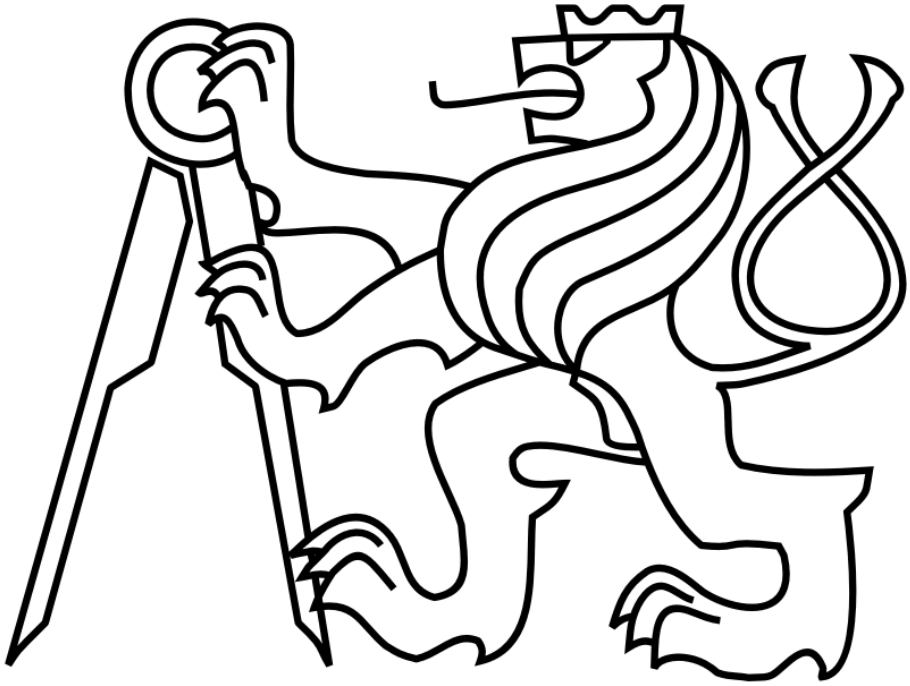
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra řídicí techniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Modely pro programovatelné automaty Rockwell Automation

Praha 2009

Petr Ivančák

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Petr Ivančák**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: **Modely pro programovatelné automaty Rockwell Automation**

Pokyny pro vypracování:

1. Modernizujte stávající tři modely podavačů připojených k programovatelným automatům SLC 500, které se používají pro výuku programování, a zároveň zhotovte chybějící model pro další pracoviště.
2. Připojte model kuličky na tyči k programovatelnému automatu a zajistěte přepínání ovládání mezi třemi režimy: ručně, PC a automat.
3. Zpracujte popis modelů a použitých programovatelných automatů pro výuku.
4. Vytvořte vzorové programy pro řízení a na jejich základě navrhněte zadání vhodných úloh pro studenty.

Seznam odborné literatury:

Dodá vedoucí práce

Vedoucí: Ing. Jindřich Fuka

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2008/2009

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta elektrotechnická

v.z. M. Smulková
doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 13. 3. 2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze, dne 12.7.2009

.....
podpis

Poděkování

Chtěl bych touto cestou poděkovat zejména vedoucímu práce p. Ing. Jindřichu Fukovi za jeho trpělivost a cenné rady, které mi pomohly při vypracování této práce.

Anotace

Úkolem této práce bylo jednak modernizovat model podavače tak, aby lépe odpovídal současným požadavkům výuky a jednak zajistit propojení programovatelného automatu SLC 500 a přípravku „Kulička na tyči“. K provedeným změnám byla vytvořena i potřebná technická dokumentace. Rovněž byly navrženy úlohy pro studenty pracující s těmito přípravky. Při volbě postupu byly zohledněny potřeby a možnosti laboratoře K23 na katetře řídicí techniky FEL ČVUT v Praze, ve které jsou přípravky umístěny.

Model podavače byl realizován v modernizované a nové verzi. Modernizovaná verze disponuje pouze omezenými vylepšeními. Nová verze pak obsahuje změny v plném rozsahu. Jednalo se především o přidání tlačítek START a STOP a odstranění nutnosti používat druhý napájecí zdroj pro motorek. U přípravku „Kulička na tyči“ jde o zajištění jeho připojení k programovatelnému automatu vč. možnosti automatického převzetí řízení.

Annotation

The task of this study is to modernize manipulator model and to interconnect programable automat SLC 500 and „Ball and Beam“ preparation. Realized changes were fixed in necessary documentation to clear principes of these changes and to allow future improvements. There were prepared some exercises for students working on these preparations. Realized solutions recpect necessarities and limitations of laboratory K23 of departement of control engineering on FEE CTU in Prague, where these preparations serve.

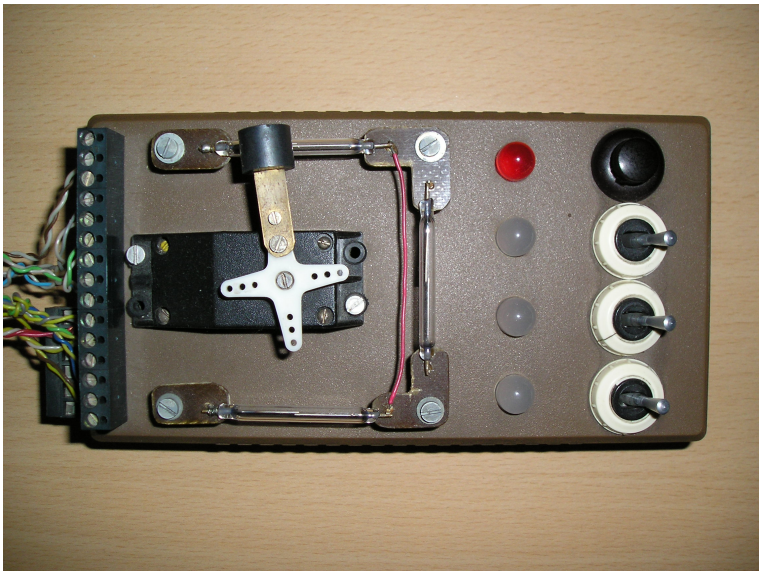
Manipulator model was realized in modernized and new versions. The modernized one has only limited improvements. The new one has all realized improvements – „START“ and „STOP“ switches, second voltage source elimination, etc. The „Ball and beam“ preparation has a new interconnection to PLC incl. automatical control takeover possibility.

Obsah

1 Úvod....1
2 Model podavače....3
2.1 Přehled požadavků....3
2.2 Napájení....3
2.3 Diody....4
2.4 Svorkovnice....7
2.5 Tlačítka START a STOP....7
2.6 Dokumentace....8
2.7 Úlohy....9
2.7.1 Test podavače....9
2.7.2 Nastavení polohy....10
2.7.3 Další návrhy....10
2.8 Shrnutí....10
3 Kulička na tyči.... 12
3.1 Úvod....12
3.2 Měření přípravku....13
3.3 Realizace....13
3.4 Dokumentace....15
3.5 Úloha....15
3.6 Shrnutí....16
4 Závěr....17
5 Použitý software....18
6 Literatura....19
7 Seznam obrázků....20
Příloha 1: Seznam součástek použitých k modernizaci stávajícího modelu podavače....I
Příloha 2: Seznam součástek použitých v nové verzi modelu podavače....II
Příloha 3: Schéma zapojení původního modelu podavače....III
Příloha 4: Schéma zapojení modernizovaného modelu podavače....IV
Příloha 5: Schéma zapojení nové verze modelu podavače....V
Příloha 6: Návod k použití (pro výuku) stávajícího modelu podavače....VI
Příloha 7: Návod k použití (pro výuku) modernizovaného modelu podavače....VIII
Příloha 8: Návod k použití (pro výuku) nové verze modelu podavače....X
Příloha 9: Výpis programu „Test snímačů“....XII
Příloha 10: Výpis programu „Nastavení polohy“....XIII
Příloha 11: Návod k použití (pro výuku) přípravku „Kulička na tyči“....XIV
Příloha 12: Výpis programu „Ovládání ramene“....XVI

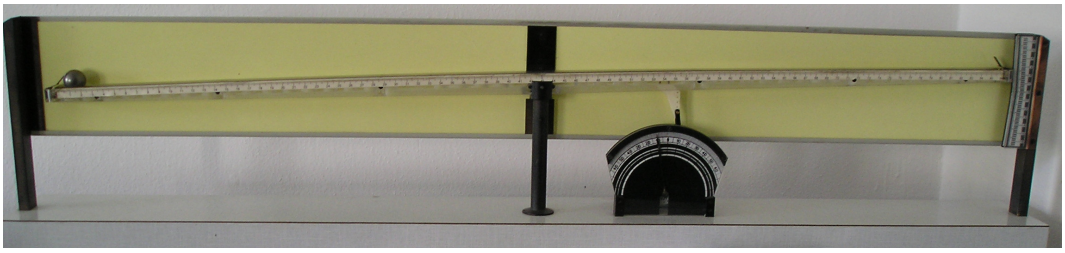
1 Úvod

V souvislosti s rekonstrukcí laboratoře K23 vznikla i myšlenka na modernizaci dvou stávajících přípravků používaných k výuce na katedře řídicí techniky – modelu podavače a přípravku nazývaného „Kulička na tyči“ (anglicky „Ball and Beam“).



Obr. 1 Model podavače před modernizací

Prvním přípravkem je model podavače, který simuluje manipulační zařízení a je řízen programovatelným automatem. Používá se pro výuku základů programování. Disponuje otáčivým ramenem, kontakty, jež detekují pozici ramene, spínači a diodami, které jako vstupy a výstupy plní různé funkce v rámci zadání úloh.



Obr. 2 Přípravek „Kulička na tyči“ – kulička s tyčí

Tím druhým je pak přípravek „Kulička na tyči“, který se skládá ze dvou částí. První částí je tyč se žlábkem, která se pomocí servomechanizmu naklání do stran (podobně jako houpačka). Na tyči je ve žlábku umístěna kulička, která se může pohybovat po celé délce tyče. Poloha kuličky je odporově měřena. Tato tyč se servomechanizmem je pak připojena k ovládacímu panelu, který řídí servomechanizmus, snímá polohu kuličky a úhel náklonu ramene a přepojuje jednotlivé druhy

ovládání. Na ovládacím panelu jsou také umístěny konektory pro měření hodnot vstupní a výstupních veličin a prvek pro manuální ovládání ramene.

Obr. 3 Programovatelný automat SLC 500

Model podavače se v laboratoři K23 používá při výuce předmětu Programovatelné automaty, kde je připojen k programovatelnému automatu firmy Rockwell Automation SLC 500. Jedním z mých úkolů bylo zajistit připojení přípravku „Kulička na tyči“ k tomuto programovatelnému automatu.

V kapitole 2 se zabývám modelm podavače. Jsou v ní zmíněny jak požadavky na modernizaci, tak realizovaná řešení. Zároveň zmiňuje rozdíly v realizaci mezi modernizovanou a novou verzí modelu.

Kapitola 3 se věnuje propojení přípravku „Kulička na tyči“ s programovatelným automatem.

2 Model podavače

2.1 Přehled požadavků

Při identifikaci požadavků na modernizaci modelu podavače jsem vycházel především z praktických zkušeností s dosavadní verzí modelu. Ve spolupráci s vedoucím práce se nám podařilo specifikovat tyto požadavky:

A) Odstranit nutnost použití druhého zdroje napětí (5 VDC) a využít pro napájení motorku otočného ramene hlavní zdroj (24 VDC) používaný k napájení jak zbytku přípravku, tak sammotného programovatelného automatu.

B) Vyrobit model podavače pro zbývající pracoviště v laboratoři, přičemž příslušný programovatelný automat je vybaven (na rozdíl od ostatních) výstupy typu 'sink' (detailnější popis problému naleznete v bodě 2.3).

C) Úprava vzhledu svorkovnice na rozhraní model-kabel.

D) Dovybavit model podavače tlačítky START a STOP.

Tyto požadavky pak určily další směr mé práce.

Vlastní realizace se pak rozdělila do dvou přístupů. Šlo jednak o vytvoření modernizovaného modelu, kde bylo nutno zohlednit, že model byl již vytvořen, a tak se jeho ev. úpravy potýkají s určitými omezeními, a jednak o vytvoření nového modelu, kde bylo možné v některých směrech zvolit nový pohled na věc.

2.2 Napájení

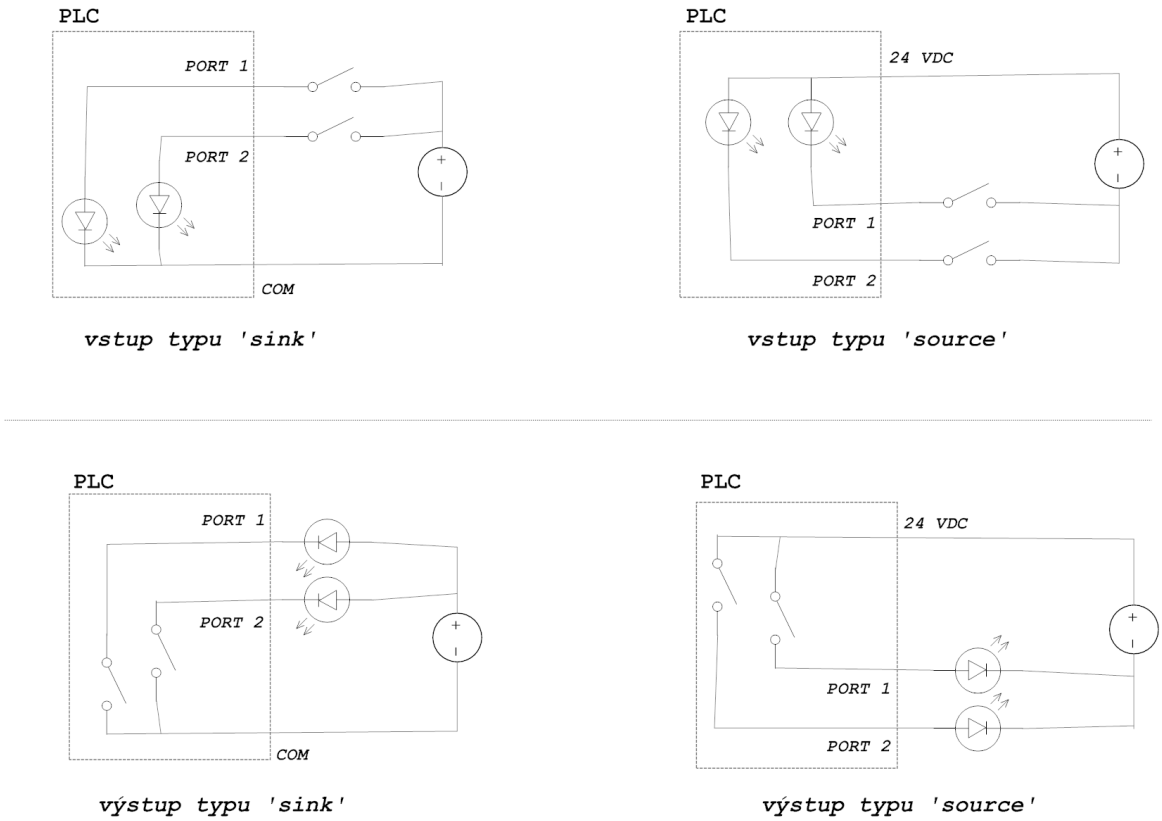
Pro napájení motorku v podavači se používá napětí 5 VDC, které je zajištěno pomocí dalšího zdroje napětí. Daleko lepší by byla eventuální možnost využít pro napájení motorku zdroje 24 VDC integrovaného v programovatelném automatu SLC 500.

Na využití zdroje 24 VDC, který je součástí programovatelného automatu SLC 500, k napájení motorku se vstupním napětím 5 VDC, jsem se rozhodl využít běžný DC/DC měnič. Vzhledem k jeho malým rozměrům nebyl problém s jeho umístěním dovnitř modelu a zkoušky ukázaly, že zdroj 24 VDC je dostatečně výkonný na realizaci tohoto řešení.

Další možností by byla např. výměna motorku za motorek pracující při napětí 24 VDC, popř. použití předřadného rezistoru, který by zaručil napětí na motorku zmíněných 5 VDC. Použití motrku s napětím 24 VDC by si vyžádalo značný zásah do modelu. Předřadný rezistor by zas neúčelně spotřebovával část výkonu.

2.3 Diody

Důležité bylo také ošetřit skutečnost, že programovatelné automaty SLC 500 mohou být vybaveny vstupy a výstupy typu 'source' a typu 'sink'. Modul výstupů též může být typu 'relay', který lze však snadno zapojit tak, aby fungoval stejně (resp. podobně) jako 'source'. Lze jej sice zapojit i tak, aby fungoval jako 'sink', nicméně pro potřeby modelu podavače je s ohledem na jeho vlastnosti (u původní a modernizované verze) výhodnější zapojit modul typu 'relay' podobně jako 'source'. Model by tak měl být použitelný bez ohledu na to, zda jsou vstupy a/nebo výstupy typu 'source' nebo 'sink'.



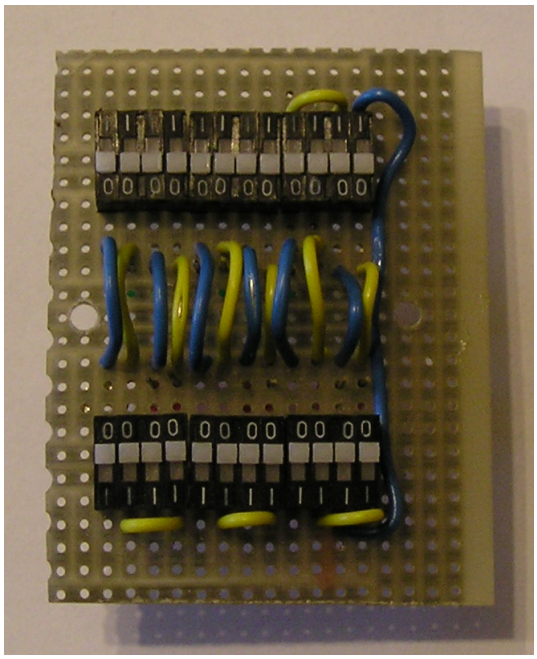
Obr. 4 Principiální schéma zapojení vstupů a výstupů typu 'sink' a 'source'

K rozlišení typů 'source' a 'sink' potřebujeme znát princip funkce. Pokud jde o vstupy, je situace jednodušší. V zapojení 'sink' je řízený prvek (nacházející se uvnitř PLC) zapojen tak, že řídicí prvek (mimo PLC – tj. v modelu) připojí na port řízeného prvku (uvnitř PLC) kladné napětí (v našem případě 24 VDC) oproti potenciálu společného vodiče označeného v modulu jako COM . V zapojení typu 'source' pak řídicí prvek připojuje na port nulový potenciál (resp. potenciál vodiče COM). Protože prvky, které řídí stav vstupů, jsou v modelu výhradně spínače (i jazýčkové kontakty jsou „pouze spínače“), nezáleží u nich na směru proudu, který jimi protéká, a tak je plně postačující, když prvky modelu připojené na vstupy programovatelného automatu mají ve spojovacím kabelu zvlášť vodič určený jako jejich společný vodič, na který se dle typu modulu vstupů připojí buď 24 VDC ('source')

nebo COM ('sink').

Poněkud složitější situace nastává u výstupů, kde kromě relé ovladajících otáčení a směr otáčení motorku jsou také tři dvoubarevné diody. Výstup typu 'source' totiž přivádí v aktivním stavu na port (téměř) celé napájecí napětí (v našem případě 24 VDC), které je přes „zátěž“ (tj. ovládaný prvek) připojeno k nulovému potenciálu (v našem případě COM). U typu 'sink' je však ovládaný prvek připojen mezi napájecí napětí (24 VDC) a port, který je v aktivním stavu připojen až (téměř) na nulový potenciál (COM). Díky tomu protéká proud ovládaným prvkem připojeným k výstupu typu 'source' opačným směrem než při připojení k výstupu typu 'sink', což je jedním z problémů u diod, které mají propustný a závěrný směr proudu. Dalším problémem instalovaných dvoubarevných diod je skutečnost, že jsou konstruovány se společnou katodou, a tak nelze u nich rozlišit podle katody, která barva má svítit. Ve světle těchto skutečností je pak zřejmé, že model je ve stávající podobě (tj. před modernizací) uzpůsoben pouze pro výstupy typu 'source' a 'relay' (které lze zapojit tak, aby fungovaly podobně jako 'source').

Tento problém jsem ze rozhodl vyřešit změnou přístupu. Nový model podavače je místo třemi dvojbarevnými diodami vybaven dvěma trojcemi diod (červenými a zelenými), které lze podle potřeby pomocí přepínačů zapojit tak, aby spolupracovaly s výstupy typu 'source' nebo 'sink'. Protože většina automatů v laboratoři K23 je vybavena výstupy typu 'source', není nutno takto upravovat stávající modely, u nichž by případná změna byla daleko komplikovanější. V případě, že by v budoucnu vznikla nutnost připojit i staré (resp. modernizované) modely k programovatelnému automatu z výstupy typu 'sink', doporučuji zaměřit se na sestavení redukce s optočlenem (viz níže).

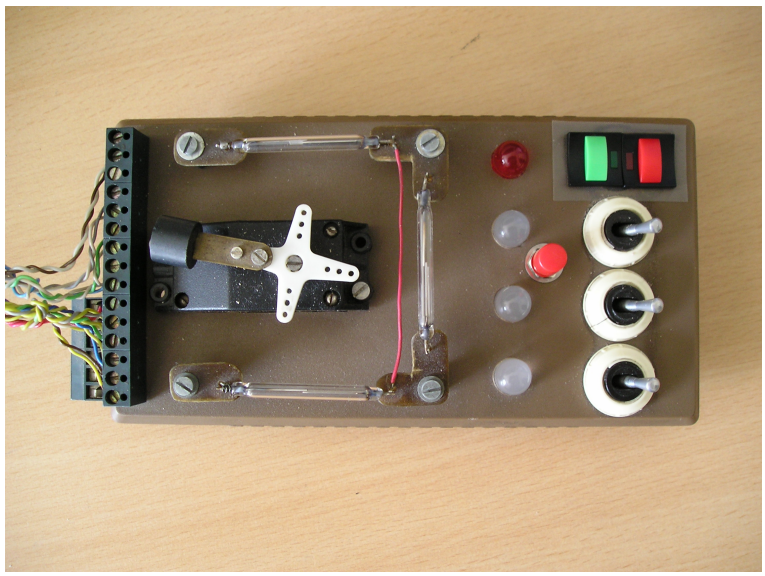


Obr. 5 Pohled na spínače zajišťující správné zapojení diod dle typu výstupu.

Pro přepínání zapojení diod by bylo ideální použít jakýsi „dvanáctipřepínač“, který by přepnul zapojení dle potřeby. Ten však není běžně k dispozici. Další alternativou je použití dvanácti přepínačů, které by „odpovědná obsluha“ (např. vedoucí laboratoře) nastavil dle potřeby. Páčkové jsou však příliš velké a tlačítkové by se velmi špatně ovládaly. Uvažoval jsem i o použití zkratospojek (tzv. 'jumper'), které se dříve používaly k nastavení prarametrů PC komponent. Nakonec mi jako nejlepší řešení připadá použití dvou sad po dvanácti spínačích které mají posuvné „páčky“. Použité spínače jsou rozměrově vyhovující, aby byly umístěny uvnitř modelu (umístění uvnitř zabrání studentům s nimi manipulovat a v případě potřeby je může kdykoliv vyučující přenastavit). Každá sada řeší jeden způsob připojení tak, že všechny spínače v sadě jsou buď v sepnutém nebo rozepnutém stavu (jedna sada vždy sepnutá a druhá rozepnutá).

Jedním z dalších možných řešení tohoto požadavku je možnost nahrazení dvoubarevných LED diod žárovkami. Toto řešení se jeví jako principiálně nejjednodušší, protože ani u žárovek (podobně jako u spínačů) nezáleží na směru protékajícího proudu. Toto řešení jsem zavrhl kvůli problémům se zajištěním barevného světla a kvůli zátěži, kterou by to znamenalo pro zdroj.

Další cestou, jak se s tímto problémem vypořádat, je pokusit se modifikovat signál z výstupu tak, aby „se tvářil“ jako 'source'. Tento přístup má společné to, že se vyznačuje minimálním zásahem do modelu, protože k modifikaci signálu dochází přídáním modulu připevněného k programovatelnému automatu (a tak je docíleno vzájemné zaměnitelnosti modelů).



Obr. 6 Modernizovaný model podavače

Prvním způsobem, jak modifikovat signál výstupu je pokus o jeho invertování. V případě použití operačního zesilovače by musel být středový potenciál operačního zesilovače na úrovni 24 VDC a napětí na výstupu OZ by se pak (s ohledem na vstup OZ a rozsah možných hodnot vstupu OZ, při napěťovém zesílení -1) pohybovalo v rozsahu 24 VDC až 48 VDC, což vede k nutnosti

opatřit setavu PLC-model dalším zdrojem, který zajistí oněch 48 VDC. To je však v rozporu se snahou eliminovat dodatečné zdroje napětí (viz dříve).

Rovněž lze použít invertor reprezentující logickou funkci NOT. Pokud bychom totiž k výstupu typu 'sink' připojili (jakýkoliv) ovládaný prvek stejně jako k výstupu typu 'source' (tj. vyšší potenciál na port a nižší potenciál na COM), bude ovládaný prvek dostávat přesně opačnou „logickou“ informaci, než jakou by měl dostat. Toto řešení však narazilo na problém, že součástky pracující s logickými signály nejsou běžně konstruovány na napětí 24 VDC, na které je konstruován model.

Následující dvě možná řešení jsou si podobná a liší se pouze v použitém prvku, princip je však stejný. Využívá toho, že informaci o (ne)aktivaci výstupu přeneseme „negalvanickou“ cestou a umožníme tak následné přizpůsobení elektrického signálu našim potřebám. Pro „negalvanický“ přenos je možné použít relé nebo optočlen. Jak jsem již zmínil výše, variantu s optočlenem doporučuji jako „záložní“ pro případ, že by v budoucnu vznikl požadavek na připojení modernizovaných modelů k výstupům typu 'sink'.

2.4 Svorkovnice

Další inovace se týkala svorkovnice, jejíž pomocí je k modelu připevněn kabel propojující model a programovatelný automat. Tato se s odstupem času ukázala jako zbytečná, protože původní záměr, aby si studenti sami připojovali kabel k modelu v rámci praktických cvičení, se při výuce nerealizuje. Proto jsem doporučil, aby event. nově vytvořené modely byly vybaveny konektorem Canon 25F (místo kabelu s tímto konektorem) tak, aby bylo možno model a automat propojit běžně dostupným kabelem 25M/25F 1:1 (standardní kabel volně v prodeji v obchodech s PC vybavením, bývaly též dodávány k modemům a dalším zařízením komunikujícím s PC prostřednictvím seriového (RS 232C) portu). Absence pevně přimontovaného kabelu umožní lepší skladnost a lepší manipulaci.

2.5 Tlačítka START a STOP

Posledním požadavkem na modernizaci modelu bylo jeho dovybavení tlačítky, jež by měla funkci START a STOP. Vzhledem k tomu, že tlačítka měla být připojena přímo ke vstupům programovatelného automatu a jejich funkce tak mohla být libovolná (i když pro potřeby školních úloh měly jimi být úlohy spouštěny a zastavovány), bylo přidání tlačítek pouze otázkou volby vhodných součástek (tj. tlačítek) a jejich umístění na modelu.

Dospěl jsem k závěru, že nejvhodnější je umístit tato tlačítka místo tlačítka umožňujícího chod motorku nezávisle na programovatelném automatu (testovací tlačítko - umístěno vedle spínačů). Vlastní testovací tlačítko bylo u modernizovaného modelu přemístěno doprostřed do mezery mezi diodami a spínači.

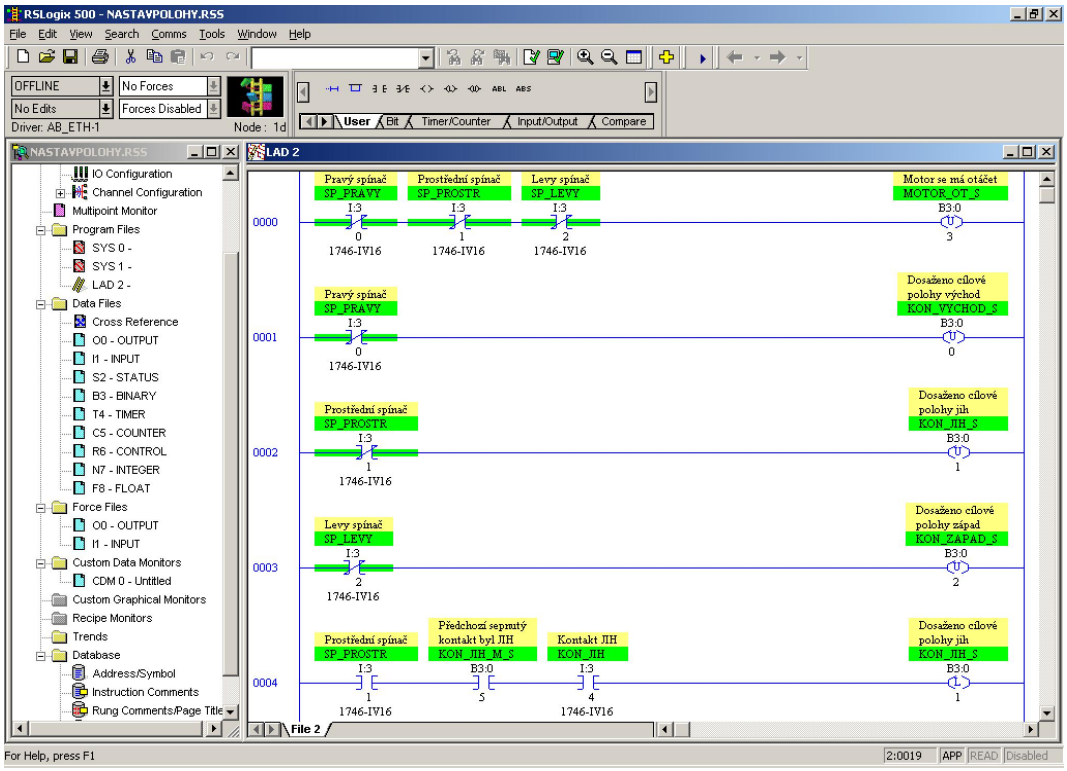
U modernizovaného modelu se při tomto přemístění ukázalo, že stávající tlačítko je rozměrově

nevhodné pro umístění v nové pozici a muselo tak být nahrazeno vhodnějším.

Vybraný model tlačítek určený pro tlačítka START a STOP navíc obsahuje také LED diodu, která je umístěna vedle tlačítka. Rozhodl jsem se proto tyto diody použít k signalizaci přítomnosti napájení (zelená) a opačného směru otáčení (červená). Díky těmto dvěma diodám jsem se rozhodl z důvodu nadbytečnosti nemontovat do nové verze modelu kontrolní červenou LED diodu, která svítí při běhu motorku.

Zelená signalizační dioda (u tlačítka „START“) je připojena k výstupům z DC/DC měniče, červená (u tlačítka „STOP“) pak mezi záporný pól výstupu DC/DC měniče a vodič motorku, na kterém je v případě chodu v opačném směru kladné napětí. Díky tomu není LED zatěžována závěrným napětím, protože při chodu motorku v „normálním“ směru jsou oba její konce na stejném potenciálu.

Samozřejmostí pak je, že tlačítko START bylo zapojeno jako spínací a tlačítko STOP jako rozpínací.



Obr. 7 Ukázka programovacího prostředí RSLogix500

2.6 Dokumentace

Rovněž bylo potřeba vytvořit chybějící dokumentaci k modelu (třetí bod zadání této práce). Veškerá dostupná dokumentace se omezovala na stručný popis modelu na webu a na popis zapojení svorkovnice umístěný na spodní straně modelu.

Pro potřeby údržby modelu jsem zhotovil schéma zapojení jednotlivých verzí modelu s popisy

zapojení konektorů. Pro potřeby výuky jsem pak vytvořil „vnější“ popis modelu a jeho ovládacích a akčních prvků včetně jejich přípojení ke vstupům a výstupum programovatelného automatu, tak, aby na základě totoho popisu byli studenti schopni programovat zadané úlohy.

Schémata zapojení naleznete v přílohách 3, 4 a 5.

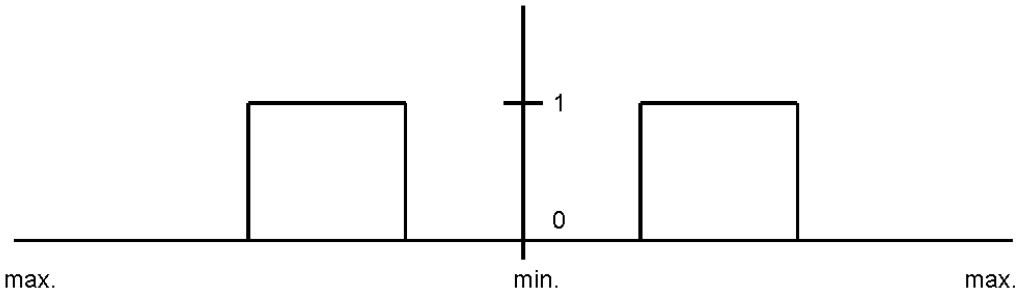
Popisy modelů pro výuku naleznete v přílohách 6, 7 a 8.

2.7 Úlohy

Aby bylo možno model podavače využívat při výuce, je potřeba také vypracovat zadání úloh pro studenty (čtvrtý bod zadání této práce). Pro tyto účely jsem vypracoval dvě demonstrační úlohy, které mají za úkol seznámit studenty s funkcí programovatelného automatu za pomoci tohoto modelu podavače. Tyto úlohy byly vypracovány v prostředí programu RSLogix500, který je určen pro programování použitého automatu SLC 500.

2.7.1 Test podavače

První úloha, kterou jsem navrhl a vytvořil má za cíl pouze jednoduše demonstrovat funkci modelu. Není tedy primárně určena jako úloha pro studenty, klade si za cíl demonstrovat funkci automatu ve spolupráci s ovládaným zařízením – modelem podavače. Sepnutím levého spínače nebo pomocí kontrolního tlačítka je uveden motorek do chodu. Sepnutím pravého spínače je aktivován opačný směr otáčení. Při sepnutí jazýčkového kontaktu dojde k rozsvícení LED diody (spárováno: kontakt VYCHOD – pravá LED, kontakt JIH – prostřední LED a kontakt ZAPAD – levá LED). LED dioda se při „normálním“ směru otáčení rozsvítí červeně a při „opačném“ zeleně (textovou podobu tohoto programu naleznete v příloze 9).



Obr. 8 Princip průběhu signálu v jazýčkovém kontaktu v závislosti na poloze magnetu

Při demostraci pomocí tohoto programu je názorně vidět, jak jsou spínány jazýčkové kontakty. Přibližující se magnet v určitém okamžiku nejprve sepne příslušný jazýčkový kontakt, ale po chvíli jej

(za neustálého přibližování se) opět na chvilku rozepne. Za rozepnutého stavu se rameno s magnetem začne opět vzdalovat (na druhou stranu) a posléze opět sepne příslušný jazýčkový kontakt. Nakonec po chvíli je díky vzdalujícímu se magnetu jazýčkový kontakt opět rozepnut. Celý průběh je vidět na obr. 8. Znalost tohoto průběhu je velmi důležitá pro správné naprogramování automatu tak, aby se rameno s magnetem zastavilo v žádoucí poloze.

2.7.2 Nastavení polohy

Výše uvedenou znalost průběhu spínání je nutno již uplatnit při sestavování na první pohled jednoduchého programu: Pomocí spínačů určujte do jaké polohy se má rameno s magnetem nastavit. Dále přítomnost magnetu v žádoucí poloze indikujte zeleným světlem LED diody. Při sepnutí přílušného jazýčkového kontaktu (aniž by byla indikována cílová poloha ramene) by se měla příslušná LED dioda rozsvítit červeně. Použijte „spárování“ kontakt VYCHOD – pravá LED/spínač, kontakt JIH – prostřední LED/spínač a kontakt ZAPAD – levá LED/spínač. Současně ošetřete, aby se rameno nastavovalo do příslušné polohy pouze, pokud bude jednoznačně zadána (tj. bude sepnut právě jeden ze spínačů). Textový výpis ukázkového řešení této úlohy naleznete v příloze 10.

2.7.3 Další návrhy

Model může fungovat jako podavač-nakladač. Poloha JIH (ramene) bude pohotovostní, do polohy ZAPAD budou „přijíždět“ kusy nákladu a v poloze VYCHOD se budou odkládat na náklaďák. Přítomnost nákladu/auta lze signalizovat pomocí spínačů, různé stavy (např. uchopení nákladu) pomocí diod.

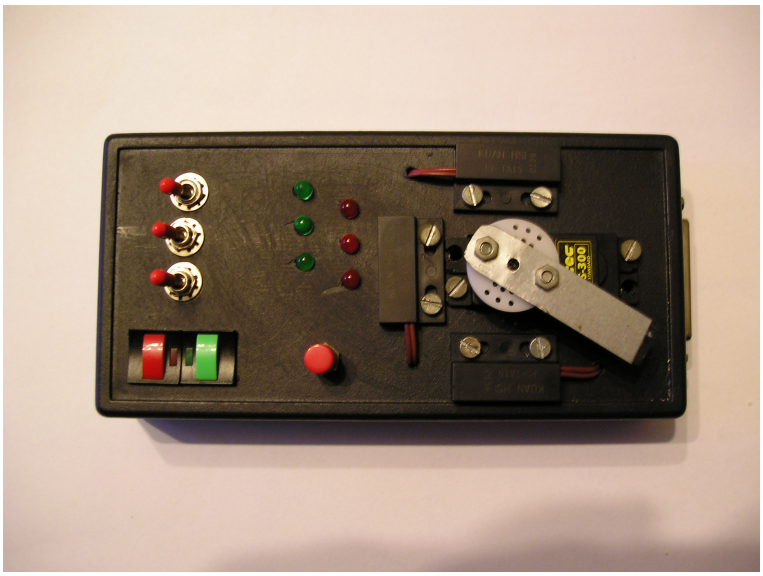
Model může také třídit krabice. Do polohy JIH budou přijíždět a rameno je bude třídit do poloh ZÁPAD a VÝCHOD. Opět signalizace přitomnosti resp. směru pomocí spínačů a stavů pomocí diod.

V dalších návrzích by šlo ještě např. zahrnout použití čítačů (kolik beden se přemístilo popř. zbývá) popř. časovačů (další bedna se nemůže naložit dřív, než se vystřídají auta u rampy) apod.

2.8 Shrnutí

V případě, že by se v budoucnu uvažovalo o další modernizaci popř. vytvoření nového modelu podavače, doporučil bych doplnění jazýčkového kontaktu v poloze SEVER. K realizaci tohoto vylepšení nyní nedošlo kvůli požadavku na maximální počet osmi digitálních vstupů (= počet vstupů na nejmenším modulu). Dále jsem zvažoval že by rameno s magnetem mohlo být nahrazeno osmi- nebo šestnáctisegmentovým displejem s příslušnou elektronikou. Tato varianta by tak byla energeticky méně náročná než motorek ,což se jeví jako účelné při napájení z výkonově omezeného zdroje

24 VDC, nicméně jsem ji zavrhl pro její menší názornost. Možná použití maticového LED nebo LCD displeje v budoucnu by mohlo nahradit stávající motorek s ramenem a magnetem, i když díky již zmíněné menší názornosti o tom pochybuji.



Obr. 9 Nová verze modelu podavače

Rovněž by bylo možné uvažovat o umístění bargrafu pro simulaci umístění např. několika beden na jedné hromadě. I tato varianta by však porušila požadavek max. 8 digitálních vstupů + max. 8 digitálních výstupů.

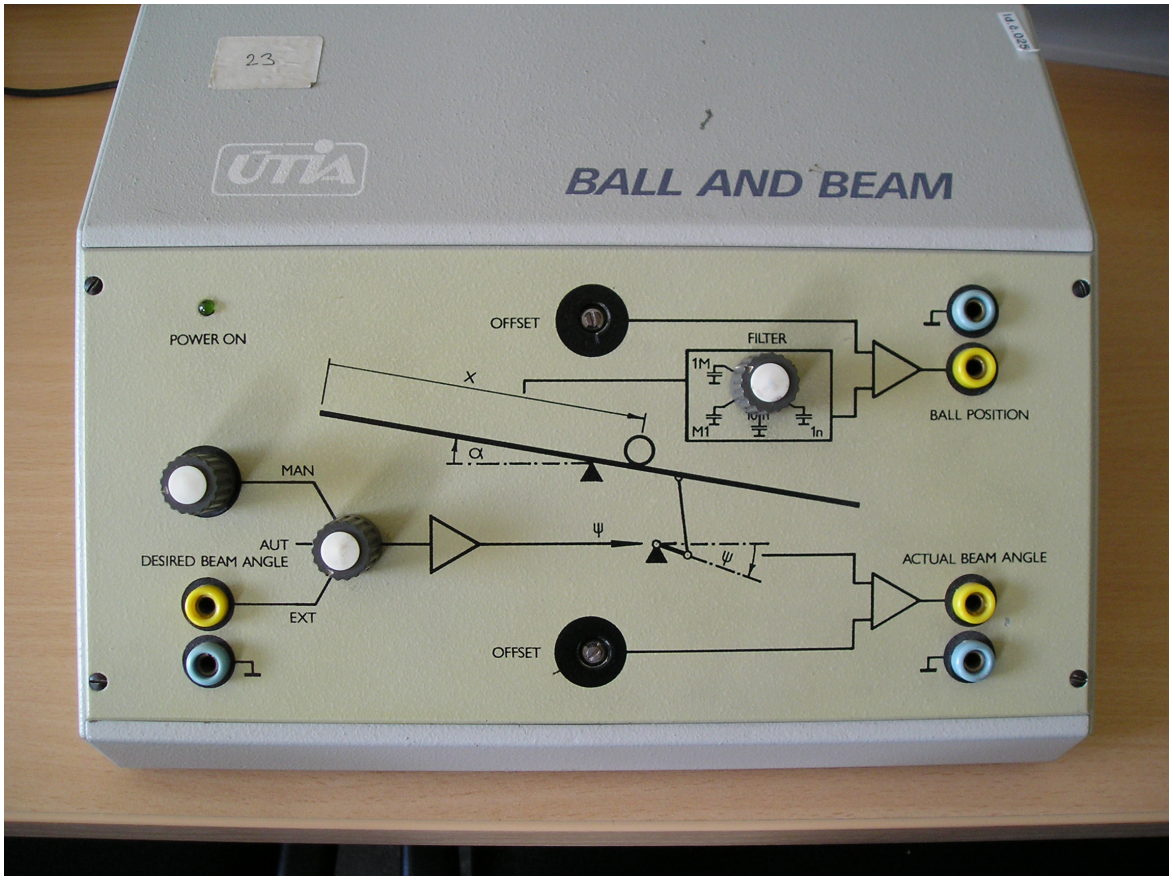
Věřím, že mnou navržená modernizace, bude přínosem pro výuku a přispěje tak k jejímu zkvalitnění. Jako neméně důležité se mi jeví vypracování dokumentace k modelu a to jednak pro studenty (výuku), která byla záměrně koncipována na dvě strany, aby v laboratoři mohla figurovat v podobě po obou stranách potištěných listů zalaminovaných ve fólii (kvůli větší odolnosti při každodenní používání), tak i schémat pro údržbu.

3 Kulička na tyči

3.1 Úvod

Dalším mým úkolem bylo připojení programovatelného automatu k přípravku „Kulička na tyči“ („Ball and Beam“). Šlo o to, vhodně připojit programovatelný automat SLC 500 k ovládacímu panelu přípravku „Kulička na tyči“ tak, aby při naprogramování automatu jako PID regulátoru a použití analogových vstupů a výstupů (na modulu 1746-NIO4V) byl tento schopen umístit kuličku do předem stanovené polohy, podobně, jak je to již dnes realizováno pomocí manuálního ovládání a nebo Simulink modelu v Matlabu.

Pro připojení programovatelného automatu se jeví jako vhodné použít již přítomný port Cannon 9F (při pohledu z pozice uživatele se nachází na levém boku). Současně byl vznesen požadavek na to, aby programovatelný automat mohl sám převzít řízení kuličky na tyči bez ohledu na nastavení přepínače na ovládacím panelu.



Obr. 10 Ovládací panel přípravku „Kulička na tyči“

Vzhledem k absenci jakékoliv dokumentace k přípravku jsem se musel zorientovat v zapojení ovládacího panelu, který jsem musel pro tyto účely částečně rozebrat. Práci mi komplikovala i skutečnost, že díky velkému množství drátových spojů nebylo možno s deskou plošného spoje volně manipulovat.

Požadavek na převzetí řízení kuličky automatem jsem se rozhodl realizovat pomocí relé, které na povel programovatelného automatu odpojí výstup přepínače na ovládacím panelu a připojí analogový výstup programovatelného automatu.

3.2 Měření přípravku

Aby mohl programovatelný automat ovládat kuličku na tyči, bylo nutno provést konverzi hodnot, které poskytuje přípravek a které budou přípravku předávány tak, aby odpovídaly konstrukčním pořadavkům přípravku popř. programovatelného automatu. Měření přímo na přípravku jsem zjistil, že vstupní i výstupní hodnoty jsou v mezích -10 VDC až +10 VDC (nezabírají celý tento rozsah), takže lze vstupy a výstupy připojit přímo k programovatelnému automatu. Při porovnání naměřených hodnot mě překvapilo zjištění, že rozsah vstupu je jiný, než rozsah výstupu. Nicméně protože se oba rozsahy nacházejí celé v již zmíněném intervalu, není nutno přijímat na úrovnit harware žádná opatření a lze je – jak již bylo zmíněno – připojit k programovatelnému automatu přímo. Veškerou konverzi hodnot jsem se tedy rozhodl provést až v samotném programovatelném automatu.

Přípravek poskytuje – pokud jde o údaj informující o poloze kuličky – hodnoty v rozmezí -4,48 VDC až 1,05 VDC. Sám pak pro řízení náklonu ramene požaduje hodnoty v rozmezí 0 VDC až 5 VDC. Napětí poskytnuté přípravkem převede A/D převodník připojený ke vtupu modulu 1746-NIO4V na hodnoty v rozsahu -14618 až 3314. Napětí potřebná pro řízení náklonu ramene pak odpovídají hodnotám 0 až 16382 potřebným pro nastavení výstupu D/A převodníku na výstupu modulu 1746-NIO4V. Údaje uvedené v tomto odstavci jsou průměrné, hodnoty se v rámci jednotlivých měření mohou nepatrně lišit.

3.3 Realizace

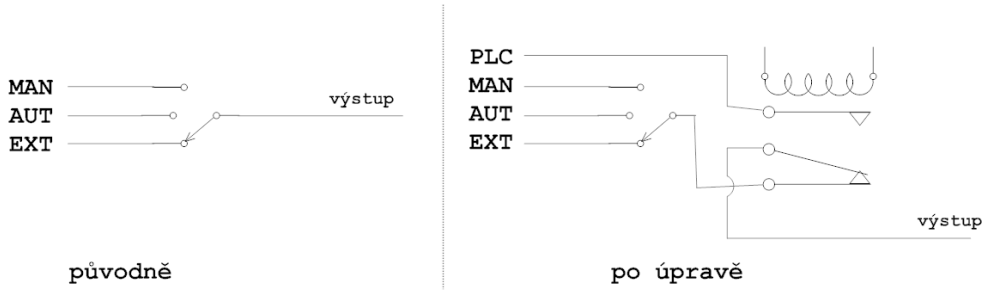
Samotný PID regulátor jako funkce programovatelného automatu pak pracuje na vstupu (zpětná vazba ZV smyčky) i na výstupu (akční veličina) s hodnotami v rozmezí 0 až 16384. Pomocí funkce CPT jsem tedy přepočítal rozsah vstupu tak, aby odpovídal rozsahu potřebnému pro vstup PID regulátoru. Shodou okolností (jak je vidět z již zmíněných údajů) není nutno přepočítávat výstup PID a lze jej tak zapisovat přímo na adresu D/A převodníku modulu 1746-NIO4V. V případě, že by tomu tak nebylo, byl by výstup zapsán do paměti programovatelného automatu a příslušně (pomocí funkce CPT) zkonvertován na potřebný rozsah.

Ještě několik poznámek k samotnému nastavení PID regulátoru v programovatelném automatu:

1. Požadovaná poloha kuličky na rameni se zapisuje do parametru SETPOINT a opět musí být v rozsahu 0 až 16384. V případě požadavku na větší uživatelský komfort by bylo nutno zapisovat hodnotu polohy do volného místa v paměti a po té přepočítat a zapsat na příspušnou adresu s ohledem na adresaci PID regulátoru.
2. PID regulátor umožňuje tzv. přímé nebo inverzní řízení (direct/reverse acting) – pokud je hodnota ve zpětné vazbě nižžší než požadovaná, je hodnota akční veličiny kladná (inverzní řízení - E=SP-PV) nebo záporná (přímé řízení - E=PV-SP). Tato možnost je do automatu přidána kvůli potřebě zachování záporné zpětné vazby. Význam tohoto nastavení lze dobře demonstrovat při řízení teploty pomocí ohřívání nebo ochlazování. Dojde-li při regulaci ohřevem k nárůstu aktuální teploty, je generovaný akční zásah nižší (inverzní řízení – reverse acting). Nastane-li však tatáž situace při regulaci ochlazováním, je nutno generovat větší akční zásah (přímé řízení – direct acting). Pro naše účely je potřeba ponechat přednastavenou hodnotu parametru CONTROL MODE na „E=SP-PV“.
3. Pokud naprogramujete PID regulátor do hlavního programu, bude při ponechání délky vzorkovací periody na automatu (přednastavená hodnota) sice program při kompilaci bez chyby, nicméně po nahrání a spuštění k chybě dojde. Programovatelný automat bude generovat chybu „too fast“. Proto je potřeba přenastavit TIME MODE na „Timed“ a nastavit parametr LOOP UPDATE na 0,01 (nebo jinou vhodnou hodnotu).
4. Při zadávání parametrů PID regulátoru je potřeba si uvědomit, že konstanty T_i a T_d se v programovatelném automatu zadávají v minutách (oproti např. sekundám v Matlabu).

Pro realizaci připojení je tedy potřeba 5 vodičů. Dva na ovládání rélé, jež umožňuje převzetí řízení (prostřednictvím digitálního jednobitového výstupu – např. na modulu 1746-OV16), jeden na signál o poloze kuličky, jeden na signál akční veličiny a pro oba signály společnou zem (která je stejně společná na přípravku). Bohužel s ohledem na existenci digitálních jednobitových výstupů typu 'source', 'sink' a 'relay' (podobně jako u modelu podavače) není možné použít společnou zem i pro ovládání již zmíněného relé.

Oba vodiče signálu ovládajícího relé byly připojeny k ovládací cívce relé. Vodič přenášející údaj o poloze kuličky byl připojen (z vnitřní strany řídicího modulu) ke zdířce, kde lze tento údaj měřit. Vodič přenášející údaj o akčním zásahu byl připojen k (v klidové poloze) odepnutému kontaktu relé. Druhý (v klidové poloze sepnutý) kontakt relé byl připojen k výstupu přepínače ovládání a výstup přepínače ovládání byl přepojen na výstup relé. Vodič společné země obou signálů byl připojen k signálové zemi v řídicím modulu. Situaci s připojením relé názorně zobrazuje schéma na obrázku 11.

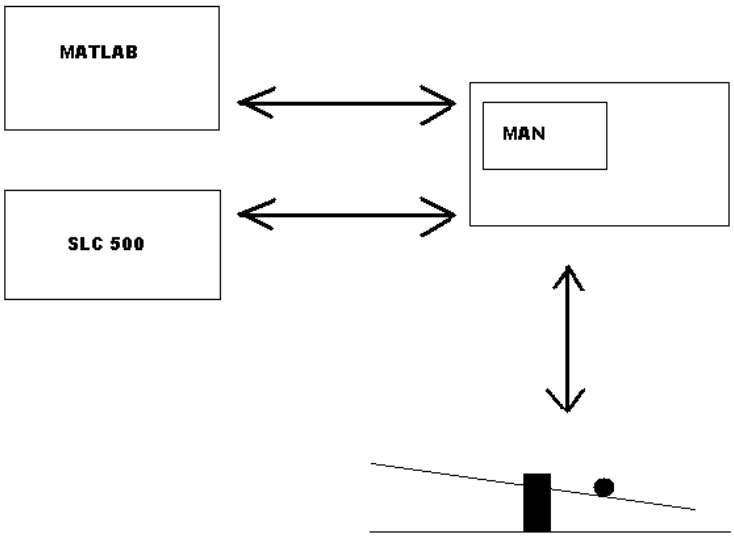


Obr. 11 Schéma připojení relé do ovládacího panelu přípravku „Kulička na tyči“

Vzhledem k tomu, že přípravek „Kulička na tyči“ je běžně používán pro výuku předmětů Systémy a modely a Systémy a řízení nebylo ani nutno identifikovat přenosovou funkci a ani další parametry. Pro účely připojení a odzkoušení zapojení byly použity hodnoty získávané a používané při výuce těchto předmětů.

3.4 Dokumentace

K přípravku „Kulička na tyči“ jsem vypracoval jeho popis, který poslouží jako pomůcka při výuce. Popis přípravku „Kulička na tyči“ pro potřeby obsluhy (pro studenty) naleznete v příloze 12.



Obr. 12 Blokové schéma zapojení přípravku „Kulička na tyči“ vč. zdrojů ovládání

3.5 Úloha

Úloha, kterou by pak měli studenti vypracovat se nabízí přímo sama a je doplněním výuky předmětů Systémy a modely a Systémy a řízení (i když bude pravděpodobně vypracovávána v rámci

předmětu Programovatelné automaty): Naprogramujte automat tak, aby udržoval kuličku na tyči ve zvolené pozici. Pomocí programovatelného automatu si ověřte, jak fungují Vámi připravená nastavení PID regulátoru.

Ukázkový program tak, jak je vytvořen, aktuálně pouze převezme řízení kuličky na tyči. Student si může zadávat různé hodnoty a sledovat náklon tyče s kuličkou. Pokud student odpojí řízení a přenechá je např. ručnímu ovládání (např. vymazáním prvního řádku tohoto programu), a nechá program běžet, může sledovat vstupní hodnoty pozice kuličky. Obě funkce CPT v tomto programu neplní svoji původní funkci, ale mají za úkol zobrazovat uživateli vstup a výstup (resp. jeho digitální číselnou hodnotu). Jeho výpis naleznete v příloze 13.

3.6 Shrnutí

Přípravek na tyči byl připojen k programovatelnému automatu. To umožní jednak další možnosti procvičit studenty v programování PLC a jednak díky tomu nyní poskytuje přípravek srovnání mezi různými druhy ovládání (manuální, Matlab, programovatelný automat).

4 Závěr

Model podavače díky této práci prošel modernizací, která lépe postihne požadavky výuky. Došlo k odstranění nutnosti používat druhý napájecí zdroj pro pohon motorku, což vede ke zjednodušení přípravy pracoviště a ke snížení nároků na vybavení. Díky přidaným tlačítkům START a STOP může být simulováno zapínání a vypínání zařízení bez nutnosti zastavovat běh programu v automatu. Světelná signalizace pomocí LED diod byla upravena tak, aby mohl být model připojen ke všem třem známým typům digitálních výstupů a nakonec nahrazení pevně připojeného kabelu konektorem usnadní manipulaci s modelem. U modernizované verze modelu však byly oproti nové verzi realizovány jen dílčí změny s ohledem na predispozice původního modelu.

Přípravek „Kulička na tyči“ byl připojen k programovatelnému automatu, což rozšíří škálu úloh pro programovatelné automaty. Byla implementována funkce automatického převzetí řízení přípravku programovatelným automatem.

Vzorové programy pak názorně ukáží studentům funkci obou přípravků a umožní jim řešit následně zadané úkoly. Vypracovaná dokumentace bude vodítkem při řešení těchto zadání.

5 Použitý software

1. MS Windows 2000
2. MS Windows XP
3. RSLynx
4. RSLogix500
5. Matlab R2007b
6. OpenOffice.org 3.0
7. SmartDraw 2010

6 Literatura

1. DRAHOŇOVSKÝ, Marek. *Ball and Beam*. [s.l.], [2008]. 7 s. Semestrální práce.
2. *Rockwell Automation* [online]. c2009 [cit. 2009-07-01]. Dostupný z WWW: <http://www.rockwellautomation.com>.
3. *GM Electronic* [online]. c2009 [cit. 2009-07-01]. Dostupný z WWW: <http://www.gme.cz>.
4. *Laboratoř Allen - Bradley : Fakulta elektrotechnická, Katedra řídicí techniky* [online]. [2007] [cit. 2009-07-10]. Dostupný z WWW: <http://dce.felk.cvut.cz/ab/index.php>.

7 Seznam obrázků

Obr. 1 Model podavače před modernizací.....1
Obr. 2 Přípravek „Kulička na tyči“ – kulička s tyčí.....1
Obr. 3 Programovatelný automat SLC 500.....2
Obr. 4 Principiální schéma zapojení vstupů a výstupů typu 'sink' a 'source'.....4
Obr. 5 Pohled na spínače zajišťující správné zapojení diod dle typu výstupu.....5
Obr. 6 Modernizovaný model podavače.....6
Obr. 7 Ukázka programovacího prostředí RSLogix500.....8
Obr. 8 Princip průběhu signálu v jazýčkovém kontaktu v závislosti na poloze magnetu.....9
Obr. 9 Nová verze modelu podavače.....11
Obr. 10 Ovládací panel přípravku „Kulička na tyči“.....12
Obr. 11 Schéma připojení relé do řídicího modulu přípravku „Kulička na tyči“.....15
Obr. 12 Blokové schéma zapojení přípravku „Kulička na tyči“ vč. zdrojů ovládání.....15

Příloha 1: Seznam součástek použitých k modernizaci stávajícího modelu podavače

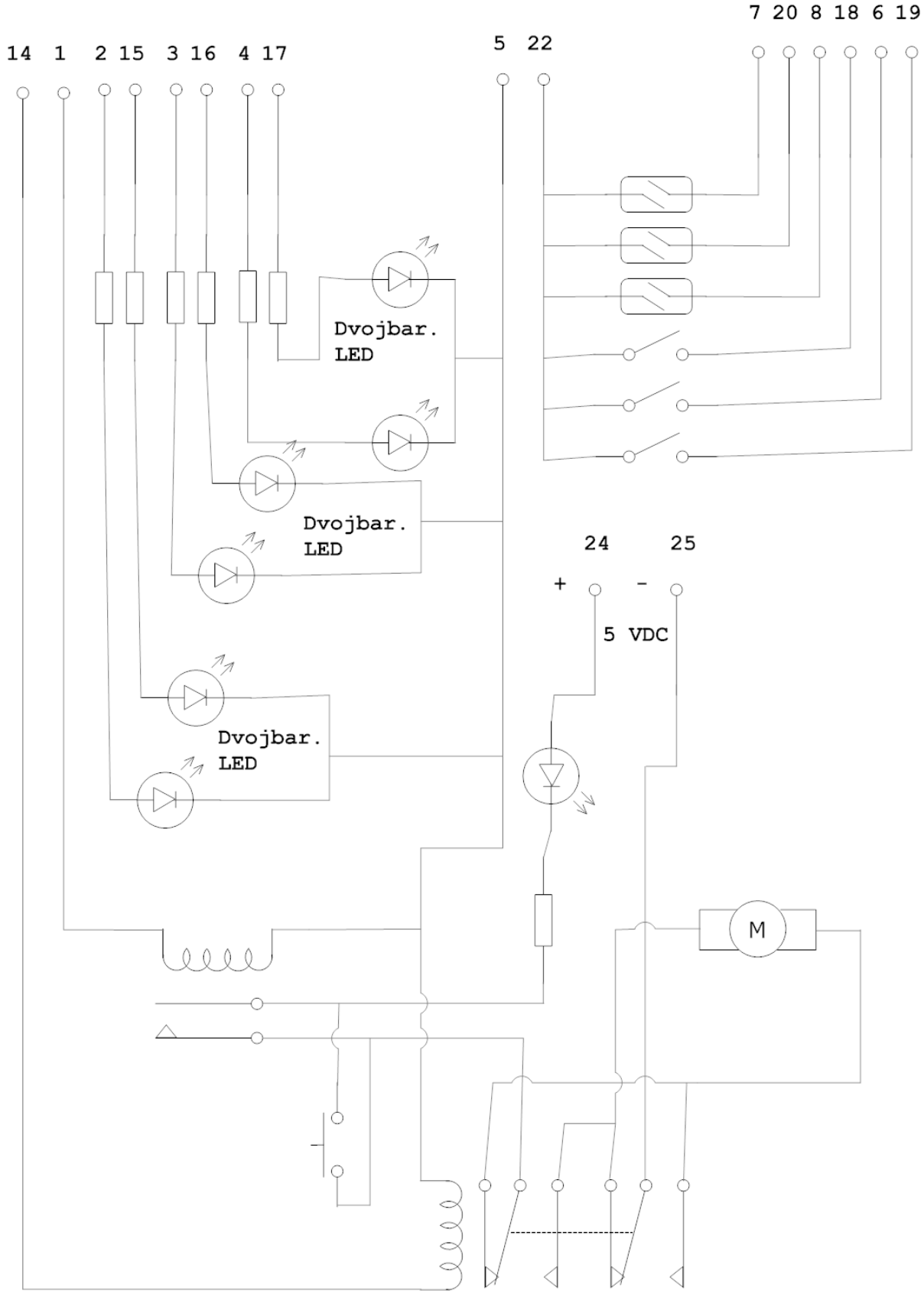
Součástka	Typ	Katalogové číslo GME	Počet
Tlačítko	P-0SEB-GREEN	630-102	1
Tlačítko	P-0SRB-RED	630-103	1
Tlačítko	P-B068BS	631-223	1
DC/CD měnič	CDDSW1-2405S	332-121	1
Kabel Cannon	25M-25F, 1:1	ne	1
Rezistor	RRU 330R	119-029	2

Příloha 2: Seznam součástek použitých k vytvoření nové verze modelu podavače

Součástka	Typ	Katalogové číslo GME	Počet
Servo	hitec HS-300	ne	1
Tlačítko	P-0SEB-GREEN	630-102	1
Tlačítko	P-0SRB-RED	630-103	1
Tlačítko	P-B068BS	631-223	1
Relé	DSY-2-24VDC	ne	2
Mg. kontakt	P-MK472	634-286	3
Magnet	P-MM472	634-287	1
Krabička	U-KP29	622-478	1
DPS	CU-TA039	661-004	1
LED	5mm GREEN	511-060	3
LED	5mm RED	511-061	3
Rezistor	RRU 1K2	119-177	6
Rezistor	RRU 330	119-029	2
Přepínač	P-B068BR	631-017	3
Konektor	Cannon 25F	801-020	1
DC/CD měnič	CDD3WS2405S*	332-068	1
Dist. sloupek	DI5M3X10	623-028	4
Šroubek	SKM3X6	662-005	8
Spínač	TESLA A2	ne	6

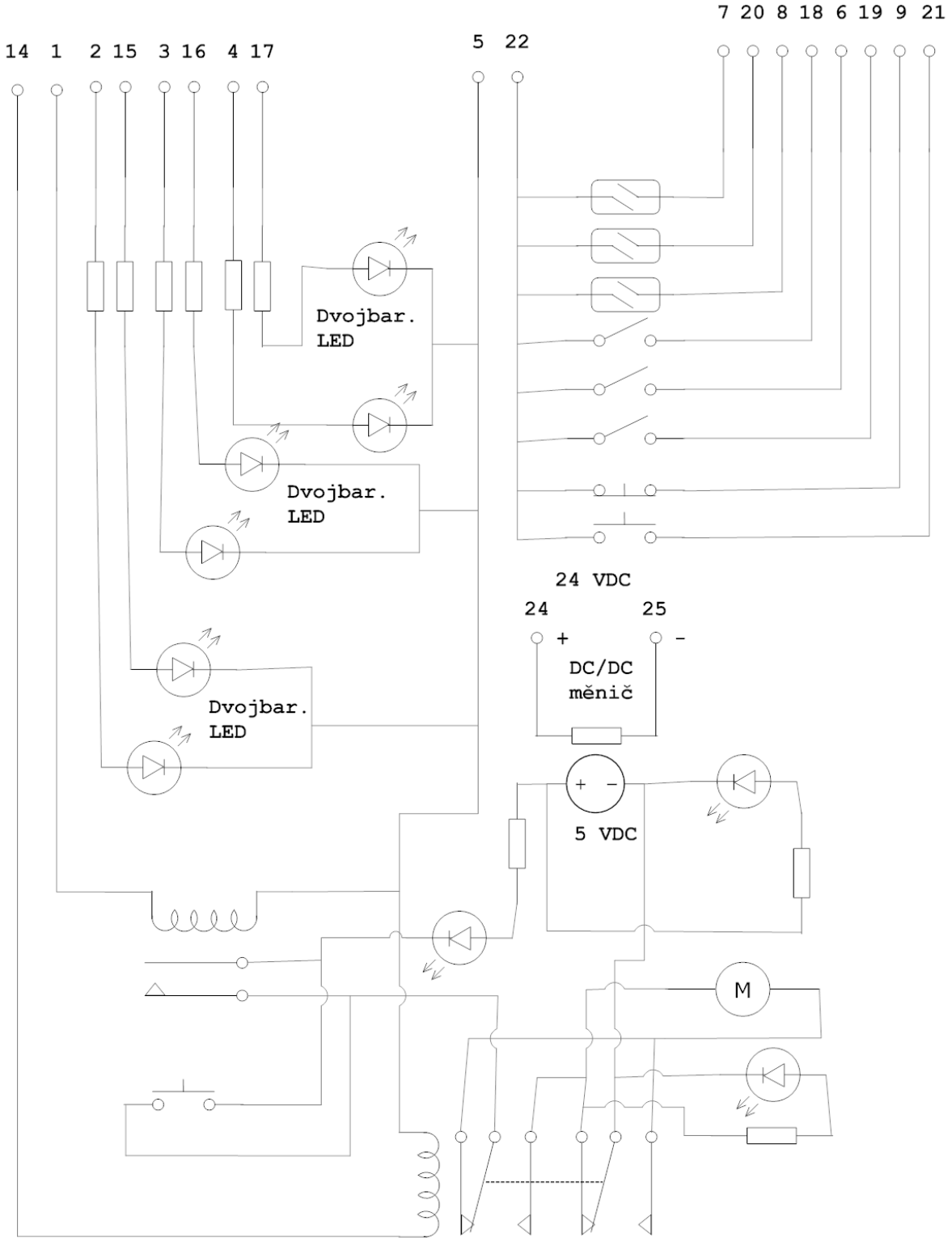
*Použitý DC/DC měnič byl vybrán jako náhrada za nedostupný CDDSW1-2405S použitý při modernizaci. Doporučuji vzhledem k parametrům použít přednostně CDDSW1-2405S.

Příloha 3: Schéma zapojení původního modelu podavače



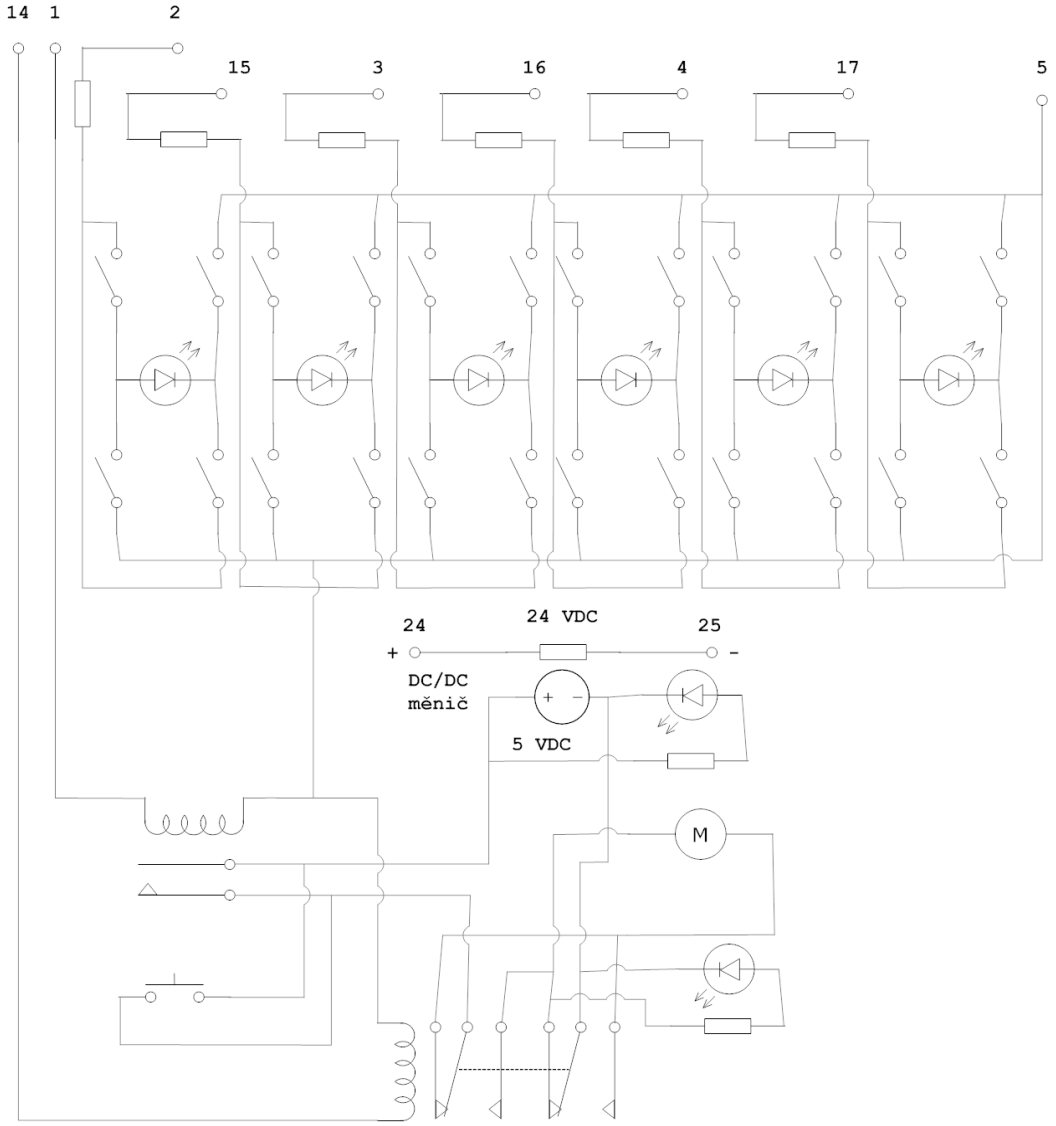
Čísla označují čísla kontaktů na Cannon 25-pin female konektoru

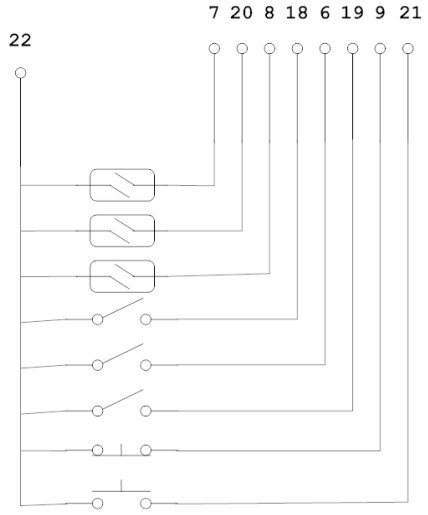
Příloha 4: Schéma zapojení modernizovaného modelu podavače



Čísla označují čísla kontaktů na Cannon 25-pin female konektoru

Příloha 5: Schéma zapojení nové verze modelu podavače





Čísla označují čísla kontaktů na Cannon 25-pin female konektoru

Příloha 6: Návod k použití (pro studenty) stávajícího modelu podavače

Model podavače

Model podavače je určen pro simulaci spolupráce programovatelného automatu se zařízením. Jedná se tak o názornou ukázku řízení stroje programovatelným automatem tak, jak k tomu v praxi dochází, i když se pro účely výuky přistoupilo k určitým zjednodušením, která jsou v modelu implementována.

V horní části modelu je otáčivé rameno s magnetem, které je obklopeno ze tří stran (v poloze „východ“, “jih“ a „západ“) jazýčkovými kontakty, jež jsou již zmíněným magnetem (umístěným na otáčivém rameni) spínány. Tím je docíleno indikace polohy ramene (podavače), protože jazýčkové kontakty jsou připojeny jako vstupy k programovatelnému automatu.

Pod otáčivým ramenem a kontakty jsou umístěny čtyři svítivé (LED) diody. Zcela v pravo je červená, která svítí pouze v případě, že se rameno otáčí, následují pak tři dvoubarevné (červená + zelená), které jsou připojeny na výstupy z programovatelného automatu (tedy celkem šest výstupů).

Ve spodní části se pak nachází kontrolní tlačítko (zcela vpravo), které umožňuje manuální (tj. bez nutnosti ovládání z PLC) otáčení ramene (po dobu stisknutí tlačítka se rameno otáčí). Napravo od kontrolního tlačítka jsou pak umístěny tři spínače připojené opět na vstupy programovatelného automatu.

Model je ještě připojen k dalším dvěma výstupům programovatelného autmatu, které „nejsou vidět“. Ty slouží pro ovládání otáčení ramene tak, že jeden určuje, zda se rameno bude otáčet nebo ne, a druhý pak určuje směr otáčení.

Programovatelné automaty jsou konfigurovány pro potřeby laboratoře K23 tak, že na pozici číslo 0 (první vlevo vedle zdroje) je procesorový modul. Na pozici číslo 2 jsou výstupy a na pozici číslo 3 vstupy.

Jednotlivé vstupy a výstupy jsou k příslušným portům modulů přípojeny takto:

Vstupy:

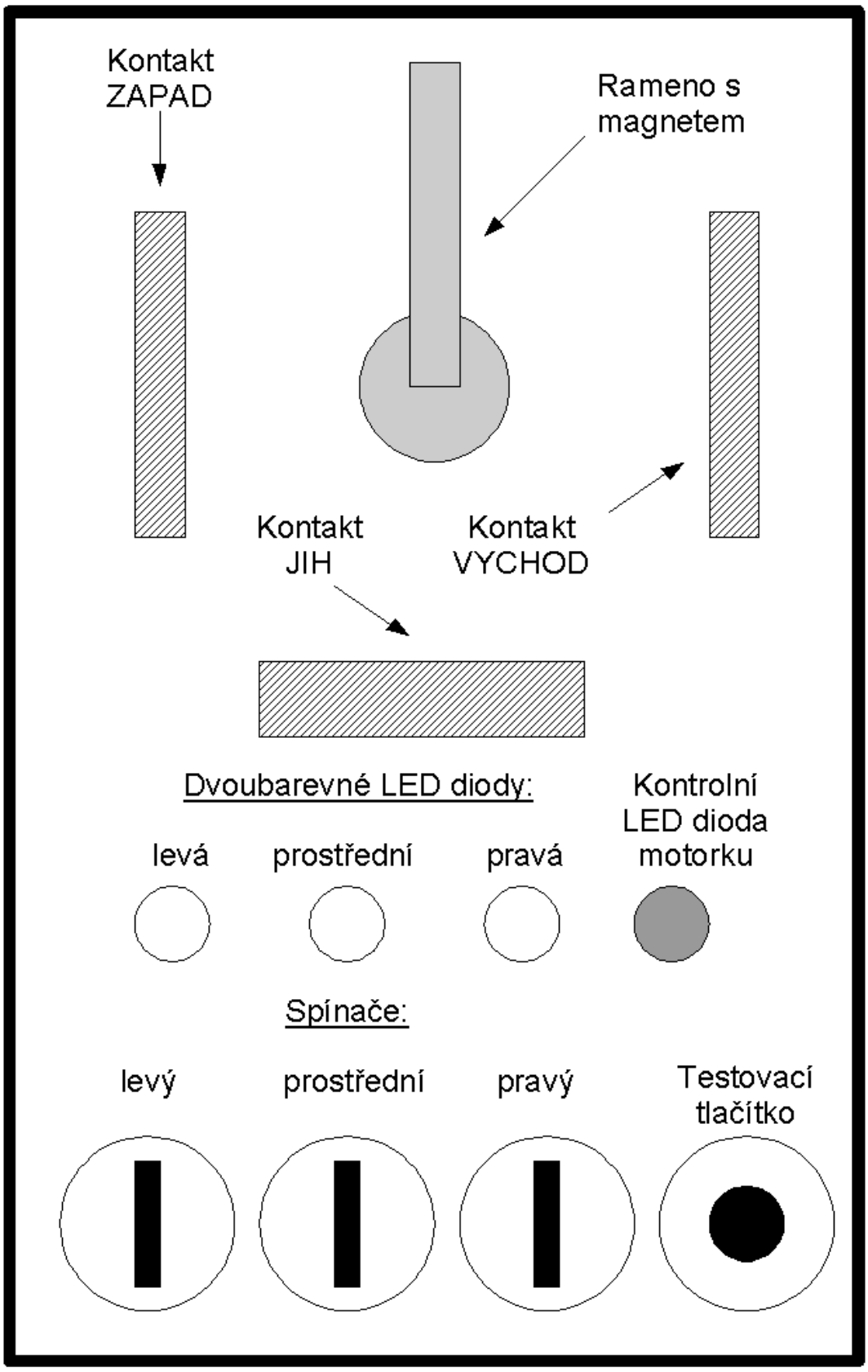
Port	*Popis*
0	pravý spínač
1	prostřední spínač
2	levý spínač
3	jazýčkový kontakt VYCHOD
4	jazýčkový kontakt JIH
5	jazýčkový kontakt ZAPAD

Výstupy:

Port	*Popis*
0	otáčení ramene (NE - „0“, ANO - „1“)
1	směr otáčení (CW - „0“, CCW - „1“)*
2	pravá dvoubar. LED (červená barva)
3	pravá dvoubar. LED (zelená barva)
4	prostř. dvoubar. LED (červená barva)
5	prostř. dvoubar. LED (zelená barva)
6	levá dvoubar. LED (červená barva)
7	levá dvoubar. LED (zelená barva)

* CW – po směru hodinových ručiček, CCW – proti směru hodinových ručiček

V případě potíží s funkčností modelu lze využít k vizuální kontrole i LED diody integrované do vstupních a výstupních modulů, které indikují stavy jednotlivých portů.


Kontakt
ZAPAD
Rameno s
magnetem
Kontakt
JIH
Kontakt
VYCHOD
Dvoubarevné LED diody:
levá
prostřední
pravá
Kontrolní
LED dioda
motorku
Spínače:
levý
prostřední
pravý
Testovací
tlačítko

Příloha 7: Návod k použití (pro studenty) modernizovaného modelu podavače

Model podavače

Model podavače je určen pro simulaci spolupráce programovatelného automatu se zařízením. Jedná se tak o názornou ukázku řízení stroje programovatelným automatem tak, jak k tomu v praxi dochází, i když se pro účely výuky přistoupilo k určitým zjednodušením, která jsou v modelu implementována.

V horní části modelu je otáčivé rameno s magnetem, které je obklopeno ze tří stran (v poloze „východ“, “jih“ a „západ“) jazýčkovými kontakty, jež jsou již zmíněným magnetem (umístěným na otáčivém rameni) spínány. Tím je docíleno indikace polohy ramene (podavače), protože jazýčkové kontakty jsou připojeny jako vstupy k programovatelnému automatu.

Pod otáčivým ramenem a kontakty jsou umístěny čtyři svítivé (LED) diody. Zcela v pravo je červená, která svítí pouze v případě, že se rameno otáčí, následují pak tři dvoubarevné (červená + zelená), které jsou připojeny na výstupy z programovatelného automatu (tedy celkem šest výstupů).

Ve spodní části se pak nachází (zcela vpravo dole) dvojice tlačítek START (zelené) a STOP (červené) doplněná dvěma LED diodami, z nichž ta zelená signalizuje přítomnost napájení a ta červená indikuje opačný směr otáčení ramene. Tlačítka START a STOP jsou připojena přímo na vstupy prgramovatelného automatu, takže jejich funkce může být v principu libovolná.

Napravo od tlačítek START a STOP jsou pak umístěny tři spínače připojené opět na vstupy programovatelného automatu.

V prostoru mezi dvoubarevnými diodami a spínači je umístěno kontrolní tlačítko, které umožňuje manuální (tj. bez nutnosti ovládání z PLC) otáčení ramene (po dobu stisknutí tlačítka se rameno otáčí).

Model je ještě připojen k dalším dvěma výstupům programovatelného autmatu, které „nejsou vidět“. Ty slouží pro ovládání otáčení ramene tak, že jeden určuje, zda se rameno bude otáčet nebo ne, a druhý pak určuje směr otáčení.

Programovatelné automaty jsou konfigurovány pro potřeby laboratoře K23 tak, že na pozici číslo 0 (první vlevo vedle zdroje) je procesorový modul. Na pozici číslo 2 jsou výstupy a na pozici číslo 3 vstupy.
Jednotlivé vstupy a výstupy jsou k příslušným portům modulů přípojeny takto:

Vstupy:

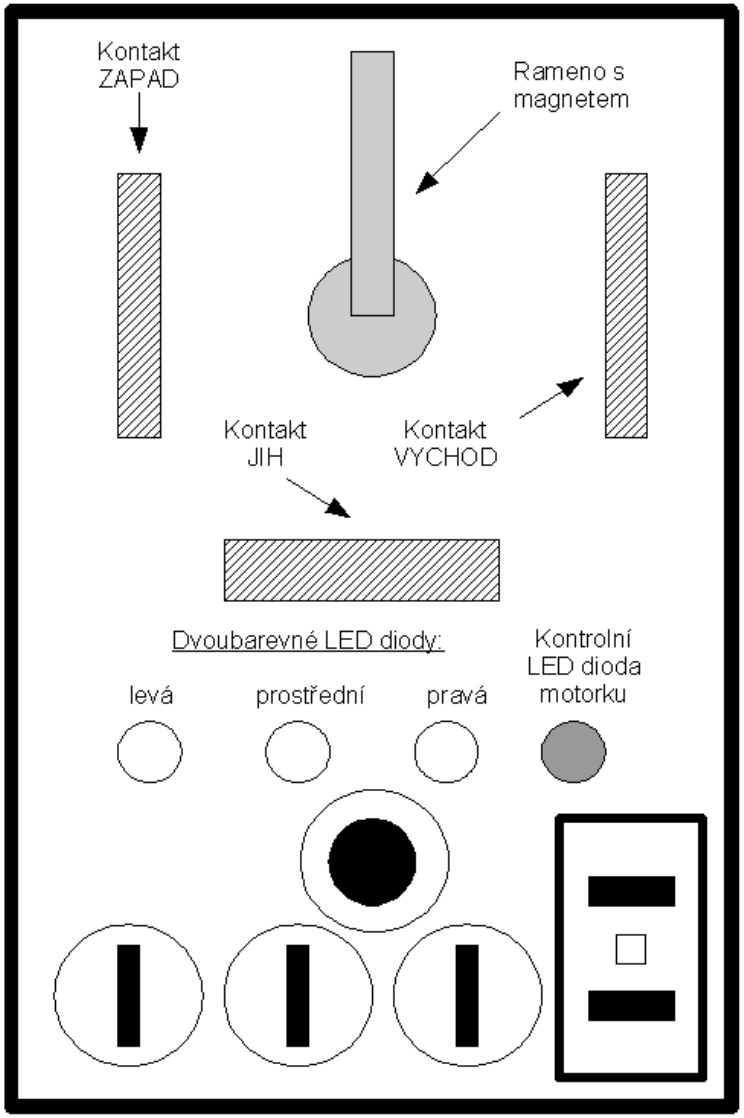
Port	***Popis***
0	pravý spínač
1	prostřední spínač
2	levý spínač
3	jazýčkový kontakt VYCHOD
4	jazýčkový kontakt JIH
5	jazýčkový kontakt ZAPAD
6	tlačítko START
7	tlačítko STOP

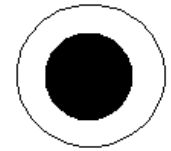
Výstupy:

Port	***Popis***
0	otáčení ramene (NE - „0“, ANO - „1“)
1	směr otáčení (CW - „0“, CCW - „1“)*
2	pravá dvoubar. LED (červená barva)
3	pravá dvoubar. LED (zelená barva)
4	prostř. dvoubar. LED (červená barva)
5	prostř. dvoubar. LED (zelená barva)
6	levá dvoubar. LED (červená barva)
7	levá dvoubar. LED (zelená barva)

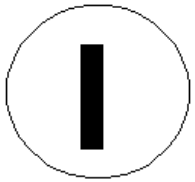
* CW – po směru hodinových ručiček, CCW – proti směru hodinových ručiček

V případě potíží s funkčností modelu lze využít k vizuální kontrole i LED diody integrované do vstupních a výstupních modulů, které indikují stavy jednotlivých portů.

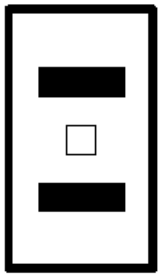




Testovací tlačítko umožňující otáčení ramene s magnete nezávisle na signálu z PLC.



Spínače
(pravý, prostřední, levý)



Dvojice tlačítek (zelené „START" nahoře, červené „STOP" dole) doplněná dvojicí LED diod umístěnými mezi tlačítky. Zelená LED signalizuje přítomnost napájení, červená LED indikuje opačný směr otáčení ramene s magnetem

Příloha 8: Návod k použití (pro studenty) nové verze modelu podavače

Model podavače

Model podavače je určen pro simulaci spolupráce programovatelného automatu se zařízením. Jedná se tak o názornou ukázku řízení stroje programovatelným automatem tak, jak k tomu v praxi dochází, i když se pro účely výuky přistoupilo k určitým zjednodušením, která jsou v modelu implementována.

V horní části modelu je otáčivé rameno s magnetem, které je obklopeno ze tří stran (v poloze „východ“, “jih“ a „západ“) jazýčkovými kontakty, jež jsou již zmíněným magnetem (umístěným na otáčivém rameni) spínány. Tím je docíleno indikace polohy ramene (podavače), protože jazýčkové kontakty jsou připojeny jako vstupy k programovatelnému automatu.

Pod otáčivým ramenem a kontakty jsou umístěno šest svítivých (LED) diod (tři zelené a tři červené). Tyto jsou připojeny na výstupy z programovatelného automatu.

Ve spodní části se pak nachází (zcela vpravo dole) dvojice tlačítek START (zelené) a STOP (červené) doplněná dvěma LED diodami, z nichž ta zelená signalizuje přítomnost napájení a ta červená indikuje opačný směr otáčení ramene. Tlačítka START a STOP jsou připojena přímo na vstupy prgramovatelného automatu, takže jejich funkce může být v principu libovolná.

Napravo od tlačítek START a STOP jsou pak umístěny tři spínače připojené opět na vstupy programovatelného automatu.

V prostoru napravo od diod je umístěno kontrolní tlačítko, které umožňuje manuální (tj. bez nutnosti ovládání z PLC) otáčení ramene (po dobu stisknutí tlačítka se rameno otáčí).

Model je ještě připojen k dalším dvěma výstupům programovatelného autmatu, které „nejsou vidět“. Ty slouží pro ovládání otáčení ramene tak, že jeden určuje, zda se rameno bude otáčet nebo ne, a druhý pak určuje směr otáčení.

Programovatelné automaty jsou konfigurovány pro potřeby laboratoře K23 tak, že na pozici číslo 0 (první vlevo vedle zdroje) je procesorový modul. Na pozici číslo 2 jsou výstupy a na pozici číslo 3 vstupy.
Jednotlivé vstupy a výstupy jsou k příslušným portům modulů přípojeny takto:

Vstupy:

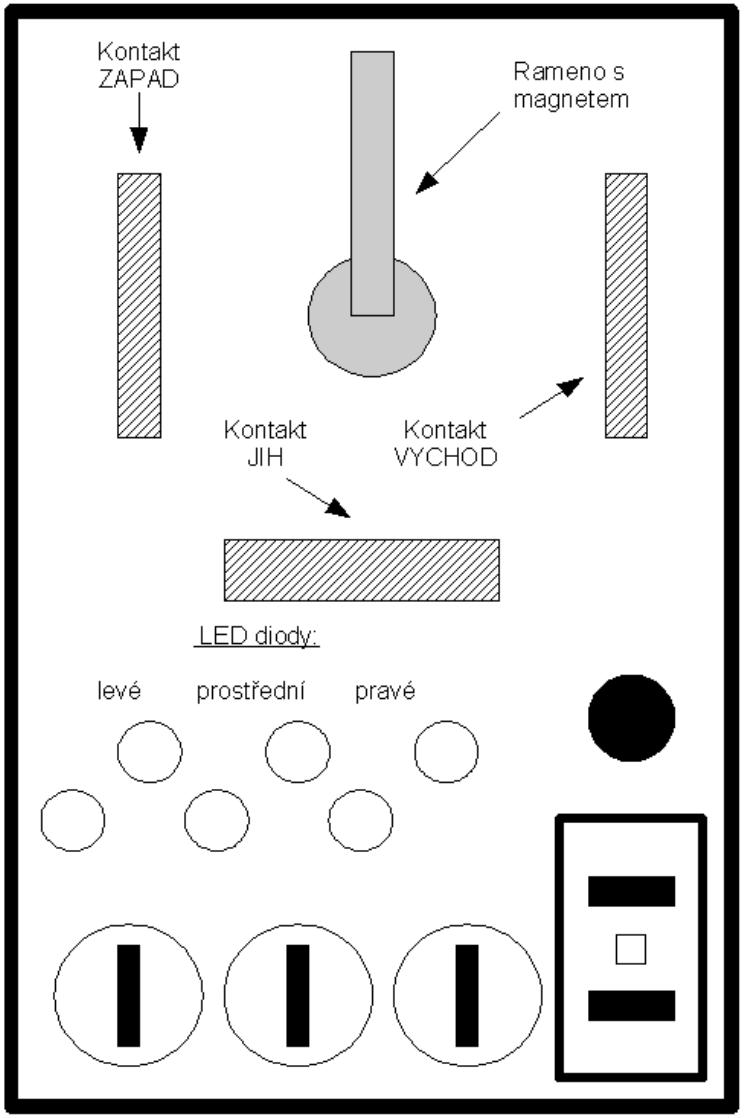
Port	***Popis***
0	pravý spínač
1	prostřední spínač
2	levý spínač
3	jazýčkový kontakt VYCHOD
4	jazýčkový kontakt JIH
5	jazýčkový kontakt ZAPAD
6	tlačítko START
7	tlačítko STOP

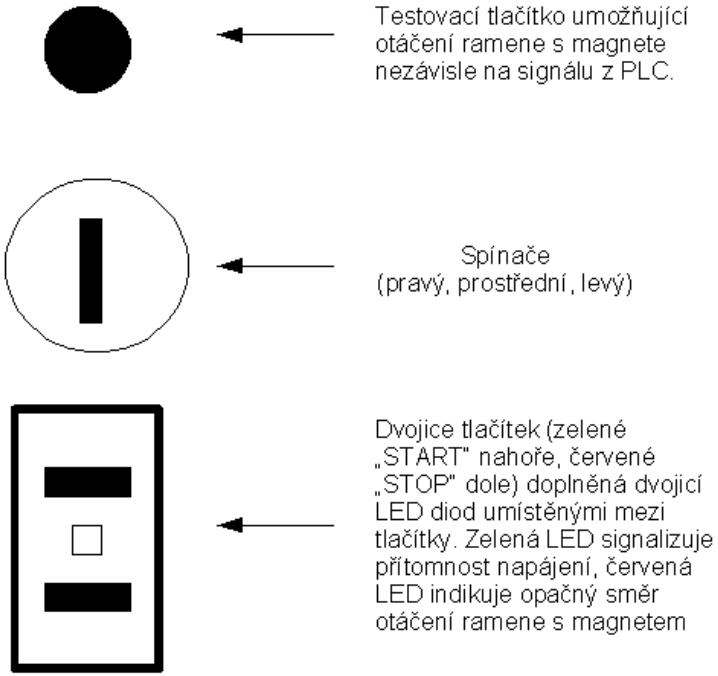
Výstupy:

Port	***Popis***
0	otáčení ramene (NE - „0“, ANO - „1“)
1	směr otáčení (CW - „0“, CCW - „1“)*
2	pravá červená LED
3	pravá zelená LED
4	prostř. červená LED
5	prostř. zelená LED
6	levá červená LED
7	levá zelená LED

* CW – po směru hodinových ručiček, CCW – proti směru hodinových ručiček

V případě potíží s funkčností modelu lze využít k vizuální kontrole i LED diody integrované do vstupních a výstupních modulů, které indikují stavy jednotlivých portů.


Kontakt
ZAPAD
Rameno s
magnetem
Kontakt
JIH
Kontakt
VYCHOD
LED diody:
levé
prostřední
pravé


Testovací tlačítko umožňující otáčení ramene s magnete nezávisle na signálu z PLC.
Spínače
(pravý, prostřední, levý)
Dvojice tlačítek (zelené „START" nahoře, červené „STOP" dole) doplněná dvojicí LED diod umístěnými mezi tlačítky. Zelená LED signalizuje přítomnost napájení, červená LED indikuje opačný směr otáčení ramene s magnetem

Příloha 9: Výpis programu „Test snímačů“

XIC I:3.0/2 OTE O:2.0/0

XIC I:3.0/1 OTE O:2.0/1

XIC I:3.0/5 XIO O:2.0/1 OTE O:2.0/6

XIC I:3.0/5 XIC O:2.0/1 OTE O:2.0/7

XIC I:3.0/4 XIO O:2.0/1 OTE O:2.0/4

XIC I:3.0/4 XIC O:2.0/1 OTE O:2.0/5

XIC I:3.0/3 XIO O:2.0/1 OTE O:2.0/2

XIC I:3.0/3 XIC O:2.0/1 OTE O:2.0/3

Příloha 10: Výpis programu „Nastavení polohy“

XIO I:3.0/0 XIO I:3.0/1 XIO I:3.0/2 OTU B3:0/3

XIO I:3.0/0 OTU B3:0/0

XIO I:3.0/1 OTU B3:0/1

XIO I:3.0/2 OTU B3:0/2

XIC I:3.0/1 XIC B3:0/5 XIC I:3.0/4 OTL B3:0/1

XIC I:3.0/0 XIC B3:0/4 XIC I:3.0/3 OTL B3:0/0

XIC I:3.0/2 XIC B3:0/6 XIC I:3.0/5 OTL B3:0/2

XIC B3:0/8 XIO I:3.0/4 BST OTL B3:0/5 NXB OTU B3:0/4 NXB OTU B3:0/6 NXB OTU B3:0/8 BND

XIC B3:0/7 XIO I:3.0/3 BST OTU B3:0/5 NXB OTL B3:0/4 NXB OTU B3:0/6 NXB OTU B3:0/7 BND

XIC B3:0/9 XIO I:3.0/5 BST OTU B3:0/5 NXB OTU B3:0/4 NXB OTL B3:0/6 NXB OTU B3:0/9 BND

BST XIC I:3.0/1 XIO B3:0/1 NXB XIC I:3.0/0 XIO B3:0/0 NXB XIC I:3.0/2 XIO B3:0/2 BND OTE B3:0/3

XIC B3:0/0 OTE O:2.0/3

XIC B3:0/1 OTE O:2.0/5

XIC B3:0/2 OTE O:2.0/7

XIC I:3.0/3 XIO B3:0/0 OTE O:2.0/2

XIC I:3.0/4 XIO B3:0/1 OTE O:2.0/4

XIC I:3.0/5 XIO B3:0/2 OTE O:2.0/6

XIC I:3.0/3 OTL B3:0/7

XIC I:3.0/4 OTL B3:0/8

XIC I:3.0/5 OTL B3:0/9

BST XIC I:3.0/2 XIO I:3.0/1 XIO I:3.0/0 NXB XIO I:3.0/2 XIC I:3.0/1 XIO I:3.0/0 NXB XIO I:3.0/2 XIO I:3.0/1 XIC I:3.0/0 BND XIC B3:0/3 BST OTE O:2.0/0 NXB OTE O:2.0/1 BND

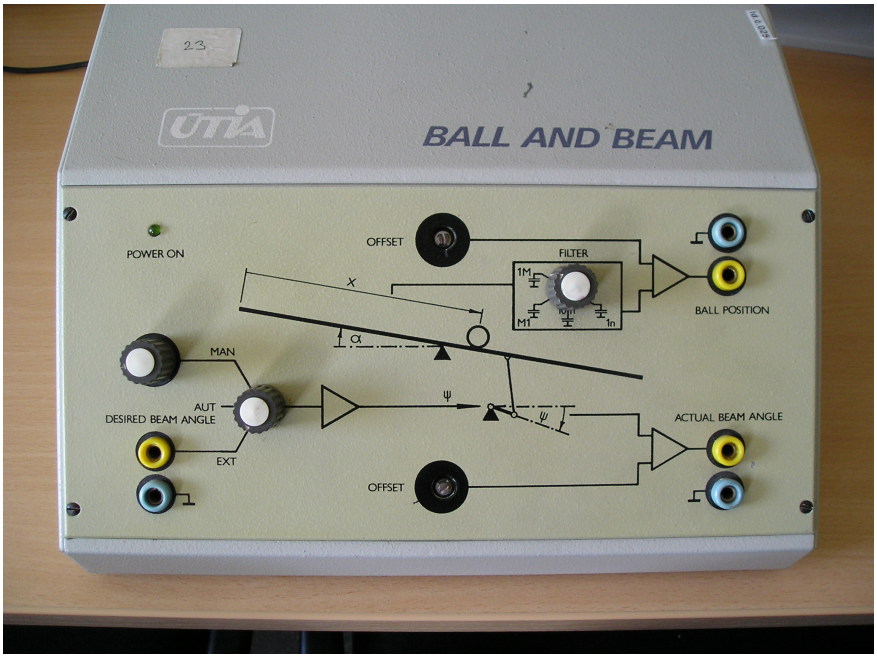
Příloha 11: Návod k použití (pro studenty) přípravku „Kulička na tyči“

Kulička na tyči
(Ball and beam)

Přípravek „Kulička na tyči“ slouží k demonstraci ovládání systému pomocí PID regulátoru. Vlastní přípravek se skládá ze dvou modulů.

Modul kuličky s tyčí představuje tyč uchycenou jako houpačky a na ní položenou kuličku. Nakláněním ramene (lze ovládat) lze pak dostat kuličku (v rámci tyče) do různých pozic. Tento modul je vybaven kabelem pro připojení k řídícímu modulu.

Řídící modul v sobe ukrývá napájení a elektroniku potřebnou pro funkci přípravku. Je také vybaven ovládacím panelem a konektory (viz foto).



Obr. 1 Pohled na ovládací panel přípravku

Na ovládacím panelu je vlevo nahoře dioda indikující zapnutí přípravku. Pod ní se nachází otočný knoflík manuálního ovládání ramane (vlevo) a přepínač zdroje ovládání (vpravo). V levém dolním rohu jsou pak zdířky pro měření akčního zásahu při ovládání z Matlabu. Přepínač zdroje ovládání lze přepnout do poloh MAN (ruční ovládání knoflíkem), AUT (nepoužívá se) a EXT (ovládání z Matlabu). Uprostřed ovládacího panelu je nahoře a dole po jednom trimru pro nastavení offsetu polohy kuličky (horní) a úhlu náklonu (dolní). Napravo od horního triru je přepínač pro nastavení kapacity filtru. Vpravo jsou pak zdířky pro měření údajů o poloze kuličky (horní pár) a uhlu náklonu (dolní pár) všechny tři zemnící zdířky jsou vzájemně propojeny.

Řídící modul je též vybaven konektorem pro připojení programovatelného automatu (na levé stěně). Po připojení programovatelného automatu tento umí převzít sám ovládání kuličky, a tak se jako zdroj manuálně nenastavuje.

Zadní stěna je pak vybavena (z pohledu obsluhy – tedy zpředu) konktorem pro připojení PC s kartou na ovládání pomocí Matlabu (vlevo), konektorem pro připojení modulu ramene s kuličkou (napravo od předchozího konektoru), zdířkou pro připojení síťového napětí (vpravo) a vypínačem (nalevo od zdířky).

Příloha 12: Výpis programu „Ovládání ramene“

OTL O:4.0/0

CPT N7:10 I:6.0 + 0

CPT O:6.0 6000 + 0