Střední průmyslová škola strojnická Olomouc

17. listopadu 995/49, 779 00 Olomouc

☎ 585 549 111, www.spssol.cz

Zhodnocení roční práce se zapůjčenou technologií

V rámci programu EDUgrant využila Střední průmyslová škola strojnická Olomouc možnost zapůjčení pomůcek pro další vybavení učebny automatizace. Tato učebna slouží primárně žákům školy. Od školního roku 2022/2023 byla na Střední průmyslové škole strojnické zavedena praktická výuka mechatroniky pro žáky oboru strojírenství se zaměřením mechatronika. O uvedený obor je mezi žáky základních škol zájem, ve školním roce 2024/25 již byly v prvním ročníku otevřeny třídy dvě. V dohledné době se tedy vytížení učebny automatizace zvýší.

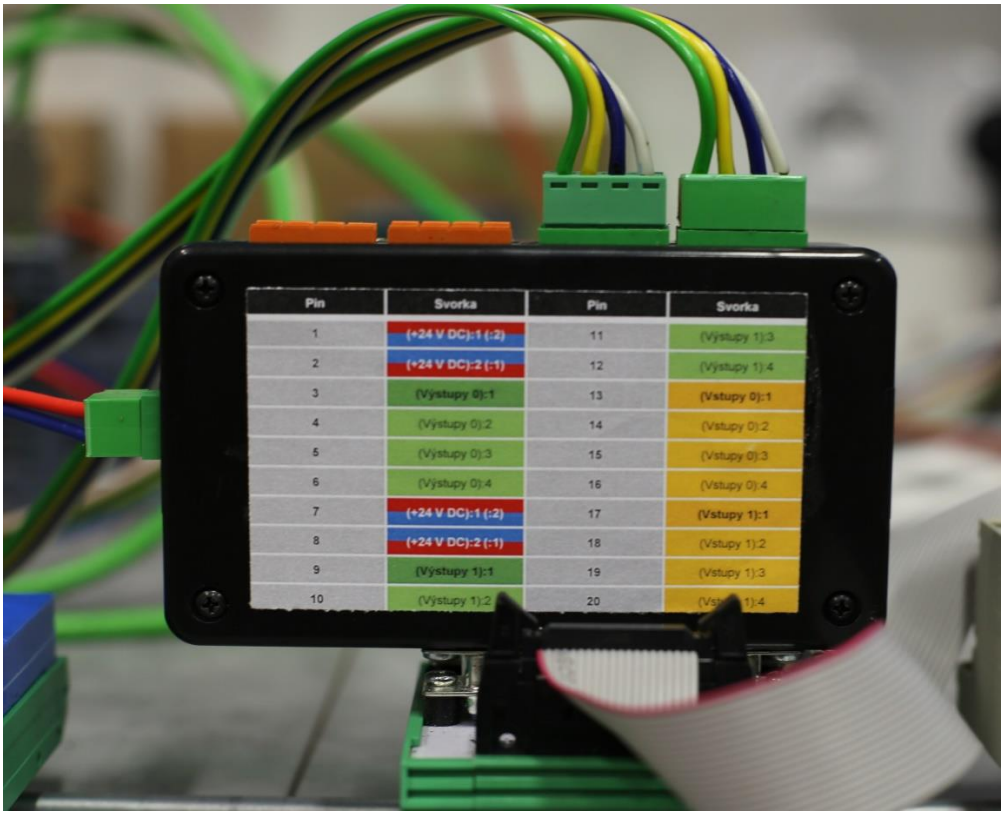
Výuka cvičení předmětu *mechatronika* probíhala ve třetím a ve čtvrtém ročníku uvedeného oboru v hodinové dotaci 2 hodiny cvičení týdně. Třídy se na cvičení půlí, z hlediska pedagoga je to tedy dvojnásobný počet cvičení týdně. Celkem se jednalo o 2 třídy s 54 žáky. Ve výuce žáci pracovali na pracovištích ve dvojicích. V případě souboru technologických modulů EDU-mod měla každá dvojice k dispozici svoje zařízení, naopak v případě modelů Fischer Technik se dvojice žáků u jednotlivých modelů postupně střídaly.

V rámci programu EDUgrant bylo naší škole pořízeno: 9 souborů EDU-mod 24 V (pro 8 žákovských pracovišť, vždy po dvou žácích a jedno pracoviště učitelské), soubor obsahuje 6 technologických modulů (modul křižovatky, modul mísicí jednotky, modul hydraulické posuvové jednotky, modul automatické pračky, modul soustavy pro regulaci spotřeby a modul nápojového automatu) a propojovací desku s vodiči.

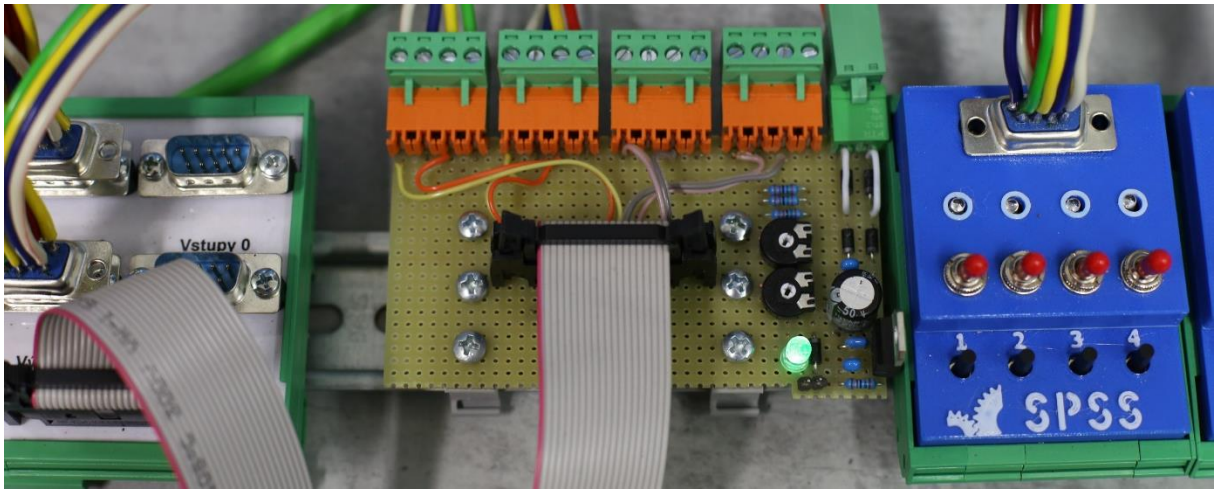
Dále byl pořízen set Fischer Technik sestávající z následujících modelů: 1 ks robotický manipulátor s pneumatickým úchopem, 1 ks robotický manipulátor s motorickým úchopem, 1 ks třídicí linka s barevným snímačem, 1 ks regálový zakladač a 2 ks pásový dopravník.

Po dodání pomůcek vytvořil odborný garant projektu, učitel Střední průmyslové školy strojnické Olomouc Mgr. Martin Havelka, Ph.D., spolu s kolegou Ing. Petrem Vojčinákem, Ph.D., metodický materiál pro podporu výuky v učebně automatizace a sestrojili řadu propojovacích přípravků (viz obr. 1, obr. 2, obr 3, obr 4 a obr 5) pro připojení prvků setu EDU-mod a setů Fischer Technik k řídicím PLC. Dále byl zhotoven soubor analogových a digitálních vstupních modulů pro připojení k PLC (modré prvky na obr. 2 a obr 3; ty simulují vstupní zařízení PLC – jednotlivé senzory). Dále uvedení pracovníci zrealizovali pro pedagogy zapojené do projektu školení, v rámci kterého byli členové realizačního týmu projektu seznámeni se zapůjčenými výukovými prostředky, s metodikou jejich zapojení do výuky, se způsoby jejich programování, se základy práce v prostředí TIA Portal (programování PLC, které řídí zapůjčené technologické moduly EDU-mod a sety Fischer Technik). Školení s časovou dotací 12 hodin bylo rozděleno do tří částí. Při školeních byly využity pomůcky zakoupené v rámci projektu. Po proškolení pedagogů byla učebna automatizace plně začleněna do výuky realizované na škole. Dále bylo realizováno školení k produktům Fischer Technik, které vedl prof. Ing. Čestmír Serafín, Dr.,

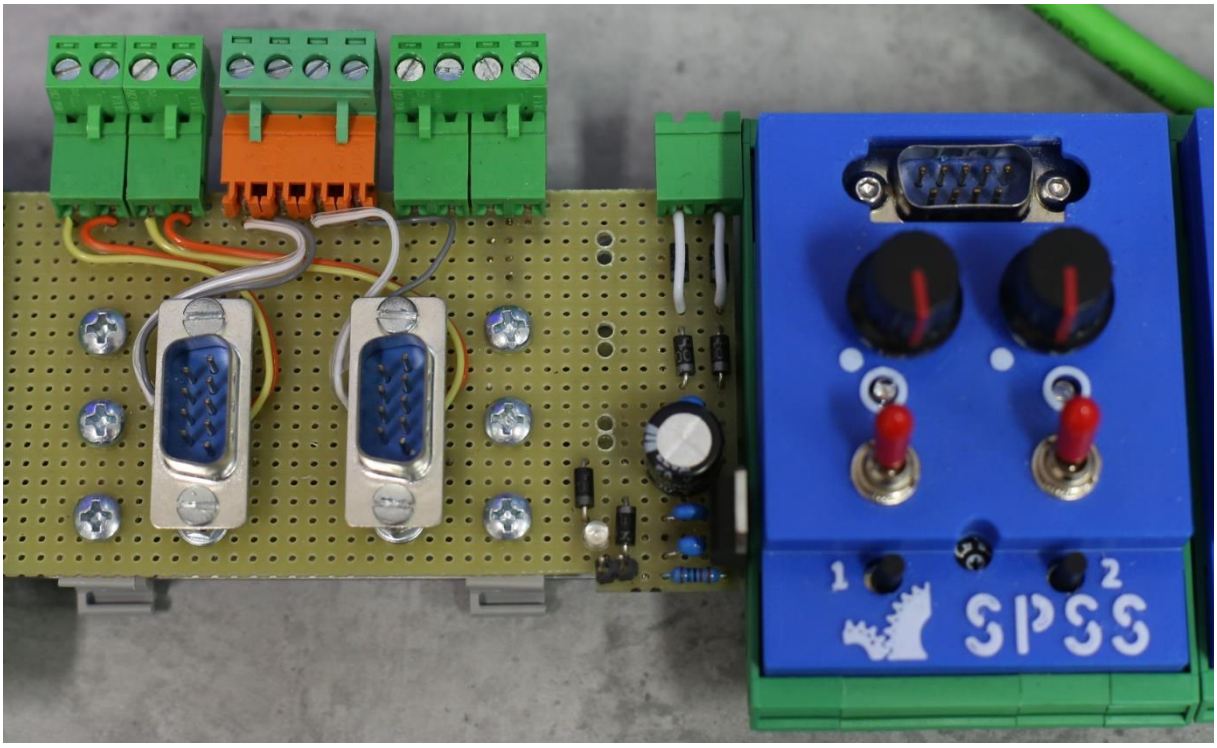
pracovník Katedry technické a informační výchovy PdF UP v Olomouci, kde jiné, ale podobné sety Fischer Technik aplikují ve výuce budoucích učitelů technické a informační výchovy. Toto školení bylo pro obě strany inspirativní.



Obrázek 1: Prototyp propojovacího přípravku k připojení *modulů EDU-mod 24 V* k PLC Siemens Simatic S7-1215 DC/DC/DC



Obrázek 2: Prototyp propojovacího přípravku (uprostřed) k připojení modulu digitálních vstupů DI (vpravo) k PLC Siemens Simatic S7-1215 DC/DC/DC



Obrázek 3: Prototyp propojovacího přípravku (vlevo) k připojení modulu analogových vstupů AI (vpravo) k PLC Siemens Simatic S7-1215 DC/DC/DC

Obrázek 4: Prototyp ovládacího rozhraní (joystick) pro řízení chodu tříosých manipulátorů Fischer Technik

Obrázek 5: Prototyp propojovacího rozhraní pro připojení tříosých manipulátorů Fischer Technik k PLC Siemens Simatic S7-1215 DC/DC/DC

Použitá propojovací rozhraní řeší propojení signálových cest a dále napájení připojovaných komponent. Všechny moduly jsou v napájecí větvi vybaveny ochranou proti přepólování napájecího napětí a stabilizací napájení s monolitickým stabilizátorem napětí.

Zapůjčené výukové pomůcky sloužily také při dnech otevřených dveří (prosinec 2023 a leden 2024) k podpoře zájmu žáků druhého stupně základních škol o nabízený studijní obor *mechatronika*. Do budoucna plánujeme vytvořit mobilní verzi zařízení, aby škola mohla obor propagovat na akcích typu Scholaris, Burza práce a vzdělávání a na dalších obdobných náborových akcích. Veškeré vybavení učebny zapůjčené v rámci řešeného projektu bylo

zvoleno s ohledem na funkčnost učebny automatizace tak, abychom jej mohli začlenit v co nejvyšší míře do již realizované výuky programování PLC.

Pro žáky 3. ročníku oboru mechatronika (celkem 24 žáků) byla realizována výuka mechatroniky v týdenním rozsahu 1 hod. teorie, 1 hod. cvičení (cvičení – dělená výuka v učebně automatizace), vyučující Mgr. Martin Havelka, Ph.D., tj. v rozsahu 33 vyuč. hodin teorie a 33 vyuč. hodin cvičení (cvičení – vždy polovina třídy, dvouhodinový blok, 1 x za 14 dní):

1. První pomoc při úrazu el. proudem, BOZP, řád učebny automatizace.
2. Seznámení s hardwarem Siemens LOGO!, modularita, požadavky na napájení, jištění, technické specifikace.
3. Seznámení s hardwarem Siemens LOGO!, připojitelné moduly, napájení modulů, komunikace modulu s CPU.
4. Seznámení se softwarem LOGO! Soft Comfort v 8.3, základní orientace v prostředí LOGO! Soft Comfort.
5. Seznámení se softwarem LOGO! Soft Comfort v 8.3, konfigurace HW LOGO!
6. Hardware Siemens LOGO!, ovládací menu, nastavení, obrazovka, funkční tlačítka, web server.
7. Software LOGO! Soft Comfort v 8.3, hlavní nabídka, skupina nástrojů Digital Input.
8. Software LOGO! Soft Comfort v 8.3, hlavní nabídka, skupina nástrojů Analog Input.
9. Software LOGO! Soft Comfort v 8.3, hlavní nabídka, skupina nástrojů Basic functions.
10. Software LOGO! Soft Comfort v 8.3, hlavní nabídka, skupina nástrojů Analog Input.
11. Software LOGO! Soft Comfort v 8.3, hlavní nabídka, skupina nástrojů Special functions – Timer, Counter.
12. Software LOGO! Soft Comfort v 8.3, hlavní nabídka, skupina nástrojů Analog – Matematic instruction.
13. Projekt – připojení setu Fischer Technik **pásový dopravník** k programovatelnému relé Siemens LOGO!, základní obsluha optické brány.
14. Projekt – připojení setu Fischer Technik **pásový dopravník** k programovatelnému relé Siemens LOGO!, ovládání motoru.
15. Projekt – připojení setu Fischer Technik **pásový dopravník** k programovatelnému relé Siemens LOGO!, vizualizace ovládání na panelu HMI, manuální mód, automatický mód, příklad práce s daty, modifikace funkce.

Pro žáky 4. ročníku oboru mechatronika (celkem 30 žáků) byla realizována výuka mechatroniky v týdenním rozsahu 2 hod. teorie, 2 hod. cvičení (cvičení – dělená výuka v učebně automatizace), vyučující Mgr. Martin Havelka, Ph.D., a Ing. Petr Vojčinák, Ph.D., tj. v rozsahu 58 vyuč. hodin teorie a 58 vyuč. hodin cvičení (4. roč. má zkrácenou výuku na 29 týdnů); (cvičení – vždy polovina třídy, dvouhodinový blok, 1 x za týden):

1. První pomoc při úrazu el. proudem, BOZP, řád učebny automatizace.
2. Seznámení s hardwarem Siemens Simatic S7-1200, modularita, požadavky na napájení, jištění, technické specifikace, připojitelné moduly – rozšiřující moduly, komunikační moduly, signálová karta CPU (signal board), napájení modulů, komunikace modulů s CPU.
3. Seznámení se softwarem STEP 7 Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal), základní orientace v prostředí TIA Portal, založení projektu, hardwarová konfigurace PLC, Add new device, Program blocks, PLC tags.
4. Seznámení se softwarem STEP 7 TIA Portal, připojení a konfigurace HMI panelu, návrh vizualizace, HMI Screens, HMI tags.
5. Software STEP 7 TIA Portal, digitální vstupy, digitální výstupy, připojení vstupních modulů DI a výstupního relé k PLC, práce s tagy, analogové vstupy, analogové výstupy, připojení vstupního modulu AI k PLC, práce s tagy.
6. Software STEP 7 TIA Portal, skupina nástrojů General, Bit logic operations a Move operations, skupina nástrojů Timer operations.
7. Software STEP 7 TIA Portal, skupina nástrojů Counter operations.
8. Software STEP 7 TIA Portal, skupina nástrojů Comparator operations.
9. Software STEP 7 TIA Portal, skupina nástrojů Math functions.
10. Software STEP 7 TIA Portal, skupina nástrojů Conversion operations /Scale x, Norm x/.
11. Software STEP 7 TIA Portal, skupina nástrojů Program control operations /JMP, LABEL/ a Word logic operations.
12. Projekt – připojení setu modulů EDU-mod k PLC, – **modul křižovatka** – připojení, vstupy a výstupy, algoritmus, vizualizace pro HMI panel.
13. Projekt – připojení setu modulů EDU-mod k PLC, – **modul pračka** – připojení, vstupy a výstupy, algoritmus, vizualizace pro HMI panel.
14. Projekt – připojení setu modulů EDU-mod k PLC, – **modul nápojový automat** – připojení, vstupy a výstupy, algoritmus, vizualizace pro HMI panel.
15. Projekt – připojení setu modulů EDU-mod k PLC, – **modul mísicí jednotky** – připojení, vstupy a výstupy, algoritmus, vizualizace pro HMI panel.
16. Projekt – připojení setu modulů EDU-mod k PLC, – **modul hydraulické posuvové jednotky** – připojení, vstupy a výstupy, algoritmus, vizualizace pro HMI panel.
17. Projekt – připojení setu modulů EDU-mod k PLC, – **modul jednotky řízení spotřeby** – připojení, vstupy a výstupy, algoritmus, vizualizace pro HMI panel.
18. Projekt – připojení setu Fischer Technik **pásový dopravník** k PLC Simatic S7-1200, základní obsluha optické brány, obsluha motoru.
19. Projekt – připojení setu Fischer Technik **pásový dopravník** k PLC Simatic S7-1200, návrh vizualizace pro HMI panel, volba koncepce ovládání.

20. Projekt – připojení setu Fischer Technik **robotický manipulátor s motorickým úchopem** k PLC Simatic S7-1200, základní obsluha motor osa x, motor osa y, motor osa z, obsluha motoru uchopovacího zařízení, ošetření polohy koncových bodů v osách x, y a z.
21. Projekt – připojení setu Fischer Technik **robotický manipulátor s motorickým úchopem** k PLC Simatic S7-1200, návrh vizualizace pro HMI panel, volba koncepce ovládání.
22. Projekt – připojení setu Fischer Technik **robotický manipulátor s pneumatickým úchopem** k PLC Simatic S7-1200, základní obsluha motor osa x, motor osa y, motor osa z, spínání motoru kompresoru zařízení, ošetření polohy koncových bodů v osách x, y a z.
23. Projekt – připojení setu Fischer Technik **robotický manipulátor s pneumatickým úchopem** k PLC Simatic S7-1200, návrh vizualizace pro HMI panel, volba koncepce ovládání.
24. Projekt – připojení setu Fischer Technik **třídicí linka s barevným snímačem** k PLC Simatic S7-1200, základní obsluha motor dopravníku, obsluha optických bran, obsluha vyhazovacích pístů.
25. Projekt – připojení setu Fischer Technik **třídicí linka s barevným snímačem** k PLC Simatic S7-1200, základní obsluha barevného senzoru, zpracování dat.
26. Projekt – připojení setu Fischer Technik **třídicí linka s barevným snímačem** k PLC Simatic S7-1200, návrh vizualizace pro HMI panel, volba koncepce ovládání, možnosti modifikace funkce.
27. Projekt – připojení setu Fischer Technik **regálový zakladač** k PLC Simatic S7-1200, základní obsluha motor osa x, motor osa y, motor osa z, ošetření polohy koncových bodů v osách x, y a z.
28. Projekt – připojení setu Fischer Technik **regálový zakladač** k PLC Simatic S7-1200, návrh vizualizace pro HMI panel, volba koncepce ovládání.
29. Samostatné projekty žáků s využitím doposud získaných poznatků – modifikace a vylepšení základních funkcí používaných modelů.

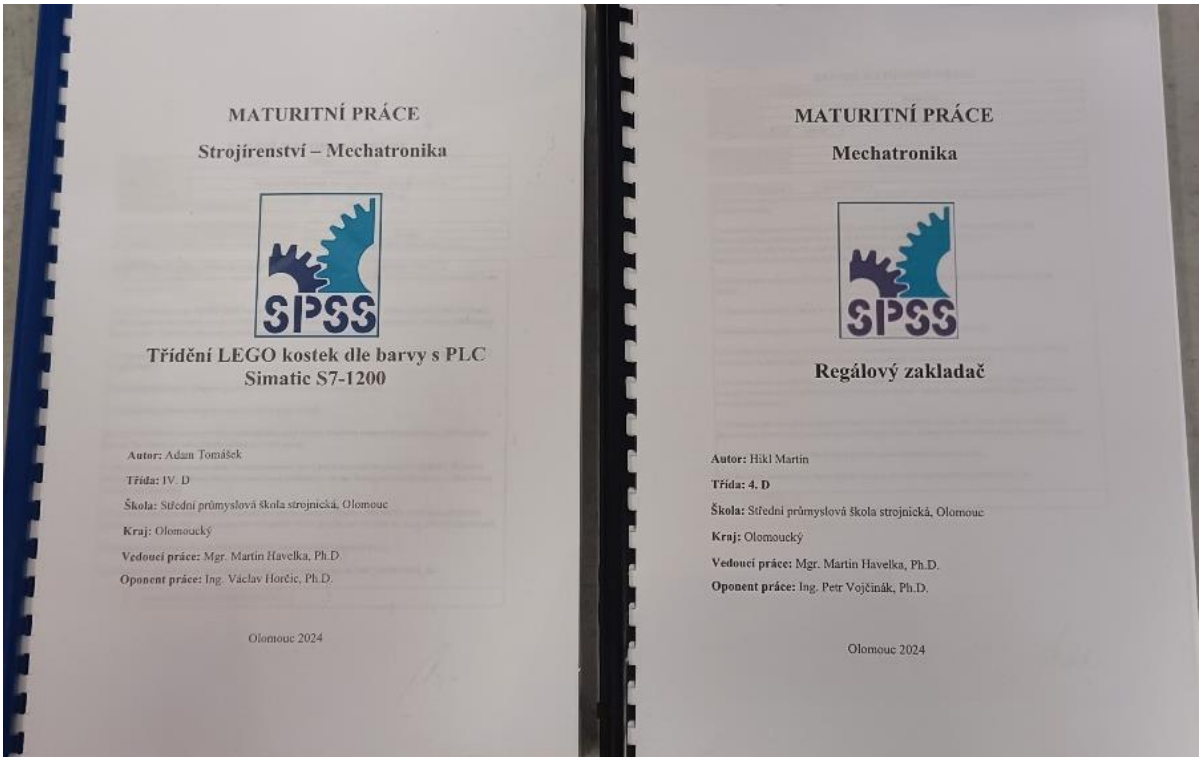
Dále byl realizován kroužek robotiky pro zájemce z řad žáků školy. Kroužek po celý rok navštěvovalo 8 až 10 žáků převážně 4. ročníku. Obsahově šlo o nadstavbu k ve výuce řešené problematiky pro zájemce z řad žáků.

Na naší škole je součástí školní části maturity i realizace **dlouhodobé maturitní práce**. Na konci 3. ročníku si žáci zvolí téma práce (buď má žák své téma práce, nebo si vybere z nabízených témat vedoucího práce). Všichni žáci oboru mechatronika řeší vybranou automatizační úlohu, v níž se jako řídicí prvek uplatní buď programovatelné relé Siemens LOGO!, nebo PLC Simatic S7-1200.

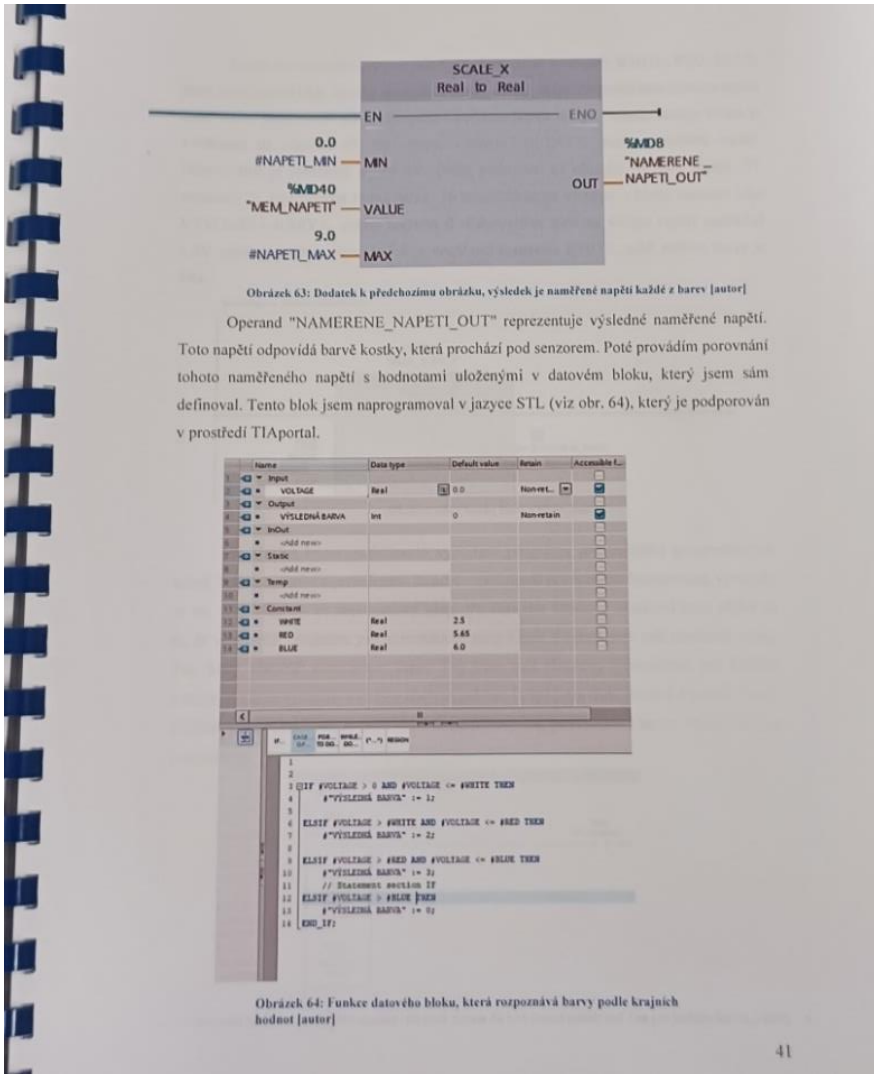
Autor práce spolupracuje po celý rok s vedoucím práce a s ostatními vyučujícími jednotlivých odborných předmětů. Práce je členěna na teoretickou a aplikační část. V aplikační části žák

navrhuje koncept zvoleného automatizačního zařízení, které vymodeluje v 3D programu Autodesk Inventor, případně vytiskne model na 3D tiskárně, dále v aplikaci STEP 7 TIA Portal provede konfiguraci řídicího PLC, ve vhodném sw nakreslí vývojový diagram pro návrh řídicí aplikace, vytvoří řídicí program pro PLC, vytvoří vizualizaci pro HMI panel, ověří funkčnost programu, celý projekt pro TIA Portal i 3D model uloží jako přílohy práce, důsledně pracuje s literaturou a informačními zdroji. Práce je oponována vedoucím práce a zvoleným oponentem a její obhajoba je součástí praktické maturitní zkoušky.

V průběhu školního roku 2023/24 si dva žáci 4. ročníku (zaměření *mechatronika*) zvolili jako téma dlouhodobé maturitní práce právě v rámci EDUgrantu zapůjčené sety. Student Martin Hikl využil **Regálový zakladač Fischer Technik** a student Adam Tomášek využil **Třídicí linku s barevným snímačem Fischer Technik**. Oba žáci vytvořili obsáhlou práci s bohatým přílohovým materiálem, jejíž součástí byly vytvořené 3D modely zařízení s odpovídající technickou dokumentací, propracovaný projekt v aplikaci TIA Portal včetně vizualizace, přičemž prokázali na velmi dobré úrovni schopnost aplikace při studiu získaných poznatků a jejich smysluplného propojení. Uvedená didaktická technika tak bezesporu přispěla k růstu kvality vzdělávání a k motivovanosti studentů k samostatnému řešení zadaných úkolů dlouhodobého charakteru.



Obrázek 6: Ukázka výše citovaných maturitních prací vytvořených v souvislosti s projektem /autoři: Adam Tomášek, Martin Hikl/



Obrázek 63: Dodatek k předchozímu obrázku, výsledek je naměřené napětí každé z barev [autor]

Operand "NAMERENE_NAPETI_OUT" reprezentuje výsledné naměřené napětí. Toto napětí odpovídá barvě kostky, která prochází pod senzorem. Poté provádím porovnání tohoto naměřeného napětí s hodnotami uloženými v datovém bloku, který jsem sám definoval. Tento blok jsem naprogramoval v jazyce STL (viz obr. 64), který je podporován v prostředí TIAportal.

Obrázek 64: Funkce datového bloku, která rozpoznává barvy podle krajních hodnot [autor]

41

Obrázek 7: Ukázka z jedné z prací /autor: Martin Hikl/

Ve školním roce 2024/25 jsou zapůjčené sety (jak Fischer Technik, tak i technologické moduly EDU-mod) předmětem dalších dlouhodobých maturitních prací našich studentů.

Jako největší úskalí se při řešení projektu ukázala naše snaha o možnost připojení všech prvků (Fischer Technik, EDU-mod) ke všem PLC pracovištím. Byli jsme postaveni před úkol náročného prototypového vývoje několika propojovacích modulů, což bylo jednak časově a materiálově náročné, jednak to znamenalo další finanční náklady. Tento úkol jsme však nakonec s podporou vedení školy zvládli.

Hodnocení zapůjčené techniky z hlediska organizace výuky se zapůjčenými prostředky

Z hlediska organizace výuky jsme nejprve ve výuce zařadili technologické moduly EDU-mod, které jsou dostupné na všech pracovištích, a proto umožňují práci na zadané úloze (pseudo) frontálním přístupem, kdy všichni žáci řeší tentýž problém (každý svou cestou a svým tempem).

Lze zde názorně předvést, že jednotlivé dvojice žáků dospějí k odlišným způsobům řešení. Toho využíváme ve fázi hodnocení aplikovaných přístupů a hledání efektivních řešení zadaného problému.

V další části realizované výuky stavíme na vyšší míře zkušeností a dovedností žáků. Zde žáci rozdělení do dvojic pracují ve větší míře samostatně na různých úkolech (využívají sety Fischer Technik, které jsou dostupné jednotlivě, při čemž používají pracovní listy) a vyučující s nimi průběžně konzultuje možnosti řešení dílčích kroků zadaného problému. Také je v rámci procesu řešení zadaného úkolu podporována diskuse mezi jednotlivými dvojicemi. Pro tuto fázi výuky chceme následně dále rozšiřovat zpracovaný soubor pracovních listů a návodek.

Set modelů Fischer Technik je již ve srovnání s technologickými moduly EDU-mod z podstaty „akčnější“, modely se za provozu pohybují a vydávají zvuky (zvláště motory, ale třeba i kompresor a solenoidy) což je pro žáky zajímavé. Zde je třeba pohlídat, aby se činnost žáků s modelem (programování) nezvrhlo (zvláště u obou manipulátorů či u modelu regálového zakladače) v divoké ruční pojíždění ve všech osách jako třeba u ovládání rádiem řízeného modelu.

Kýžená akce modelu je indikátorem průběhu řízené činnosti modelu při ladění algoritmu a odměnou žákům ve chvíli, kdy je uvedená úloha s úspěchem završena. Motivační faktor modelů Fischer Technik je pro většinu žáků značný.

Jistou nevýhodou našich modelů je, že každý má jiné připojovací rozhraní (konektory na řídicích deskách jednotlivých modelů se liší a nejsou vzájemně kompatibilní). Každý model tedy musí mít svůj propojovací modul s PLC, popřípadě je třeba vytvořit další propojovací redukce. (Další možností je propojit PLC s používaným modelem Fischer Technik napevno, tj. „prodrátovat“.)

V konečném důsledku tedy z organizačního hlediska směřujeme k řešení, kdy každé žákovské pracoviště bude mít plné vybavení šesti technologickými moduly EDU-mod a dále na každém pracovišti bude navíc napevno umístěn vždy jeden model Fischer Technik. V případě přechodu od práce s technologickými moduly EDU-mod k modelům Fischer Technik tedy budou kolovat mezi pracovišti žáci, technika je fixována na dané místo.

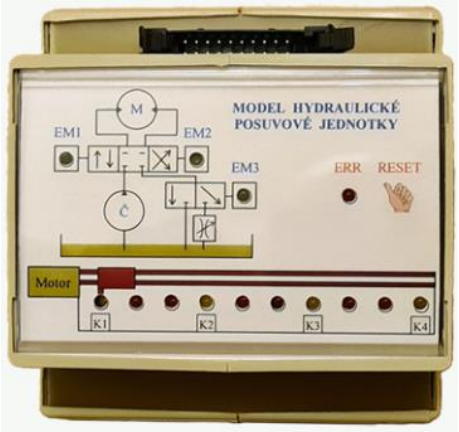
Střední průmyslová škola strojnická Olomouc
17. listopadu 995/49, 779 00 Olomouc
☎ 585 549 111, www.spssol.cz

Zhodnocení vlastností zapůjčených učebních pomůcek

- **Technologické moduly EDU-mod:**

(I) Modul křižovatky

(II) Modul mísicí jednotky



(III) Modul hydraulické posuvové jednotky

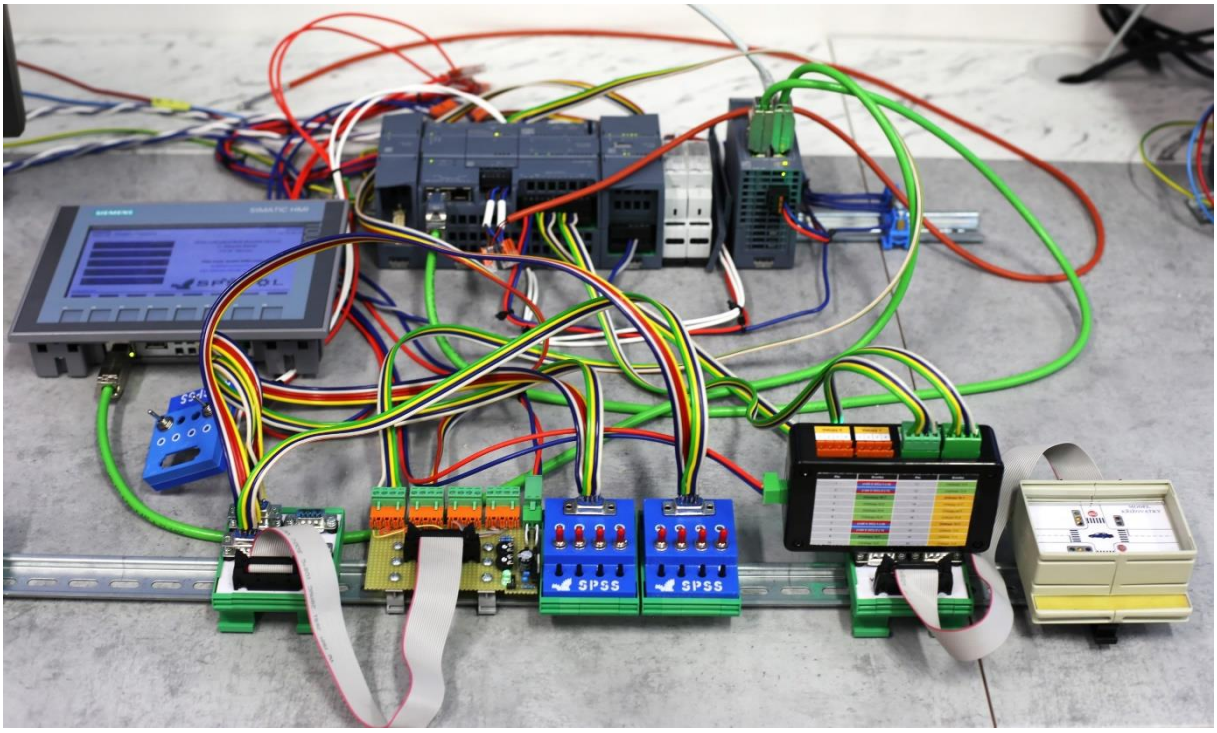
(IV) Modul nápojového automatu

(V) Modul automatické pračky

(VI) Modul soustavy k řízení spotřeby elektrické energie

Technologické moduly EDU-mod jsou na daném pracovišti připojitelné všechny stejným způsobem, postačuje jeden propojovací přípravek. To je z hlediska organizace činnosti žáků výhoda. K montáži technologického modulu je použita standardní DIN lišta.

Technologické moduly EDU-mod jsou vhodné pro začátečníky. Nevyžadují složitou manipulaci. Žádný z modulů nemá další ovládací prvky, ovládán je tlačítky z vizualizace či k PLC připojenými moduly digitálních vstupů DI.



Obrázek 8: Ukázka řídicích prvků technologického modulu Křižovatky (vizualizace na panelu HMI, moduly digitálních vstupů DI)

Vyjma modulu Křižovatka jsou všechny ostatní moduly vybaveny vlastním mikrokontrolerem, což znamená, že modul hlídá určité předem definované stavy a podmínky (například přejetí krajní meze u simulace hydraulické posuvové jednotky, nebo současný pokyn řídicí jednotky PLC pro posun na jednu i na druhou stranu) a při jejich dosažení signalizuje chybový stav. Tyto podmínky musí žáci při tvorbě algoritmu a při následném vytváření programu ošetřit a vzniku chybových stavů zamezit. Tím je podpořeno analytické uvažování žáků při řešení zadané úlohy.

Určitou nevýhodou modulů EDU-mod je signalizace stavu „jen“ na základě svitu LED diod. Což pro někoho (některé žáky) může být „málo akční“.

Po technické stránce jsou technologické moduly EDU-mod kompaktní, konstrukčně dobře provedené, odolné a při vlastní práci s nimi není vyžadována další manipulace. Ovládání se děje prostřednictvím PLC či vizualizace na HMI panelu.

Technická dokumentace poskytnutá s moduly je stručná a jednoznačná.

Z hlediska užitných vlastností jsou všechny technologické moduly EDU-mod srovnatelné.

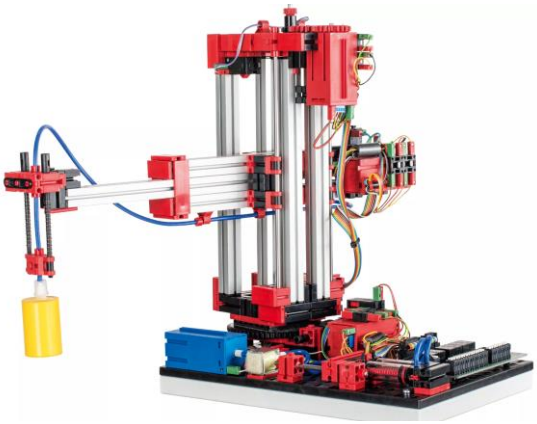
Jakou výzvu představují pro uživatele, to je individuální.

Moduly jsou zpětně kompatibilní jak s moderními PLC, tak například i se stařičkými PLC Tecomat, které se dostaly do školství před více než dvaceti lety. Možnost propojit moduly v podstatě s jakýmkoliv PLC, které škola vlastní je další výhodou.

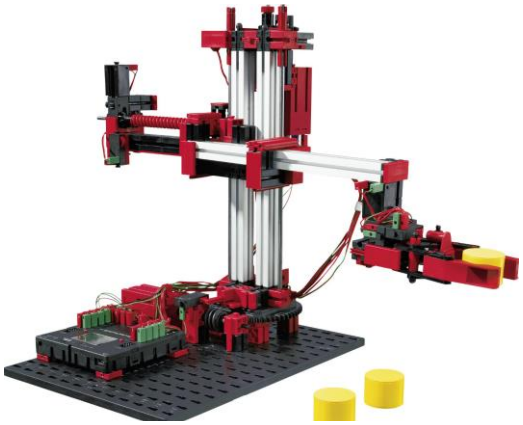
Střední průmyslová škola strojnická Olomouc
17. listopadu 995/49, 779 00 Olomouc
☎ 585 549 111, www.spssol.cz

Zhodnocení vlastností zapůjčených učebních pomůcek

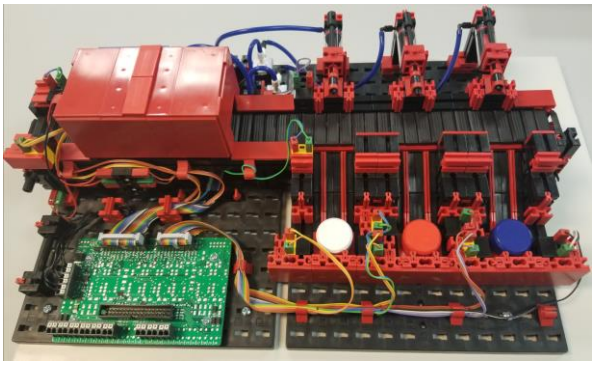
- **Set modelů Fischer Technik:**



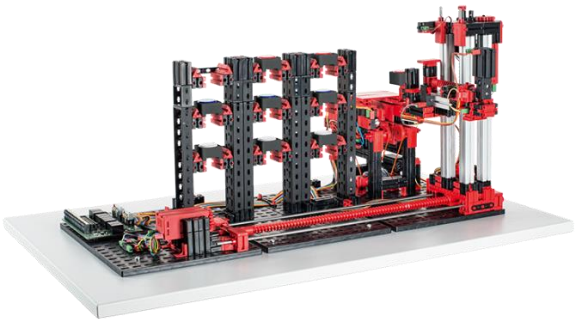
(I) Robotický manipulátor s pneumatickým úchopem



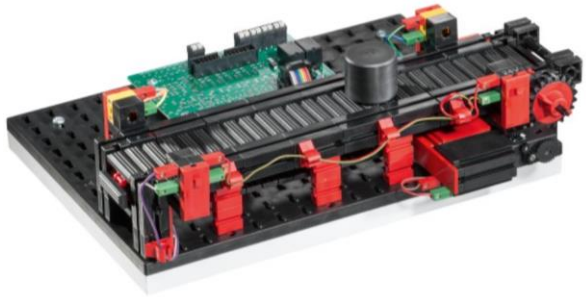
(II) Robotický manipulátor s motorickým úchopem



(III) Třídicí linka s barevným snímačem

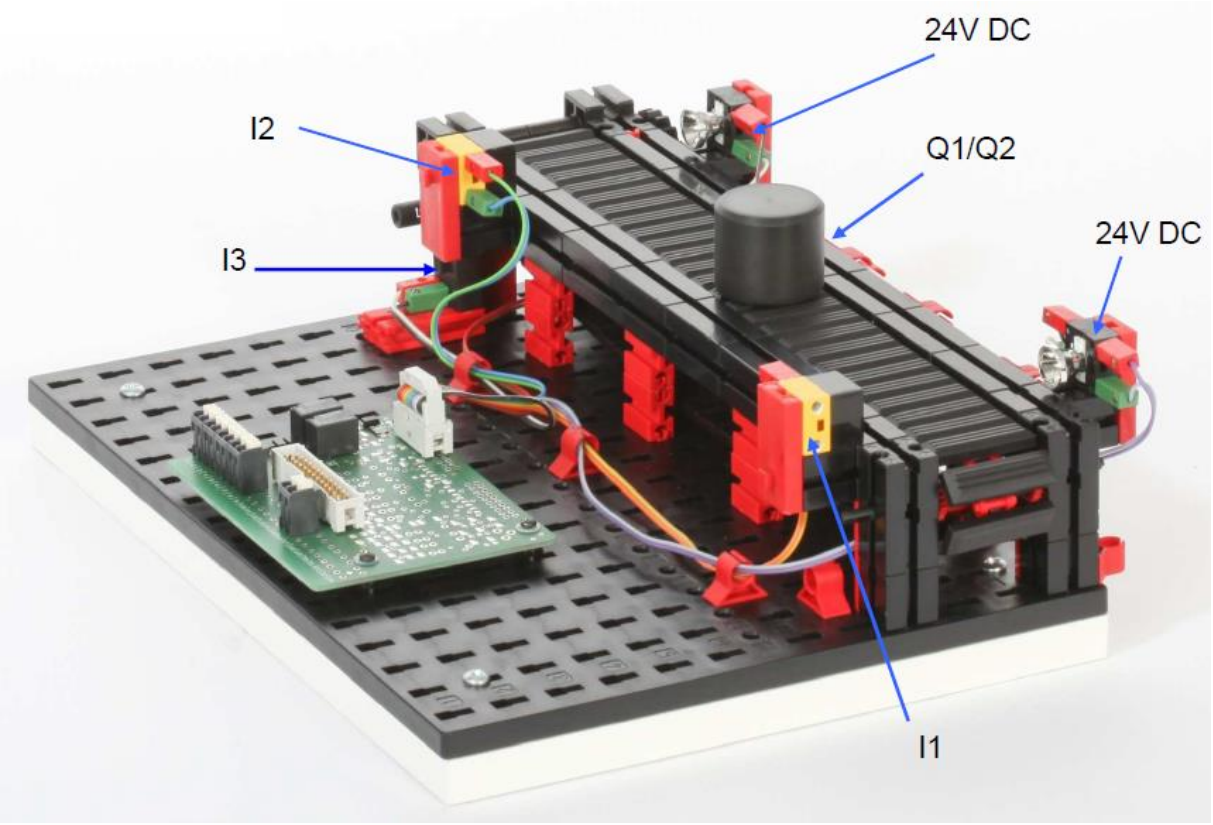


(IV) Regálový zakladač



(V) Pásový dopravník

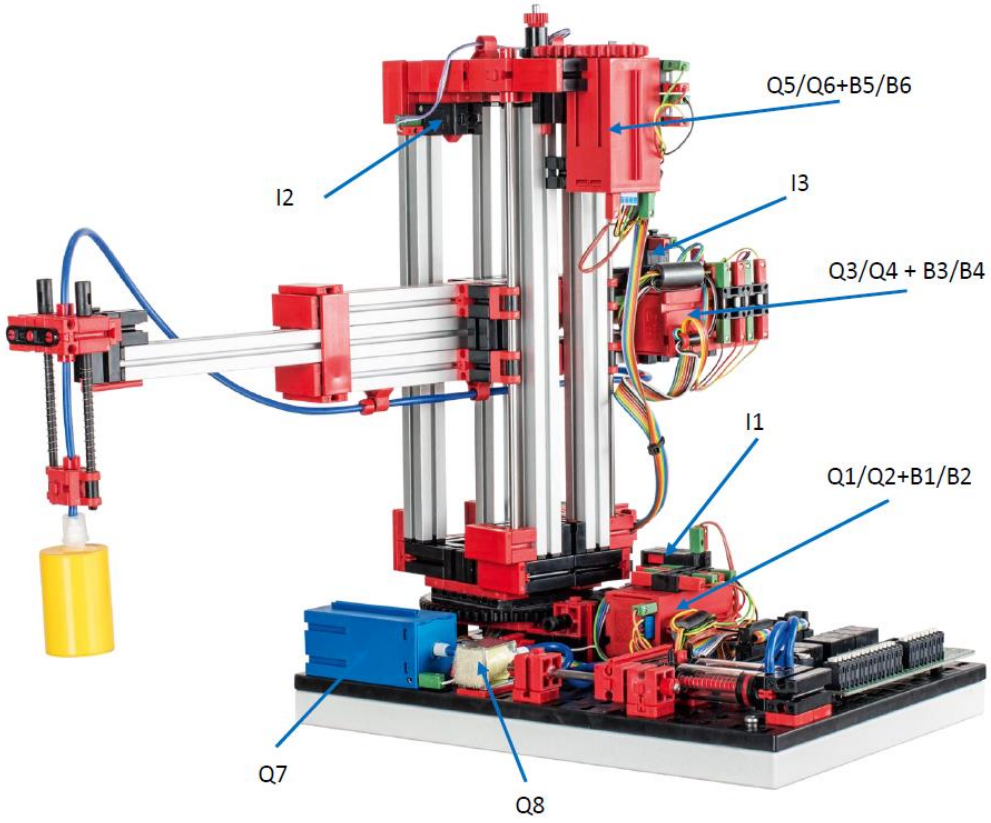
Model Fischer Technik – pásový dopravník:



Obrázek 9: Rozmístění vstupů a výstupů – pásový dopravník

- výhody: jednoduché ovládání, jednoduché připojení, využívá jen digitální vstupy a výstupy PLC, relativně snadná vizualizace.
  výstupy modulu: **I1** a **I2** – fototranzistory – detekce předmětu na pásu (začátek a konec) a **I3** detekce chodu pásu – kombinace vačky a mikrospínače,
  vstupy modulu: **Q1** – spínání chodu motoru pásu TAM a **Q2** – spínání chodu motoru pásu ZPĚT.
- nevýhody: nesnadné propojení s ostatními prvky do technologického celku.

Model Fischer Technik – Robotický manipulátor s pneumatickým úchopem:

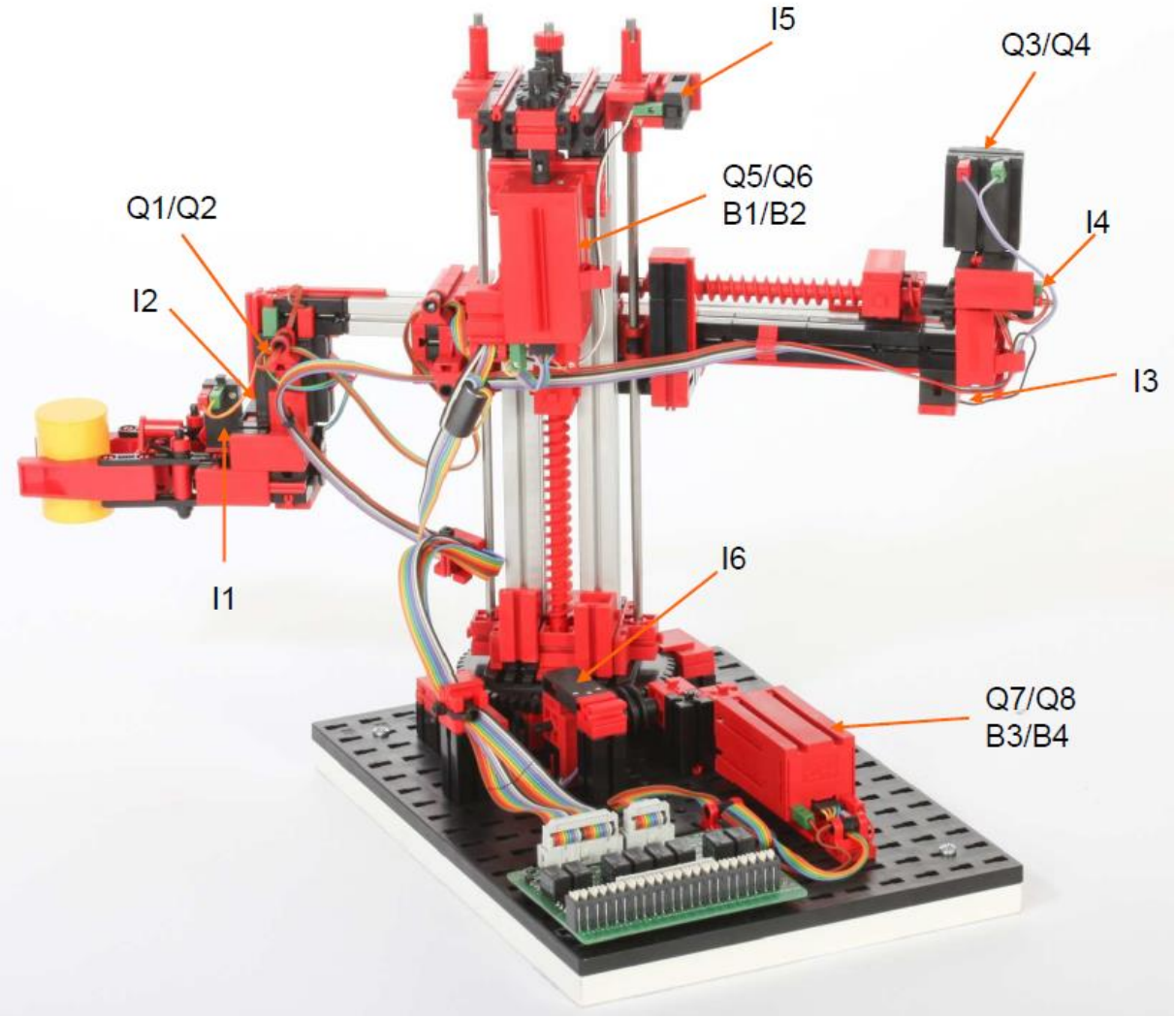


Obrázek 10: Rozmístění vstupů a výstupů – pásový dopravník - robotický manipulátor s pneumatickým úchopem

- výhody: jednoduché ovládání (shodný princip ovládání všech tří os), jednoduché ovládání pneumatické části, využívá kombinaci elektroniky a pneumatiky, využívá jen digitální vstupy a výstupy PLC,
  výstupy modulu: **I1**, **I2** a **I3** – koncové spínače krajní polohy v každé z os (zvažujeme přidání koncových spínačů i do druhé koncové polohy každé osy),
  výstupy modulu: **B1/B2** – výstup enkodéru vertikální osy PULZ1 a PULZ2, **B3/B4** – výstup enkodéru horizontální osy PULZ1 a PULZ2, **B5**/**B6** – výstup enkodéru rotační osy PULZ1 a PULZ2,
  vstupy modulu: **Q1/Q2** – vertikální osa TAM/ZPĚT, **Q3/Q4** – horizontální osa TAM/ZPĚT, **Q5/Q6** – rotační osa TAM/ZPĚT, **Q7/Q8** – spínání kompresoru a spínání ventilu podtlakového úchopu.
- nevýhody: nesnadné propojení s ostatními prvky do technologického celku, potřeba obsáhlejší vizualizace.

Zařízení je robustní, pracuje spolehlivě. V průběhu práce s ním jsme nenarazili na zásadní obtíže.

Model Fischer Technik – Robotický manipulátor s motorickým úchopem /3D Robot 24 V/:



Obrázek 11: Rozmístění vstupů a výstupů – pásový dopravník - robotický manipulátor s motorickým úchopem

- výhody: jednoduché ovládání (shodný princip ovládání všech tří os), jednoduché ovládání elektrické uchopovací části, využívá jen digitální vstupy a výstupy PLC.
  výstupy modulu: **I1** – referenční (koncový) spínač uchopovače, **I2** – pulzní výstup spínače vázaného mechanicky na vačku pohybu uchopovače, **I3** – referenční (koncový) spínač vodorovné osy, **I4** – pulzní výstup spínače vázaného mechanicky na vačku pohybu vodorovné osy, **I5** – referenční (koncový) spínač svislé osy, **I6** – referenční (koncový) spínač rotační osy, (zvažujeme přidání koncových spínačů i do druhé koncové polohy každé osy),
  výstupy modulu: **B1/B2** – výstup enkodéru vertikální osy PULZ1 a PULZ2, **B3/B4** – výstup enkodéru horizontální osy PULZ1 a PULZ2,

vstupy modulu: **Q1/Q2** – motor uchopovače OTEVŘÍT/ZAVŘÍT, **Q3/Q4** – horizontální osa TAM/ZPĚT, **Q5/Q6** – vertikální osa TAM/ZPĚT, **Q7/Q8** – rotační osa TAM/ZPĚT.

- nevýhody: nesnadné propojení s ostatními prvky do technologického celku, potřeba obsáhlejší vizualizace, chybějící díl pro vybavení koncového spínače rotační osy (doufáme, že jen u našeho kusu), mechanicky složitá a choulostivá konstrukce uchopovače.

I když jde u robotického manipulátoru s motorickým úchopem /3D Robot 24 V/ o podobnou konstrukci, jako je model Fischer Technik – Robotický manipulátor s pneumatickým úchopem, při používání tohoto modelu jsme narazili na řadu obtíží, z nichž některé se nám jeví jako zásadní:

Jednotlivé osy manipulátoru jsou sice osazeny koncovými spínači (opět jen v jednom směru, slouží tedy jako referenční body), ale deska řídicí elektroniky s nimi nepracuje. Pokud na vizualizačním panelu, nebo při ručním řízení zvolíme režim chodu dané osy, dojde k jejímu zastavení až tehdy, kdy už „motor nemůže“. Pokud v tomto režimu budou žáci testovat model, nedopadne to z hlediska mechanické funkce modelu dobře a dojde zřejmě brzy k poškození dílů či pohonu dané osy.

Žáky je tedy třeba důrazně upozornit na tento problém a při ručním provozu je dobře hlídat.

Při programovém řízení modelu je třeba zapracovat podmínku, která s vybavením koncového spínače bude pracovat.

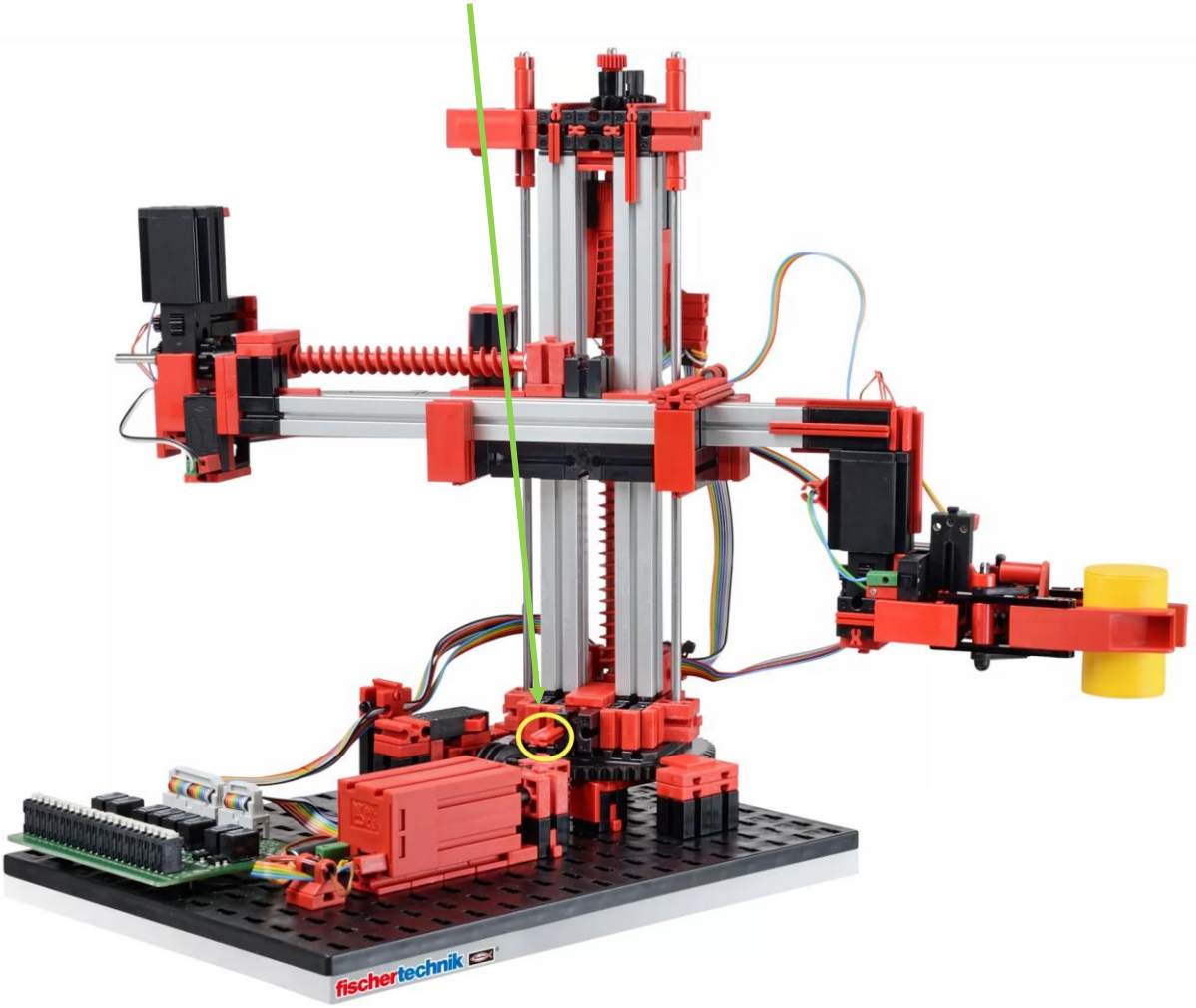
Je nám známo, že vybrané osy jsou vybaveny pulzním výstupem spínače vázaného mechanicky na vačku pohybu příslušné osy. Tento výstup je však u PLC třeba náležitě ošetřit a data z něho zpracovat. Ukazuje se, že v případě námi použitého PLC Siemens S7-1215DC/DC/DC je třeba příslušné vstupy nakonfigirovat jako tzv. *High Speed Countery* (dále jen HSC), což pro začínajícího programátora je netriviální úkol. Pokud by žáci měli dle předloženého vzoru daný blok nakonfigurovat tím, že jej „slepě“ opíší ze zadání, nic jim to nepřinese. Uvedený blok je pro žáky v tomto případě něco jako „černá skříňka“.

Do budoucna zvažujeme možnost opatřit všechny osy koncovými spínači i v druhé krajní poloze.

Opakovaně se nám při ladění pohybu uchopovače stalo, že došlo k uvolnění sestavy uchopovače. Když k takové situaci dojde v případě, že kleština uchopovače je v uzavřené poloze, je potřeba rozebrat celou sestavu uchopovací jednotky. S ohledem na fakt, že jde o stavebnici by bylo rozumné, aby dodaná dokumentace od výrobce obsahovala detailní nákresy a postup sestavení uchopovače z jednotlivých dílů. Zde bychom tedy uvítali lépe zpracovanou dokumentaci výrobce.

Jako problematický se nám dále jeví mechanismus drapáku (uchopovací zařízení proto, že je zde také použit šnekový převod a chod zařízení mezi otevřením a uzavřením kleštiny je poměrně krátký. V krajních polohách je zařízen značně namáháno. Jako jediné řešení se nám zde jeví možnost, že žáci budou postupovat při programování přesně podle návodu a v dané ose nebudou experimentovat, aby drapák mechanicky nepoškodili.

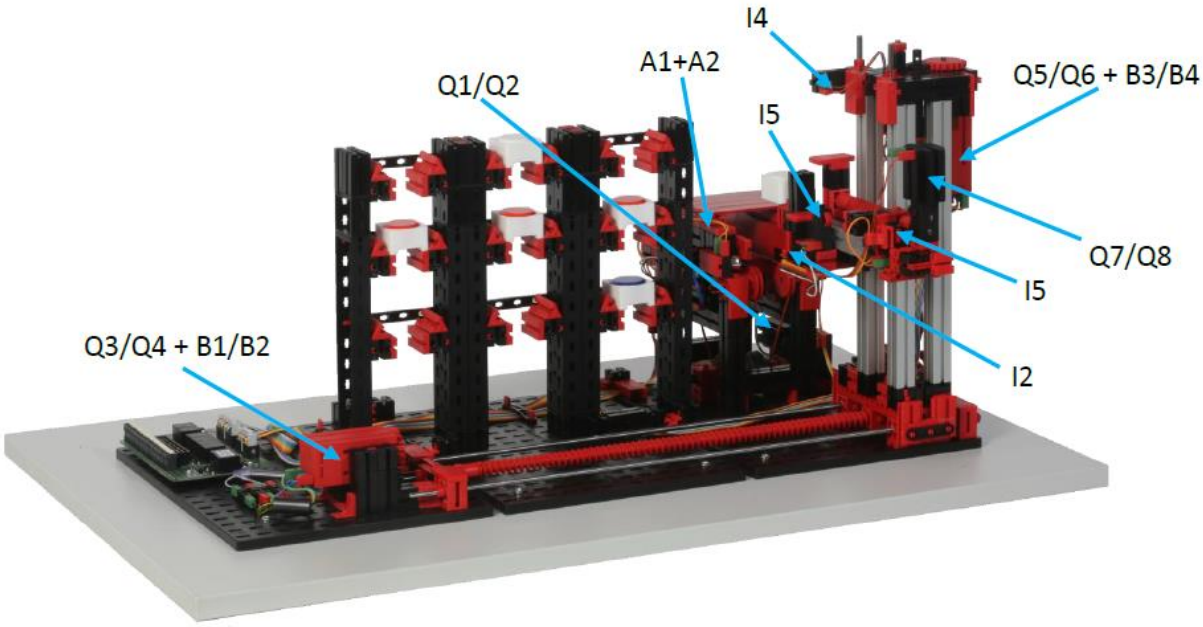
Na rotační ose našeho modelu schází mechanický prvek, který by vybavil sepnutí koncového spínače (I6) v krajní poloze. Nevíme, zda jen u našeho kusu, nebo obecně. Na jedné z fotografií výrobce jsme daný prvek ovšem nalezli:



Obrázek 12: Chybějící součást pro vybavení koncového spínače na rotační ose robotu

Pomůžeme si 3D tiskem. Ale při neopatrném provozu hrozilo utržení kabeláže (převod se šnekovými koly na to má dostatek síly).

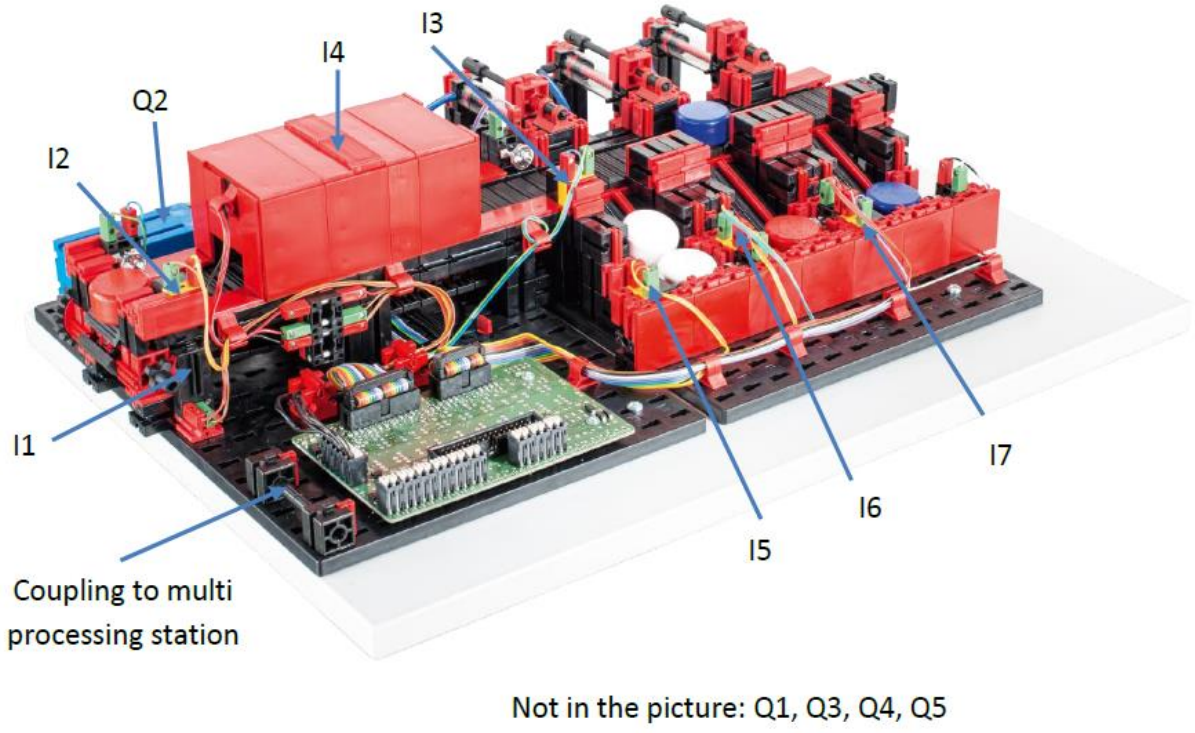
Model Fischer Technik – Regálový zakladač:



Obrázek 12: Rozmístění vstupů a výstupů – pásový dopravník – regálový zakladač

- výhody: jednoduché ovládání (shodný princip ovládání všech čtyř os), využívá analogové i digitální vstupy a digitální výstupy PLC.
  výstupy modulu: **I1** – referenční (koncový) spínač horizontální osy, **I2** – vstupní světelná závora, **I3** – výstupní světelná závora, **I4** – referenční (koncový) spínač vertikální osy, **I5** – referenční spínač konzolový přední, **I6** – referenční spínač konzolový zadní,
  A1 – snímač stopy (signál 1, spodní), **A2** – snímač stopy (signál 2, horní); digitální infračervený snímač pro identifikaci černé stopy na bílém pozadí ve vzdálenosti (5 až 30) mm,
  výstupy modulu: **B1/B2** – výstup enkodéru horizontální osy PULZ1 a PULZ2, **B3/B4** – výstup enkodéru vertikální osy PULZ1 a PULZ2,
  vstupy modulu: **Q1/Q2** – motor dopravního pásu TAM/ZPĚT, **Q3/Q4** – horizontální osa ZASUNUTÍ DO REGÁLU/VYSUNUTÍ Z REGÁLU, **Q5/Q6** – motor vertikální osy TAM/ZPĚT, **Q7/Q8** – konzolový motor TAM/ZPĚT.
- nevýhody: nesnadné propojení s ostatními prvky do technologického celku, potřeba obsáhlejší vizualizace.

Model Fischer Technik – Třídicí linka s detekcí barev:



Obrázek 13: Rozmístění vstupů a výstupů – třídicí linka s detekcí barev

- výhody: jednoduché ovládání, využívá analogové i digitální vstupy a digitální výstupy PLC.
  výstupy modulu: **I1** – čítač pulzů, detekuje chod dopravníkového pásu, **I2** – vstupní světelná závora, vstup do měřicí komory barevného senzoru, **I3** – výstupní světelná závora, výstup z měřicí komory barevného senzoru, **I4** – barevný senzor (detekuje červené světlo, které se s různou intenzitou odráží od různě barevných povrchů, intenzita odraženého světla je měřena fototranzistorem a výstupem je hodnota napětí mezi 0 V a 9 V; data z tohoto senzoru tedy zpracovává analogový vstup PLC), **I5** – světelná závora bílá (výstup z třídiče), **I6** – světelná závora rudá (výstup z třídiče), **I7** – světelná závora modrá (výstup z třídiče),
  vstupy modulu: **Q1** – motor dopravního pásu, **Q2** – motor kompresoru, **Q3** – ventil prvního vyhazovacího pístu (bílá), **Q4** – ventil druhého vyhazovacího pístu (rudá), Q5 – ventil třetího vyhazovacího pístu (modrá).
- nevýhody: nesnadné propojení s ostatními prvky do technologického celku, potřeba velmi obsáhlé vizualizace.

Po technické stránce jsou všechny výše uvedené modely Fischer Technik v podstatě klasickou konstrukční stavebnicí (využívající specifické plastové konstrukční prvky a senzory s řídicí elektronikou) plně srovnatelnou s rozšířenými konstrukčními stavebnicemi typu VEX či LEGO (Mindstorms, EV3, nebo SPIKE). Jen několik málo konstrukčních prvků je kovových (osy, vedení pohybových šroubů, nosníky vodorovného či svislého posuvového mechanismu). Spojení konstrukčních dílů či převody ozubenými koly vykazují drobné vůle. Nejde však o nic, co by mělo zásadní vliv na funkci modelu.

Pokud bychom měli (jak je u konstrukčních stavebnic obvyklé) častěji měnit konfiguraci modelu (tedy model rozebírat, přestavovat), měli bychom obavy o možnost poškození elektronických prvků (připojovacích vodičů a jejich konektorů) při přepojování senzorů, motorů, koncových spínačů apod. Naše konfigurace modelu je však neměnná a tento problém se nás netýká.

Každý z modelů Fischer Technik je pevně adjustován na MDF desce. Deska má větší půdorys než samotný model. Není tak snadné (respektive proveditelné bez dodatečných úprav) spojit více modelů do nějakého technologického celku (například manipulátor funkčně spojit s dopravníkem a regálovým zakladačem).

Pokud by chtěl uživatel ve výuce používat podobný technologický celek (viz obr. 7), je dle našeho názoru vhodnější vybrat si danou konfiguraci jako celek na webu výrobce, než přizpůsobovat jednotlivé modely „na koleně“.

Obrázek 14: Ukázka technologické sestavy Fischer Technik

Dokumentace výrobce Fischer Technik je obsahově na dobré úrovni. Žel, ani v naší republice není k modelům dokumentace dodávána v české lokalizaci. Studenti jsou však jazykově vybaveni, není to tedy zásadní problém.

V průběhu zapojování modelu manipulátoru s pneumatickým úchopem jsme zjistili, že jedna z os modelu (rotační osa) je díky chybě elektroniky nefunkční. Závadu jsme reklamovali u dodavatele modelu a v relativně krátké době jsme obdrželi novou desku elektroniky k výměně. Musíme tedy pochválit i servis ze strany dodavatele modelů.

Shrnutí:

Naše zkušenosti s oběma zapůjčenými prostředky (EDU-mod i Fischer Technik) jsou poměrně pozitivní. Uživatelské vlastnosti obou prostředků odpovídají našim potřebám výuky na střední odborné škole technického směru. V realizované výuce dochází k žádoucímu propojování poznatků z teoretických odborných předmětů s praktickou činností a k rozvíjení ICT kompetencí a odborných kompetencí žáků.

Uvedený soubor pomůcek nás motivuje k dalšímu rozvoji pracoviště.