

Řízení modelu s pohybovým šroubem pomocí programovatelného automatu

Lukáš Tomšů

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

RESUMÉ

Bakalářská práce se zabývá popisem modelu s pohybovým šroubem, který je řízen pomocí programovatelného automatu (PLC). Podrobně popisuje zapojení jednotlivých částí a jejich vzájemnou komunikaci. Konstrukce modelu je tvořena kuličkovým šroubem s maticí, který je uložen v ložisku a spojen pomocí spojky s 3-fázovým asynchronním motorem. Otáčky motoru jsou řízeny pomocí frekvenčního měniče, který je řízen PLC. Byly definovány dvě úlohy řízení modelu, pro které je vytvořeno a odzkoušeno příslušné programové vybavení. Tyto úlohy jsou snadno modifikovatelné. Jsou také připraveny vzorové protokoly k výuce předmětu „Programovatelné automaty“.

SUMMARY

My thesis deals with description of model with endless screw, which is controlled by a Programmable Logic Controller (PLC). Construction of model was created from ball screw with a nut. This screw is inserted in a bearing and linked by a clutch to 3-phasic asynchronous motor. A frequency converter, which is controlled by PLC, controls rotation speeds of motor. It was defined two basic exercises for controlling of a model. These exercises are easy to modify. It was also created relevant software-equipment for these exercises. The use of this work is supposed especially in education of theme „Programmable Logic Controllers“.

Děkuji Ing. Tomáši Sysalovi za vedení mé diplomové práce, Ing. Aloisi Mynaříkovi a panu Petru Dvořákovi za pomoc v průběhu řešení práce.

V neposlední řadě chci poděkovat také Ladislavu Vrbovi za krátkou, ale velmi účinnou spolupráci.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce, ředitele ústavu a institutu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 08. 06. 2005

.....

podpis

OBSAH

OBSAH.....	4
ÚVOD.....	6
I. TEORETICKÁ ČÁST	7
1 POPIS ZAŘÍZENÍ	8
1.1 REALIZACE ZAŘÍZENÍ	8
1.2 PLC V ELEKTROTECHNICE	8
1.2.1 Konfigurace PLC	9
1.3 PROGRAMOVATELNÝ MINIAUTOMAT MODICON TSX07 NANO.....	10
1.3.1 Popis konstrukce automatu, hlavní charakteristiky	10
1.3.2 Popis vstupů/výstupů automatu TSX 07	12
1.3.3 Obecný popis programování automatu TSX 07	16
1.4 FREKVENČNÍ MĚNIČ ALTIVAR18.....	18
1.4.1 Charakteristika měniče Altivar 18.....	18
1.4.2 Popis možností komunikace měnič - nadřazená jednotka po sériové lince	18
1.4.3 Charakteristika výměny zpráv mezi PLC a ATV18 v ASCII módu	20
1.4.4 Operační řízení měniče prostřednictvím komunikační linky	22
1.4.5 Programování PLC pro komunikaci s měničem.....	23
1.5 OPTICKÝ SENZOR OMRON	24
1.5.1 Základní charakteristika	24
1.5.2 Zapojení výstupu snímače	25
II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	26
2 NÁVRH LABORATORNÍCH ÚLOH	27
2.1 NÁVRH SESTAVENÍ LABORATORNÍ ÚLOHY	27
2.2 POPIS JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ MODELU	27
2.3 REALIZACE PŘIPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT K PLC	32
2.3.1 Připojení snímačů podle způsobu měření polohy matice	32
2.3.2 Propojení jednotek PLC - ATV	32
2.3.3 Umístění svorkovnic	33
2.4 LABORATORNÍ ÚLOHA VYUŽÍVAJÍCÍ OPTICKÉHO ČIDLA OMRON	33
2.4.1 Popis úlohy.....	33
2.4.2 Programové řešení.....	34
2.4.3 Zadání úlohy č.1	38
2.5 LABORATORNÍ ÚLOHA VYUŽÍVAJÍCÍ MECHANICKÝCH SPÍNAČŮ	42
2.5.1 Popis úlohy.....	42
2.5.2 Programové řešení.....	42
2.5.3 Zadání úlohy č.2.....	44
ZÁVĚR.....	48
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	50
SEZNAM TABULEK	51
SEZNAM PŘÍLOH.....	52

ÚVOD

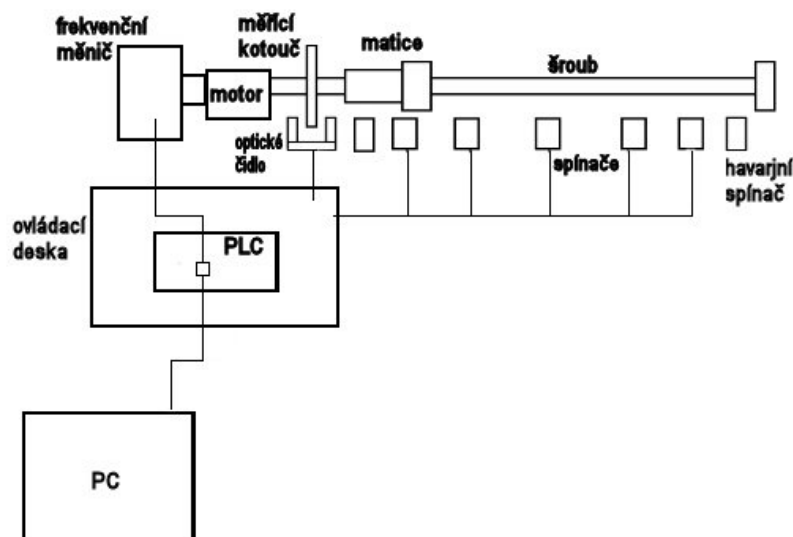
Rychlý vývoj v oblasti informačních technologií bezprostředně zasahuje i do jiných oborů. Příkladem takového odvětví je automatizační technika, ve kterém dochází neustále k pokroku podporovanému novými vědeckými objevy a s nimi souvisejícími technickými prostředky. Prolínání výpočetní techniky s technikou automatizační se stalo markantní hlavně v posledních patnácti letech. Je to způsobeno zejména poklesem nákladů díky novým výrobním technologiím a stále více se rozšiřující masové výrobě potřebných produktů – mikroprocesorů. Z těchto důvodů začaly vznikat zcela nové skupiny technických prostředků pro automatizaci mezi něž patří i programovatelné automaty. Jsou to elektronické řídicí systémy, které byly původně určeny k náhradě reléových zapojení. V dnešní době se díky své variabilitě a širokým možnostem použití staly prostředkem značně rozšířeným. Jsou součástí nabídky většiny významných světových výrobců automatizační techniky a nalézají uplatnění zejména v úlohách retrofitu, řízení klimatizačních jednotek, strojové výroby, inteligentních budov a podobně.

V předmětu „Programovatelné automaty“ se studenti seznamují s možnostmi, základy práce a použití PLC. K tomuto účelu byla navržena a posléze i realizována úloha „Řízení modelu s pohybovým šroubem“. Cílem je naučit studenty princip práce s konkrétním programovatelným automatem a prezentovat základy jeho programování. Dále pak ukázat možnosti a způsoby propojení daného automatu s podřízenými jednotkami automatizační techniky (frekvenční měnič, snímače). Vše je nakonec demonstrováno na reálném modelu, což značně zvyšuje atraktivitu celého procesu a umožňuje studentům lépe pochopit problém. Tato práce navazuje na diplomovou práci Ladislava Vrby z roku 2001.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POPIS ZAŘÍZENÍ

1.1 Realizace zařízení



Obr. 1 Schéma modelu

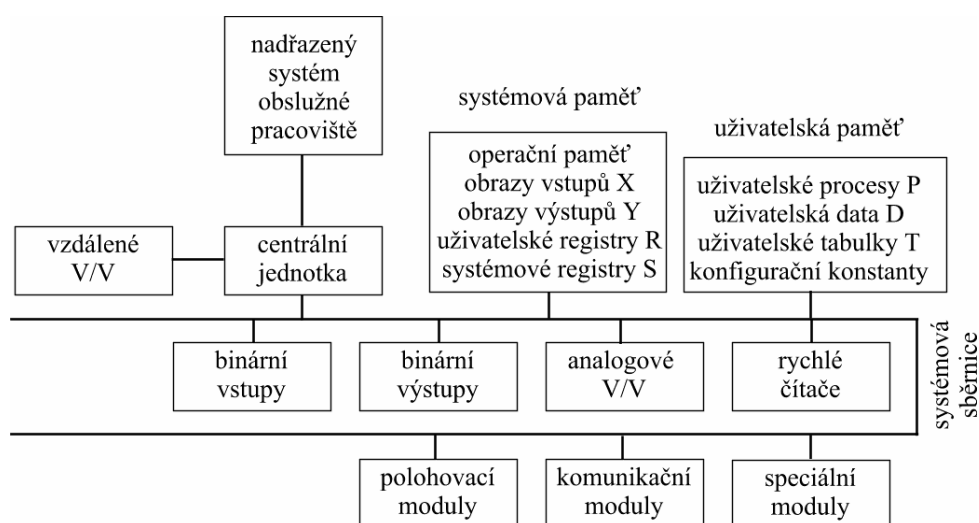
Teoretická část bakalářské práce je tvořena popisem jednotlivých částí modelu pohybového šroubu (viz Obr. 1). Model slouží pro výuku předmětu Programovatelné automaty. Jeho základní mechanismus tvoří šroub s pohyblivou maticí, mechanické spínače pro detekci pozice a optické čidlo pro odměřování polohy. Frekvenční měnič určující otáčky motoru je řízen PLC, do něhož byl nahrán program z PC.

1.2 PLC v elektrotechnice

Programovatelné automaty (též programovatelné logické systémy, v anglické terminologii PLC, v německé SPS) jsou elektronické řídicí systémy, které získaly v posledních letech široké uplatnění a v elektrotechnické praxi se s nimi setkáváme stále častěji. Na českém trhu existuje široká nabídka programovatelných automatů různých typů od mnoha výrobců. Ze zahraničních uveďme například Siemens, ABB, Telemecanique, FESTO, Allen-Bradley, Mitsubishi, Omron, Saia, General Electric, z českých potom automaty TECOMAT, vyráběné kolínskou firmou Teco. Konstrukčním provedením a způsoby použití jsou si všechny blízké, podobné jsou i možnosti programování základních úloh.

1.2.1 Konfigurace PLC

Na Obr. 2 je znázorněno blokové schéma typického programovatelného automatu. Na této úrovni není patrný rozdíl mezi PLC, řídicím počítačem nebo mikroprocesorovým modulárním systémem. Rozdíl je v konstrukčním provedení a ve způsobu programování. Programovatelné automaty se vyznačují větší robustností, spolehlivostí a odolností proti průmyslovému rušení. Programují se ve speciálních PLC jazycích.



Obr. 2 Blokové schéma typického PLC

Na binární vstupy automatu se připojují tlačítka, přepínače, koncové spínače a jiné snímače s dvouhodnotovým charakterem signálu (např. čidlo dotyku nebo přiblížení, dvouhodnotové snímače teploty, tlaku, hladiny).

Binární výstupy jsou určeny k buzení cívek relé, stykačů, elektromagnetických spojek, pneumatických a hydraulických prvků, k ovládání signálek, ale i ke stupňovému řízení pohonů a frekvenčních měničů, nebo k ovládání zobrazovačů.

Analogové vstupní a výstupní moduly zprostředkují kontakt programovatelného automatu se spojitým prostředím. K analogovým vstupům lze připojit například snímače teploty (odporové, polovodičové, termoelektrické články), snímače vlhkosti, tlaku, síly, hladiny, rychlosti, ale i většinu inteligentních přístrojů s analogovými výstupy. Analogovými výstupy a jejich signály lze ovládat spojitě servopohony a frekvenční měniče, ale třeba i ručkové měřicí přístroje a jiné spojitě ovládané akční členy.

Rychlé čítače, odměřovací a polohovací moduly jsou určeny k měření a řízení polohy, dráhy a rychlosti pohyblivých částí strojů, dopravních a manipulačních mechanismů, ale i k čítání pulsů elektroměrů a průtokoměrů a k počítání součástek.

Komunikační moduly mají velký význam. Zprostředkují komunikaci s řídicím počítačem, nadřazenými a podřízenými systémy, s moduly vzdálených vstupů a výstupů, ovládacími panely, s programovacím přístrojem a celou řadou inteligentních přístrojů - frekvenčních měničů, vážících zařízení, snímačů čárových kódů, tiskáren, inteligentních senzorů. Při sériové komunikaci jsou informace předávány jako posloupnost dvojkových číslic - 0 a 1. Rychlost přenosu, počet účastníků a jejich vzdálenosti jsou závislé na použitém rozhraní a komunikačním protokolu. Sériová komunikace může být zprostředkována i telefonním nebo rádiovým modemem, optickým kabelem, přenosem v infračerveném nebo mikrovlnném oboru.

Centrální jednotka poskytuje programovatelnému automatu inteligenci, realizuje soubor instrukcí a systémových služeb. Obvykle komunikuje s nadřazeným systémem a s programovacím přístrojem, někdy i s podřízenými systémy.

Paměťový prostor, který má uživatel k dispozici, je obvykle členěn na část určenou pro uživatelský program, datové bloky a tabulky (zadávají se v režimu edice programu) a na část operační, v níž jsou uloženy registry, čítače a časovače, obrazy vstupů a výstupů, komunikační a systémové proměnné (mění se v průběhu programu a jeho působením).

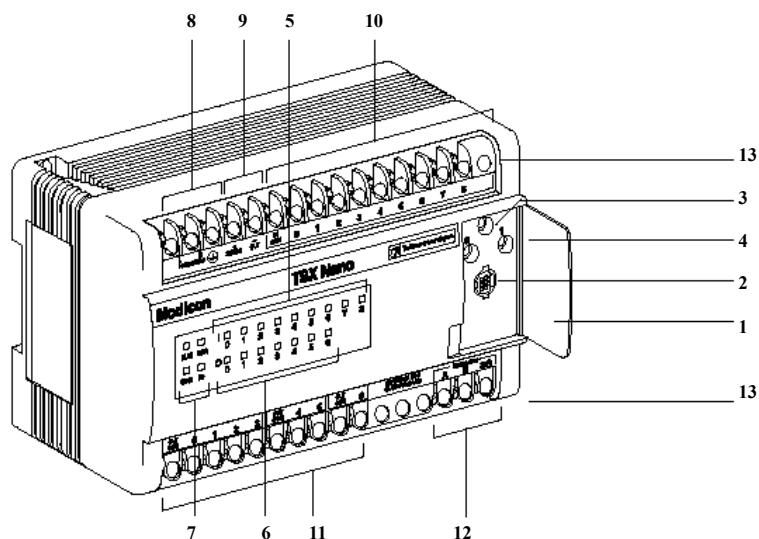
Některé systémy poskytují uživateli **další typy** modulů, například přídavné paměťové moduly (pro rozšíření poměrového prostoru, pro záložní obsah uživatelského programu, pro ukládání velkých datových souborů), časový obvod (poskytuje informace o denním a kalendářním čase), moduly regulátorů, moduly pro fuzzy logiku, rychlé čítače, speciální komunikační modemy, atd.

1.3 Programovatelný miniautomat Modicon TSX07 Nano

1.3.1 Popis konstrukce automatu, hlavní charakteristiky

Programovatelný automat Modicon TSX 07 je logický řídicí systém, který tvoří základní stupeň ve výrobní řadě PLC firmy Telemecanique. Malé rozměry tohoto automatu umožňují jeho instalaci do skříní s minimální hloubkou, nebo přímo na těleso stroje. Je konstruován pro použití v malých a středních aplikacích, převážně pro automatizaci strojové výroby. Automaty TSX 07 jsou dodávány v trojím provedení,

odlišném podle počtu vstupů/výstupů (10, 16, a 24 I/O). Na Obr. 3 je zobrazen popis automatu, jeho nejdůležitější charakteristiky jsou uvedeny v Tab. 1.



Obr. 3 Popis automatu TSX 07

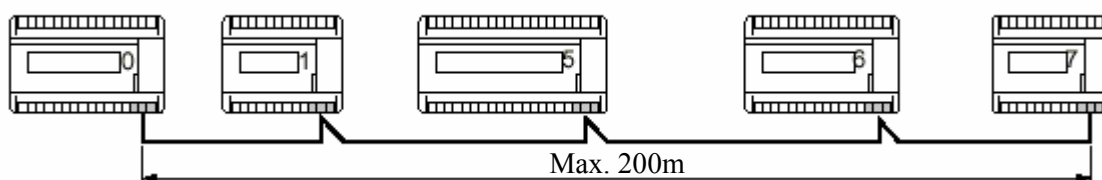
Legenda :

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. Kryt k prvkům 2, 3, 4 | 8. Připojení napájení |
| 2. Terminálový port | 9. Napájení čidel |
| 3. Přepínač pro volbu funkce automatu | 10. Připojení vstupů |
| 4. Analogové nastavovací body | 11. Připojení výstupů |
| 5. Vizualizace stavu vstupů | 12. Připojení rozšíření |
| 6. Vizualizace stavu výstupů | 13. Krytka ochrany svorek |
| 7. Vizualizace stavu automatu | |

Automaty TSX 07 Nano jsou programovatelné v reverzibilním jazyce PL7-07 (mnemokód, nebo kontaktní plán). Programování lze realizovat pomocí :

- Terminálu FTX 117 (mnemokód)
- Osobního počítače FTX 417, nebo kompatibilního PC (mnemokód, nebo kontaktní plán).

Každý základní automat může být doplněn jedním rozšířením I/O, realizovatelným dalším z automatů TSX07. K základnímu automatu mohou být navíc připojeny tři jeho rozšíření s využitím komunikační výměny slov, přičemž rozšířen o I/O může být vždy pouze základní automat (viz Obr. 4).



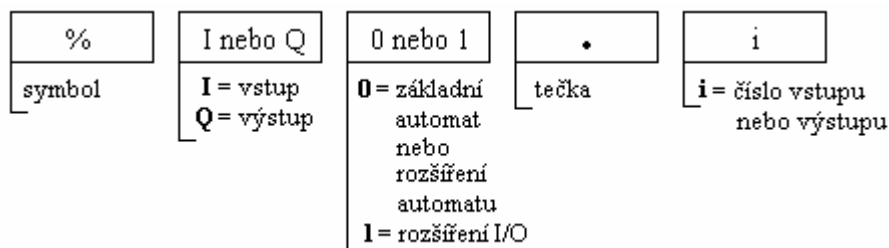
Obr. 4 Rozšíření základního automatu

Tab. 1 Charakteristiky automatů TSX 07

Průchod	Normální (cyklický) nebo periodický (2 až 150 ms)		
Čas cyklu	Méně než 1,5ms na 1000 elementárních instrukcí		
Čas provádění	0,2 μ s (minimum) na jednu elementární booleovskou instrukci		
Kapacita paměti	Data 256 interních slov, 64 konstant, 128 interních bitů		
Zálohování	RAM automatu: baterie. Trvání zálohy: 30dní		
Programovací	PL7 přepínatelný : mnemokód nebo kontaktní plán		
Terminálový port	Sériová sběrnice RS 485, protokol UNI-TE, 9600 b/s – 19200 b/s		
Rozšíření I/O	1 na PLC (každý automat může být použit jako rozšiřující I/O)		
Funkční bloky	Zálohovaný reálný čas a datum 16		
	Časovače	32	nastavitelná časová
	Obousměrný čítač	16	
	Registry slov	4	typ FIFO nebo LIFO
	Posuvné registry	8	16 bitů
	Cyklické programátory	4	8 kroků, 16 bitů
	Krokové funkce	4	256 kroků
Specifické I/O	Konfiguračně mohou být přiřazeny specifické funkce některým I/O		
	Vstupy	RUN/STOP	
		Zapamatování stavu	
		Rychlý čítač: 10 kHz	
	Výstupy	SECURITE	
		PULSE	
		PWM	

1.3.2 Popis vstupů/výstupů automatu TSX 07

Adresace vstupů a výstupů automatu je definována následujícími znaky:



Obr. 5 Adresace vstupů/výstupů

Všechny V/V automatu jsou v počátečním stavu konfigurovány jako logické, avšak některé mohou být změnou této konfigurace nastaveny k realizaci specifických funkcí. Přehled specifických funkcí V/V je uveden v Tab. 2. Pokud je některý vstup/výstup již využit pro některou specifickou funkci, nemůže vykonávat jinou. Použití specifických funkcí V/V je podrobněji popsáno ve [5], [6].

Tab. 2 Přehled specifických funkcí V/V

Vstupy / výstupy	Funkce
Vstup Run/Stop	umožňuje přepnutí vnějšího kontaktu : - spuštění programu (run) - zastavení běhu programu (stop)
Vstup zapamatování stavu	Umožňuje zapamatování impulsů, jejichž trvání je kratší než trvání cyklu tak, aby bylo možné jeho zpracování následujícím cyklem.
Vstupy rychlého čítače	Umožňují příjem impulsů pro čítání s maximální frekvencí: - 5 nebo 10 kHz při konfiguraci jako rychlý čítač nebo měřič kmitočtu - 1 kHz při konfiguraci jako rychlý obousměrný čítač
výstup Securite	normálně ve stavu 1. Při chybě automatu přechází do stavu 0, přičemž může být využit v obvodech externí ochrany
výstup Pulse	umožňuje generování signálu s proměnnou periodou s konst. poměrem 50 %
výstup PWM	umožňuje generování signálu s konstantní periodou s možností změny poměru impuls/mezera.

Vstupy spojené s rychlým čítáním, funkce rychlého čítače

Automat TSX 07 disponuje rychlým čítačem, který může být použit třemi rozdílnými způsoby:

- Použití ve funkci rychlého čítání (max. kmitočet 10 kHz)
- Použití ve funkci měření kmitočtu (max. kmitočet 10 kHz)
- Použití ve funkci obousměrného čítače (max. kmitočet 1 kHz)

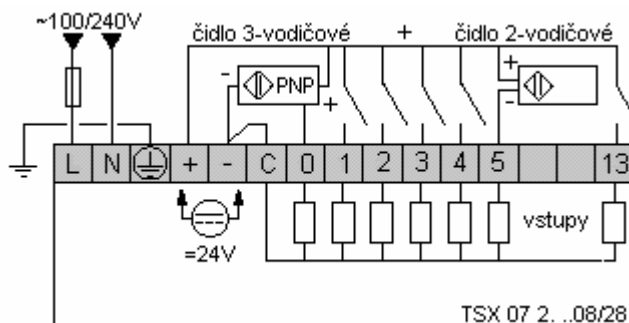
Čidla použitá na vstupech obousměrného čítače musí být vybavena statickým výstupem. Užití čidel s kontaktním výstupem se na těchto vstupech zakazuje (započítání zákmitů z důvodů nízké imunity).

Funkce rychlého čítače umožňuje čítání s maximálním kmitočtem 10 kHz, nebo 5 kHz dle výběru provedeném v konfiguraci, s možností čítání od 0 do 65 535.

Čítač přijímá impulsy pro čítání na vstup automatu (%I0.0). Když je vstup uvolnění čítání (%Q0.2) ve stavu 1, jsou impulsy čítány a okamžitá hodnota čítače je neustále porovnávána s jednou, nebo dvěma prahovými úrovněmi definovanými v konfiguraci a modifikovatelnými programem. Nulování čítače je vyvoláno náběžnou hranou na vstupu SET.

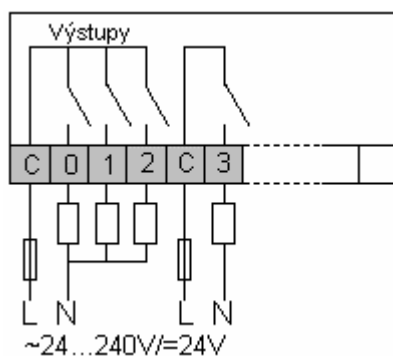
Připojení logických vstupů a výstupů

Připojení vstupů 24 VDC v pozitivní logice automatu s 10 V/V se střídavým napájením je znázorněno na Obr. 6.



Obr. 6 Připojení vstupů v pozitivní logice

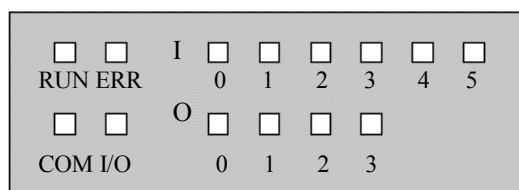
Připojení reléových výstupů automatu s 10 V/V je znázorněno na Obr. 7.



Obr. 7 Připojení reléových výstupů

Vizualizace stavu automatu a vstupů/výstupů

Integrované testy vykonávají v automatu TSX 07 nepřetržitou kontrolu jeho správné funkčnosti. Výsledek těchto testů je viditelný na čelní části automatu - je indikován pomocí čtyř kontrolkek označených RUN, ERR, COM a I/O. Také stav každého V/V je vizuálně zobrazen kontrolkami na čelní straně automatu. Rozmístění kontrolkek je znázorněno na Obr. 8.



Obr. 8 Vizualizace stavu automatu s 10V/V

Tab. 3 Vizualizace stavu automatu

Kontrolka	Stav	Stav automatu
RUN (zelená)	svítí	automat v RUN
	bliká	automat ve STOP, nebo chyba
	nesvítí	bez napětí, nebo neproveditelné
ERR (červená)	svítí	interní chyba (watch dog, ...)
	bliká	aplikace není proveditelná
	nesvítí	funkčně OK
COM (žlutá)	svítí	výměna na spojení s rozšířením
	nesvítí	k výměně nedochází
I/O (červená)	svítí	chyba V/V (výstup rozpojen,
	bliká	-
	nesvítí	funkčně OK
Vstupy/Výstupy	svítí	V/V aktivní
	bliká	V/V rozpojen
	nesvítí	V/V neaktivní

Po přivedení napájecího napětí jsou rozsvíceny všechny kontrolky po dobu cca 1 s.

1.3.3 Obecný popis programování automatu TSX 07

Jazyk instrukčního listu a struktura jeho programování

Řízení rozhodovacího procesu PLC je založeno na řídicím programu vytvořeném uživatelem. K sestavení takového programu se využívá jednoho z řídicích jazyků, podporovaných daným automatem. K programování automatu TSX 07 je určen programovací software PL7-07 pro PC. Tento software podporuje programovací jazyky **Instruction List (IL)** a **Ladder**. Software PL7-07 také umožňuje transformaci programů Ladder → IL a opačně.

Poznámka: Vzhledem k jeho výhodám se tato práce dále zaměřuje pouze na popis programovacího jazyka Instruction List.

Program v jazyce IL se skládá z řady logických výrazů, psaných jako sled booleovských instrukcí různých typů (viz Tab. 4). Každý řádek programu se skládá z automaticky vygenerované číslice označující pořadí řádku, dále z kódu instrukce a operandu typu bit, nebo word.

Příklad instrukce :

003 LD %I0.1
↑ ↑ ↓
číslo kód instrukce operand

Všechny booleovské instrukce až na Load (LD), Store (ST) a Not (N) operují se dvěma operandy, které mohou být buď PRAVDIVÉ (1), nebo NEPRAVDIVÉ (0). Jejich výsledkem je jediná hodnota, rovněž buď 1, nebo 0.

Jak je znázorněno na příkladu, instrukce IL mají jen jeden explicitní operand (%I0.1). Dalším, implicitním operandem, je booleovský akumulátor. V programu vykonává instrukce specifikovanou operaci nad obsahem akumulátoru a výsledkem nahradí původní obsah akumulátoru. Například operace AND %I0.2 by vykonala logický součin mezi obsahem akumulátoru a vstupem I0.2 a poté by nahradila obsah akumulátoru výsledkem operace.

Instrukce LD a ST buď naplní akumulátor hodnotou operandu, nebo uloží obsah akumulátoru do operandu. Instrukce NOT nemá žádný jednoznačný operand a jednoduše pouze převrátí stav akumulátoru.

Tab. 4 Soubor instrukcí automatu TSX 07

Typ instrukcí	Příklad	Význam
Instrukce na bitu	LD %M10	Čtení interního bitu
Instrukce na bloku	IN %TM0	Spuštění časovače
Instrukce na slovu	[%MW10:=%MW50+1	Sčítání
Instrukce na	SR5	Volání podprogramu č.5

Instrukce EXCH

Tato instrukce umožňuje automatu vyměňovat si informace s dalšími UNI-TELWAY nebo ASCII zařízeními. Uživatel definuje tabulku slov, která má být vysílána/přijímána (max. 64 vysílaných, nebo přijímaných datových slov). Formát tabulky slov je popsán ve směrnících každého protokolu (ASCII nebo UNI-TELWAY). Syntaxe instrukce EXCH je následující:

[EXCH %MWi.L] - kde L znamená počet slov k vyslání.

Poznámka: dříve než je spuštěna další, musí automat ukončit první instrukci EXCH. Aby byla tato podmínka dodržena, je nutno k řízení vysílání více zpráv v jednom cyklu použít blok %MSG.

Funkční blok kontroly výměny %MSG

K řízení výměny zpráv mezi zařízeními se používá funkčního bloku %MSG. Tento blok zajišťuje pomocí jemu přiřazených bitových objektů (viz tab. 5) tři základní funkce:

- Testování chyb v komunikaci
- Řízení následných zpráv
- Priorita výměny zpráv

Pokud je při použití instrukce EXCH detekována chyba, jsou bity %MSG.D a %MSG.E nastaveny na 1 a systémové slovo %SW69 je naplněno chybovým kódem, který odpovídá charakteru chyby.

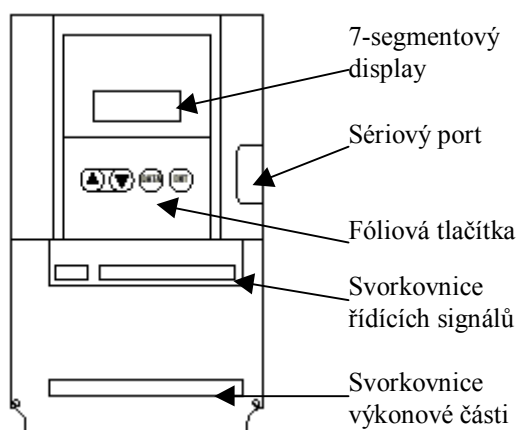
Tab. 5 Bitové objekty přiřazené bloku %MSG

Funkce	Bitový objekt
Vstup reset komunikace	R
Výstup výměna provedena	%MSG.D
Výstup chyba komunikace	%MSG.E

1.4 Frekvenční měnič Altivar18

1.4.1 Charakteristika měniče Altivar 18

Frekvenční měniče Altivar18 tvoří základní stupeň ve výrobní řadě měničů firmy Schneider Electric.



Obr. 9 Vnější popis ATV 18

1.4.2 Popis možností komunikace měnič - nadřazená jednotka po sériové lince

ATV 18 je vybaven standardním komunikačním portem. S využitím RS232C komunikačního kitu VW3A18104 je měnič schopen komunikace s PC, PLC, regulátory a dalšími kompatibilními zařízeními. Pomocí komunikačního portu jsme schopni s využitím příslušných funkcí vykonávat následující činnosti:

- Monitorování stavu měniče
- Řízení měniče
- Zobrazování a nastavování parametrů
- Ukládání parametrů měniče na disk PC
- Načítání parametrů z disku PC

ATV18 podporuje ASCII a binární komunikační protokol. Všechny funkce a data měniče jsou přístupná na jeho logických adresách. Specifikace komunikační linky měniče je uvedena v Tab. 6. Příkazy a nastavení přes komunikační linku mají vyšší prioritu oproti nastavování přes terminálový panel.

Tab. 6 Specifikace komunikační linky ATV 18

položka	specifikace
Mód přenosu	Poloviční duplex
Řízení přenosu	Master/Slave
synchronizace	Asynchronní přenos
Komunikační rychlost	9600 Baudů implicitně, také 1200, 1400, 4800 Bd
Komunikační rámec	ASCII – délka 8 bitů, sudá, lichá, nebo žádná parita
Detekce chyby	Parita a kontrolní součet

Tento způsob komunikace je charakteristický tím, že je jednotka Slave (frekvenční měnič) kompletně řízena jednotkou Master (PC, PLC). Měnič tedy pouze odpovídá na příkazy jednotky nadřazené.

Složení rámce zprávy která přichází na měnič:

start bit	bit0	bit1	bit2	bit3	bit4	bit5	bit6	bit7	parita	stop bit
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	--------	----------

Složení rámce při vysílání zprávy z měniče:

start bit	bit0	bit1	bit2	bit3	bit4	bit5	bit6	bit7	parita	stop bit	stop bit
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	--------	----------	----------

Komunikační funkce time-out

Soubor komunikačních funkcí měniče obsahuje funkci time-out. Je využitelná pro detekci problémů s komunikací, jako je například přerušení kabelu. Pokud je časovač této funkce spuštěn a měnič neobdrží v dané periodě žádná data, přepíná se do chybového stavu a zobrazuje hlášení ErrS. Parametr časovače je továrně nastaven na 0 (časovač vypnut).

Rozsah intervalu time-out je od 1 (01h) do 100 (64h) sekund. Nastavení 0 (00h) vypíná funkci time-out. K nastavení časovače se využívá logická adresa 0803.

1.4.3 Charakteristika výměny zpráv mezi PLC a ATV18 v ASCII módu

Během komunikace mezi PLC a měničem je měnič vždy ve stavu příjmu. První Byte zprávy je použit k rozlišení, zda se jedná o ASCII nebo binární mód. ASCII mód se vyznačuje několika charakteristickými rysy:

- Zahajovací Byte zprávy v ASCII módu obsahuje znak '('. Pokud je těchto znaků detekováno více, je za platný považován pouze poslední.
- Pokud po znaku '(' následuje číslo zařízení, pro které je zpráva určena, pak je zpráva přijata pouze zařízením s odpovídajícím číslem.
- Ve všech případech je nejvíce platný Byte vysílán jako první a nejméně platný Byte jako poslední.
- Zpráva se nepovažuje za ukončenou, dokud není přijat znak '↵' (návrát vozíku). Pokud tento znak není přijat do 17 Bytů nebo 1 sekundy od začátku zprávy, měnič přijatá data ignoruje a čeká na další zahajovací znak '('.
- Měnič po vykonání příkazu vrací potvrzovací zprávu.

Formát zprávy v ASCII módu komunikace

Ke čtení a zápisu parametrů na logické adresy měniče se používá následujícího formátu zprávy. Je využito **ASCII** znaků, reprezentovaných **hexadecimálními** čísly (xxx h).

'(' (28h)	DRV-NO 2 Byty	CMD 1Byte	LOG-ADR 4 Byty	DATA 1-4Byty	'&' (26h)	SUM 2 Byty	)' (29h)	'↵' (0Dh)
-----------	------------------	--------------	-------------------	-----------------	-----------	---------------	----------	-----------

- | | | |
|------------|------------|------------------------------------|
| 1. '(' | [1 Byte] | úvodní Byte - hlavička |
| 2. DRV-NO | [2 Byty] | číslo zařízení (0-63, volitelné): |
| 3. CMD | [1 Byte] | typ příkazu (viz Tab. 7) |
| 4. LOG-ADR | [4 Byty] | logická adresa funkce či dat |
| 5. DATA | [1-4 Byty] | data pro zápis |
| 6. '&' | [1 Byte] | kód kontrolního součtu (volitelný) |

- | | | |
|--------|----------|--|
| 7. SUM | [2 Byty] | kontrolní součet (volitelný) |
| 8. ')' | [1 Byte] | uzavírací Byte (volitelný, doporučený) |
| 9. '↵' | [1 Byte] | návrat vozíku |

Typy příkazů v ASCII módu

Tab. 7 Příkazové typy

CMD [1 Byte]	DATA [1-4 Byty] (v hexa formátu)
'P' (50h) – zápis dat do RAM	Zapisovaná data (0h – FFFFh)
'W' (57h) – zápis dat	Zapisovaná data (0h – FFFFh)
'R' (52h) – čtení dat z RAM paměti	-

Příkaz 'P': zápis do RAM.

Tento příkaz je určen ke změně parametrů na logických adresách měniče, přičemž jsou tyto data zapsána pouze do dočasné RAM paměti. Tato paměť je po odpojení napájecího napětí vymazána. Není možno zapisovat na logické adresy, které mají vlastnost read – only.

Příklad 1: Dočasné nastavení doběhové rampy měniče (parametr dEC) na 30,0s (300*0,1s)

Řešení: Logická adresa = 0007, data = 012C h, zpráva je tedy (P000712C).↵

Příkaz 'W': zápis do RAM/EEPROM.

Tento příkaz je určen ke změně parametrů na logických adresách měniče, přičemž jsou tato data zálohována mimo RAM také do stálé EEPROM paměti. Není možno zapisovat na logické adresy, které mají vlastnost read – only.

Příklad 2: Permanentní nastavení doběhové rampy měniče (parametr dEC) na 30,0s (300*0,1s)

Řešení: Logická adresa = 0007 (dEC), data = 012Ch (300), zpráva je tedy (W000712C).↵

Příkaz 'R': čtení dat z logických adres měniče

Tento příkaz slouží ke čtení parametrů, nacházejících se na logických adresách měniče.

Příklad 3: Čtení nastavení doběhové rampy měniče (parametr dEC)

Řešení: Logická adresa = 0007, zpráva je tedy (R0007).↵

Poznámka: je důležité mít na paměti, že životnost paměti EEPROM měniče je 10.000 zapisovacích cyklů. Z toho důvodu je lépe používat příkazu 'P' (zápis pouze do RAM) pokud nepotřebujeme, aby data zůstala v měniči i po odpojení napájecího napětí.

1.4.4 Operační řízení měniče prostřednictvím komunikační linky

Příkazy přes komunikační linku přebírají vyšší prioritu nad příkazy zadávanými přes terminálový panel. K udělení vyšší priority komunikační lince pro příkazy, musí být bit 15 příkazového registru (logická adresa FA00-viz dále) nastaven na 1. K udělení vyšší priority komunikační lince pro nastavení frekvence, bit 14 na logické adrese FA00 musí být nastaven na 1.

Komunikační příkazový registr (logická adresa FA00)

Tento registr slouží k přímému řízení měniče, tj. k posílání příkazů RUN, REVERSE, STOP, atd. Kompletní bitová struktura logické adresy FA00 je popsána v příloze II. Bit 15 na této adrese musí být nastaven na 1, aby byla data považována za platná.

Příklad 4: Vydejte dočasný příkaz k přímému běhu, frekvence nastavena napěťovým vstupem AI1 měniče (potenciometrem).

Řešení: V příkazové registru FA00 nastavíme bit 15 (komunikační příkaz platný) na 1 a bit 10 (příkaz přímý běh) na 1. Graficky celá situace vypadá takto :

FA00:

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=8400 h

Zpráva pro měnič je tedy (PFA008400).↵

Po zaslání této zprávy dojde (pokud je vše v pořádku) k roztočení motoru, jehož otáčky jsou řízeny potenciometrem připojeným k měniči.

Komunikační registr pro nastavení frekvence (logická adresa FA01)

Tento registr slouží k přímému řízení výstupní frekvence měniče, tzn. k řízení otáček motoru. Požadovaná frekvence je nastavována opět v hexadecimálním tvaru, s rozlišením 0,01 Hz. (1=0.01 Hz).

Příklad 5: Vydejte dočasný příkaz k přímému běhu, frekvence nastavena linkou na 20Hz.

Řešení:

1. Nejdříve nastavíme požadovanou frekvenci v registru FA01 na 20Hz (20 = 070Dh)

Zpráva na měnič je tedy (PFA01070D) ↵

2. Dále nastavíme v příkazovém registru FA00 bit 15 na 1 (příkaz platný), bit 14 na 1 (frekvence platná) a bit 10 na 1 (přímý běh).

Zpráva na měnič je potom (PFA00C400)↵

Po zaslání této zprávy dojde (pokud je vše ostatní v pořádku) k roztočení motoru, jehož otáčky odpovídají výstupní frekvenci měniče 20 Hz.

1.4.5 Programování PLC pro komunikaci s měničem

Při psaní programu pro PLC, které má komunikovat s měničem ATV 18, je nutné mít na paměti, že všechny ASCII znaky (písmena, číslice a jiné pomocné znaky) jsou reprezentovány jim odpovídajícími hexadecimálními hodnotami podle tabulky kódu ASCII. Přehled nejdůležitějších znaků v kódu ASCII je uveden v příloze III. Princip programování komunikace PLC tedy spočívá v tom, že všechny znaky zprávy převedeme na jim odpovídající hexadecimální hodnoty.

Příklad 6: Odešlete příkaz měniči k přímému běhu, frekvence nastavena napěťovým vstupem AI1 měniče (potenciometrem).

Řešení: Kód zprávy je v tomto případě (PFA008400)↵ . Pro převedení znaků zprávy do hexa tvaru můžeme využít tabulky v příloze III a dostáváme posloupnost čísel :

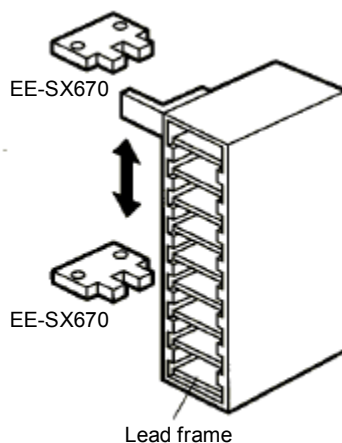
28	50	46	41	30	30	38	34	30	30	29	0D
(	P	F	A	0	0	8	4	0	0	)	↵

Tuto číselnou posloupnost, která charakterizuje požadované chování měniče, vložíme do vysílací tabulky PLC a odešleme.

1.5 Optický senzor Omron

1.5.1 Základní charakteristika

Fotosenzor Omron EE-SX 671A je optický snímač s napěťovým impulsním výstupem, jehož princip snímání je založen na detekci přerušení infračerveného paprsku, generovaného emisní GaAs LED diodou. Senzor přerušení paprsku tvoří Si-tranzistor. Fotosenzor je vyráběn v několika modifikacích, které jsou odlišné zejména tvarem pouzdra, konfigurací výstupního signálu (light-ON nebo Dark-ON/Light-ON) a zapojením obvodu výstupního tranzistoru (NPN, PNP). Svými malými rozměry je senzor určen k umístění přímo do blízkosti měřeného objektu (Obr. 10).



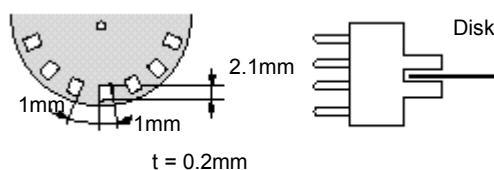
Obr. 10 Aplikace senzoru – detekce pozice rámu

V Tab. 8 jsou uvedeny hlavní charakteristiky senzoru EE-SX671A.

Tab. 8 Charakteristiky senzoru

položka	hodnota
Snímací vzdálenost:	5 mm
Standardní rozteč	minimálně 2×0.8 mm
Světelný zdroj	Infračervená GaAs LED (940 nm)
Přijímač	Si fototranzistor
Indikátor stavu	Červená LED
Napájecí napětí	5 až 24 VDC $\pm 10\%$
Jmenovitý odběr	max. 35 mA (NPN), max. 30 mA (PNP)
Řídicí výstup	5 až 24 VDC
Frekvenční rozsah	Max. 1 kHz, v přetížení až 3 kHz

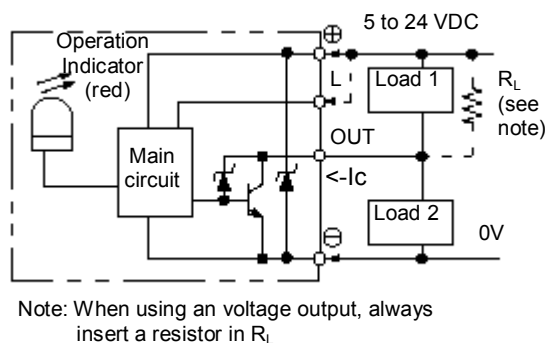
Poznámka: frekvenční rozsah senzoru byl výrobcem měřen pomocí referenčního rotačního disku. Popis tohoto zkušebního tělesa je na Obr. 11.



Obr. 11 Měření rozsahu frekvence senzoru

1.5.2 Zapojení výstupu snímače

Toto zapojení (Obr. 12) vychází ze standardního schématu. Je patrné, že implementace tohoto členu do okruhu měření předpokládá připojení napájecího napětí a vyhodnocení frekvenčního výstupu prostřednictvím nadřazeného systému.



Obr. 12 Zapojení výstupu snímače

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 NÁVRH LABORATORNÍCH ÚLOH

2.1 Návrh sestavení laboratorní úlohy

Celý model je sestaven z těchto částí :

1. Pohybový kuličkový šroub s maticí
2. Hnací jednotka – 3 fázový asynchronní motor
3. Výkonová jednotka a řízení otáček motoru – frekvenční měnič
4. Řídicí jednotka – programovatelný automat
5. Odměrovací soustava – měřicí kotouč a optické čidlo Omron
6. Mechanické snímací jednotky – koncové spínače

Všechny části modelu jsou uloženy na ocelovém rámu, překrytém dřevěnou deskou. Jednotky řídicí (PLC, ATV, tlačítka) jsou navíc pro lepší přehlednost umístěny „centralizovaně“ na zvláštním panelu.

2.2 Popis jednotlivých částí modelu

Ústrojí pro přímočarý pohyb – pohybový šroub a matice

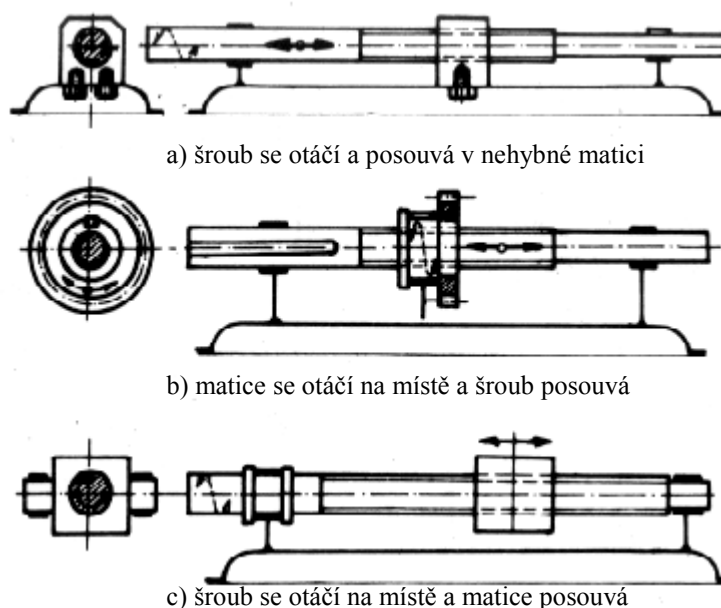
Pohybové šrouby se používají nejčastěji v pohybových mechanismech výrobních strojů. Funkcí pohybového a hnacího šroubu je zpravidla přeměna rotačního pohybu na přímočarý posuvný (šrouby lisů, výrobních strojů apod.). V modelu s pohybovým šroubem je použito šroubu kuličkového (viz Tab. 9), který je v poslední době k těmto účelům často využíván. Jedná o konstrukci, ve které je třecí odpor v závitech převeden na odpor valivý. Tímto nahrazením se výrazně zvyšuje účinnost, snižuje třecí moment šroubu, umožní se mnohem přesnější nastavení mechanismu do požadované polohy (odstraněna vůle mezi šroubem a maticí) a k opotřeбенí téměř nedochází. Pohybové šrouby jsou (podle konstrukčního provedení) namáhány kombinací krutu a tahu nebo tlaku, případně vzpěru (u dlouhých šroubů). V řešeném modelu je možno považovat toto namáhání za zanedbatelné.

Tab. 9 Základní charakteristiky pohybového šroubu:

Parametr	Hodnota parametru
Celková délka	900 mm
Délka pracovní oblasti (kuličkového	778 mm
Průměr kuličkového závitu	31 mm
Stoupání závitu	10 mm

Matice bývají v pohybových mechanismech obecně trojího konstrukčního provedení (Obr. 13):

- a) šroub se otáčí a posouvá v nehybné matici, jako je tomu např. u šroubových lisů nebo zvedáků,
- b) matice se otáčí na místě a šroub se posouvá (např., u protahovacích strojů),
- c) šroub se otáčí na místě a matice se posouvá (např. vodící šroub supportu soustruhu).



Obr. 13 Způsoby provedení matice

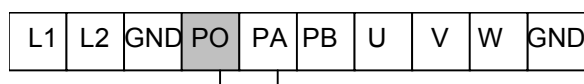
V rámci řešení této úlohy je použito konstrukčního provedení c), kdy je matice posouvána otáčejícím se šroubem a vedena po dvou kolejnicích, které jsou pomocí L-profilů připevněny na podložce. Kuličkový šroub je z jedné strany uložen v ložisku, na straně druhé v lamelové spojce, která ho spojuje s hnací jednotkou. Ložisko je přichyceno šrouby na desce rámu.

Hnací jednotka – 3 fázový motor

Pohon šroubu je realizován 3-fázovým asynchronním motorem o výkonu 0.37 kW, který je se šroubem spojen pomocí pružné lamelové spojky. Výhodou lamelové spojky je její schopnost vyrovnávat drobné nepřesnosti spojení (např. vyosení motoru a šroubu).

Výkonová jednotka a řízení otáček motoru – frekvenční měnič

Motor je napájen a jeho otáčky jsou řízeny pomocí frekvenčního měniče Altivar 18U09M2. Způsoby využití tohoto měniče, jeho funkce a charakteristiky jsou blíže popsány v teoretické části práce, v kapitole 1.4.1. Zapojení výkonové svorkovnice frekvenčního měniče je znázorněno na Obr. 14, jeho propojení s ostatními částmi obvodu potom v příloze V.



Obr. 14 Zapojení výkonové svorkovnice měniče

Vysvětlivky :

L1, L2, – napájení měniče

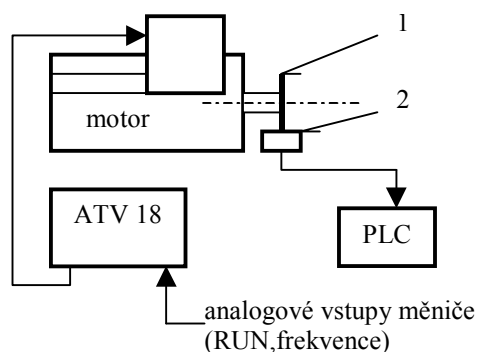
GND – uzemňovací svorky

PO – nevyužitá svorka

PA, PB – připojení brzdného rezistoru

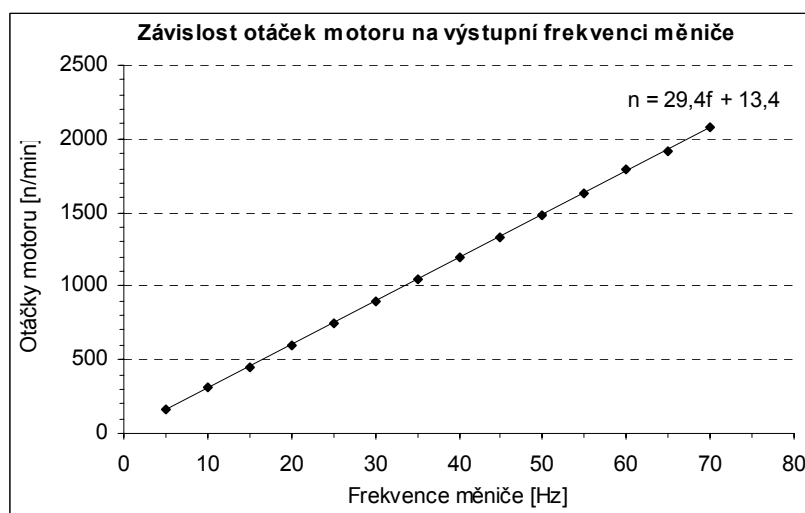
U, V, W – Připojení motoru

Frekvenčním měničem ATV 18 lze měnit rozsah výstupního kmitočtu v rozsahu 0,5 až 320Hz. V rámci práce bylo provedeno měření závislosti otáček nezatíženého motoru na výstupní frekvenci měniče. Vyjdeme – li z teoretických předpokladů [6], měla by být tato závislost při malém zatížení lineární. Blokové schéma zapojení měření znázorňuje Obr. 15. Pomocí analogových vstupů do měniče ovládáme jeho výstupní frekvenci. Otáčky motoru jsou pomocí zkušebního měřicího kotouče (1) s jedním otvorem snímány snímačem Omron (2) a jeho výstupní impulsy poté čítány na vstupu rychlého čítače PLC.



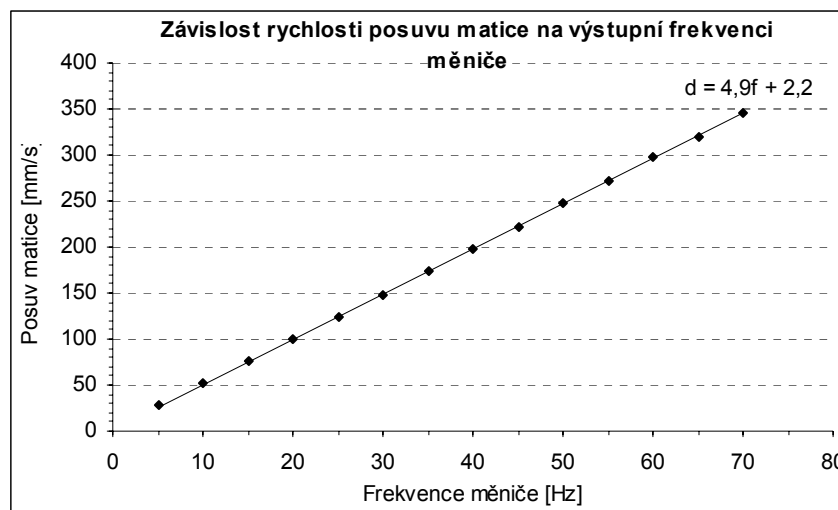
Obr. 15 Měření závislosti otáček motoru na výstupní frekvenci měniče

Maximální použitelný rozsah frekvencí byl předpokládán v rozmezí 0,5 až 70 Hz. Výsledky měření jsou zobrazeny v grafu na Obr. 16. Z výsledků lze vidět, že závislost otáček na frekvenci se dá považovat za lineární.



Obr. 16 Závislost otáček motoru na výstupní frekvenci měniče

Vezmeme-li v úvahu stoupání závitu (10 mm) a budeme-li předpokládat, že zatížení motoru pouze pohybovým šroubem je minimální, lze sestavit předpokládaný graf závislosti rychlosti pohybu matice na výstupní frekvenci měniče (Obr. 17).



Obr. 17 Závislost rychlosti posuvu matice na výstupní frekvenci

Řídicí jednotka – programovatelný automat

K řízení modelu s pohybovým šroubem je použito automatu Modicon TSX 07 Nano. Popis tohoto automatu je proveden v teoretické části, v kapitole 1.3. Připojení jednotlivých zařízení k automatu je popsáno v kapitole 2.3.

Odměrovací soustava – měřicí kotouč a optické čidlo Omron

Prvním ze způsobů snímání polohy matice pohybového šroubu je v této práci kombinace měřicí kotouč – optické čidlo. Popis a charakteristiky čidla Omron jsou uvedeny v kapitole 1.5. Napěťové impulsy na výstupu z čidla jsou čítány vstupem rychlého čítače PLC a programově vyhodnocovány.

Výpočet rozlišovací schopnosti navržené odměrovací soustavy

Zvolený počet děr po obvodu ...50

Stoupání závitu šroubu10 mm

1 impuls = $10/50 = 0,2$ mm

Jeden impuls od měřicí jednotky znamená posuv matice o 0,2 mm.

Mechanické snímací jednotky – koncové spínače

Druhým ze způsobů snímání polohy je využití koncových spínačů. Koncové spínače jsou mechanicky ovládané vypínače, které slouží k vymezení poloh dráhy pohybujících se

částí stroje, v tomto případě matice. V rozlišení podle druhu pohonu jsou v této práci využity koncové vypínače firmy Telemecanique:

- Pákové – vypínací páka s kladkou je ovládána kulisou po pohyblivé části zařízení
- Tlačítkové - s posuvným pohybem osy spínacího ústrojí a kladkou jako tlačítkem

V případě tohoto modelu jsou koncové spínače pro snímání polohy pevně umístěny v určitých vzdálenostech od sebe tak, aby rovnoměrně pokryly celou pracovní oblast šroubu. Jejich snímací elementy jsou zároveň umístěny v jedné ose, která je rovnoběžná s osou šroubu. Spínání jednotlivých spínačů v závislosti na pohybu matice je realizováno kulisou, umístěnou na matici šroubu.

2.3 Realizace připojení jednotlivých komponent k PLC

Vzájemné propojení jednotlivých komponent úlohy je realizováno ve dvou verzích. Tyto verze se odlišují způsobem odměřování polohy matice a jejich volba se provádí modifikací zapojení na „programové“ svorkovnici (viz 2.3.3).

2.3.1 Připojení snímačů podle způsobu měření polohy matice

1. Poloha odměřována pomocí kombinace měřicí kotouč + čidlo Omron – v tomto případě jsou v systému měření polohy kromě uvedených snímačů zapojeny ještě dva referenční koncové spínače pro vymezení krajních pracovních poloh matice. Připojení čidla s impulsním výstupem na vstup PLC má jistá specifika, která je nutno dodržet (viz 1.3.2).
2. Poloha odměřována pouze pomocí koncových spínačů – v tomto případě je systém měření složen pouze z kombinace pěti koncových snímačů (dva koncové-referenční a tři polohové).

2.3.2 Propojení jednotek PLC - ATV

Propojení programovatelného automatu s měničem je realizováno sériovou linkou RS 485 s využitím komunikačního protokolu ASCII.

2.3.3 Umístění svorkovnic

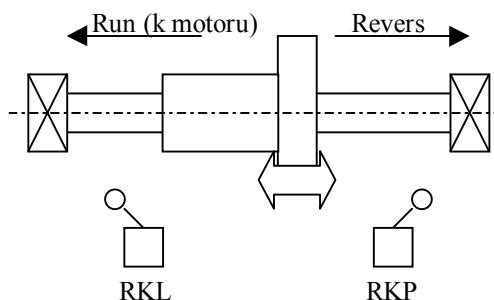
Pro vzájemné elektrické propojení všech jednotek jsou v obvodu umístěny tři svorkovnice. První z nich slouží k přivedení napájecího napětí do obvodu a jeho rozvedení k příslušným jednotkám (PLC, stykač-měnič). Tato svorkovnice není přístupná uživateli. Druhá svorkovnice slouží k vyvedení výstupů tlačítek a koncových spínačů, které jsou zapojeny stále a uživatel s nimi nijak nemanipuluje. Tato svorkovnice taktéž není přístupná uživateli. Poslední svorkovnicí, která se nachází v obvodu, je svorkovnice „programová“. Na tuto jsou vyvedeny všechny snímače, jejichž zapojení do el.obvodu je závislé na druhu úlohy. S touto svorkovnicí může uživatel manipulovat a pro lepší přístup je umístěna na uživatelském panelu úlohy.

Poznámka: Kromě koncových spínačů referenčních a polohových, které se nacházejí v oblasti pracovního posuvu matice, je v obvodu zapojena i dvojice koncových spínačů ochranných – havarijních. Tyto spínače vypínají v případě pohybu matice mimo vymezenou oblast (či jiné chyby způsobující jejich sepnutí) silový okruh frekvenčního měniče. Tato událost znamená poruchu a nutný zásah obsluhy zařízení, která poruchu vyhodnotí a odstraní.

2.4 Laboratorní úloha využívající optického čidla Omron

2.4.1 Popis úlohy

Algoritmus řízení využívá k určení polohy matice impulsů z optického čidla. Tyto impulsy jsou čítány pomocí rychlého čítače – bloku %FC. Uživatel má možnost vytvářet vlastní pohybové sekvence a to jednoduchým způsobem - prostým kopírováním a úpravou sekvencí stávajících. Pracovní oblast posuvů matice je vymezena dvěma referenčními koncovými spínači (viz Obr. 18).



Obr. 18 Vymezení dráhy matice

2.4.2 Programové řešení

Úloha využívá program „*ovl01.pl7*“. Tento je navržen modulárně a studenti tak při plnění zadaného úkolu pouze modifikují část „Uživatelsky modifikované sekvence“. Zásah do ostatních modulů je nežádoucí.

Program je sestaveny z několika vzájemně odlišitelných bloků, jejichž číselné označení je dáno pořadím, v jakém jsou vykonávány v programu:

1. Čítač sekvencí posuvů
2. Blok „INIT“
3. Blok „Kontrola chyb“
4. Blok „Rychlý čítač“
5. Blok „Posuvy“ (INIT a Normal)
6. Blok „SEND a procedury „EXCH“
7. Blok „Zpomalení a STOP“

Čítač sekvencí posuvů

Přesuny matice na požadované souřadnice jsou realizovány pomocí sekvencí posuvů (dále jen posuvy). Každý posuv realizuje přesun matice z místa „A“ do místa „B“. Aby bylo zajištěno vykonání celé posloupnosti posuvů, je nutno vyřešit systém jejich postupného spouštění. Ve vytvořeném programu „*ovl01.pl7*“ je systém postupného spouštění vyřešen pomocí „čítače sekvencí posuvů“. Jedná se o klasický funkční blok čítače %C0. Tento čítač (slovo %C0.V) je inkrementován o jedničku vždy při zahájení a ukončení jednoho posuvu. Jednotlivé posuvy jsou od sebe tedy „vzdáleny“ o **dvě** hodnoty čítače. Čítání procesů začíná od hodnoty 10 (inicializační procesy).

Blok „INIT“

Zde je předepsána inicializace úlohy po stisknutí tlačítka „INIT“ (start úlohy). Čítač posuvů je nastaven na hodnotu 12, což odpovídá posuvu z bloku „Posuvy INIT“. Matice, která se nachází na nedefinovaném místě mezi referenčními spínači RKi, je tímto posuvem navedena malou rychlostí na určený referenční koncový spínač (RKL). Zde dochází ke kalibraci měření (reset rychlého čítače).

V případě, že je v momentu stisku tlačítka „INIT“ spínač RKL již sepnut, dochází k „rekalibraci“- čítač posuvů je nastaven na hodnotu 10, matice je odsunuta o určitou vzdálenost a vzápětí posuvem 12 navedena zpět na RKL. Po ukončení inicializace je hodnota čítače rovna 14 a následuje vykonávání uživatelských posuvů.

Blok „Kontrola chyb“

Tento blok ošetřuje chybové stavy :

- Stisknutí tlačítka STOP/Chyba od měniče – tato chyba je detekována nastavením výstupu %Q0.0
- Sepnutí spínačů RKL/RKP v průběhu uživatelských posuvů (překročení rozsahu) – tato chyba je detekována nastavením výstupu %Q0.1

V případě, že jeden z těchto stavů nastane, dochází k zastavení posuvu a úloha se již dále neprovádí. K opětovnému spuštění úlohy je nutno opět provést inicializaci tlačítkem „INIT“.

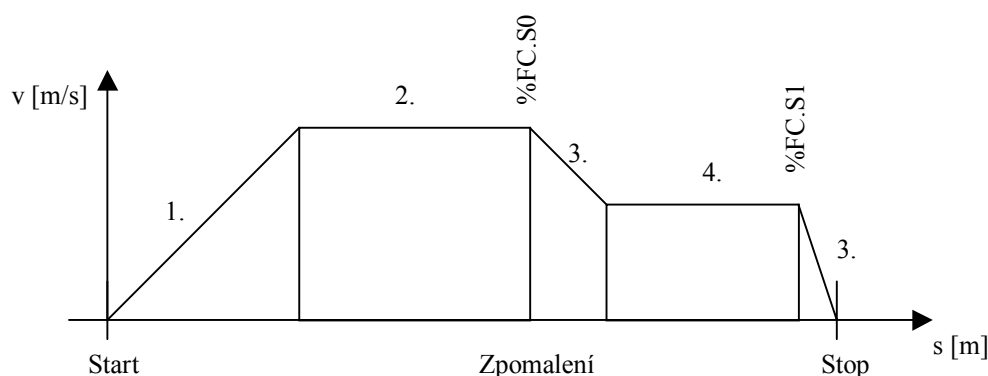
Blok „Rychlý čítač“ (není u úlohy 2)

Čítání impulsů od čidla Omron je realizováno pomocí specifického funkčního bloku %FC. Použití tohoto bloku je popsáno v teoretické části práce, v odstavci. Množství čítaných impulsů udává vzdálenost matice od počátku měření.

Poloha matice je v programu „ovl01.pl7“ měřena pouze v relativních souřadnicích, tj. od počátku aktuálního posuvu.

Blok „Posuvy“ (INIT a Normal)

V tomto bloku jsou naprogramovány vlastnosti jednotlivých posuvů, přičemž každý z nich má části start, zpomalení a stop (viz Obr. 19):



Obr. 19 Grafické znázornění posuvu

Legenda:

- (1) náběhová rampa (ACC) [s] – určuje, za jakou dobu je dosaženo daných otáček – rychlosti posuvu
- (2) výstupní frekvence měniče [Hz] $\approx$ rychlost posuvu [m/s]
- (3) doběhová rampa (dEC) [s]
- (4) rychlost přiblížení k cílovému bodu [Hz] $\approx$ [m/s]

- Start posuvu – na začátku je nutno definovat vzdálenost cíle posuvu (%FC.S1) a bod přiblížení (%FC.S0), ve kterém dochází ke snížení rychlosti posuvu z důvodu vyšší přesnosti dosažení dané polohy. Dále je nutno zadat do příslušných paměťových slov %MWi (viz Tab. 10) požadovanou orientaci posuvu (Run/Revers), rychlost posuvu, popř. náběhovou rampu.
- Zpomalení před cílem a stop posuvu – tato část je realizována samostatným blokem STOP – viz dále.

Blok „SEND a procedury „EXCH“

Jednotlivé posuvy jsou složeny z elementárních příkazů, zasílaných frekvenčnímu měniči pomocí sériové linky s komunikačním protokolem ASCII. Tyto příkazy je nutno upravit do pevně definovaného formátu, přičemž pro jejich posílání měniči je nutno použít vysílací tabulky. V programu „OVL01.pl7“ jsou tyto tabulky vytvořeny zvlášť pro každý typ instrukce, jak je patrné z Tab. 10. Při změně hodnoty instrukce tedy není přepisována

celá tabulka, pouze je modifikován příslušný řádek. Ty řádky, které jsou modifikovány, jsou v Tab. 10 ponechány nevyplněny. Paměťová slova %MWi jsou uložena v datovém souboru „ovl.dat“. Tato data je nutno nahrát do paměti PLC společně s vlastním programem.

Zasílání instrukcí do měniče je realizováno funkcemi „EXCH“. K volání funkcí „EXCH“ slouží blok operací „SEND“, který je ošetřen pro vysílání více zpráv za sebou a to pro každý posuv vždy pouze jednou (semafor %M5, %M6).

Tab. 10 Tabulky pro vysílání příkazů měniči ATV 18

Frekvence			Run/stop		
buňka	hodnota	odp.znak	buňka	hodnota	odp.znak
%MW10	16# 000C	Lg-T	%MW20	16# 000C	Lg-T
%MW11	16# 2850	(P	%MW21	16# 2850	(P
%MW12	16# 4641	FA	%MW22	16# 4641	FA
%MW13	16# 3031	01	%MW23	16# 3030	00
%MW14	16#		%MW24	16#	
%MW15	16#		%MW25	16#	
%MW16	16# 290D	)<-'	%MW26	16# 290D	)<-'

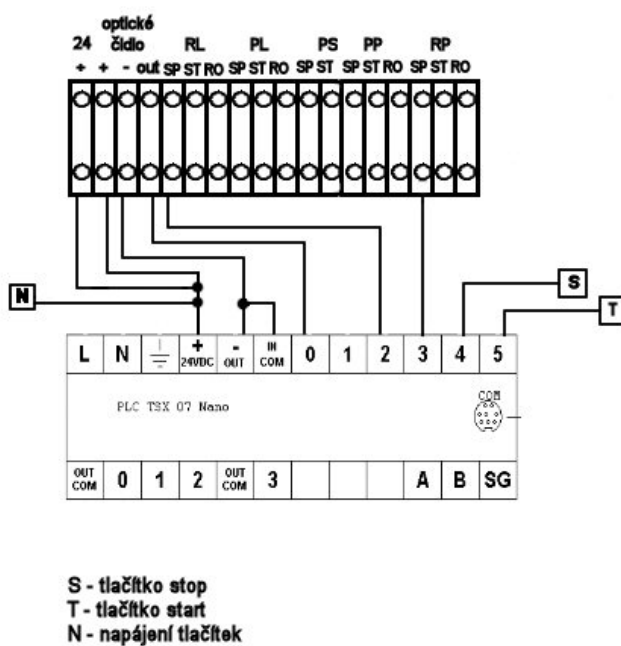
Náběhová rampa (ACC)			Doběhová rampa (dEC)		
buňka	hodnota	odp.znak	Buňka	hodnota	odp.znak
%MW30	16# 000C	Lg-T	%MW40	16# 000C	Lg-T
%MW31	16# 2850	(P	%MW41	16# 2850	(P
%MW32	16# 3030	00	%MW42	16# 3030	00
%MW33	16# 3036	06	%MW43	16# 3037	07
%MW34	16#		%MW44	16#	
%MW35	16#		%MW45	16#	
%MW36	16# 290D	)<-'	%MW46	16# 290D	)<-'

Blok „Zpomalení a STOP“

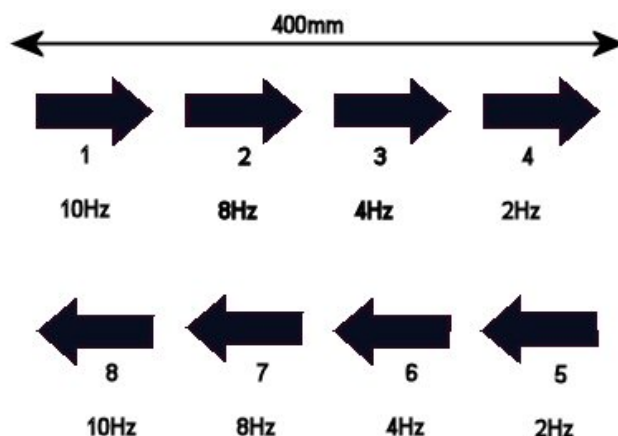
Tento ukončovací blok slouží k zastavení posuvu matice při dosažení cílové polohy. Neustále testuje stav rychlého čítače %FC a při dosažení nastavených prahových hodnot %FC.TH0 pro zpomalení a %FC.TH1 pro zastavení provede příslušnou operaci. Při zastavení tento blok resetuje rychlý čítač a provede inkrementaci čítače posuvů %C0, čímž dojde ke spuštění následujícího posuvu matice.

2.4.3 Zadání úlohy č.1

Na modelu zapojeném dle Obr. 20 proved'te řízení pohybu modelu po zadané dráze: Zrealizujte postupné zpomalování a zrychlování pohybu matice snižováním a zvyšováním frekvence po 100mm ve 4 krocích. Startovací a finální frekvence má hodnotu 10Hz (viz Obr. 21).



Obr. 20 Zapojení úlohy č.1



Obr. 21 Popis žádaného pohybu matice

Postup řešení :

1. Prostudujte funkci programu „*ovl01.pl7*“ a seznámte se s elektrickým zapojením úlohy „1“.
2. Na programové svorkovnici zapojte jednotlivé snímače na vstupy PLC podle schématu příslušného dané úloze 1.
3. Otevřete program „*ovl01.pl7*“ ve vývojovém prostředí PL7-07, přepněte se do „List editoru“ (v menu View → List editor) a proveďte vlastní úpravy programu
4. Proveďte připojení počítače k automatu (fyzicky programovacím kabelem a programově v menu PLC → Connect) a nahrajte upravený program z editoru do paměti PLC
5. Otevřete datový editor (menu View → Data editor) a v tomto editoru otevřete soubor „*ovl.dat*“ (Tools → Open data page)
6. Nahrajte datové stránky souboru „*ovl.dat*“ do paměti PLC (ikonou přenos dat)
7. Převeďte automat do režimu „Run“
8. Propojte PLC s frekvenčním měničem
9. Odzkoušejte běh aplikace

Návod k řešení :

Program „*ovl01.pl7*“ je navržen „modulárním“ způsobem a případná změna jednotlivých posunových sekvencí, či přidání sekvencí nových, lze provést velmi jednoduše. Změna programu se provádí pouze na modulu „Uživatelsky modifikované sekvence“, jehož část je vypsána na Obr. 22

```
( * UZIVATELSKY MODIFIKOVANE SEKVENCE* )
( * SEKVENCE 1 * )
LD      [ %C0.V = 14 ]      ( * POSUV1* )
[ %MW0 := 100 ]             ( * CIL X MM* )
[ %MW1 := 95 ]              ( * PRIBLIZENI X MM* )
[ %FC.S1 := %MW0 * 5 ]      ( * PREPOCET NA IMP* )
[ %FC.S0 := %MW1 * 5 ]      ( * PREPOCET NA IMP* )
S        %FC                ( * NASTAVIT PRAHY* )
[ %MW14 := #3033 ]          ( * NASTAVIT FREKVENCI 8HZ* )
[ %MW15 := #3230 ]
[ %MW24 := #4336 ]          ( * NASTAVIT REVERS * )
S        %M5                ( * POVOLIT SEND* )
CU       %C0                ( * CITAC PROCESU NA 15* )
```

Obr. 22 Uživatelsky modifikované sekvence

Přidání nové sekvence posuvu

Přidání nové sekvence se provede tak, že se jednoduše zkopíruje sekvence stávající. Přitom je třeba „pojmenovat“ tuto sekvenci číslem, kterým bude spouštěna. Toto číslo se vkládá do instrukce LD [%C0.V= ...] a musí být o dvě jednotky vyšší, než je číslo sekvence předcházející. V tomto případě by měla další vložená sekvence posuvu na svém počátku instrukci LD [%C0.V=16], další sekvence pak instrukci LD [%C0.V=18], atd.

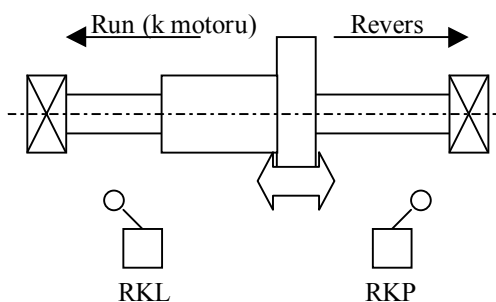
Poznámka: Je důležité vědět, že uživatelské sekvence začínají v úloze č.1 od čísla 14.

Modifikace sekvence posuvu

Modifikace jednotlivých sekvencí se provádí úpravou datových slov, která jsou posílána pomocí komunikační linky do frekvenčního měniče. V programu „*ovl01.pl7*“ lze v bloku uživatelsky modifikovaných sekvencí měnit tyto hodnoty :

1. Cílový bod, tedy vzdálenost bodu (v mm), na který se má matice přesunout – změnou hodnoty paměťového slova %MW0
2. Bod zpomalení před cílovým bodem – zpomalení způsobí přesnější dojezd na požadovanou souřadnici

3. Výstupní frekvence měniče, tj. rychlost posuvu matice – v tomto případě měníme hodnoty paměťových slov %MW14 a %MW15
4. Charakter otáčení motoru Run/Revers, tj. směr posuvu matice – změnou hodnoty paměťového slova %MW24



Obr. 23 Směry Run a Revers

Tab. 11 Nastavení frekvence

Frekvence [Hz]	%MW14	%MW15
30	#3042	#4238
20	#3037	#4430
15	#3035	#4443
10	#3033	#4538
8	#3033	#3230
5	#3031	#4634
4	#3031	#3930
3	#3031	#3243
2	#3030	#4338

Tab. 12 Nastavení příkazového registru FA00

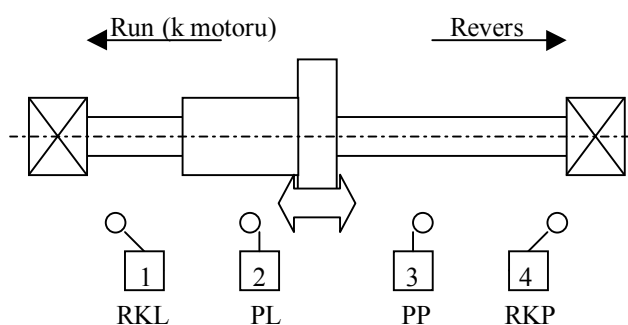
Příkaz	%MW24
Run	#4334
Revers	#4336
STOP	#4330

2.5 Laboratorní úloha využívající mechanických spínačů

2.5.1 Popis úlohy

V rámci řešení této úlohy byl vytvořen program „*ovl02.pl7*“. Algoritmus řízení vychází z programu „*ovl01.pl7*“. K určení polohy matice využívá impulsů z mechanických polohových snímačů, které jsou spínány kulisou umístěnou na matici šroubu. Uživatel má možnost vytvářet vlastní pohybové sekvence a to jednoduchým způsobem - prostým kopírováním a úpravou sekvencí stávajících.

Poloha matice je detekována koncovými spínači (viz Obr. 24), přičemž RKL a RKP zároveň vymezují povolenou pracovní oblast posuvů.



Obr. 24 Vymezení dráhy matice

2.5.2 Programové řešení

Program je sestaven z několika vzájemně odlišitelných bloků, jejichž číselné označení je dáno pořadím, v jakém jsou vykonávány v programu:

1. Čítač sekvencí posuvů
2. Blok „detekce sepnutí“
3. Blok „INIT“
4. Blok „STOP“
5. Blok „Kontrola chyb“
6. Blok „Posuvy“ (INIT a Normal)
7. Blok „SEND a procedury „EXCH“

Čítač sekvencí posuvů

Má stejnou funkci a pracuje na stejném principu, jako v programu „ovl01.pl7“. Jednotlivé posuvy jsou od sebe „vzdáleny“ taktéž o **dvě** hodnoty čítače. Čítání procesů začíná od hodnoty 10 (inicializační procesy).

Blok „detekce sepnutí“

Tento blok detekuje sepnutí jednoho z koncových spínačů a v závislosti na označení sepnutého spínače (viz Obr. 24) nastavuje hodnotu paměťové buňky %MW0.

Blok „INIT“

Zde je (podobně jako v „ovl01.pl7“) předepsána inicializace úlohy po stisknutí tlačítka „INIT“. Čítač posuvů je nastaven na hodnotu **12**, což odpovídá posuvu z bloku „Posuvy INIT“. Matice, která se nachází na nedefinovaném místě mezi referenčními spínači RKi, je tímto posuvem navedena malou rychlostí na určený referenční koncový spínač (RKL).

V případě, že je v momentu stisku tlačítka „INIT“ spínač RKL již sepnut, dochází k přeskočení fáze „INIT“. Po ukončení inicializace je hodnota čítače rovna **14** a následuje vykonávání uživatelských posuvů.

Blok „STOP“

Tento ukončovací blok slouží k zastavení posuvu matice při dosažení cílové polohy. Neustále testuje paměťové buňky %MW0, která detekuje sepnutí spínače, s paměťovou buňkou %MW1, ve které je uživatelským procesem nastaveno číslo požadovaného spínače. V případě shody ($\%MW0 = \%MW1$) dochází k zastavení posuvu a spuštění následujícího inkrementací „čítače posuvů“.

Blok „Kontrola chyb“

Tento blok ošetřuje chybové stavy :

- Stisknutí tlačítka STOP/Chyba od měniče – tato chyba je detekována nastavením výstupu %Q0.0
- Pokus o posuv matice mimo vymezenou pracovní oblast (překročení rozsahu) – tato chyba je detekována nastavením výstupu:
 - %Q0.1 pro spínač RKL
 - %Q0.2 pro spínač RKP

V případě, že jeden z těchto stavů nastane, dochází k zastavení posuvu a úloha se již dále neprovádí. K opětovnému spuštění úlohy je nutno opět provést inicializaci tlačítkem „INIT“.

Blok „Posuvy“ (INIT a Normal)

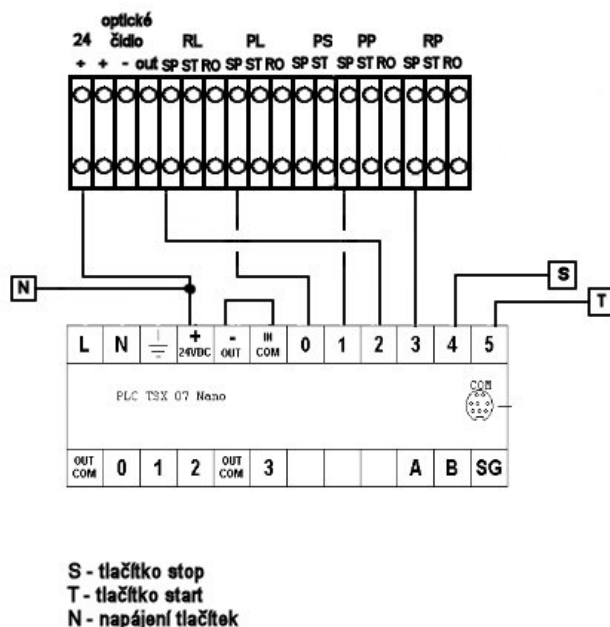
Charakteristika vlastností jednotlivých posuvů je shodná s programem „ovl1.pl7“. Nedefinujeme však prahové hodnoty pro zpomalení a stop, pouze zadáváme do paměťové buňky %MW1 číslo cílového koncového spínače (viz Obr. 24).

Blok „SEND a procedury „EXCH“

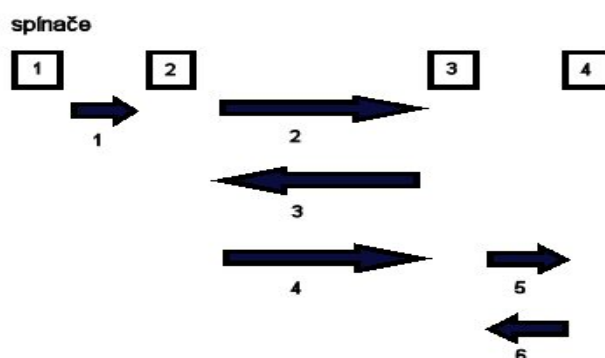
Charakteristika tohoto bloku je shodná s programem „ovl1.pl7“.

2.5.3 Zadání úlohy č.2

Na modelu s pohybovým šroubem realizujte úlohu řízení pohybu objektu po zadané dráze (viz Obr. 26). Pro odměřování polohy matice využijte mechanických snímačů polohy – koncových spínačů. Pro jednotlivé fáze posuvu využijte rozdílné frekvence. K řízení pohybu objektu využijte program „ovl02.pl7“ a datový soubor „ovl.dat“.



Obr. 25 Zapojení úlohy č.2



Obr. 26 Popis žádaného pohybu matice

Doporučený postup řešení :

1. Prostudujte funkci programu „*ovl02.pl7*“ a seznámte se s elektrickým zapojením úlohy „2“.
2. Na programové svorkovnici zapojte jednotlivé snímače na vstupy PLC podle schématu příslušného dané úloze 2 .
3. Otevřete program „*ovl02.pl7*“ ve vývojovém prostředí PL7-07, přepněte se do „List editoru“ (v menu View → List editor) a proveďte vlastní úpravy programu
4. Proveďte připojení počítače k automatu (fyzicky programovacím kabelem a programově v menu PLC → Connect) a nahrajte upravený program z editoru do paměti PLC
5. Otevřete datový editor (menu View → Data editor) a v tomto editoru otevřete soubor „*ovl.dat*“ (Tools → Open data page)
6. Nahrajte datové stránky souboru „*ovl.dat*“ do paměti PLC (ikonou přenos dat)
7. Převeďte automat do režimu „Run“
8. Propojte PLC s frekvenčním měničem
9. Odzkoušejte běh aplikace

Návod k řešení :

Program „*ovl02.pl7*“ je navržen „modulárním“ způsobem a případná změna jednotlivých posunových sekvencí, či přidání sekvencí nových, lze provést velmi jednoduše. Změna programu se provádí pouze na modulu „Uživatelsky modifikované sekvence“, jehož část je vypsána na Obr. 27.

Přidání nové sekvence posuvu

Přidání nové sekvence se provede tak, že se jednoduše zkopíruje sekvence stávající. Přitom je třeba „pojmenovat“ tuto sekvenci číslem, kterým bude spouštěna. Toto číslo se vkládá do instrukce LD [%C0.V= ...] a musí být o dvě jednotky vyšší, než je číslo sekvence předcházející. V tomto případě by měla vložená sekvence posuvu 2 na svém počátku instrukci LD [%C0.V=14], další sekvence pak instrukci LD [%C0.V=16], atd.

Poznámka: Je důležité mít na paměti, že uživatelské sekvence začínají v úloze č.2 od čísla 12.

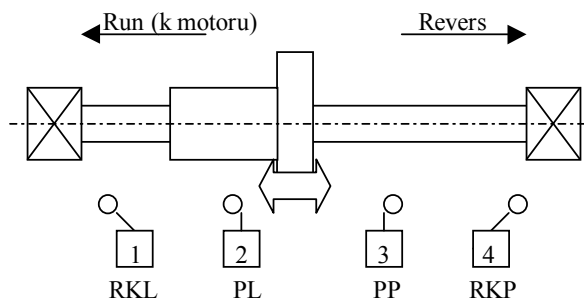
```
(* UZIVATELSKY MODIFIKOVANE SEKVENCE*)
(* SEKVENCE 1 *)
LD  [%C0.V = 12 ]      (* POSUV1*)
[  %MW1 := 4 ]
[  %MW14 := #3035 ]    (* NASTAVIT FREKVENCI 15HZ*)
[  %MW15 := #4443 ]
[  %MW24 := #4336 ]    (* NASTAVIT REVERS *)
S   %M5                (* POVOLIT SEND*)
R   %M20
CU  %C0                (* CITAC PROCESU NA 13*)
```

Obr. 27 Uživatelsky modifikované sekvence

Modifikace sekvence posuvu

Modifikace jednotlivých sekvencí se provádí úpravou datových slov, která jsou posílána pomocí komunikační linky do frekvenčního měniče. V programu „ovl02.pl7“ lze v bloku uživatelsky modifikovaných sekvencí měnit tyto hodnoty :

1. Cílový bod, tedy číslo koncového spínače, na který se má matice přesunout – změnou hodnoty paměťového slova %MW1
2. Výstupní frekvence měniče, tj. rychlost posuvu matice – v tomto případě měníme hodnoty paměťových slov %MW14 a %MW15
3. Charakter otáčení motoru Run/Revers, tj. směr posuvu matice – změnou hodnoty paměťového slova %MW24



Obr. 28 Označení spínačů

Tab. 13 Nastavení frekvence

Frekvence [Hz]	%MW14	%MW15
30	#3042	#4238
20	#3037	#4430
15	#3035	#4443
10	#3033	#4538
8	#3033	#3230
5	#3031	#4634
4	#3031	#3930
3	#3031	#3243
2	#3030	#4338

Tab. 14 Nastavení příkazového registru FA00

Příkaz	%MW24
Run	#4334
Revers	#4336
STOP	#4330

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo podrobně popsat způsob zapojení modelu s pohybovým šroubem s PLC a vytvořit potřebné programové vybavení, dále vypracovat vzorové úlohy a protokoly pro výuku předmětu „Programovatelné automaty“.

V úvodu teoretické části práce je obecně popsána technologie PLC s výčtem jejich funkcí a možnostmi využití. V dalších kapitolách teoretické části jsou blíže popsány funkce a charakteristiky automatu TSX 07 Nano, se zaměřením na jeho schopnosti komunikace s dalšími jednotkami technických prostředků, dále pak popis frekvenčního měniče Altivar 18 a jeho komunikačních funkcí a popis optického čidla Omron.

V praktické části práce je nejdříve popsáno konstrukční řešení modelu s pohybovým šroubem. Dále jsou řešeny způsoby připojení jednotlivých komponent modelu ke vstupům PLC v závislosti na definovaných úlohách a využití komunikační linky RS 485 k řízení frekvenčního měniče pomocí protokolu ASCII. V další části je proveden návrh dvou odlišných úloh řízení pohybu matice a jejich podrobný popis. Úlohy se liší způsobem odměřování vzdálenosti a určování polohy. Ke každé úloze je vytvořeno potřebné programové vybavení. V závěru práce je pak uvedeno zadání dvou úloh využívajících výše uvedené programové vybavení. Tyto úlohy jsou snadno modifikovatelné a lze je dle potřeb upravovat.

V přílohách je uveden výpis programů potřebných k oběma úlohám i s patřičnými modifikacemi, dále pak návrh vhodných úprav zadání obou úloh.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MARTINÁSKOVÁ, M., ŠMEJKAL, L.: *Řízení programovatelnými automaty I*, Praha, ČVUT, 1998
- [2] MARTINÁSKOVÁ, M., ŠMEJKAL, L.: *Řízení programovatelnými automaty II*, Praha, ČVUT, 2000
- [3] ŠMEJKAL, L., MARTINÁSKOVÁ, M.: *PLC a automatizace*, Praha, BEN, 1999
- [4] ŠMEJKAL, L.: *Programovatelné automaty v elektrotechnice-Ročenka ELEKTRO '95*, Praha, FCC Public, 1994
- [5] *Miniautomat TSX 07-Uživatelská příručka*, Telemecanique
- [6] *TSX Nano PLC-User reference guide*, elektronická verze, Telemecanique
- [7] Webové stránky časopisu „Automatizace“. WWW: <<http://www.automa.cz>>
- [8] *Altivar 18 Telemecanique-Uživatelská a nastavovací příručka*, Schneider Electric CZ, 1999
- [9] *ATV18 serial link-communication function manual*, Telemecanique

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma modelu.....	8
Obr. 2 Blokové schéma typického PLC.....	9
Obr. 3 Popis automatu TSX 07.....	11
Obr. 4 Rozšíření základního automatu	12
Obr. 5 Adresace vstupů/výstupů.....	13
Obr. 6 Připojení vstupů v pozitivní logice.....	14
Obr. 7 Připojení reléových výstupů	15
Obr. 8 Vizualizace stavu automatu s 10V/V.....	15
Obr. 9 Vnější popis ATV 18.....	18
Obr. 10 Aplikace senzoru – detekce pozice rámu	24
Obr. 11 Měření rozsahu frekvence senzoru	25
Obr. 12 Zapojení výstupu snímače	25
Obr. 13 Způsoby provedení matice.....	28
Obr. 14 Zapojení výkonové svorkovnice měniče	29
Obr. 15 Měření závislosti otáček motoru na výstupní frekvenci měniče	30
Obr. 16 Závislost otáček motoru na výstupní frekvenci měniče	30
Obr. 17 Závislost rychlosti posuvu matice na výstupní frekvenci.....	31
Obr. 18 Vymezení dráhy matice	34
Obr. 19 Grafické znázornění posuvu	36
Obr. 20 Zapojení úlohy č.1	38
Obr. 21 Popis žádaného pohybu matice.....	39
Obr. 22 Uživatelsky modifikované sekvence	40
Obr. 23 Směry Run a Revers	41
Obr. 24 Vymezení dráhy matice	42
Obr. 25 Zapojení úlohy č.2	44
Obr. 26 Popis žádaného pohybu matice.....	45
Obr. 27 Uživatelsky modifikované sekvence	46
Obr. 28 Označení spínačů.....	47

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Charakteristiky automatů TSX 07	12
Tab. 2 Přehled specifických funkcí V/V	13
Tab. 3 Vizualizace stavu automatu	15
Tab. 4 Soubor instrukcí automatu TSX 07	17
Tab. 5 Bitové objekty přiřazené bloku %MSG	18
Tab. 6 Specifikace komunikační linky ATV 18	19
Tab. 7 Příkazové typy	21
Tab. 8 Charakteristiky senzoru	24
Tab. 9 Základní charakteristiky pohybového šroubu:	28
Tab. 10 Tabulky pro vysílání příkazů měniči ATV 18	37
Tab. 11 Nastavení frekvence	41
Tab. 12 Nastavení příka-zového registru FA00	41
Tab. 13 Nastavení frekvence	47
Tab. 14 Nastavení příka-zového registru FA00	47

SEZNAM PŘÍLOH

- P I PROGRAM *OVL01.PL7* S ŘEŠENÍM ÚLOHY 1
- P II PROGRAM *OVL02.PL7* S ŘEŠENÍM ÚLOHY 2
- P III MODIFIKACE ÚLOHY 1
- P IV MODIFIKACE ÚLOHY 2
- P V CD s programy *OVL01.PL7* a *OVL02.PL7*

PŘÍLOHA P I : PROGRAM *OVL01.PL7* S ŘEŠENÍM ÚLOHY 1

```

(* PROGRAM OVL01-RIZENI POHYBU MATICE*)
(* NORMAL PROCESSING*)
(* INIT*)
LDR %I0.5          (* CISTY INIT*)
R %M1              (* RESET CHYBY OD STOP*)
R %M2              (* RESET CHYBY OD KONCAKU*)
[ %C0.P := 12 ]    (* NASTAVENI CITACE PROCESU*)
S %C0              (* NA 12-KALIBRACE*)
NOP
NOP
LDR %I0.5          (* INIT*)
AND %I0.2          (* +LEVY KONCAK*)
R %M1              (* RESET CHYBY OD STOP*)
R %M2              (* RESET CHYBY OD KONCAKU*)
[ %C0.P := 10 ]    (* NASTAVENI CITACE PROCESU*)
S %C0              (* NA 10-REKALIBRACE*)
NOP
NOP
LD %I0.5
AND %MSG.D
[ %MW35 := #3041 ] (* NASTAVIT ACC RAMPU 1.0 S *)
[ EXCH %MW30:7 ]
NOP
LD %I0.5
AND %MSG.D
[ %MW45 := #3031 ] (* NASTAVIT DEC RAMPU 0.1 S *)
[ EXCH %MW40:7 ]
NOP
(* OSETRENI CHYBOVYCH STAVU *)
(* TLACITKO STOP/CHYBA OD MENICE*)
LDR %I0.4
OR %M1
S %M1
JMPC %L0
NOP
(* CHYBA OD KONCAKU V PRUBEHU NORMAL OPERACI*)
LDR %I0.2
AND [ %C0.V >= 15 ]
S %M2
LDR %I0.3
AND [ %C0.V >= 15 ]
S %M2
LD %M2
JMPC %L0
NOP
NOP
(* POVOLENI FAST COUNTING *)
LD 1
IN %FC
NOP
NOP
(* SEKVENCE POSUVU INIT*)
(* SEKVENCE REKALIBRACE*)
LD [ %C0.V = 10 ] (* ODSTOUPENI OD INIT*)
[ %FC.S1 := 200 ] (* ODSTOUPENI OD INIT*)
[ %FC.S0 := 200 ] (* APPROACH*)
S %FC             (* NASTAVIT PRAHY*)
[ %MW14 := #3033 ] (* NASTAVIT FREKVENCII 10HZ*)
[ %MW15 := #4538 ]
[ %MW24 := #4336 ]
S %M5             (* NASTAVIT REVERS *)
CU %C0            (* POVOLIT SEND*)
NOP              (* CITAC PROCESU NA 11*)
(* SEKVENCE KALIBRACE*)
LD [ %C0.V = 12 ] (* POSUV NA INIT*)
[ %FC.S1 := 65535 ] (* NEKONECNY POSUV*)
[ %FC.S0 := 65535 ] (* NEKONECNY POSUV*)
S %FC
[ %MW14 := #3031 ] (* NASTAVIT FREKVENCII 5HZ*)
[ %MW15 := #4634 ]
[ %MW24 := #4334 ]
S %M5             (* NASTAVIT RUN*)
CU %C0            (* POVOLIT SEND*)
NOP              (* CITAC PROCESU NA 13*)
NOP
NOP
NOP
(* UZIVATELSKY MODIFIKOVANE SEKVENCE*)
(* SEKVENCE 1 *)
LD [ %C0.V = 14 ] (* POSUV1*)
[ %MW0 := 100 ]    (* CIL X MM*)
[ %MW1 := 95 ]     (* PRIBLIZENI X MM*)
[ %FC.S1 := %MW0 * 5 ] (* PREPOCET NA IMP*)
[ %FC.S0 := %MW1 * 5 ] (* PREPOCET NA IMP*)
S %FC             (* NASTAVIT PRAHY*)
[ %MW14 := #3033 ] (* NASTAVIT FREKVENCII 10HZ*)
[ %MW15 := #4538 ]

```

[%MW24 := #4336]	(* NASTAVIT REVERS *)
S %M5	(* POVOLIT SEND*)
CU %C0	(* CITAC PROCESU NA 15*)
NOP	
(* SEKVENCE 2 *)	
LD [%C0.V = 16]	(* POSUV2*)
[%MW0 := 100]	(* CIL X MM*)
[%MW1 := 95]	(* PRIBLIZENI X MM*)
[%FC.S1 := %MW0 * 5]	(* PREPOCET NA IMP*)
[%FC.S0 := %MW1 * 5]	(* PREPOCET IMP*)
S %FC	(* NASTAVIT PRAHY*)
[%MW14 := #3033]	(* NASTAVIT FREKVENCI 8HZ*)
[%MW15 := #3230]	
[%MW24 := #4336]	
S %M5	(* NASTAVIT REVERS *)
CU %C0	(* POVOLIT SEND*)
NOP	(* CITAC PROCESU NA 17*)
(* SEKVENCE 3 *)	
LD [%C0.V = 18]	(* POSUV3*)
[%MW0 := 100]	(* CIL X MM*)
[%MW1 := 95]	(* PRIBLIZENI X MM*)
[%FC.S1 := %MW0 * 5]	(* PREPOCET NA IMP*)
[%FC.S0 := %MW1 * 5]	(* PREPOCET IMP*)
S %FC	(* NASTAVIT PRAHY*)
[%MW14 := #3031]	(* NASTAVIT FREKVENCI 4HZ*)
[%MW15 := #3930]	
[%MW24 := #4336]	
S %M5	(* NASTAVIT REVERS *)
CU %C0	(* POVOLIT SEND*)
NOP	(* CITAC PROCESU NA 19*)
(* SEKVENCE 4 *)	
LD [%C0.V = 20]	(* POSUV4*)
[%MW0 := 100]	(* CIL X MM*)
[%MW1 := 95]	(* PRIBLIZENI X MM*)
[%FC.S1 := %MW0 * 5]	(* PREPOCET NA IMP*)
[%FC.S0 := %MW1 * 5]	(* PREPOCET IMP*)
S %FC	(* NASTAVIT PRAHY*)
[%MW14 := #3030]	(* NASTAVIT FREKVENCI 2HZ*)
[%MW15 := #4338]	
[%MW24 := #4336]	
S %M5	(* NASTAVIT REVERS *)
CU %C0	(* POVOLIT SEND*)
NOP	(* CITAC PROCESU NA 21*)
(* SEKVENCE 5 *)	
LD [%C0.V = 22]	(* POSUV5*)
[%MW0 := 100]	(* CIL X MM*)
[%MW1 := 95]	(* PRIBLIZENI X MM*)
[%FC.S1 := %MW0 * 5]	(* PREPOCET NA IMP*)
[%FC.S0 := %MW1 * 5]	(* PREPOCET IMP*)
S %FC	(* NASTAVIT PRAHY*)
[%MW14 := #3030]	(* NASTAVIT FREKVENCI 2HZ*)
[%MW15 := #4338]	
[%MW24 := #4334]	
S %M5	(* NASTAVIT RUN *)
CU %C0	(* POVOLIT SEND*)
NOP	(* CITAC PROCESU NA 23*)
(* SEKVENCE 6 *)	
LD [%C0.V = 24]	(* POSUV6*)
[%MW0 := 100]	(* CIL X MM*)
[%MW1 := 95]	(* PRIBLIZENI X MM*)
[%FC.S1 := %MW0 * 5]	(* PREPOCET NA IMP*)
[%FC.S0 := %MW1 * 5]	(* PREPOCET IMP*)
S %FC	(* NASTAVIT PRAHY*)
[%MW14 := #3031]	(* NASTAVIT FREKVENCI 4HZ*)
[%MW15 := #3930]	
[%MW24 := #4334]	
S %M5	(* NASTAVIT RUN *)
CU %C0	(* POVOLIT SEND*)
NOP	(* CITAC PROCESU NA 25*)
(* SEKVENCE 7 *)	
LD [%C0.V = 26]	(* POSUV7*)
[%MW0 := 100]	(* CIL X MM*)
[%MW1 := 95]	(* PRIBLIZENI X MM*)
[%FC.S1 := %MW0 * 5]	(* PREPOCET NA IMP*)
[%FC.S0 := %MW1 * 5]	(* PREPOCET IMP*)
S %FC	(* NASTAVIT PRAHY*)
[%MW14 := #3033]	(* NASTAVIT FREKVENCI 8HZ*)
[%MW15 := #3230]	
[%MW24 := #4334]	
S %M5	(* NASTAVIT RUN *)
CU %C0	(* POVOLIT SEND*)
NOP	(* CITAC PROCESU NA 27*)
(* SEKVENCE 8 *)	
LD [%C0.V = 28]	(* POSUV8*)
[%MW0 := 100]	(* CIL X MM*)
[%MW1 := 95]	(* PRIBLIZENI X MM*)
[%FC.S1 := %MW0 * 5]	(* PREPOCET NA IMP*)
[%FC.S0 := %MW1 * 5]	(* PREPOCET NA IMP*)
S %FC	(* NASTAVIT PRAHY*)
[%MW14 := #3033]	(* NASTAVIT FREKVENCI 10HZ*)
[%MW15 := #4538]	

```

[ %MW24 := #4334 ]      (* NASTAVIT RUN *)
S      %M5              (* POVOLIT SEND*)
CU      %C0              (* CITAC PROCESU NA 29*)
NOP
NOP
(* BLOK OPERACI SEND*)
LD      %M5
AND      %MSG.D
[ EXCH %MW10:7 ]      (* SEND FREKVENCE*)
S      %M6
R      %M5
NOP
NOP
LD      %MSG.D
AND      %M6
[ EXCH %MW20:7 ]      (* SEND RUN/STOP *)
R      %M6
NOP
NOP
LD      1
[ READ %FC.V ]      (* AKTUALIZACE OKAMZITE HODNOTY FC*)
NOP
NOP
(* ZPOMALENI U CILE*)
LD      %FC.TH0      (* IF PRIBLIZENI K CILI*)
AND      %MSG.D
ANDN     %M10      (* SEMAFOR-PROVEST POUZE JEDNOU *)
[ %MW14 := #3031 ]      (* SNIZIT FREKVENCI NA 3HZ*)
[ %MW15 := #3243 ]
[ EXCH %MW10:7 ]
S      %M10
NOP
NOP
(* STOP STOP STOP*)
LD      %FC.TH1      (* DOSAZENI POZICE*)
ORR      %I0.2      (* KONCAK LEVY*)
AND      %MSG.D
[ %MW24 := #4330 ]
[ EXCH %MW20:7 ]
R      %M10      (* RESET ZPOMALENI*)
S      %FC      (* RESET FAST COUNTER*)
CU      %C0      (* CITAC PROCESU +1*)
NOP
NOP
NOP
(* STOP TLACITKO NEBO NAJETI NA KONCAK*)
%L0:
LD      %M1
OR      %M2
AND      %MSG.D
[ %MW24 := #4330 ]
[ EXCH %MW20:7 ]
LD      %M1
ST      %Q0.0
LD      %M2
ST      %Q0.1
NOP
END

```

PŘÍLOHA P II : PROGRAM *OVL02.PL7* S ŘEŠENÍM ÚLOHY 2

```

(* PROGRAM OVL02-RIZENI POHYBU MATICE POMOCI MECH. SPINACU*)
(* NORMAL PROCESSING*)
(* DETEKCE KONCAKU*)
LDR %I0.2
[ %MW0 := 1 ]
LDR %I0.0
[ %MW0 := 2 ]
LDR %I0.1
[ %MW0 := 3 ]
LDR %I0.3
[ %MW0 := 4 ]
NOP
NOP
LDR %I0.5          (* CISTY INIT*)
R %M1              (* RESET CHYBY OD STOP*)
R %M2              (* RESET CHYBY OD KONCAKU*)
R %M3
[ %MW0 := 0 ]
[ %C0.P := 10 ]    (* NASTAVENI CITACE PROCESU*)
S %C0              (* NA 12-KALIBRACE*)
NOP
NOP
LDR %I0.5          (* INIT*)
AND %I0.2          (* +LEVY KONCAK*)
R %M1              (* RESET CHYBY OD STOP*)
R %M2              (* RESET CHYBY OD KONCAKU*)
R %M3
R %M10
[ %MW0 := 0 ]
[ %C0.P := 12 ]    (* PRESKOC INIT*)
S %C0
NOP
NOP
LD %I0.5
AND %MSG.D
[ %MW35 := #3041 ] (* NASTAVIT ACC RAMPU 1.0 S *)
[ EXCH %MW30:7 ]
NOP
LD %I0.5
AND %MSG.D
[ %MW45 := #3031 ] (* NASTAVIT DEC RAMPU 0.1 S *)
[ EXCH %MW40:7 ]
NOP
(* BLOK STOP POSUVU*)
LD [ %MW0 = %MW1 ]
AND %MSG.D
[ %MW24 := #4330 ]
[ EXCH %MW20:7 ]
CU %C0              (* CITAC PROCESU +1*)
S %M10
[ %MW0 := 0 ]
NOP
NOP
(* OSETRENI CHYBOVYCH STAVU *)
(* TLACITKO STOP, NEBO CHYBA OD MENICE*)
LDR %I0.4
OR %M1
S %M1
JMPC %L0
NOP
(* CHYBA OD KONCAKU V PRUBEHU NORMAL OPERACI*)
(* CHYBA - NA PRAVEM KONCAKU PRIKAZ DOPRAVA*)
LD %I0.2
ANDN %M10
AND [ %MW24 = #4334 ] (* NASTAVEN RUN *)
S %M2
LD %M2
JMPC %L0
NOP
(* CHYBA - NA LEVEM KONCAKU PRIKAZ DOLEVA*)
LD %I0.3
ANDN %M10
AND [ %MW24 = #4336 ] (* NASTAVEN REVERS *)
S %M3
LD %M3
JMPC %L0
NOP
NOP
(* SEKVENCE POSUVU INIT*)
(* SEKVENCE 0 - KALIBRACE*)
LD [ %C0.V = 10 ]   (* POSUV NA INIT KONCAK*)
[ %MW1 := 1 ]
[ %MW14 := #3031 ]  (* NASTAVIT FREKVENCII 5HZ*)
[ %MW15 := #4634 ]
[ %MW24 := #4334 ]  (* NASTAVIT RUN*)
S %M5              (* POVOLIT SEND*)
R %M10

```

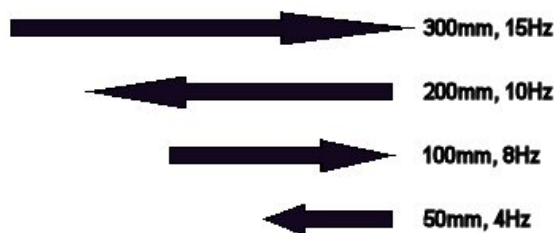
```

CU      %C0                      (* CITAC PROCESU NA 11*)
NOP
NOP
NOP
NOP
(* UZIVATELSKY MODIFIKOVANE SEKVENCE*)
(* SEKVENCE 1 *)
LD      [ %C0.V = 12 ]          (* POSUV1*)
[ %MW1 := 2 ]
[ %MW14 := #3035 ]              (* NASTAVIT FREKVENCII 15HZ*)
[ %MW15 := #4443 ]
[ %MW24 := #4336 ]              (* NASTAVIT REVERS *)
S        %M5                    (* POVOLIT SEND*)
R        %M10
CU      %C0                      (* CITAC PROCESU NA 13*)
NOP
(* SEKVENCE 2 *)
LD      [ %C0.V = 14 ]          (* POSUV2*)
[ %MW1 := 3 ]
[ %MW14 := #3033 ]              (* NASTAVIT FREKVENCII 10HZ*)
[ %MW15 := #4538 ]
[ %MW24 := #4336 ]              (* NASTAVIT REVERS *)
S        %M5                    (* POVOLIT SEND*)
R        %M10
CU      %C0                      (* CITAC PROCESU NA 15*)
NOP
(* SEKVENCE 3 *)
LD      [ %C0.V = 16 ]          (* POSUV3*)
[ %MW1 := 2 ]
[ %MW14 := #3033 ]              (* NASTAVIT FREKVENCII 10HZ*)
[ %MW15 := #4538 ]
[ %MW24 := #4334 ]              (* NASTAVIT RUN *)
S        %M5                    (* POVOLIT SEND*)
R        %M10
CU      %C0                      (* CITAC PROCESU NA 17*)
NOP
(* SEKVENCE 4 *)
LD      [ %C0.V = 18 ]          (* POSUV4*)
[ %MW1 := 3 ]
[ %MW14 := #3033 ]              (* NASTAVIT FREKVENCII 8HZ*)
[ %MW15 := #3230 ]
[ %MW24 := #4336 ]              (* NASTAVIT REVERS *)
S        %M5                    (* POVOLIT SEND*)
R        %M10
CU      %C0                      (* CITAC PROCESU NA 19*)
NOP
(* SEKVENCE 5 *)
LD      [ %C0.V = 20 ]          (* POSUV5*)
[ %MW1 := 4 ]
[ %MW14 := #3031 ]              (* NASTAVIT FREKVENCII 4HZ*)
[ %MW15 := #3930 ]
[ %MW24 := #4336 ]              (* NASTAVIT REVERS *)
S        %M5                    (* POVOLIT SEND*)
R        %M10
CU      %C0                      (* CITAC PROCESU NA 21*)
NOP
(* SEKVENCE 6 *)
LD      [ %C0.V = 22 ]          (* POSUV6*)
[ %MW1 := 3 ]
[ %MW14 := #3033 ]              (* NASTAVIT FREKVENCII 8HZ*)
[ %MW15 := #3230 ]
[ %MW24 := #4334 ]              (* NASTAVIT RUN *)
S        %M5                    (* POVOLIT SEND*)
R        %M10
CU      %C0                      (* CITAC PROCESU NA 23*)
NOP
NOP
(* BLOK OPERACII SEND*)
LD      %M5
AND      %MSG.D
(* SEND FREKVENCE*)
[ EXCH %MW10:7 ]
S        %M6
R        %M5
NOP
LD      %MSG.D
AND      %M6
(* SEND RUN*)
[ EXCH %MW20:7 ]
R        %M6
NOP
NOP
(* STOP GENEROVANY CHYBOU*)
%L0:
LD      %M1
OR       %M2
OR       %M3
AND      %MSG.D
[ %MW24 := #4330 ]
[ EXCH %MW20:7 ]
LD      %M1

```

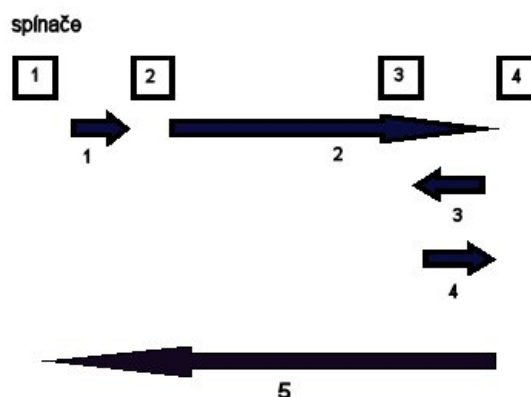
```
ST    %Q0.0
LD    %M2
ST    %Q0.1
LD    %M3
ST    %Q0.2
NOP
END
```

PŘÍLOHA P III : MODIFIKACE ÚLOHY 1



```
(* UZIVATELSKY MODIFIKOVANE SEKVENCE*)
(* SEKVENCE 1 *)
LD [ %C0.V = 14 ]      (* POSUV1*)
[ %MW0 := 300 ]         (* CIL X MM*)
[ %MW1 := 295 ]         (* PRIBLIZENI X MM*)
[ %FC.S1 := %MW0 * 5 ]  (* PREPOCET NA IMP*)
[ %FC.S0 := %MW1 * 5 ]  (* PREPOCET NA IMP*)
S %FC                  (* NASTAVIT PRAHY*)
[ %MW14 := #3035 ]      (* NASTAVIT FREKVENCI 15HZ*)
[ %MW15 := #4443 ]
[ %MW24 := #4336 ]
S %M5
CU %C0
NOP
(* SEKVENCE 2 *)
LD [ %C0.V = 16 ]      (* POSUV2*)
[ %MW0 := 200 ]         (* CIL X MM*)
[ %MW1 := 195 ]         (* PRIBLIZENI X MM*)
[ %FC.S1 := %MW0 * 5 ]  (* PREPOCET NA IMP*)
[ %FC.S0 := %MW1 * 5 ]  (* PREPOCET IMP*)
S %FC                  (* NASTAVIT PRAHY*)
[ %MW14 := #3033 ]      (* NASTAVIT FREKVENCI 10HZ*)
[ %MW15 := #4538 ]
[ %MW24 := #4334 ]
S %M5
CU %C0
NOP
(* SEKVENCE 3 *)
LD [ %C0.V = 18 ]      (* POSUV3*)
[ %MW0 := 100 ]         (* CIL X MM*)
[ %MW1 := 95 ]          (* PRIBLIZENI X MM*)
[ %FC.S1 := %MW0 * 5 ]  (* PREPOCET NA IMP*)
[ %FC.S0 := %MW1 * 5 ]  (* PREPOCET IMP*)
S %FC                  (* NASTAVIT PRAHY*)
[ %MW14 := #3033 ]      (* NASTAVIT FREKVENCI 8HZ*)
[ %MW15 := #3230 ]
[ %MW24 := #4336 ]
S %M5
CU %C0
NOP
(* SEKVENCE 4 *)
LD [ %C0.V = 20 ]      (* POSUV4*)
[ %MW0 := 50 ]          (* CIL X MM*)
[ %MW1 := 45 ]          (* PRIBLIZENI X MM*)
[ %FC.S1 := %MW0 * 5 ]  (* PREPOCET NA IMP*)
[ %FC.S0 := %MW1 * 5 ]  (* PREPOCET IMP*)
S %FC                  (* NASTAVIT PRAHY*)
[ %MW14 := #3031 ]      (* NASTAVIT FREKVENCI 4HZ*)
[ %MW15 := #3930 ]
[ %MW24 := #4334 ]
S %M5
CU %C0
NOP
(* NASTAVIT REVERS *)
(* POVOLIT SEND*)
(* CITAC PROCESU NA 15*)
(* NASTAVIT REVERS *)
(* POVOLIT SEND*)
(* CITAC PROCESU NA 17*)
(* NASTAVIT REVERS *)
(* POVOLIT SEND*)
(* CITAC PROCESU NA 19*)
(* NASTAVIT REVERS *)
(* POVOLIT SEND*)
(* CITAC PROCESU NA 21*)
```

PŘÍLOHA P IV : MODIFIKACE ÚLOHY 2



```
(* UZIVATELSKY MODIFIKOVANE SEKVENCE*)
(* SEKVENCE 1 *)
LD [ %C0.V = 12 ]      (* POSUV1*)
[ %MW1 := 2 ]
[ %MW14 := #3035 ]      (* NASTAVIT FREKVENCI 15HZ*)
[ %MW15 := #4443 ]
[ %MW24 := #4336 ]      (* NASTAVIT REVERS *)
S      %M5              (* POVOLIT SEND*)
R      %M10
CU      %C0              (* CITAC PROCESU NA 13*)
NOP
(* SEKVENCE 2 *)
LD [ %C0.V = 14 ]      (* POSUV2*)
[ %MW1 := 4 ]
[ %MW14 := #3033 ]      (* NASTAVIT FREKVENCI 10HZ*)
[ %MW15 := #4538 ]
[ %MW24 := #4336 ]      (* NASTAVIT REVERS *)
S      %M5              (* POVOLIT SEND*)
R      %M10
CU      %C0              (* CITAC PROCESU NA 15*)
NOP
(* SEKVENCE 3 *)
LD [ %C0.V = 16 ]      (* POSUV3*)
[ %MW1 := 3 ]
[ %MW14 := #3033 ]      (* NASTAVIT FREKVENCI 10HZ*)
[ %MW15 := #4538 ]
[ %MW24 := #4334 ]      (* NASTAVIT RUN *)
S      %M5              (* POVOLIT SEND*)
R      %M10
CU      %C0              (* CITAC PROCESU NA 17*)
NOP
(* SEKVENCE 4 *)
LD [ %C0.V = 18 ]      (* POSUV4*)
[ %MW1 := 4 ]
[ %MW14 := #3033 ]      (* NASTAVIT FREKVENCI 8HZ*)
[ %MW15 := #3230 ]
[ %MW24 := #4336 ]      (* NASTAVIT REVERS *)
S      %M5              (* POVOLIT SEND*)
R      %M10
CU      %C0              (* CITAC PROCESU NA 19*)
NOP
(* SEKVENCE 5 *)
LD [ %C0.V = 20 ]      (* POSUV5*)
[ %MW1 := 1 ]
[ %MW14 := #3031 ]      (* NASTAVIT FREKVENCI 4HZ*)
[ %MW15 := #3930 ]
[ %MW24 := #4334 ]      (* NASTAVIT RUN *)
S      %M5              (* POVOLIT SEND*)
R      %M10
CU      %C0              (* CITAC PROCESU NA 21*)
NOP
```