSTUPY A VÝSTUPY U PLC AUTOMATU

Jako vstupy se používají klasické ovládací prvky pro ruční řízení, tedy na vstupy jsou připojená tlačítka a snímače. Na základě stavu vstupních prvků PLC řídí a upravuje hodnoty



na výstupech. Na těch bývají připojené kontrolky, krokové motory, elektromotory, pneumatické a hydraulické rozvaděče nebo v zásadě jakékoliv spotřebiče a zařízení, které můžeme skrze PLC řídit.

### **Analogové vstupy**

Spojité signály nabývající jakýchkoliv hodnot v předem určeném rozmezí, kdy například u napětí v rozmezí od 0 V do 5 V, se kterým se setkáme v dnešním osobním automobilu prakticky na jakékoliv motorové elektroinstalaci může nabývat jakékoliv hodnoty mezi 0 V a 5 V.

### **Digitální binární vstupy**

Narozdíl od analogových vstupů binární vstupy nabývají pouze logických úrovní 0 nebo 1. Opět na tom samém příkladu může plné napětí 5 V znamenat logickou 1 a žádné napětí 0 V znamenat logickou 0.

#### **2.1.3 SENZORY A SNÍMAČE**

K získávání vstupních hodnot používáme různé typy snímačů, pro různé veličiny, prostředí a specifická použití. Co se principu jejich funkce týče, pak volíme z těchto.

- **Kapacitní snímač** funguje na principu změny snímané kapacity. Ta vzniká přiblížením objektu do elektrického pole mezi dvěma elektrodami kondenzátoru. Celý senzor funguje na principu vysokofrekvenčního RC obvodu. Komparátor sleduje změny kapacity, když je předmět od elektrostatického pole daleko, nezaznamená nic, když se přiblíží, kapacita roste a podle citlivosti senzoru sepne. Ta se odvíjí od konstrukce, včetně použitých materiálů (Beneš et al., 2012).
- **Indukční snímač** je senzor využívající Faradayových zákonů. Měřicí cívka je připojena na střídavý proud, okolo ní se vytváří magnetické pole a pokud se do něj přiblíží kovový předmět, pak se v něm podle právě Faradayova zákona indukují vířivé proudy. Měřicím členem je oscilátor, který měří kmitočet v magnetickém poli a přibližováním kovového předmětu se mění. Po dosažení určité hodnoty snímač sepne. Typicky se tyto senzory využívají ke snímání polohy nebo posunu (Beneš et al., 2012).

- **Optoelektrické senzory** se dají rozdělit na dvě kategorie, a to na **jednocestné světelné závory**, které z jednoho místa vysílají světelný paprsek a v druhém místě ho přijímají. Jestliže se paprsek přeruší, přijímač ho přestane detekovat a obvod sepne na výstupu. Toto se typicky používá jako bezpečnostní spínač u různých strojů, najdeme ho například na programovatelném řezacím plotteru firmy Zünd. Druhou kategorií těchto snímačů, jsou **reflexní světelné závory**. Ty využívají odrazu paprsku, který je vyslán i přijímán ze stejného snímače kombinujícího obě funkce. K odrazu se využívá speciálně tvarovaných odrazek. Pokud se do trajektorie paprsku postaví předmět, dojde k přerušení a sepnutí obvodu. Použití je podobné jako u jednocestné světelné závory. Poslední kategorií je variace reflexního snímače. Jedná se o **difúzní senzory**, které nahrazují odrazku přímo samotným objektem přerušujícím paprsek (Beneš et al., 2012).
- **Ultrazvukové senzory polohy** jsou senzory, které pracují podobně jako optoelektrické difúzní senzory, ale s rozdílem, že místo světelného paprsku vysílají a přijímají ultrazvukové vlny. Ultrazvukový měnič vyšle krátkou sekvenci pulzů, přepne do přijímacího režimu a očekává příjem odražených vln. Porovná signál vyslaný a přijatý a dle toho určuje vzdálenost objektu, o který se signál odrazil (Beneš et al., 2012).
- **Magnetické senzory** fungují na principu změny magnetického pole, jako čidlo se používají magnetorezistory nebo Hallovy sondy. Čidla při působení magnetického pole zvětšují svůj odpor a při změně vysílají signál k sepnutí. Použití je pro koncové polohy posuvů u pneumatických a hydraulických pohonů (Beneš et al., 2012). Jednodušší variantou je jazýčkový magnetický spínač, který při zmagnetizování spíná, a tedy funguje jako primitivní čidlo.
- **Kontrolky** slouží k signalizaci. Jsou napojeny na jednotlivá čidla a mohou signalizovat dosažení koncové polohy, změnu smyslu otáčení servomotoru, aktivaci nějakého obvodu na základě dat z jiného senzoru a podobně. Slouží člověku pro lepší přehled nad děním okolo přístroje.

#### **2.1.4 ZÁKLADNÍ LOGICKÉ FUNKCE**

PLC ve své podstatě používá několik logických funkcí, pomocí kterých se tvoří program definující jeho práci a její podmínky. Zde jsou ty nejčastěji používané (Beneš et al., 2012).

##### **AND – logický součin nebo konjunkce**

Logický součin je roven jedné pouze pokud jsou všechny jeho vstupní signály rovny jedné. Kdykoliv je některý ze vstupů roven nule, je součin roven nule.

##### **NOT – negace nebo inverze**

Je to nejjednodušší logická funkce, která má vždy jeden vstup a jeden výstup. Výstup je vždy opakem vstupu.

##### **OR – logický součet nebo disjunkce**

Logický součet je roven nule pouze pokud jsou všechny jeho vstupní proměnné rovny nule. Tedy jakmile je v součtu alespoň jedna proměnná rovna jedné, celý součet je roven jedné.

##### **NAND – negovaný logický součin nebo Shefferova funkce**

Negovaný logický součin je roven jedné pouze v případě, že je alespoň jedna ze vstupních proměnných rovna nule. Tedy je roven nule pouze v případě, že jsou všechny jeho vstupní proměnné rovny jedné.

##### **NOR – negovaný logický součet nebo Pierceova funkce**

Negovaný logický součet je roven jedné pouze v případě, že se všechny jeho vstupní proměnné rovnají nule, tedy ani jedna se nesmí rovnat jedné. Je roven nule v případě, že alespoň jedna vstupní proměnná je rovna jedné.

##### **XOR – neshoda nebo exkluzivní součet**

Neshoda se rovná jedné pouze v případě, kdy je pouze jedna z proměnných rovna jedné. Vstupy se tedy musí lišit. Pouze v případě, že jsou vstupy 0 a 1 nebo opačně bude funkce rovna jedné.

##### **XNOR – shoda nebo ekvivalence**

Shoda je opakem XOR a je tedy rovna jedné pouze pokud se vstupní hodnoty shodují. Pokud jsou vstupy 0 a 0 nebo 1 a 1, funkce se rovná jedné.

## 2.2 DRUHY PLC AUTOMATŮ

V zásadě rozdělujeme PLC automaty na dva druhy, a to podle jejich konstrukčního provedení, konkrétněji na tyto dva.

**Modulární PLC** jsou zařízení určená k napájení a řízení velkých systémů a objektů. Nabízejí velké množství vstupů a výstupů až v řádech stovek nebo tisíců, výjimečně až desetitisíců. Vyznačují se velkým výpočetním výkonem, ale také velmi vysokou cenou. Modulární PLC se sestavuje tak, že se do rámu nebo zadního krytu zařízení připojují vhodné moduly, které rozšiřují funkce a možnosti zařízení. K dispozici jsou běžně v provedeních 24, 120 a 230 V. Z výčtu modulů pro rozšíření jsou dostupné například moduly pro komunikaci, pro měření polohy přírůstkovými snímači, pro rychlé čítání nebo pro řízení elektromotorů a servomotorů. Často bývají napojeny na záložní zdroj energie UPS, protože se jedná o velice složité systémy a při nečekaném vypnutí by mohlo dojít k poškození dílčích modulů (Beneš et al., 2012).

**Kompaktní PLC** jsou druhou skupinou logických automatů, co se konstrukce týče. Skládají se z centrální jednotky umístěné v kompaktním pouzdře často montovaném na DIN lištu stejně jako třeba jističe napětí v rozvaděčové skříni elektroinstalace. Z centrální jednotky vede několik vstupů a výstupů, většinou v řádech jednotek, výjimečně v počtech nízkých desítek. Ty lze rozšířit o přídavné moduly, které mohou obsahovat rozsáhlejší funkce nebo komplexnější čidla. Díky těmto rozšiřujícím modulům je možné i u kompaktních zařízení zvýšit počet vstupů a výstupů na desítky a obsáhnout tak potřebné počty vstupních hodnot či výstupů pro ovládání složitějších operací jako třeba elektromotory s oběma smysly otáčení či regulací otáček. Kompaktní PLC nabízejí v dnešní moderní podobě již vysoký výpočetní výkon v malém skladném provedení za velice dostupné pořizovací ceny oproti modulárním automatům. Slouží obvykle k řízení jednodušších a méně obsáhlých zařízení, často se využívají i v chytrých domácnostech nebo hobby projektech, což je umožněno díky jejich nízkým pořizovacím cenám (Beneš et al., 2012).

## 2.3 VÝČET VHODNÝCH AUTOMATŮ NA TRHU

Zde se blíže podíváme na několik automatů, které by byly vhodné pro dané použití. Každý z nich vyniká v nějakém ohledu, hodí se pro trochu jinou aplikaci, ale přesto nabízejí často podobné funkce a bylo by s nimi možno vytvořit různorodé výukové moduly.

### 2.3.1 SEA PLC

Firma SEA Praha je soukromá česká firma vyvíjející a vyrábějící GSM zařízení a programovatelné automaty FATEK od roku 1992. Nabízí PLC několika různých řad, co se týče jejich rozšiřitelnosti, počtu vstupů, druhu napájení a hlavně ceny (SEA Praha, 2024).

#### **FAC B1Z**

Jedná se o řadu nerozšiřovatelných základních jednotek, které se vyznačují svou nízkou pořizovací cenou, která se pohybuje v rozmezí mezi 2 359 Kč bez DPH a 7 278 Kč bez DPH. Počty vstupů jsou v rozmezí 6 až 36 přičemž nabízejí rozdělení na „high speed vstupy“ a „medium speed vstupy“ podle kmitočtu vstupního signálu 50 KHz a 5 KHz. Počty výstupů jsou od 4 do 24 a to jak reléových, tak tranzistorových, které nabízejí opět různé frekvence výstupních signálů. Všechny varianty je možno napájet buď na 24 V stejnosměrného proudu nebo 230 V střídavého proudu. Každá jednotka má v sobě pevně zabudované porty pro zapisování a úpravy programu, jednotky neobsahují obvod reálného času RTC, tedy kalendář. Je k nim možno připojit dotykový panel a paměťový modul, tím ovšem jejich modifikace končí.

#### **FAC B1**

Jedná se o podobnou koncepci jako u B1Z, ale zásadním rozdílem je to, že tato PLC jsou již rozšiřitelná dalšími přídatnými moduly. Konfigurace vstupů a výstupů, napájení i programování je stejná a nabídka taktéž, je opět možné volit jakoukoliv kombinaci. Obsahuje již obvod reálného času a nabízí připojení OLED displeje s tlačítky přes jeden z programovacích portů. Tyto jednotky začínají na 2 484 Kč bez DPH a nejvyšší modifikace končí na 7 682 Kč bez DPH.

## **FAC FBS**

Zde jde již o složitější zařízení, k řízení pohonů a NC strojů, což se odráží i na jeho ceně, která se pohybuje od 3 128 Kč bez DPH za základní varianty až do 18 845 Kč bez DPH za nejlépe vybavené konfigurace. Disponuje vstupy a výstupy různých charakteristik, ale vzhledem k jeho složitosti není třeba zabíhat do detailů, protože pro aplikaci ve výukovém modulu je toto zařízení až zbytečně komplikované a drahé.

### **2.3.2 UNIPI**

Unipi je opět česká firma vyvíjející a vyrábějící PLC, řídicí jednotky a senzory sídlící v Brně. Na trhu je od roku 2014 a výrobky expeduje do více jak 65 zemí světa. Cílí jak na chytré domácnosti, tak na komplexní a obsáhlá průmyslová využití (Unipi Technology, 2024).

#### **Unipi 1.1**

Jedná se o rozšiřující modul pro počítač Rapsberry Pi, který je běžně dostupný na konvenčních obchodech s elektronikou. V kombinaci s ním funguje jako programovatelný řídicí kontroler. Nabízí ve své základní konfiguraci 8 přepínacích relé, 12+2 digitální vstupy, jeden analogový výstup a dva analogové vstupy. Jde o složitější zařízení na zapojení, ale s cenovkou 3 505 Kč bez DPH nabízí široké možnosti využití a snadné rozšiřování. Je ovšem třeba počítat ještě s částkou přibližně 2 000 Kč bez DPH za počítač Rapsberry Pi, bez kterého modul nefunguje, ale i tak je cena stále přívětivá a bývá častou volbou pro realizaci chytrých domácností.

#### **Neuron**

Zde se již jedná o PLC sám o sobě vyráběný ve velikostech S, M a L dle počtu vstupů a výstupů. Například varianta S nabízí 4 digitální vstupy a výstupy a u analogových vstupů a výstupů po jednom, zatímco varianta L už nabízí až 36 digitálních vstupů. Všechna provedení je možné objednat ve verzi s GSM modulem a slotem na SIM kartu pro vzdálený přístup a datům z kontroleru. Ceny se pohybují od 7 430 Kč bez DPH do 17 343 Kč bez DPH.

#### **Patron**

Jde o vylepšenou variantu řady Neuron uloženou v hliníkovém šasi místo plastového, místo GSM modulu disponuje LTE modulem pro připojení k výkonné síti a celkově má zařízení vyšší výkon, je vlajkovou lodí společnosti v oblasti PLC. K dostání je opět ve variantách S, M

a L se stejnými počty vstupů a výstupů jako Neuron pro jednotlivé velikosti. Cenově je možné pořídit zařízení řady Patron od 9 496 Kč bez DPH do 19 413 Kč bez DPH.

### **2.3.3 SIEMENS**

Siemens AG je německá firma celosvětového měřítka zaměřená na výrobu a vývoj elektroniky a výpočetní techniky obecně. Mimo jiné se specializuje i na výrobu PLC a celých automatizačních systémů nazvaných SIMATIC, z nichž některé jsou velmi dostupné a oproti konkurenci mohou nabídnout hned několik výhod (Siemens Česká republika, 2024).

#### **LOGO!**

Logo je řadou kompaktních PLC od společnosti Siemens, dnes je na trhu již osmá generace LOGO! 8. Zařízení LOGO! vynikají svými malými rozměry a uchycením na DIN lištu již v základu, kdežto u konkurenčních výrobců se za tento způsob montáže často připlácí zvlášť. Velkou výhodou LOGO! je jistě to, že už v nejnižších konfiguracích má předem zabudované funkce jako časovače a to týdenní, měsíční, roční a uživatelské, což jsou funkce, které je obvykle třeba naprogramovat, ale společnost Siemens je instaluje jako upravitelnou šablonu do softwaru zařízení standardně. K programování je používán intuitivní software LOGO! Soft Comfort, který nabízí grafické programování pomocí předdefinovaných funkcí, kterým uživatel zadává své požadavky a atributy. Moduly LOGO! je možné koupit s displejem nebo bez. Displej a několik posilikonovaných tlačítek umožňuje rychlé změny v programu, jeho spouštění přímo v zařízení nebo výběr jiného nahraného souboru. Nabízí také až 24 digitálních vstupů, 20 digitálních výstupů a 8 analogových vstupů i výstupů. Pracovat dovede při napětí 12 nebo 24 V stejnosměrného elektrického proudu nebo 230 V střídavého. Cenově se pohybujeme dle výbavy mezi 2 785 Kč bez DPH a 3 824 Kč bez DPH.

#### **Rozšiřující moduly LOGO!**

Siemens nabízí škálu rozšiřujících modulů vzhledem k tomu, že LOGO! samotné neposkytuje takový počet vstupů a výstupů jako konkurenční zařízení, obvykle 8 vstupů a 8 výstupů, což není mnoho. Tyto moduly umožňují navyšovat vstupy o 24 digitálních, 8 analogových a výstupy o 20 digitálních a 8 analogových. Pokud je základní PLC napájeno 230 V stejnosměrného proudu, je možné navýšit zapojováním těchto rozšiřujících modulů

LOGO! až na počty vstupů a výstupů okolo 80. Tyto moduly jsou rozlišené na analogové a digitální, kdy jedním modulem je možné přidávat pouze vstupy a výstupy jednoho typu. Pořizovací ceny těchto rozšíření se pohybují dle konfigurace mezi 1 645 až 3 165 Kč bez DPH.

### **LOGO! Soft Comfort**

Jedná se o programovací software pro zařízení z řady SIMATIC a společnosti Siemens se podařilo vytvořit program, ve kterém zvládne vytvořit jednoduché příkazy a programy úplně každý, a proto zde dostává detailní pohled. Prostředí a ovládání je velmi intuitivní a jednoduché, ale možnosti programu velké. Uživatel vybírá ze seznamu 43 bloků předdefinovaných funkcí a logických operací, které kurzorem vytahuje na pracovní plochu, kde je následně mezi sebou propojuje tahy kurzorem. Každý umístěný prvek programu má zobrazeny jednotlivé vstupy a výstupy, na které je možno napojovat cesty. Dvojklikem na prvek uživatel zobrazí a edituje atributy funkce dle potřeby. Před spuštěním nahraného programu do fyzického systému software nabízí přesnou a názornou simulaci, kde indikuje chyby, spuštěné vstupy a časovače zobrazuje v reálném čase. Cena programu je 1237 Kč bez DPH a jakékoliv další verze jsou dále zdarma.

### **2.3.4 VELOCIO**

Velocio je společnost nabízející PLC velmi kompaktních rozměrů za nízké pořizovací ceny, vhodné spíše na hobby použití (Velocio Networks, 2024).

### **ACE**

Velocio ACE je samostatné PLC o rozměrech pouze 64 x 64 x 26 mm což výrobce udává jako nejmenší PLC na světě. V porovnání například se Siemens LOGO! o podobných parametrech, které měří 71,5 x 90 x 59,8 mm je zařízení ACE opravdu malé. Je nabízeno v celkem čtyřiaadvaceti variantách. Nejjednodušší a nejlevnější modul začíná na 6 digitálních vstupech a výstupech a postupně může nabýt až na 18 a 24 digitálních vstupů a výstupů, k nimž se různě přiřazují i vstupy a výstupy analogové. Nejnižší modifikace kontroleru ACE začíná na necelých 1 400 Kč bez DPH, což jsou opravdu nízké pořizovací náklady. V potaz musíme vzít ještě to, že programovací softwary vBuilder a vFactory jsou dostupné zdarma, což nebývá úplně běžné a u konkurenčních PLC je nutné za software připlatit. Nabízejí podobně jako LOGO! Soft Comfort blokové funkce, které si uživatel dodefinuje a graficky



na ploše vytváří jednotlivé logické obvody. Naopak oproti například Siemens LOGO! je třeba dokoupit si adaptér pro přichycení modulu na DIN lištu pro montáž v rozvaděčové skříni, ale podobně jako u modulu samotného jsou ceny příslušenství velmi příznivé. Oproti ostatním zařízením Ace nabízí možnost ke každé dostupné kombinaci vstupů a výstupů variantu s nebo bez teplotního čidla, což většina PLC obsahuje až s rozšiřujícími moduly. Podobnou výhodou je například i simulační modul, který pomocí diod podle počtu výstupů a vstupů rozsvěcí a zhasíná jednotlivé diody a tím jednoduše, ale přesně zobrazuje, zda napsaný program funguje.

### **2.3.5 TECO**

Teco je česká společnost vzniklá oddělením a osamostatněním divize automatizační techniky ze společnosti TESLA Kolín v roce 1993. Je předním českým výrobcem průmyslových řídicích systémů PLC. Jelikož se jedná o spíše opravdu průmyslové, výkonná PLC, projevuje se to u na jejich cenách a větší složitosti.

#### **Tecomat Foxtrot 2**

Tecomat Foxtrot 2 je aktuální řada PLC od společnosti Teco. Jedná se o zařízení s vysokým výpočetním výkonem používané například k řízení dílčích částí CNC strojů. Zařízení jsou napájena 24 V stejnosměrného proudu. Nabízí 7 až 11 digitálních vstupů, 2 až 11 digitálních výstupů a 4 až 8 vstupů analogových. Nabízí také sloty na USB komunikační kabel RS-232 jako téměř všechna ostatní PLC a sloty na SD karty až do velikosti 1TB pro zaznamenávání dat nebo uchovávání programů. Všechny varianty modulu jsou dostupné jen s displejem o velikosti 55 x 13 mm, bez něj se zařízení nevyrábí. Celkové rozměry PLC jsou oproti například Siemens LOGO! nebo Velocio Ace větší, proto ho není možné využít do aplikace, kde je kladen důraz na zachování malých rozměrů celé sestavy. Je ho opět možné rozšířit jak o počty vstupů a výstupů, tak o specifické rozšiřovací moduly pro monitorování různých veličin a parametřů. Pořizovací cena oproti dalším PLC je také vyšší, začíná na zhruba 13 781 Kč bez DPH a za nejlépe vybavené verze zákazník zaplatí až 25 899 Kč bez DPH. K tomu je třeba přičíst ještě 7 043 Kč bez DPH za programovací software Mosaic Compact+ anebo 10 764 Kč bez DPH za verzi Profi+. Jde o skutečně schopná zařízení k řízení náročných a složitých operací, a proto by na ně volba pro tvorbu výukového modulu padla asi pouze v případě, že bude velmi

obsáhlý. Dříve společnost Teco vyráběla i menší, dostupnější PLC, ale jejich výroba a podpora již skončila. Tato PLC by se na tuto aplikaci hodila více, ale zřejmě kvůli velké konkurenci mezi malými PLC je společnost přestala nabízet.

### 3 VOLBA VHODNÉHO AUTOMATU

V tuto chvíli bylo třeba vybrat jednoho z mnoha detailněji přiblížených kandidátů pro tvorbu výukového modulu. Bylo důležité si stanovit rozhodující kritéria při výběru vhodného automatu pro naše potřeby.

- První myšlenkou bylo, že s modulem mají pracovat děti druhého stupně základní školy, měl by tedy být bezpečný, což by platilo i pro středoškolské studenty, ale tam by asi mohla být předpokládána určitá specializace například na průmyslových školách a automat by tím pádem mohl být složitější a výkonnější. Pro základní školu bylo zvoleno 12 nebo 24 V napájecího napětí;
- Aby byla umožněna určitá variabilita a modulu se daly nějaké možnosti pro jednotlivé úlohy a jejich složitost, bylo nutno cílit hlavně na digitální binární vstupy, které umožní připojit k modulu tlačítka, spínače a další běžné ovládací prvky, pomocí kterých se dále bude celé zařízení řídit. Ideální počet by mohl být například 6 až 10. Je třeba vzít v potaz to, že funkce AND, OR nebo NOT kombinují více vstupů dohromady, kde se slučují nebo vylučují, takže je lepší si navolit vstupních ovládacích prvků více, a poté nacházet další kombinace než dojít k závěru, že je třeba modul rozšířit a složitě řešit, kam a jak rozšiřující modul umístit;
- Analogové vstupy nejsou úplně důležité, dávaly by samozřejmě určitou variabilitu, kdy by měřením nějaké veličiny a dosažením určité hodnoty došlo ke spuštění nějaké funkce. V této konfiguraci modulu tohoto nebylo využito, ale analogové vstupy mohou být dobrou alternativou pro navyšování funkcí a možností modulu.;
- Počet výstupů je obecně čím vyšší, tím lepší, ale v zásadě se dá říci, že moduly měly více vstupů než výstupů, a proto zde nebylo moc z čeho vybírat, ale možnosti se jistě alespoň trochu různily;
- Vzhledem k tomu, že modul mají programovat žáci ve věku 11 – 15 let bylo důležité brát ohled i na programovací prostředí softwaru. Ideálně, aby bylo intuitivní, přehledné, funkce předdefinované a studenti zvládali bez větších obtíží tvořit funkce a úkoly dle zadání;
- A v poslední řadě byla velkým kritériem dozajisté pořizovací cena modulu, protože školní pomůcky bývají často velice drahé. Hezké přirovnání nabízí například produkt

Miniserver od společnosti Loxone. Jedná se vlastně také o PLC, ale je nabízeno i v takzvaném packetu Demokuf, kde se nachází PLC a několik prvků, které může ovládat. Toto je důvodem, proč ho nenajdeme v předchozím výčtu jednotlivých potencionálně vhodných zařízení pro tento projekt. Celý kuf, je možno přes kabel připojit k počítači a lze na něm simulovat jednoduché automatizační úkony. Demokuf a jeho příslušenství se nechá pořídit za 26 399 Kč bez DPH (Loxone Shop, 2024). Proto by bylo dobré, kdyby se tento ručně vyráběný a sestavený modul dostal cenově pod podobné částky, vzhledem k tomu, že je třeba investovat čas a úsilí do jeho výroby. Pokud by měl být dražší, pak bylo třeba zvážit, zda se opravdu vyplatí ho konstruovat a zda se okolo 30 tisíc korun nedal koupit již hotový modul, který by nabízel to, co je po něm požadováno;

- K ceně bylo potřeba připočítat i to, že některé společnosti nenabízely programovací software zdarma nebo nebyl započítán v pořizovací ceně samotného PLC modulu. Zdarma poskytovaný program byl tedy velkou výhodou.

### 3.1 POROVNÁNÍ VYBRANÝCH AUTOMATŮ

Zde se blíže podíváme na porovnání parametrů jednotlivých zařízení pro názornější přehled a zobrazení vhodných předpokladů pro použití k tvorbě výukové pomůcky. Pro srovnání v následující tabulce byly vybrány PLC s co možná nejpodobnějšími specifikacemi, jež byly zmíněny v předešlé podkapitole, co se počtů vstupů a výstupů a podobných vlastností týče, a to z důvodu, aby bylo srovnání vyrovnané. Informace získané na základě dat od SEA Praha (2024), Unipi Technology (2024), Siemens Česká republika (2024), Velocio Networks (2024), Tecu Catalog (2024).

Tabulka 1: Přehled vybraných automatů

Výrobce zařízení	SEA PLC	Unipi	Siemens	Velocio	Teco
Modelová řada	FAC B1	Neuron	LOGO!	ACE	Foxtrot 2
Označení modelu	B1-14MR25-D24S	S103 (RPi3)	LOGO! 8	ACE 1430	CP-2005.11NSNN
Počet digitálních vstupů	8	4	8 (4)	6	6
Počet analogových vstupů	0	1	(4)	0	6
Počet digitálních výstupů	6	4	4	12	6
Počet analogových výstupů	0	1	0	0	2
Napájení	DC 24 V	DC 24 V	DC 12/24 V, AC/DC 240 V	DC 5-28 V	DC 24 V
Rozměry (D x V x Š)	90 x 60 x 32	90 x 70 x 60	90 x 71,5 x 60	64 x 64 x 26	105 x 90 x 92
Programovací software	FAC-LADDER (zdarma)	Mervis (zdarma k PLC)	LOGO! Soft Comfort	vBuilder/ vFactory (zdarma)	Mosaic v2018.2 a výš
Cena konkrétní konfigurace	3753 Kč bez DPH	6 603 Kč bez DPH	3 874 Kč bez DPH	2 685 Kč bez DPH	15 336 Kč bez DPH

### 3.2 VÝBĚR FINÁLNÍHO ZAŘÍZENÍ

Při pohledu do tabulky a zvážení požadavků na PLC pro aplikaci ve výukovém modulu vypadala všechna zařízení podobně. Pokud bychom brali v potaz rozměry a vysokou pořizovací cenu, bylo možné vyřadit Foxtrot 2 vyráběný společností Teco. Pro použití v modulu pro děti základní školy se jedná i o zbytečně složitě zařízení na zapojení i programování. Dále se 3 zařízení více či méně podobala. Jednalo se o Siemens LOGO!, Sea FAC B1 a UNIPI Neuron. Ta se podobala počty i charakteristikou vstupů a výstupů, napájením. LOGO! zaostávalo za ostatními díky placenému programovacímu softwaru, ale zase Unipi Neuron byl zase skoro jednou tak drahý v porovnání s dalšími PLC.

Jednoznačně nejlépe vycházelo PLC ACE od společnosti Velocio a to ve všech jeho variantách. Cenově bylo velice příznivé, mělo široké a zajímavé možnosti kombinací vstupů a výstupů, navrch mělo rozhodně i díky skutečně kapesním rozměrům, teplotnímu čidlu nabízejícímu různorodé vstupy bez rozšiřování modulu a zdarma dostupnému softwaru. Pokud by byl konstruován podobný modul znovu, volba by padla určitě na Velocio ACE.

Pro tento modul bylo využito LOGO! od společnosti Siemens. Bylo k projektu nabídnuto katedrou, již se s ním v minulosti pracovalo, ale nikdy nebylo zapojeno do složitějšího systému. K němu byl katedrou na disku dodán i software LOGO! Soft Comfort, takže byla k dispozici kompletní hardwarová i softwarová část PLC.

## 4 REALIZACE UČEBNÍ POMŮCKY

V následující kapitole se blíže seznámíme s návrhem, prvotním rozvržením pomůcky, realizace jejích komponent, které budou jednotlivě přiblíženy.

### 4.1 NÁVRH

Rozvržením, promyšlením a naskicováním by měla začínat každá výroba. Proto byly stanoveny vlastnosti, které měl automat mít.

Cílem bylo vytvořit mobilní a kompaktní výukovou pomůcku, a tím pádem byla snaha najít způsob, jakým PLC, ovládací prvky, výstupní prvky i celé zapojení bezpečně, ale rozebíratelně uzavřít do nějaké schránky. První volba padla na plastový box na potraviny s víčkem, bylo ho totiž možné snadno otevřít, nebylo třeba nic vyrábět, byl cenově dostupný a byl k dostání v několika rozměrech. Zároveň se s plastem snadno pracovalo, jednoduše se do něj vrtalo a tím upevňovaly ovládací a ovládané prvky. Ten sloužil pouze pro otestování prototypu pomůcky a následně byla celá instalaci přemístěna do duralového vlastnoručně vyráběného obalu.

Dále bylo pevně nastaveno, že k dispozici bylo osm vstupů a dalším cílem při vyvíjení výukové pomůcky bylo to, aby nebyla jednoúčelová. Aby se dala snadno a jednoduše přestavět nebo pouze přeprogramovat a mohla nabízet o trochu jiné úlohy a automatizační úkony. Různorodá variace ovládacích vstupních prvků byla tedy nezbytná, a to i pro srozumitelnost ovládání.

Podobně se uvažovalo o výstupech, které mělo PLC řídit. Diody pro signalizaci sepnutí nějakého okruhu nebo funkce byly zvoleny v rozlišných barvách, opět pro srozumitelnost a názornost celého modulu. Dále bylo zapotřebí zakomponovat malý elektromotor, který by bylo možné řídit ve dvou směrech, nastavovat čas běhu motoru v jednom a druhém smyslu otáčení a podobně. Zkrátka se mělo opět jednat o různorodé možnosti úloh a jejich rozmanitost, což je výhodné pro udržení pozornosti a zájmu dětí o práci s pomůckou.

### 4.2 REALIZACE

Nyní se blíže seznámíme s výrobou jednotlivých komponent modulu. Budou zde přiblíženy pracovní postupy a použité technologie.

#### 4.2.1 SCHRÁNKA VÝUKOVÉ POMŮCKY

Jak bylo již zmíněno, nejprve bylo třeba otestovat možné rozměry modulu a zapojení v plastovém boxu. Nakonec byl vyroben přesný kovový box, do kterého se veškerá elektroinstalace uzavřela.

Jako materiál byl zvolen dural EN-AW 7020, což je slitina hliníku, hořčíku a křemíku a dalších legur. Nabízí skvělé vlastnosti, ve kterých kombinuje nízkou hmotnost, vysokou pevnost oproti plastu použitému na prototypu, ale menší než například ocel. Pomůcka by neměla být nijak výrazně namáhána, a proto nebyly mechanické vlastnosti železných slitin podstatné a volil se lehčí dural, který je slitinou hliníku a dalších kovů, což je i důvodem jeho snazšího obrábění. Toto bylo při ručním zpracování výhodou. Jediné, s čím se muselo počítat je to, že oproti oceli „zalepuje“ nástroje jako jsou pily, pilníky nebo třeba frézy a při upínání se snáze mechanicky poškodí. Například se snadno poškrábe o rýsovací desku nebo otlačí čelistmi svěráku.

Ovládací prvky modulu byly umístěny na horní stranu boxu, stejně tak i displej a konektor pro zapojení programovacího kabelu pro Siemens LOGO!. Rozměry horní plochy obalu byly zvoleny 280 x 180 mm, výška modulu byla stanovena na 90 mm a na spodní straně 20 mm široký lem, do kterého lze montovat kryt dna. Snahou bylo zachovat čistý a hladký obal bez spár při pohledu na pět pohledových stran modulu při používání, s tím že se otevírá zespodu. Byl tedy vytvořen rozvin, který byl rozkreslen na plech a tvar pečlivě vyříznut. Dále bylo třeba polotovar zbavit ostrých hran, srazit otřepy a pomocí příložníku a upínek na rýsovací desce naohýbat ručně celý tvar včetně spodního lemu.

V další fázi byly všechny plochy, kde měl být materiál svařovaný očištěny rounem, aby byl povrch zbaven oxidace, nečistot a mastnoty či vlhkosti. Ke svařování byla využita metoda AC TIG. Tato metoda vyžaduje dokonale čistý materiál, elektrodu i přídavný materiál, proto bylo nutné si nově nabrousit wolframovou elektrodu a vytvořit celkem osm svarů o celkové délce asi 440 mm. Po svařování se nechal svařenec vychladnout, na rovnací desce se jemně srovnal a několik dní stál, aby svarový materiál vytvrdnul, protože slitiny z řady EN-AW 7XXX a tedy i 7020 jsou slitiny, které po svařování opět získávají svou původní tvrdost po několika dnech až týdnech „zrání“. Následně byly svary obroušeny smirkem a rounem

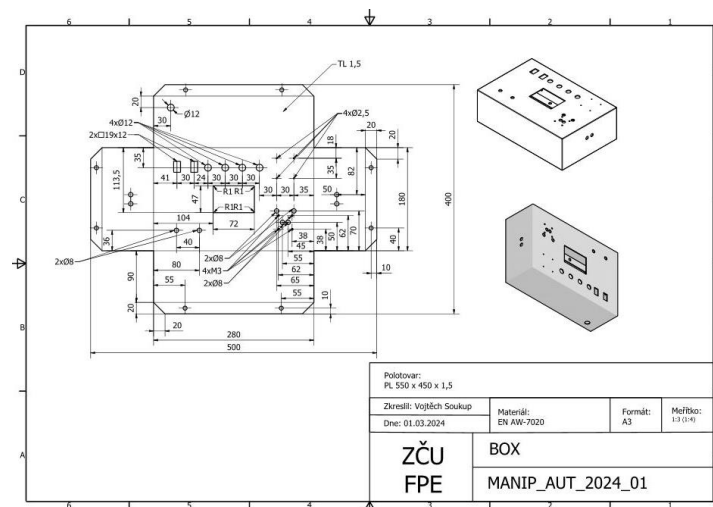
na pásové brusce do vytracena a příložníkem a kladívkem vyrovnány případné důlky v plechu na ocelové rýsovací desce.

Dále byly umístěny otvory pro tlačítka a spínače v horní části plochy, doprostřed byl vyříznut otvor pro displej a do spodní části plochy umístěny otvory pro diody a elektromotor. K vrtání větších otvorů byl použit stupňovitý vrták, protože u vrtání do plechu riskujeme u klasického dvoubřitého šroubovitého vrtáku jeho zaseknutí a zahýbání plechu okolo otvoru, kdy „namotá“ materiál na sebe. Stupňovitý vrták toto riziko v kombinaci s vysokými otáčkami a nízkou rychlostí posuvu eliminuje a umožňuje vrtat pohodlně i velké průměry děr.

Následně byl na spodní stranu zadní stěny boxu umístěn otvor pro napájecí konektor z trafodroje a na boky dva a dva otvory ve výšce 60 mm od spodní hrany, skrz které byl následně nabodován držák DIN lišty, na kterou se PLC Siemens LOGO! připevňuje.

Jako poslední krok byly do lemu na dně schránky vyvrtány otvory o průměru 7 mm pro nýtovací závitové matice M5 a následně byly namontovány. Ty umožnily pohodlné našroubování dolního víka na modul nebo jeho otevření při případném servisu či modifikaci.

Celý box byl úplně za závěr nalakován práškovou barvou RAL 9005 a následně ještě tenkou vrstvou transparentního matného práškového laku. Barva se v peci vypékala 20 minut na 190 °C, po zchlazení se aplikoval lak a vytvrzoval se dalších 25 minut při 175 – 178 °C.



Obr. 1: Výkres schránky automatu

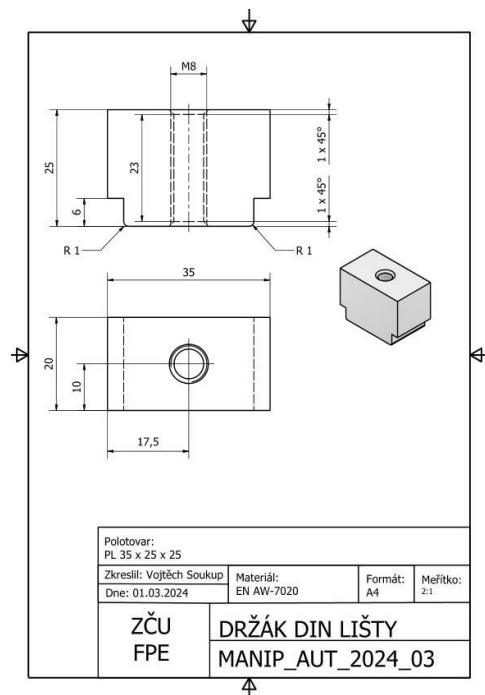


#### 4.2.2 DRŽÁK DIN LIŠTY

DIN lištu, na které je automat v boxu upnutý bylo třeba pevně, ale zároveň rozebíratelně uchytit uvnitř schránky modulu. Rozebíratelnost je důležitá, protože DIN lištu je třeba demontovat i s automatem v případě servisu či úprav modulu.

Byla proto zvolena tvarová naváška opět z duralu, která se skrz otvory ve stěnách boxu nabodovala ke stěnám a díky průchozí díře se závitem se lišta přišroubovala na pevně k tělu modulu.

Byla zvolena cesta ručního obrábění vzhledem k jednoduchosti tvaru. Prvoplánově se měl díl obrábět na CNC frézce, ale tvorba programu a čas při upínání polotovaru by zabrala více času než samotné ruční obrábění, když jsou v potaz brány pouze dva kusy, jež bylo potřeba zhotovit. Nejprve byla tedy vybrána vhodná pásovina jako polotovar, následně ručně keramickým kotoučem na úhlové brusce odebráno množství materiálu po stranách a nahrubovaný tvar byl jemně dobroušen pásovou brusku se smirkovým papírem P120 a následně rounem. Otvor byl vyvrtán na stojanové vrtačce a závity M8 byly řezány opět ručně. Následně byly držáky nabodovány do skříně modulu.



Obr. 2: Výkres držáku DIN lišty

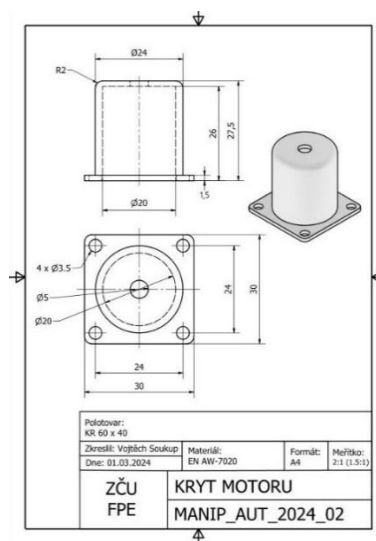
### 4.2.3 KRYT ELEKTROMOTORU

Elektromotor je otáčivý stroj a konkrétně DC elektromotor použitý v učební pomůcce má navíc převodovku, která snižuje jeho otáčky na 60 za minutu pomocí klasických ozubených převodů, ale je odkrytá. Pokud by se někomu ze žáků namotaly vlasy do převodovky, nebyl by to rozhodně takový problém jako u soustruhu či frézky, ale rozhodně by to nebylo příjemné a ani nic, čemu by se nedalo snadno předejít. Proto bylo nutné elektromotor zakrytovat a nechat pouze otvor pro výstupní hřídel.

Motor, který byl pro použití vybrán měl velmi kompaktní rozměry, pouze 10x12x10 mm a dalších 10 mm trčela výstupní hřídelka. Zároveň neměl žádné uchycovací body, očka ani závit. Proto bylo nejlepší variantou využít kryt i jako možnost, jak motor uchytit k ploše schránky tím, že ho pevně obepíná a svěrným spojem ho přidržuje ve vertikální poloze.

Jako technologie obrábění bylo zvoleno soustružení a opět z duralu. Nejprve bylo vytvořeno osazení u průměru 24 mm, na čele se vyvrtal otvor pro hřídelku motoru a vytvořilo se zaoblení. Následně se v plném průměru diagonály čtvercové podstavy materiál od tyče upíchl. Dále se obrobek otočil ve sklíčidle a obrobil se vnitřní otvor o průměru 20 mm, který vytvořil kapsu pro elektromotor. Následně byla pilníkem vytvořena čtvercová podstava, zaoblení v rozích a v posledním kroku se na stojanové vrtačce vyvrtaly otvory pro přišroubování krytu k ploše boxu.

Kryt byl následně nalakován stejnou technologií jako celý box.



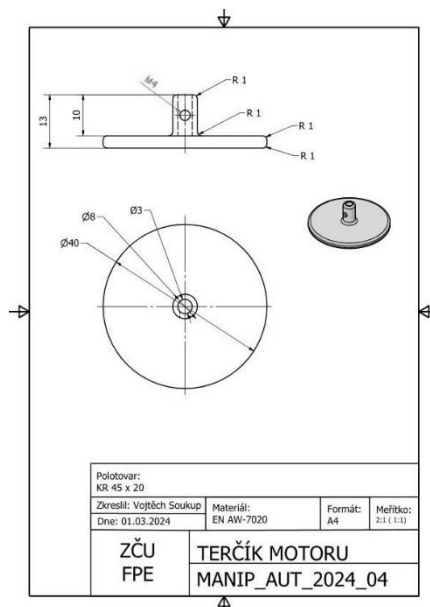
Obr. 3: Výkres krytu motoru

#### 4.2.4 TERČÍK ELEKTROMOTORU

Terčík slouží pouze k indikaci směru otáčení elektromotoru, kterou je možno využít v určitých úlohách.

Jedná se tedy pouze o disk s čepem, ve kterém je otvor s průměrem o několik desetin milimetru větším, než je průměr hřídelky a závitovým otvorem k němu kolmým pro zajištění stavěcím šroubem proti pootočení.

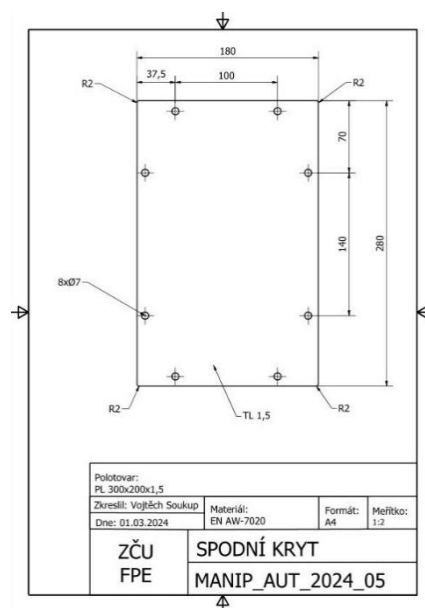
Terčík byl vyroben opět na soustruhu. Nejprve se duralová kulatina stočila na průměr čepu, vyvrtal se otvor pro hřídelku a poté se materiál upíchl v dané délce. Následně se dokončil broušením pásovou brusku, ruční vrtačkou a závitníkem došlo k vytvoření otvoru pro aretaci pozice na hřídelce elektromotoru. Ke znázornění směru otáčení byla použita spirála vyřezaná ze samolepícího vinylu na tříosém řezacím plotru. Ručně pak byla dořezána malá šipka pro ukazování hodnot na číselníku. Po nalepení polepů byl terčík nalakován, ovšem narozdíl od zbylých dílů modulu mokrou barvou a lakem. Důvodem bylo to, že maskování práškové barvy je pracné a na malém předmětu jako byl tento velice nepraktické.



Obr. 4: Výkres terčíku motoru

#### 4.2.5 SPODNÍ KRYT

Jedná se pouze o obdélníkový plech o velikosti půdorysu modulu s otvory po obvodu ve stanovených roztečích. Duralový plech byl zaříznut na pásové pile na kov na požadovanou velikost, následně byly zaoblény rohy, došlo ke sražení všech hran a rozměření otvorů pro šrouby M5. Otvory byly vyvrtány v průměru 7 mm z důvodu jednoduššího slícování celkem osmi otvorů s nýtovacími maticemi na spodním lemu schránky. Kryt byl následně lakován do práškové barvy RAL 9005 a následně matného laku jako zbytek součástí modulu.



Obr. 5: Výkres spodního krytu

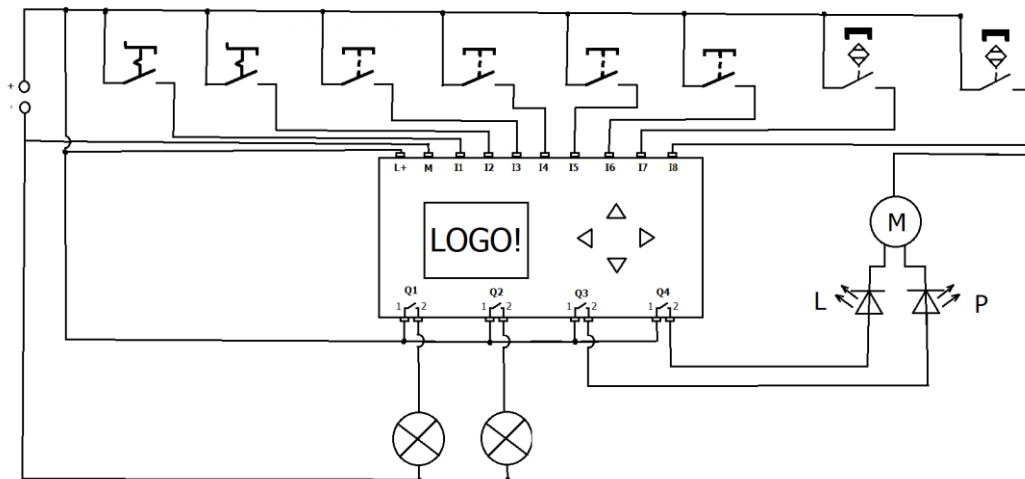
#### 4.2.6 NOHY MODULU

Byly vyrobeny soustružením ze silonu. Z kulatiny o průměru 25 mm bylo na průměru ubráno pouze několik desetin, aby došlo k odstranění házivosti polotovaru a následně byly upíchnuty čtyři válcové disky, kdy před upíchnutím vždy došlo k zaoblání hrany materiálu. Tyto silonové disky byly pak nalepeny dvousložkovým epoxidovým lepidlem určeným na tvorbu laminátových dílů na spodní kryt schránky modulu po jeho nalakování a předchozím zdrsnění laku v místě lepení.

#### 4.2.7 ZAPOJENÍ ELEKTROINSTALACE

Po sestavení nalakovaných dílů modulu došlo k namontování dvou kolébkových spínačů, čtyř tlačítek, dvou magnetických spínačů a zdiřky pro zdroj a čtyř diod s kryty. Elektromotor byl ustaven do pozice, kdy se jeho kontakty nacházely v otvorech pod krytem, kterým byl následně motor zajištěn v pracovní poloze. Poté došlo k propojení tlačítek a spínačů se zdrojem na plusové straně zapojení, vodiče byly připojeny i do LOGA! samotného na pozici L+, ze zdiřky zdroje bylo do pozice M nataženo mínus a následně napojeny vodiče z jednotlivých ovládacích prvků modulu do pozic I jedna až osm.

Rozhodně nejsložitější částí celého zapojení bylo docílení reverzace DC motorku. Ten se točí ve směru v závislosti na směru průchodu elektrického proudu. V praxi by to znamenalo manuálně přepojovat vodiče na motorku. Na modulu se toto podařilo vyřešit reléovým obvodem dvou relé, kdy každé slouží ke spuštění jednoho směru otáčení. Po sepnutí ovládacího prvku pro spuštění motorku například napravo dojde k sepnutí jednoho relé, které rozepne větev obvodu pro levý chod motorku. Dále byla instalována další dvě relátka, která slouží jako pojistná a zabraňují spuštění obou smyslů otáčení najednou a tím vyzkratování a poškození zapojení. K signalizaci směru otáčení byly použity ještě barevné diody. Ty bylo třeba zapojit dle jejich polarity, díky tomu není možné, aby svítily při opačném směru otáčení motoru, než jak byly zapojeny.



Obr. 6: Schéma zapojení elektroinstalace modulu

### 4.3 ZHODNOCENÍ REALIZACE

Při realizaci nedošlo k žádnému zásadnímu problému, protože zapojení již bylo otestováno v plastovém boxu. Jediné, s čím se bylo třeba potýkat bylo to, že kovová převodovka elektromotoru se dotýkala krytu, v jehož vnitřní kapse nedošlo ke kompletnímu prolakování a tím odizolování motoru od krytu. V důsledku toho došlo ke zničení jednoho DC motorku, ale u druhého kusu se již povedlo pryžovým obalem motoru odizolovaný motůrek ochránit před zkratem.

Co se dílenského zpracování týče se na modulu několik menších nedostatků vizuální povahy najde, ale na funkci ani bezpečnost zařízení nemají vůbec vliv. Zakrytování motorku a celková rozebíratelnost i spasování celého modulu se povedlo výrazně lépe než na plastovém prototypu. Nejobtížnější částí bylo sestavení reléového obvodu, který bylo třeba několikrát rozletovat a zapojit jinak, ale nakonec se povedlo reverzaci motorku zprovoznit a spolehlivě, a hlavně bezpečně ovládat. Celé zařízení oproti své první verzi nabízí díky přidanému číselníku širší a zajímavější možnosti úloh a aktivit.

## 5 VÝUKOVÉ AKTIVITY VZTAŽENÉ K VÝUCE NA ZŠ

Tato kapitola je věnována praktickým úkolům naprogramovaným a ověřeným v modulu. Jednotlivé úkoly byly vymyšleny s ohledem na jejich pestrost a procvičování či zapojování různých dovedností žáků.

V ideálním případě by práce s pomůckou měla u dětí zvýšit zájem o technické obory jako takové. Ukázat, co vše se dá s technikou zažít a dělat, jaké možnosti nabízí, a hlavně žákům přiblížit základy, v tomto případě automatizace. Nabídnout pomyslné okénko do světa techniky a motivovat je k tomu, že i sami žáci při troše snahy mohou s podobnými zařízeními pracovat, rozvíjet se a časem se třeba i podílet na realizaci podobných zařízení.

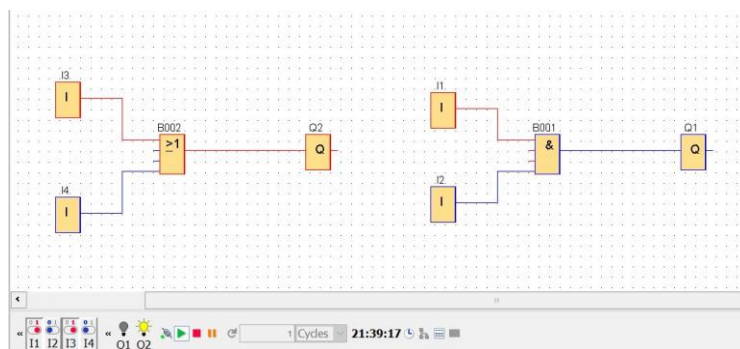
Úkoly jsou cílené na děti v 8. až 9. ročníku základní školy, kdy by měly z fyziky mít základní ponětí o tom, jak funguje elektrický obvod, co potřebuje ke své funkci a znát alespoň základní schématické značky.

Nyní se již podíváme na několik konkrétních úkolů se schématy.

### 5.1 ROZDÍL MEZI SÉRIOVÝM A PARALELNÍM ZAPOJENÍM

Cílem je zapojit dva vstupy nejprve do série, podruhé paralelně. Žáci si vyzkouší v praxi, jakým způsobem tato dvě hlavní zapojení fungují na jednoduchém příkladu, kdy vezmou dva vstupní prvky, ideálně tlačítka, například modré a červené pro dobrou názornost a jednu z diod modulu.

Pomocí funkcí AND a OR pak zrealizují dvě jednoduchá zapojení. Kontrolka se nejprve rozsvítí při stisku libovolného tlačítka, což je zapojení paralelní a funkce OR, anebo bude svítit pouze při stisku obou najednou a jde i funkci AND, tlačítka jsou zapojena sériově.



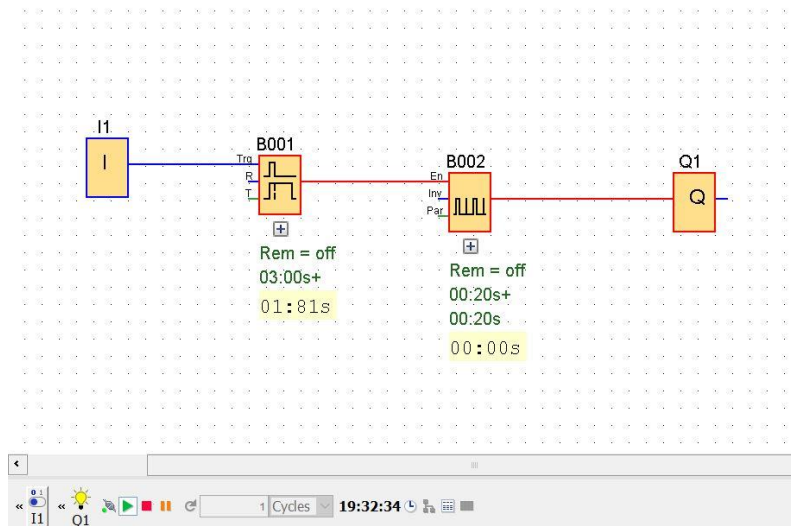
Obr. 7: Schéma zapojení úkolu s funkcemi AND a OR

## 5.2 SIMULACE KRÁTKÉHO ZMÁČKnutí SMĚROVÉHO SVĚTLA V AUTOMOBILU

Tento příklad je zaměřen na aplikaci věci z praktického života a její simulaci v modulu. Moderní vozy nabízejí funkci, kdy při částečném zatažení za páčku směrových světel žárovky pouze několikrát bliknou a řidič pak nemusí manuálně páčku vrátet do nulové polohy. Tuto vymoženost najdeme hlavně v novějších vozech koncernů PSA a VW a slouží například k ukazování změny směru jízdy vozu při přejezdu z pruhu do pruhu na vícepruhové silnici. Děti sice neřídí, ale funkci si budou umět snadno představit a interpretovat ji do modulu. Pro tento úkol jsou již využity předdefinované funkce LOGA! a je třeba žákům dát menší průpravu nebo je více navést ke správnému řešení.

Vstupem I je opět tlačítko a blikání zajišťuje funkce Asynchronous pulse generator. Ten umožňuje nastavit pulzní přerušování a opětovné spouštění signálu. Lze nastavit jak délku doby přerušování, tak délku doby v tomto případě svícení diody. Obvod je úplný až s funkcí Off-delay, která umožňuje nastavit čas, po který bude signál z tlačítka zpožděn nebo pozastaven.

Pro konkrétní úlohu se osvědčilo nastavit délku Off-delay na 3 s a pulzy v Asynchronous pulse generatoru na 0,20 s pro obě polohy.



Obr. 8: Schéma zapojení úkolu simulace směrového světla automobilu

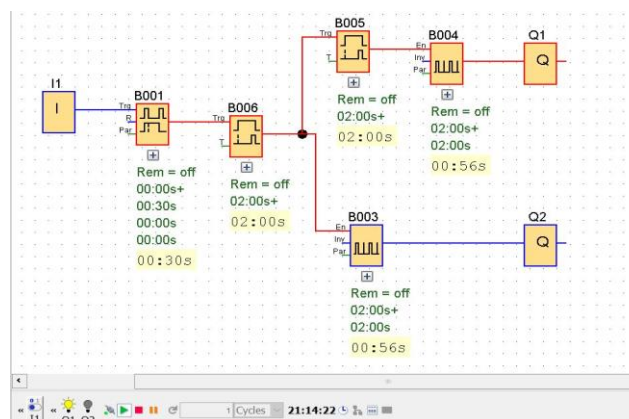


### 5.3 JEDNODUCHÁ BUBNOVÁ PRAČKA

V této úloze mají žáci za úkol naprogramovat motorek modulu a vstupní člen tak, aby po spuštění funkce motůrek střídal smysly otáčení v určitém intervalu stejně jako automatická pračka, kterou doma používají rodiče každého z nich.

Úkol je stejný jako předešlý, pouze se mění výstupní prvek z diody na motůrek. Důležitou a možná obtížnější částí zadání je zakomponovat do programu softwarovou pojistku proti nechtěnému spuštění funkce pračky. Toho lze docílit tím, že se vstupnímu prvku, kterým musí být z podstaty spuštění funkce tlačítko, přiřadí předdefinovaná bloková funkce Multiple function switch. Ten umožní při stisknutí konat jednu funkci a při podržení po určitý čas spustí funkci jinou. Zde je využito právě přidržení tlačítka pro spuštění a pouhé stisknutí nevyvolává žádnou akci. Poté je zakomponována funkce Off-delay s délkou 2 s, aby měl žák čas vzdálit ruce od modulu, než se motorek roztočí. Pro střídání smyslů je zapojena funkce Asynchronous pulse generator, která je pro názornost nastavena na 2 s, i přesto, že v opravdové pračce může jeden cyklus směru otáčení trvat i několik minut. Ta zajistí, že motor se bude točit 2 sekundy a pak 2 sekundy stát. V druhé větvi je před Asynchronous pulse generator umístěn zpoždovač v podobě funkce On-delay, který je nastaven přesně na dobu chodu funkce v první větvi a to 2 sekundy. Tímto nedojde k překrývání chodů motorku a ten se bude střídavě točit doprava a doleva. Jako ochrana proti vyzkratování je zde v konstrukci modulu důležitý reléový obvod se dvěma pojistnými relé navíc.

Funkce se vypíná stiskem tlačítka, kterým byla zapnuta.



Obr. 9: Schéma zapojení úkolu simulace automatické pračky

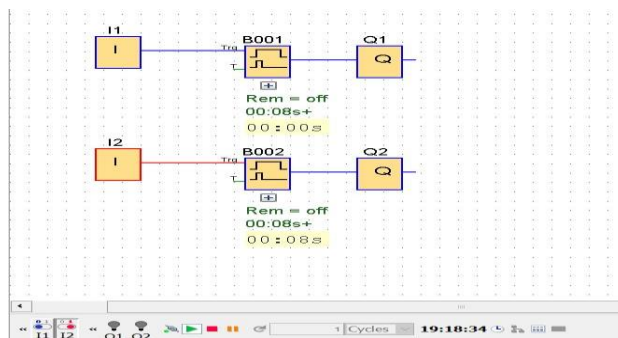
#### 5.4 ALARM PŘI BANKOVNÍ LOUPEŽI

V této úloze si žáci vyzkouší naprogramovat jednoduchý alarm v bance. Na dveřích trezoru je umístěný magnetický spínač, který je v klidové poloze sepnutý, při otevření dveří sepne a spustí alarm. Kvůli občasnému vstupu zaměstnanců do trezoru se celá funkce dá aktivovat kolébkovým spínačem. Po otevření trezoru bez povolení dojde ke spuštění poplašných světel v podobě diod a automaticky se zavřou dveře trezoru pomocí motorku. Poplašná světla blikají do doby než hlídač a přivolaná policie nezneškodní a nezajistí lupiče. Alarm se poté stiskem tlačítka vypne a po určité době nejde znovu aktivovat.

Přes funkci AND jsou propojeny 3 vstupy. Kolébkový spínač, který celou funkci zapne. Magnetický spínač propojený ještě s funkcí NOT, která zajistí negaci sepnutí a v klidové poloze bude zavřený. Třetím vstupem je tlačítko s funkcí Off-delay, nastavenou na 20 minut a funkcí NOT.

Výstupy jsou diody a jeden ze smyslů otáčení elektromotoru. Diody blikají díky funkci Asynchronous pulse generator a k jedné je přidáno navíc zpoždění spuštění ve formě On-delay. Délka kladných i záporných pulzů je nastavena na 0,20 s a zpoždění jedné z diod taktéž. S diodami je zároveň spuštěn i elektromotor a funkce Wiping relay nastavená na 3 sekundy zajišťuje, že se motůrek bude točit pouze chvíli, než zavře imaginární dveře trezoru.

Kolébkovým spínačem se zapíná celá úloha poté, co je u magnetického snímače přidržen magnet. Po oddálení magnetu dojde ke spuštění celé funkce. Po dokončení cyklu se tlačítkem celá funkce vyresetuje.

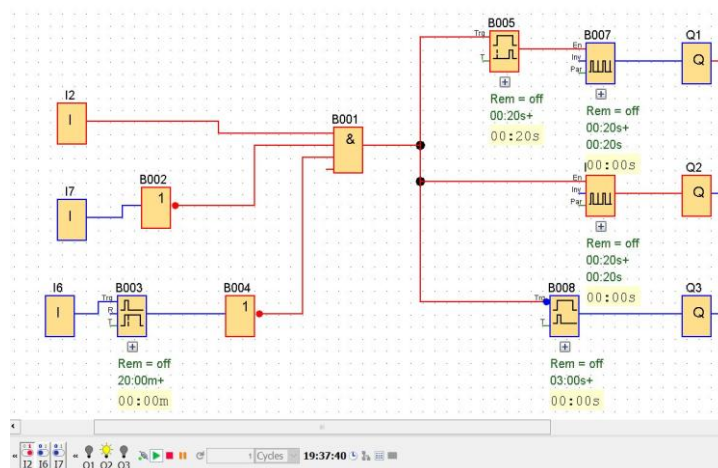


Obr. 10: Schéma zapojení úkolu nastavování hodnot na číselníku

## 5.5 NASTAVOVÁNÍ HODNOT NA ČÍSELNÍKU

Jde z pohledu na programování o nejsnazší úlohu, avšak nabízí široké možnosti využití. Dala by se využít například pro zobrazování výsledků vypočítaných v slovních úlohách z geometrie, ale i trénování manuálního ovládání modulu.

Jedná se pouze o dva vstupy, které slouží jako ovladače pro levý a pravý chod motoru. Motůrek použitý v modulu se točí rychlostí 60 otáček za minutu a při sepnutí a vypnutí má nepatrný náběh a doběh otáček. Číselník zobrazuje 360° kolem dokola s minimálním přírůstkem jednoho dílku 30°. Pracuje se tedy s 12 hodnotami, na které lze šipku na terčiku nasměrovat. Z otáček motorku a počtu hodnot lze spočítat, že mezi hodnotami 0° a 30° bude šipka cestovat přesně 0,0867 sekundy. Když se odečte zpoždění na rozběhu a doběhu, zůstane hodnota 0,08 sekundy, která je proto nastavena na funkcích Wiping relay za oběma vstupními prvky. Zaručuje, že stiskem tlačítka nebo jedním sepnutím magnetického snímače se motorek pootočí přesně o jeden dílek a přírůstky budou stále přesně na hodnotách na číselníku. Tlačítka poskytují žákům zábavnou a jednoduchou formu plnění úkolů s číselníkem. S magnetem v ruce a spínáním jednotlivých magnetických spínačů je úkol náročnější na koordinaci pohybů a přesnost.



Obr. 11: Schéma zapojení úlohy alarm při bankovní loupeži

## 6 OVĚŘENÍ UČEBNÍ POMŮCKY

Po vychytání menších nedostatků výukové pomůcky a důkladném otestování zapojení, jeho spolehlivosti a bezpečnosti bylo na čase zkusit, zda bude fungovat i v praxi a zvládnou s ním pracovat žáci základní školy. Modul a jeho funkce byly představeny třem dětem ve věku od 13 do 15 let.

Ovládání se osvědčilo jako srozumitelné, děti chápaly, že kolébkový spínač na rozdíl od tlačítka v sepnuté poloze drží sám a pro docílení toho samého efektu u tlačítka je třeba v softwaru přidat funkci. To samé se dalo říct o porozumění magnetickým spínačům. Výhodou těchto konkrétně zvolených spínačů bylo to, že při sepnutí jde slyšet mechanické cvaknutí, pokud se člověk k modulu přiblíží a opravdu se soustředí. Toto bylo pro děti hmatatelnější než pouhé vysvětlení, jak si mají funkci spínače představit. Pro děti v devátém ročníku bylo již trochu představitelné, že stejnosměrný motůrek se reverzuje díky otočení průtoku elektrického proudu. Do detailu reléového obvodu je nebylo třeba uvádět, k práci s modulem není vůbec třeba této problematice rozumět.

Děti měly za úkol po krátké průpravě v softwaru sestavit jednotlivé úkoly, samozřejmě jen ty jednodušší jako rozdíl mezi sériovým a paralelním zapojením, blinkr automobilu, anebo nastavování čísel na číselníku. Vyzkoušely si různé kombinace vstupních prvků, a jak rozdílně se funkce po spuštění chovaly například při spojení kolébkového spínače s tlačítkem nebo dvou tlačítek.

Se simulací směrového světla zkoušely po několika radách a menší pomoci i variaci, kdy se diody střídaly, blikaly různě dlouhými intervaly a podobně. Bylo zjevné, že jakmile byl v úkolu nějaký prostor pro kreativitu a experimentování, děti měly zájem a zkoušely, co bylo možné vytvořit nebo jak se jednotlivé prvky chovaly v závislosti na změnách v programu. Zpočátku jim chvilku trvalo, než se dopídily ke správnému a funkčnímu zapojení, ale jakmile modul dělal to, co bylo požadováno, dostaly prostor pro své vlastní nápady. Dělalily změny v parametrech časovačů, přidávaly další časovače nebo funkce jako je Wiping relay a pozorovaly, jak se ovládání diod mění.

Když jim byla pouze předvedena funkce s bankovní loupeží, byly překvapené kolik prvků se dá mezi sebou propojit. Bylo zřejmé, že se jim práce s modulem líbila, bavila je a měly zájem o to se v něm něco učit.

Na závěr jim ve webové stránce byla generována čísla v hodnotách od 0 do 360 s přírůstky po třiceti. Funkce pro číselník byla naprogramována nejprve na tlačítka, takže musely vypočítat kolikanásobek třiceti bylo číslo, které měly ukázat, a pak si dopočítat kolikrát bylo třeba tlačítko stisknout, aby šipka ukázala na danou hodnotu. Jako poslední úkol měly nastavené otáčení motoru se spuštěním magnetickými spínači. Magnetem motůrek roztáčely a při tomto zadání už se musely více snažit, aby hodnoty ukazovaly přesně. S touto funkcí si spíše hrály, než programovaly, ale byla to taková spíše zajímavost.

Modul by se tedy dal označit za plně funkční. Děti ve věkové kategorii, pro kterou byl určen ho dovedly ovládat bez větších problémů. S programováním a plným pochopením některých funkcí jim bylo potřeba pomoci, ale s tím se počítalo. Učební pomůcka ve výsledku plnila svou funkci nad očekávání a splnila i svůj cíl, kterým bylo přiblížit PLC, celou automatizaci a programování žákům základní školy.

## ZÁVĚR

PLC a automatizace jsou dnes nedílnou součástí života skoro každého člověka. Společnosti i lidé doma a ve volném čase se spoléhají na jejich funkci a ulehčují jim život. Cílem práce bylo využít PLC a vytvořit s jeho pomocí učební pomůcku, která programování a automatizaci přiblíží dětem na druhém stupni základní školy, zvýší zájem o technické obory a dost možná probudí zájem o podobné obory i v žácích, kteří o nich neuvažovali, protože neměli možnost se s technikou seznámit.

Tato bakalářská práce nejprve čtenáři přiblížila historii automatizace a jednotlivé kroky k inovacím, na nichž stojí dnešní svět. Dále vymezila pojmy a základní principy automatizace a seznámila čtenáře s jednotlivými vybranými PLC. Následně nabídla pohled na kritéria výběru finálního automatu pro výrobu modulu. Nejdůležitější částí byla samotná realizace výrobku. Ta poskytla náhled do technického řešení jednotlivých překážek a funkcí modulu. Zahrnovala údaje o výrobě, zapojení i programování celého didaktického modulu. V příloze se nacházejí i fotografie a výrobní výkresy jednotlivých součástí, které v konečném spojení tvoří samotný modul.

Následně bylo vytvořeno několik úkolů, které mohou žáci tvořit znovu a sami. Rozvíjet tak svoje logické myšlení a programovací schopnosti. V poslední části práce pojednávala o tom, jak byl výukový modul v praxi otestován, celkové shrnutí jeho funkce a jeho funkčnost technického i softwarového řešení.

**RESUMÉ**

Bakalářská práce je věnována PLC automatům a možnostem jejich zapojení do výuky na základní škole. Vymezuje historii automatizace jako takové, hlavní milníky technických inovací a zároveň teorii, pojmy a principy automatizace samotné. Zaměřuje se na přiblížení a porovnání dostupných PLC automatů, výběr toho nejvhodnějšího pro zkonstruování výukového programovatelného modulu, k jehož výrobě byly použity různé strojírenské technologie pro zpracování a dokončování kovů, které jsou v práci do detailu popsány. Nabízí příklady naprogramovaných úkolů připravených pro zařazení do výuky, a to včetně schémat.

**SUMMARY**

This bachelor thesis is devoted to programmable logic controllers and the possibilities of their involvement in primary education. The thesis defines history of automation as a whole, mentions the main technical innovations and their milestones as well as the basics of automation itself. It focuses on the introduction and comparison of available PLCs and gives reasons to choose one of them for the fabrication of a didactic module. The thesis offers a look into the design and fabrication process of building an educational module from the ground up with the detailed description of the fabrication and technological process. It offers examples of programmed tasks ready for inclusion in the teaching, including schematics.

**SEZNAM LITERATURY**

Beneš, P., Lacko, B., Maixner, L., Šmejkal, L., Voráček, R., Král, J., Janeček, J., Künzel, G., Semerád, J., Souček, P., Šulc, B. (2012). *Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. Computer Press.

Cagáňová, D., Chromjaková, F., Šujanová, J. (2020). *Industry 4.0 and circular economy*. Tomas Bata University in Zlín.

Lacko, B. (2014). *Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. Computer Press.

Mayer, D. (2001). *Stručné dějiny oborů*. Scientia.

Nakladatelský dům OP (1996). *Všeobecná encyklopedie ve čtyřech svazcích*. Encyklopedie Diderot. Nakladatelský dům OP.

Paulinyi, Á. (2002). *Průmyslová revoluce: o původu moderní techniky*. ISV.

Štoll, I. (2009). *Dějiny fyziky*. Prometheus.

**Seznam elektronických zdrojů**

Loxone Shop (2024). Demokufř Tree. [https://shop.loxone.com/cscz/democase-tree.html?utm\\_source=google&utm\\_medium=paid&utm\\_campaign=\(campaignid\)&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjw8diwBhAbEiwA7i\\_sJeW-79Z55rWsuZST\\_pbmpf-64E-qWH2nGIVuXQb5dN6vuDc4YUsaNhoCaVYQAvD\\_BwE](https://shop.loxone.com/cscz/democase-tree.html?utm_source=google&utm_medium=paid&utm_campaign=(campaignid)&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw8diwBhAbEiwA7i_sJeW-79Z55rWsuZST_pbmpf-64E-qWH2nGIVuXQb5dN6vuDc4YUsaNhoCaVYQAvD_BwE)

Magaly, A. (2023). *Jak šel čas s CNC obráběním*. Svět průmyslu. <https://svetprumyslu.cz/jak-sel-cas-s-cnc-obrabenim/>

Peterson, D. (2022). *The origin story of the PLC*. Technical Articles. <https://control.com/technical-articles/the-origin-story-of-the-plc/>

SEA Praha (2024). <https://www.seapraha.cz/>

Siemens Česká republika (2024). Logický modul LOGO!. <https://www.siemens.com/cz/cs/products/automation/systems/industrial/plc/logo.html>

Teco Catalog (2024). Teco Catalog. <https://catalog.tecomat.cz/>



Tesařík, B. (2014). *Henry Ford a pásová výroba automobilů*. Časopis Automa.

[https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/henry-ford-a-pasova-vyroba-automobilu-2014\\_04\\_52613\\_7565/](https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/henry-ford-a-pasova-vyroba-automobilu-2014_04_52613_7565/)

Unipi Technology (2024). <https://www.unipi.technology/cs/>.

Velocio Networks (2024). Ace. <https://velocio.net/ace/>

**SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ****Seznam tabulek**

Tabulka 1: Přehled vybraných automatů .....	29
---	----

**Seznam obrázků**

Obr. 1: Výkres schránky automatu .....	32
Obr. 2: Výkres držáku DIN lišty .....	33
Obr. 3: Výkres krytu motoru .....	34
Obr. 4: Výkres terčíku motoru .....	35
Obr. 5: Výkres spodního krytu .....	36
Obr. 6: Schéma zapojení elektroinstalace modulu.....	37
Obr. 7: Schéma zapojení úkolu s funkcemi AND a OR.....	39
Obr. 8: Schéma zapojení úkolu simulace směrového světla automobilu .....	40
Obr. 9: Schéma zapojení úkolu simulace automatické pračky .....	41
Obr. 10: Schéma zapojení úkolu nastavování hodnot na číselníku .....	42
Obr. 11: Schéma zapojení úlohy alarm při bankovní loupeži .....	43
Obr. 12: Polotovar pro obal pomůcky .....	I
Obr. 13: Tvarování plechového boxu na rýsovací desce .....	I
Obr. 14: Surové svary na duralu EN–AW 7020.....	II
Obr. 15: Vyrovnaný a vybroušený obal téměř připravený na finální lakování.....	II
Obr. 16: Polotovar krytu motoru .....	III
Obr. 17: Kryt motoru připravený na lakování.....	III
Obr. 18: Průběh lakování dílů .....	IV
Obr. 19: Nalakované díly připravené na sestavení.....	IV
Obr. 20: Zapojení reléového obvodu.....	V
Obr. 21: Umístění ovládacích prvků .....	V
Obr. 22: Zkompletovaný výukový modul .....	VI
Obr. 23: Detail číselníku a terčíku.....	VI

PŘÍLOHY



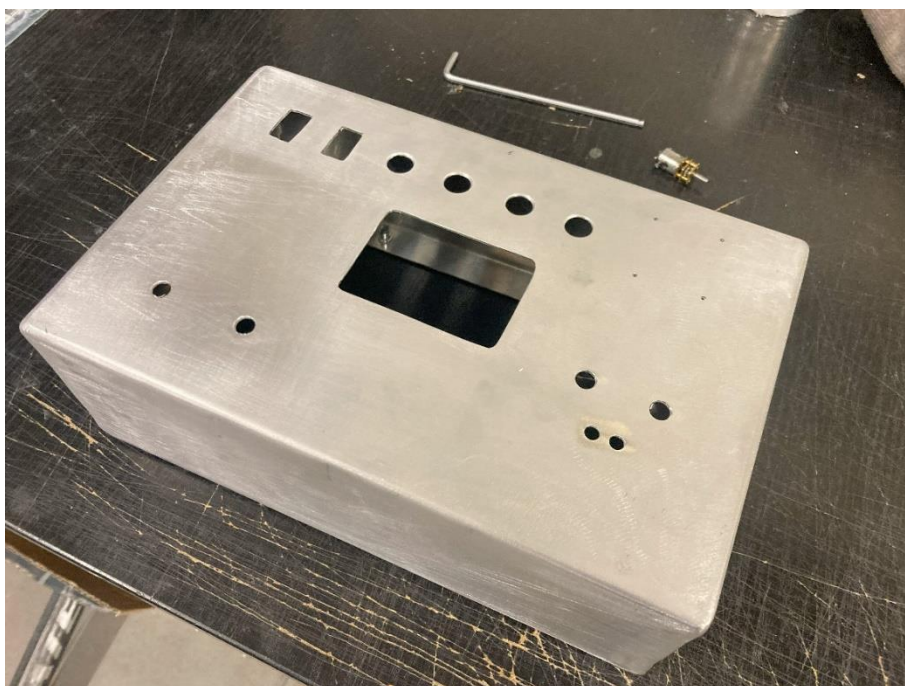
Obr. 12: Polotovar pro obal pomůcky



Obr. 13: Tvarování plechového boxu na rýsovací desce



Obr. 14: Surové svary na duralu EN-AW 7020



Obr. 15: Vyrovnaný a vybroušený obal téměř připravený na finální lakování



Obr. 16: Polotovar krytu motoru



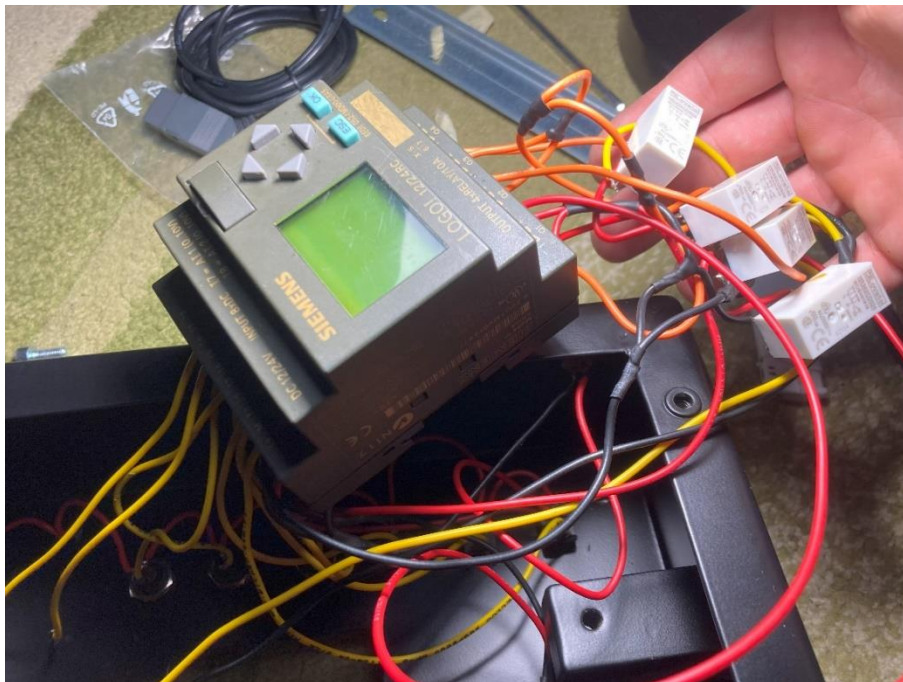
Obr. 17: Kryt motoru připravený na lakování



Obr. 18: Průběh lakování dílů



Obr. 19: Nalakované díly připravené na sestavení



Obr. 20: Zapojení reléového obvodu



Obr. 21: Umístění ovládacích prvků



Obr. 22: Zkompletovaný výukový modul



Obr. 23: Detail číselníku a terčíku