

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Realizace laboratorní úlohy pro řízení motoru pomocí PLC

Michal Šťastný

Bakalářská práce

2013

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal Šťastný**  
Osobní číslo: **I09346**  
Studijní program: **B2646 Informační technologie**  
Studijní obor: **Řízení procesů**  
Název tématu: **Realizace laboratorní úlohy pro řízení motoru pomocí PLC**  
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Vytvoření nové laboratorní úlohy pro řízení motoru pomocí frekvenčního měniče a PLC.  
Realizace této úlohy po hardwarové i softwarové stránce.

Teoretická část:

Stručná rešerše problematiky týkající se logického řízení, programovatelných logických automatů, inteligentních relé a frekvenčních měničů.

Implementační část:

Instalace softwaru pro programování PLC a simulaci a vizualizaci úlohy logického řízení.  
Sestavení laboratorní úlohy po hardwarové stránce (motor, PLC, frekvenční měnič, kabeláž apod.) a následná softwarová implementace řízení motoru.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- 1] Šmejkal, L., Martinásková, M. PLC a automatizace 1: základní pojmy, úvod do programování. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002. ISBN 80-86056-58-9.
- [2] Šmejkal, L. PLC a automatizace 2: sekvenční logické systémy a základy fuzzy logiky. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
- [3] Martinásková, M. Programovací jazyky pro PLC. Automatizace, ročník 47, č. 6, s. 380, 2004. ISSN 0005-125X.
- [4] Balátě, J.: Automatické řízení. 2 vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-148-9.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Libor Kupka, Ph.D.**

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce:

**21. prosince 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**10. května 2013**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.  
děkan



L.S.



Ing. Daniel Honc, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. března 2013

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 10. 5. 2013

Michal Šťastný

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Liboru Kupkovi, Ph.D., za vstřícnost a ochotu při řešení jakéhokoliv požadavku a problému, který nastal. Dále bych rád poděkoval svému strýci Pavlu Tučkovi, za teoretickou a materiální pomoc při realizaci praktické stránky této práce. A v neposlední řadě rodičům za jejich podporu po celou dobu studia.

**Anotace**

Tato práce se zabývá otázkami logického řízení a ovládání pomocí programovatelných logických automatů (PLC). Dále pojednává o řízení třífázových motorů s frekvenčními měniči. Následně spojuje obě tato témata. Práce je zaměřena na propojení PLC Siemens LOGO! a frekvenčního měniče Siemens Sinamics G110.

**Klíčová slova**

Programovatelný logický automat (PLC), frekvenční měnič, automatizace

**Title**

Realization of laboratory task for motor control by PLC

**Annotation**

My thesis the issues of logical control using programmable logic controllers (PLC). Further discusses the control of three phase motors with frequency converters. Subsequently connects both these topics. This thesis is focused on linking PLC Siemens LOGO! and frequency inverter Siemens SINAMICS G110.

**Keywords**

Programmable Logic Controller (PLC), frequency converter, automation

## Obsah

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam symbolů a označení</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>9</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>10</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Teoretická část</b> .....	<b>12</b>
2.1 Logické řízení .....	12
2.1.1 Základy logického řízení [4] .....	12
2.1.2 Pravdivostní tabulka [4] .....	12
2.1.3 Logické funkce [4].....	13
2.1.4 Booleova algebra [5] .....	17
2.1.5 Blokové schéma logických obvodů .....	18
2.2 Programovatelné logické automaty .....	19
2.2.1 Úvod do PLC [1] .....	19
2.2.2 Typy PLC [1].....	20
2.2.3 Vykonávání instrukcí PLC [1].....	22
2.2.4 Programovací jazyky PLC [2] .....	23
2.3 Frekvenční měniče [3] .....	26
<b>3 Praktická část</b> .....	<b>30</b>
3.1 Instalace LOGO! Soft Comfort V7.0.30 .....	30
3.2 Modul Siemens LOGO! [6].....	35
3.3 Frekvenční měnič Siemens Sinamics G110 [7].....	38
3.4 Realizace laboratorní úlohy – Řízení motoru pomocí PLC.....	40
<b>4 Závěr</b> .....	<b>49</b>
<b>Literatura</b> .....	<b>50</b>
<b>Příloha A – Schéma silového zapojení</b> .....	<b>A-1</b>
<b>Příloha B – Schéma zapojení ovládání</b> .....	<b>B-1</b>

## Seznam zkratek

IEC	International Electrotechnical Commission
PLC	Programovatelný logický automat (contoller)
PWM	Pulzně-šířková modulace
LD	Ladder diagram
ST	Structured text
IL	Instruction list
FBD	Function block diagram
USB	Universal serial bus
AC	Alternating current
DC	Direct current
IGBT	Tranzistory s izolovaným hradlem (GATE)
LED	Light-Emitting Diode

## Seznam symbolů a označení

$x$		vstupní parametr
$X$		počet možností proměnných
$N$		počet vstupních proměnných
$y$		výstupní parametr
$a$		vstupní parametr
$b$		vstupní parametr
$c$		vstupní parametr
$d$		vstupní parametr
$X$		neurčitá hodnota
	V	napětí
	Hz	frekvence
T		perioda
$U_u$	V	napětí dodané usměřovačem
$t$	s	čas
$R$	$\Omega$	rezistor
	A	proud
	W	výkon
	$\text{ot}\cdot\text{m}^{-1}$	otáčky motoru
I1-8		vstupy LOGO!
Q1-4		výstupy LOGO!
S1-6		přepínače
P1-2		potenciometry
D1-4		LED



## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Jedna proměnná.....	13
Obrázek 2 – Značka funkce AND .....	15
Obrázek 3 – Značka funkce NAND .....	15
Obrázek 4 – Značka funkce OR .....	16
Obrázek 5 – Značka funkce NOR.....	16
Obrázek 6 – Schematické obvodové logické značky .....	18
Obrázek 7 – Příklad schématu pomocí logických značek .....	19
Obrázek 8 – Příklad Logisim.....	19
Obrázek 9 – Blokové schéma PLC.....	20
Obrázek 10 – Kompaktní PLC Siemens LOGO! .....	21
Obrázek 11 – Modulární PLC Siemens Simatic.....	22
Obrázek 12 – Příklad vytvořený v prostředí WebMaker Mosaic .....	22
Obrázek 13 – Schéma vykonávání programu v PLC .....	23
Obrázek 14 – Strukturovaný text.....	24
Obrázek 15 – Seznam instrukcí .....	25
Obrázek 16 – Kontaktní schémata.....	25
Obrázek 17 – Funkční bloky .....	25
Obrázek 18 – Blokové schéma frekvenčního měniče [3].....	26
Obrázek 19 – Jednofázové napětí [3] .....	26
Obrázek 20 – Třífázové napětí [3].....	27
Obrázek 21 – Možnosti řízení velikosti napětí měniče [3].....	27
Obrázek 22 – Zapojení spínacích prvků měniče [3].....	28
Obrázek 23 – PWM [3] .....	28
Obrázek 24 – Základní části frekvenčního měniče [3].....	29
Obrázek 25 – Instalace 1. ....	30
Obrázek 26 – Instalace 2. ....	31
Obrázek 27 – Instalace 3. ....	31
Obrázek 28 – Instalace 4. ....	31
Obrázek 29 – Instalace 5. ....	32
Obrázek 30 - Dokončení instalace.....	32
Obrázek 31 - Aktualizace 1. ....	33
Obrázek 32 - Aktualizace 2. ....	33
Obrázek 33 – Dokončení aktualizace .....	34
Obrázek 34 – Připojení napájení LOGO! [6] .....	35
Obrázek 35 - Uspořádání LOGO! [6].....	36
Obrázek 36 - Připojení vstupů [6] .....	37
Obrázek 37 - Reléové výstupy [6].....	38
Obrázek 38 - Polovodičové výstupy [6].....	38
Obrázek 39 - Doporučené zapojení frekvenčního měniče Sinamics G110 [7] .....	39
Obrázek 40 - Blokové schéma měniče Sinamics G110 [7].....	39
Obrázek 41 - Laboratorní úloha.....	40

Obrázek 42 - Laboratorní úloha – ovládací panel .....	41
Obrázek 43 - Informační LED .....	43
Obrázek 44 - Motor .....	43
Obrázek 45 - Příklad nastavení parametrů měniče .....	44
Obrázek 46 - Typový štítek motoru.....	44
Obrázek 47 - Nastavení parametrů pro motor [7].....	45
Obrázek 48 - Naprogramování LOGO! - řízení motoru přes měnič .....	47
Obrázek 49 - Graf otáček při funkci LOGO! .....	48

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 – Označování dvoustavových proměnných.....	12
Tabulka 2 – Pravdivostní tabulka .....	13
Tabulka 3 – Funkce falsum .....	14
Tabulka 4 – Funkce verum .....	14
Tabulka 5 – Funkce aserce .....	14
Tabulka 6 – Funkce negace .....	14
Tabulka 7 – Funkce AND.....	15
Tabulka 8 – Funkce NAND.....	15
Tabulka 9 – Funkce OR.....	16
Tabulka 10 – Funkce NOR.....	16
Tabulka 11 – Popis základních částí frekvenčního měniče [3] .....	29
Tabulka 12 - Uspořádání LOGO! – popis[6].....	36
Tabulka 13 - Napěťové a proudové úrovně LOGO! [6].....	37
Tabulka 14 - Parametry měniče pro laboratorní úlohu.....	46

# 1 Úvod

Logické řízení a automatizace dnes tvoří velkou část průmyslového světa. Pomáhá zefektivnit, zkvalitnit a hlavně zlevnit výrobu. Použitím vhodných programovatelných automatů lze ušetřit nemalé finanční prostředky. Značná je i úspora místa, protože tyto automaty obvykle nahrazují funkci složitějších logických obvodů, které bychom museli realizovat pomocí relé, nebo stykačů. Umožňují také o dost snadnější změnu chování celého systému, než by bylo přepojování celé logiky v rozvaděči. Jejich nespornou výhodou je také možnost simulace programu ve vývojovém prostředí, jako je například LOGO! Soft Comfort, jež je vytvořen firmou Siemens a je částečně popsán v této práci. Simulace umožňuje odhalit chybu v logice programu ještě dříve, než je uveden do činnosti. Zvyšuje se tím bezpečnost a snižují případné škody, které by mohly nedopatřením vzniknout.

Cílem této práce je vytvoření nové laboratorní úlohy pro řízení třífázového asynchronního motoru přes frekvenční měnič, který je ovládán dvěma způsoby:

- Manuálně, pomocí přepínačů.
  - Simuluje se například činnost pásového dopravníku, který ovládá obsluha dle své potřeby.
- Prostřednictvím řídicího systému Siemens LOGO!.
  - Umožňuje simulovat plně automatizovaný systém.

V teoretické části této bakalářské práce je stručně popsáno logické řízení. Základy logiky, možnosti tvorby logických obvodů a tvorba základních logických funkcí, které vykonávají zadanou logickou posloupnost. Dále je stručně popsána problematika programovatelných logických automatů (PLC), jejich typy a používané programovací jazyky. V poslední kapitole je přiblížena činnost a využití frekvenčních měničů. Jejich funkce a způsoby řízení otáček třífázových motorů.

Praktická část obsahuje popis instalace vývojového prostředí LOGO! Soft Comfort V.7.0, dále je stručně charakterizován logický modul LOGO! firmy Siemens. V části popisující realizaci laboratorní úlohy je uveden její podrobný popis. Je charakterizován třífázový asynchronní motor Siemens, který je použit v úloze a v neposlední řadě frekvenční měnič Siemens Sinamics G110 u něhož je popsáno příslušné nastavení parametrů pro potřeby laboratorní úlohy.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Logické řízení

#### 2.1.1 Základy logického řízení [4]

Logické řízení je algoritmus takových posloupností, aby se podle informací o řízeném procesu a požadavcích na konkrétní chování procesu, těchto požadavků dosáhlo pomocí ovládní příslušných výstupních zařízení.

Jedním z mnoha druhů logických proměnných jsou binární (dvoustavové) proměnné, které nejčastěji označujeme tak, jak je popsáno v tabulce 1.

Tabulka 1 – Označování dvoustavových proměnných

Nejčastější	0	1
Obecně	Nepravda	Pravda
Fyzikálně	Vypnuto	Zapnuto
Pro slovní pojmy	Ne	Ano
Anglicky	False	True

Obvod, který realizuje logické operace, se nazývá „Logický obvod“. Může být vytvořen pomocí relé, stykačů, nebo v poslední době pomocí polovodičových prvků, nejčastěji integrovaných obvodů.

#### 2.1.2 Pravdivostní tabulka [4]

Jde o nejjednodušší způsob zápisu kombinací logických proměnných v závislosti výstupních hodnot proměnných na vstupních. Rozsáhle pravdivostní tabulky bývají nepřehledné a nepohodlné. Počet sloupců tabulky je dán počtem proměnných vstupů a výstupů. Počet řádků je dán  $2^n$ , kde  $n$  je počet vstupních proměnných. Toto platí pouze pro binární logiku, kde jsou jen dvě možnosti (0,1). Pro více, obecně  $X$  možností, kterých může nabývat vstupní proměnná, platí  $X^n$ . Ukázku pravdivostní tabulky lze vidět v tabulce 2.

Pro příklad lze uvést, že pokud máme 4 vstupní parametry (označíme je  $a, b, c, d$ ), které nabývají dvoustavových hodnot a jednu hodnotu výstupní ( $y$ ), bude mít tabulka 5 sloupců a  $2^4$  řádků, což je 16 řádků. Stejný je i počet stavů, které mohou v kombinaci 4 vstupních proměnných nastat.

Hodnoty **0** jsou považovány za **NEPRAVDA**.

Hodnoty **1** jsou považovány za **PRAVDA**.

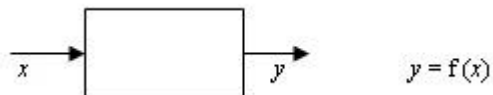
Hodnota **X** je neurčitá hodnota, v této kombinaci vstupních proměnných nezáleží na výstupním stavu.

Tabulka 2 – Pravdivostní tabulka

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>y</i>
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	X
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	X
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

### 2.1.3 Logické funkce [4]

#### Logické funkce jedné proměnné



Obrázek 1 – Jedna proměnná

Tyto funkce jsou čtyři. Jde o nejjednodušší případy logických funkcí.

- Falsum
- Verum
- Aserce
- Negace

Funkce **falsum** je pro libovolné  $y$  rovna 0.

Tabulka 3 – Funkce falsum

$x$	$y$
0	0
1	0
falsum	lež

$$y = 0$$

Funkce **verum** je pro libovolné  $x$  vždy rovna 1.

Tabulka 4 – Funkce verum

$x$	$y$
0	1
1	1
verum	pravda

$$y = 1$$

Funkce **aserce** má vždy hodnotu  $y$  stejnou jako hodnotu  $x$ .

Tabulka 5 – Funkce aserce

$x$	$y$
0	0
1	0
aserce	opakování

$$y = x$$

Funkce **negace** má hodnotu  $y$  vždy opačnou od hodnoty  $x$ .

Tabulka 6 – Funkce negace

$x$	$y$
0	1
1	0
negace	opačná

$$y = \bar{x}$$

Pouze funkce negace má ovšem praktický význam.

### Logické funkce dvou proměnných

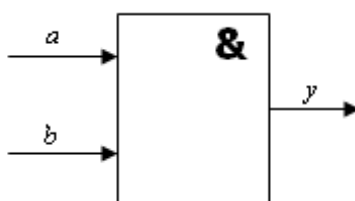
Logických funkcí dvou proměnných je celkem šestnáct, používají se ovšem běžně jen následující čtyři.

**Konjunkce**, logický součin (násobení), **AND**. Hodnota  $y$  nabývá hodnoty PRAVDA, pouze když obě vstupní proměnné jsou PRAVDA.

Tabulka 7 – Funkce AND

$a$	$b$	$y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$y = a \cdot b \qquad y = a \wedge b$$



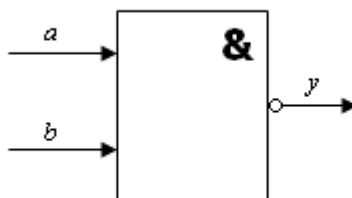
Obrázek 2 – Značka funkce AND

**Negace konjunkce**, opak násobení, **NAND**. Hodnota  $y$  nabývá hodnoty PRAVDA, vždy když nejsou obě vstupní proměnné PRAVDA. Někdy je také nazývána Shefferova funkce.

Tabulka 8 – Funkce NAND

$a$	$b$	$y$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$y = \overline{a \cdot b} \qquad y = \overline{a \wedge b}$$



Obrázek 3 – Značka funkce NAND

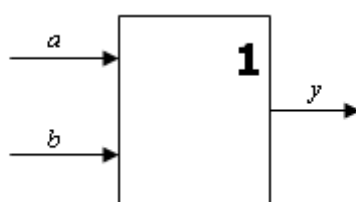
**Disjunkce**, logický součet, **OR**. Hodnota  $y$  nabývá hodnoty PRAVDA tehdy, pokud alespoň jedna ze vstupních proměnných je PRAVDA.

Tabulka 9 – Funkce OR

$a$	$b$	$y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$$y = a + b$$

$$y = a \vee b$$



Obrázek 4 – Značka funkce OR

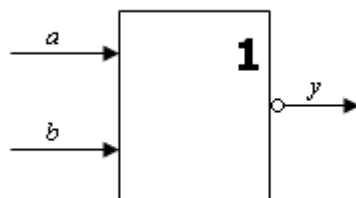
**Negace disjunkce**, opak logického součtu, **NOR**. Hodnoty výstupní proměnné nabývají hodnoty PRAVDA, pouze když obě vstupní proměnné jsou NEPRAVDA. Též Pierceova funkce.

Tabulka 10 – Funkce NOR

$a$	$b$	$y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

$$y = \overline{a + b}$$

$$y = \overline{a \vee b}$$



Obrázek 5 – Značka funkce NOR



### 2.1.4 Booleova algebra [5]

Nazývá se dle George Boolea (1815-1864), britského matematika. Základem je požadavek na minimalizaci každé logické funkce a tím ji vyjádřit jako nejmenší počet základních logických funkcí. Z tohoto vyplývá, že při minimalizaci vznikne jen nejmenší počet logických prvků. Skutečná realizace funkce je pak mnohem jednodušší, má méně prvků a proto je ekonomičtější a zároveň se vyznačuje vyšší spolehlivostí. Používají se pouze tři funkce a to negace, konjunkce a disjunkce.

#### Pravidla Booleovy algebry

K minimalizaci jsou použita následující základní pravidla. Je třeba si také uvědomit základní matematická pravidla, že násobení má přednost před sčítáním.

- **Dvojitá negace**

$$\bar{\bar{a}} = a$$

- **Logický rozpor**

$$a \cdot \bar{a} = 0$$

- **Opakování**

$$a \vee a = a$$

$$a \cdot a = a$$

- **Idempotence**

$$a \vee a = a$$

$$a \wedge a = a$$

- **Zákon vyloučení třetího**

$$a \vee \bar{a} = 1$$

- **Neutrálnost 0 a 1**

$$0 \vee a = a$$

$$1 \cdot a = a$$

- **Agresivita 0 a 1**

$$1 \vee a = 1$$

$$0 \cdot a = 0$$

- **Komutativní zákony**

$$a \vee (b \vee c) = a \vee b \vee c$$

$$a \cdot (b \cdot c) = a \cdot b \cdot c$$

- **Asociativní zákony**

$$a \vee (b \vee c) = a \vee b \vee c$$

$$a \cdot (b \cdot c) = a \cdot b \cdot c$$

- **Distributivní zákony**

$$a \cdot (b \vee c) = (a \cdot b) \vee (a \cdot c)$$

$$a \vee (b \cdot c) = (a \vee b) \cdot (a \vee c)$$

- **Absorpční zákony**

$$a \vee (a \cdot b) = a$$

$$a \vee (\bar{a} \cdot b) = a \vee b$$

$$a \cdot (a \vee b) = a$$

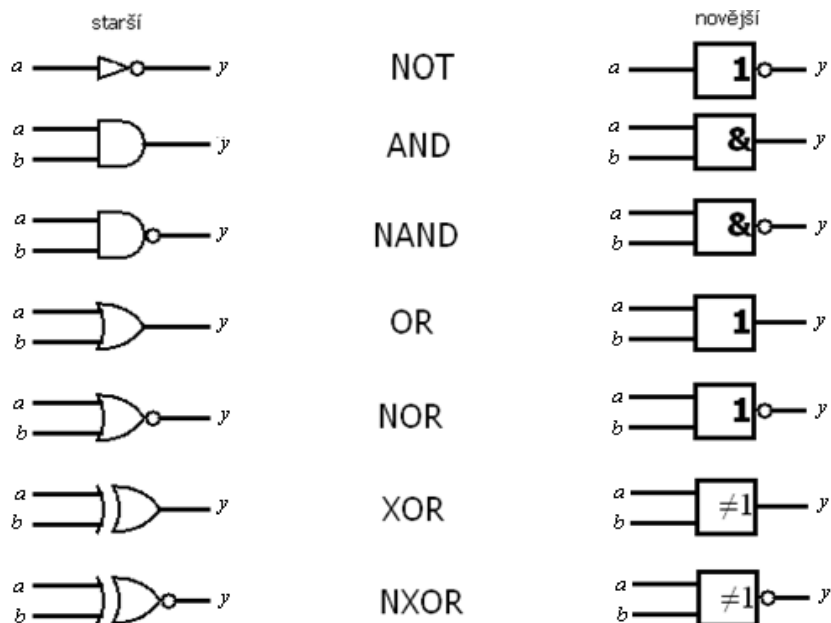
$$a \cdot (\bar{a} \vee b) = a \cdot b$$

- **De Morganovy zákony**

$$\overline{a \vee b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$$

$$\overline{a \cdot b} = \bar{a} \vee \bar{b}$$

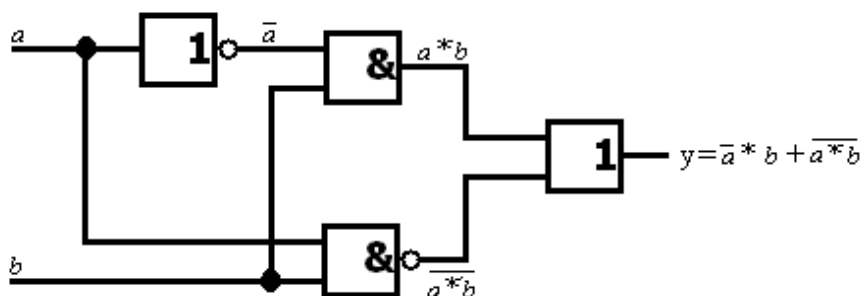
### 2.1.5 Blokové schéma logických obvodů



Obrázek 6 – Schematické obvodové logické značky

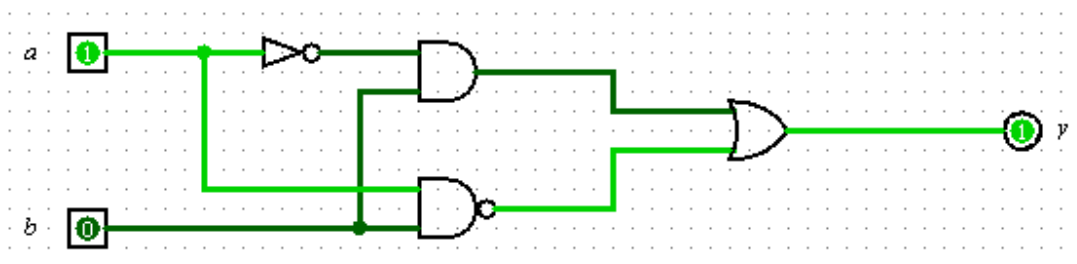
Na obrázku 6 jsou ilustrovány starší a novější schematické značky pro logické obvody. Z těchto značek se pak skládá logický obvod.

Pro příklad uvedu rovnici  $y = \bar{a} \cdot b \vee a \cdot \bar{b}$  zapsanou pomocí logického schématu.



Obrázek 7 – Příklad schématu pomocí logických značek

Na kreslení logických schémat existuje mnoho druhů počítačových programů. Osobně doporučuji program Logisim 2.7.1. Tento program je velice jednoduchý a umožňuje uživateli simulovat chování sestaveného obvodu. Program používá starších verzí značek. Na ukázkou uvedu opět rovnici  $y = \bar{a} \cdot b \vee a \cdot \bar{b}$ , ale vytvořenou pomocí schéma v Logisimu.



Obrázek 8 – Příklad Logisim

## 2.2 Programovatelné logické automaty

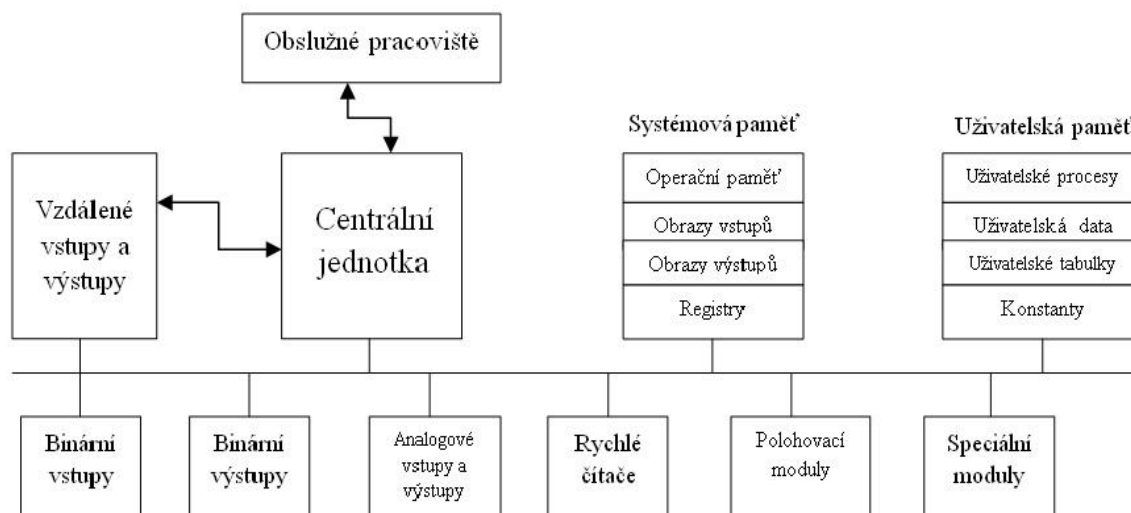
### 2.2.1 Úvod do PLC [1]

Programovatelný logický automat představuje většinou uživatelsky programovatelný řídicí systém pro řízení obvykle technologických a průmyslových procesů převážně logického typu.

Logické automaty jsou konstruovány hlavně do náročného průmyslového prostředí s vysokou prašností, vibracemi, elektromagnetickým vlněním, které je způsobeno například motory, vlhkostí a velkými rozdíly teplot atd. Jejich další výhodou je vysoká spolehlivost, schopnost práce v reálném čase a tím možnost zareagovat včas na změnu žádané hodnoty, což je výhodou například v chemické výrobě, kde může vlivem pomalé reakce být způsobena situace vedoucí například k výbuchu. Samostatné PLC má v sobě

většinou integrované funkce, které hlídají funkčnost a spolehlivost systému, neboli sebe sama.

PLC je založeno na sběrnice architektuře. Vše je propojeno na společné sběrnici ovládané mikroprocesorem (centrální jednotkou).



Obrázek 9 – Blokové schéma PLC

Při skutečné realizaci se sestava volí tak, aby co nejlépe vyhovovala dané aplikaci a některé moduly, vstupy, nebo výstupy mohou být několikanásobné, nebo nemusí být naopak vůbec instalovány, protože pro danou aplikaci nejsou třeba.

### Druhy řízení

Řízení programovatelným logickým automatem může být přímé (dopředné), kdy je automatem vykonávána předem známá sada instrukcí a nekontroluje se dosažený stav.

Při zpětnovazebném řízení se systém informuje ze snímačů o aktuálním stavu řízeného procesu (soustavy) a porovnává hodnoty s hodnotami požadovanými. Podle toho potom reaguje na zjištěné odchylky a svými akčními zásahy upravuje hodnotu regulované veličiny až do požadovaného stavu, nebo do stavu s tolerovanou diferencí.

### 2.2.2 Typy PLC [1]

#### Mikro PLC

Mikro PLC, někdy také inteligentní relé, je nejjednodušší, nejmenší a nejlevnější typ automatu, který je definován pevným počtem dvoustavových vstupů a výstupů. Například má 6 vstupů a 6 výstupů, kdy kombinace vstupů může řídit pouze jeden dvoustavový výstup, nebo každý vstup jeden výstup, záleží na požadavcích aplikace. Mikro PLC často nahrazuje pevnou reléovou logiku, kdy v součtu několika relé, či stykačů bývá často mnohem výhodnější jak z finančního hlediska, tak z hlediska změny logické posloupnosti řízení konkrétní aplikace. Některé inteligentní relé jsou již vybaveny jednoduchými analogovými vstupy 0–10 V, například pro připojení potenciometrů.

## Kompaktní PLC

PLC pro jednodušší procesy bývají řešeny jako kompaktní. Je zde již možnost připojit několik přídatných modulů ze sortimentu podle konkrétního druhu PLC, například modul s 6 dvoustavovými vstupy a výstupy, modul s 6 analogovými vstupy a výstupy, modul regulátoru apod. Rozšiřitelnost je ovšem omezená.



Obrázek 10 – Kompaktní PLC Siemens LOGO!

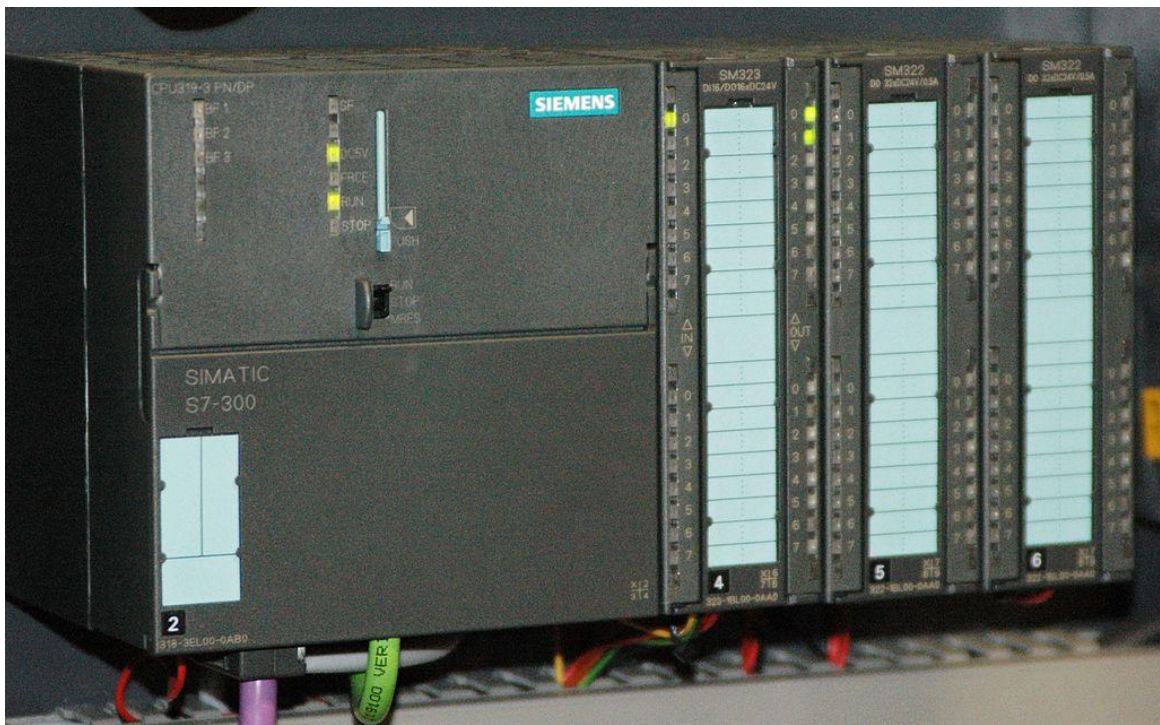
## Modulární PLC

Z hlediska rozšiřitelnosti poskytují více možností modulární programovatelné automaty, jejichž základem je obvykle rám, do kterého lze zasouvat jednotlivé moduly. U některých systémů může být automat tvořen i několika rámečky s rozšiřovacími moduly. Tyto rozšiřovací moduly mohou být od centrální jednotky vzdáleny až několik stovek metrů. Vzniká tak distribuovaný systém. Jako modul lze například považovat i dotykovou operátorskou obrazovku.

## Moduly PLC

Moduly PLC mívají ochranu v podobě galvanicky oddělených dvoustavových vstupů a výstupů, nebo například opticky oddělených analogových vstupů a výstupů. Dále je možnost zakoupit i moduly v bezjiskrovém provedení, které jsou vhodné zejména do výbušných prostředí.

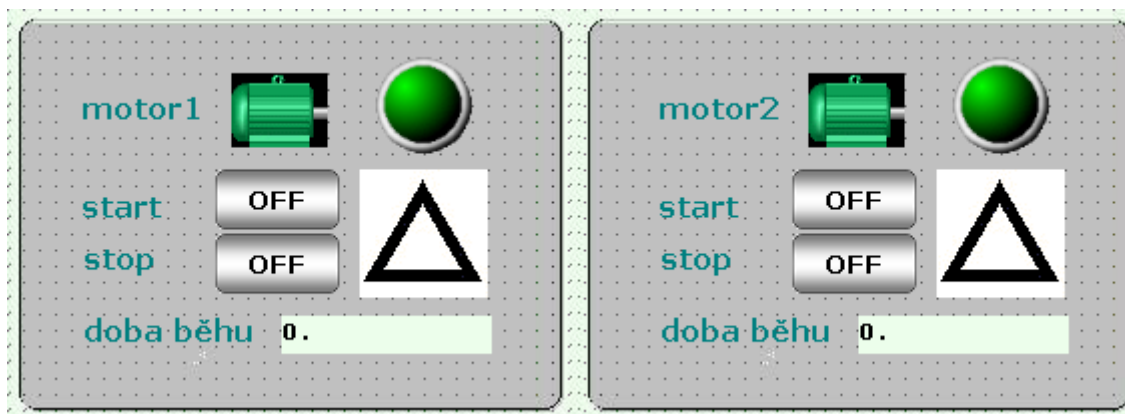
Analogové moduly umožňují měřit proudové nebo napěťové signály v různých rozsazích hodnot. Totéž platí i o výstupních modulech.



Obrázek 11 – Modulární PLC Siemens Simatic

### Speciální funkce PLC

V současné době je možno na některých automatech připojených pomocí ethernetu do privátní sítě, nebo do internetu, realizovat intuitivní grafické rozhraní se zobrazením aktuálních hodnot snímačů, realizací přepínačů a nastavováním požadovaných hodnot. Jedná se o takzvaný webserver. Například u PLC řady Foxtrot od kolínské firmy TECO je toto realizováno slotem pro SD kartu, na které je nahrána příslušná webová prezentace s možností zpřístupnění požadovaných funkcí. Tuto prezentaci lze vytvořit v programovacím prostředí Mosaic od stejnojmenné firmy. Příklad vytvořené části vytvořené prezentace je vidět na obrázku 12. K takto vytvořenému webserveru lze přistupovat pomocí IP adresy přes internet (pokud je PLC do něho připojen) a ovládat systém například z mobilního telefonu téměř kdekoli na světě.

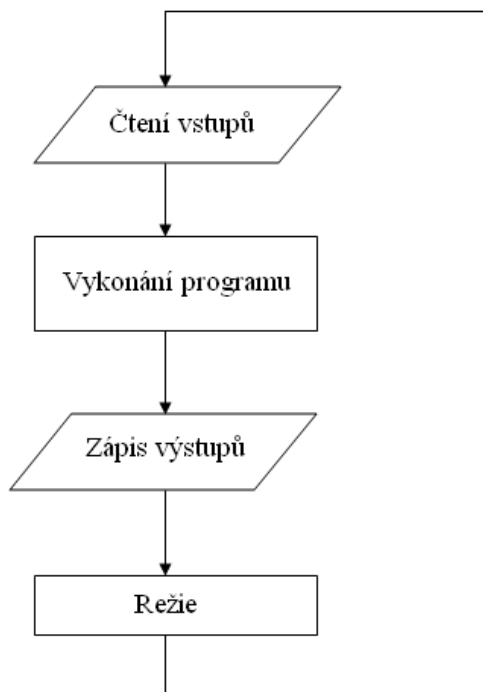


Obrázek 12 – Příklad vytvořený v prostředí WebMaker Mosaic

### 2.2.3 Vykonávání instrukcí PLC [1]

Programovatelný logický automat vykonává funkce svého programu postupně, jednu po druhé. Další typickou vlastností je cyklické vykonávání programu ve smyčce. Programátor se vůbec nemusí starat o navrácení z konce programu na jeho začátek. Zajistí

to systémový program. Pokud by při vykonávání programu (cyklu) systém „zamrzl“ a přestal reagovat, je toto hrubou chybou. Aby nenastala takováto situace, je součástí systému tzv. Watchdog, který hlídá „překročení maximální doby cyklu“. Pokud tato situace nastane, program je zastaven.



Obrázek 13 – Schéma vykonávání programu v PLC

Programovatelný logický automat nepracuje s hodnotami vlastních vstupů. Nejprve dojde k sejmutí všech vstupů a zkopírování hodnot do systémové paměti v podobě obrazu vstupů. Program následně pracuje pouze s těmito hodnotami (obrazy). Hodnoty vstupů jsou načítané pouze na začátku cyklu, z čehož vyplývá, že pokud se za běhu jednoho cyklu změni hodnota vstupu, nemá to na chod aktuálního cyklu vliv. Stejně je to se zápisem na výstupy. Nejprve program zapisuje vypočtené hodnoty do obrazu výstupů, takže pokud se při výpočtu několikrát změni hodnota jednoho výstupu, je na fyzický výstup zapsána až konečná hodnota na konci běhu aktuálního cyklu programu. Takto je zabráněno kmitání výstupů. Následně proběhne režie PLC, jako například přepnutí na nový cyklus, vynulování Watchdogu atd.

#### 2.2.4 Programovací jazyky PLC [2]

Programovací jazyky PLC byly navrženy pro jednoduché a přehledné použití logických funkcí. Programovací jazyky pro PLC by se měly řídit podle normy IEC 61 131, která má širokou mezinárodní podporu.

Programovací jazyky se dělí do dvou základních druhů:

- **Textové programovací jazyky:**

- Jazyk strukturovaného textu – ST (Structured Text)
- Jazyk seznamu instrukcí – IL (Instruction List)

- **Grafické programovací jazyky:**

- Jazyk kontaktních schémat – LD (Ladder Diagram)
- Jazyk funkčního blokového schématu – FSB (Function Block Diagram)

### **Jazyk strukturovaného textu**

V tomto jazyce se logické funkce vytváří pomocí textu, tak jako ve vyšších programovacích jazycích, jako je například C, nebo C++. Lze vytvářet i celé funkční bloky a ty následně volat kdekoli v programu. Usnadní to výrazně programování.

```
PROGRAM krizovatka
  VAR
    jedna:svetla_vypnuta;
    dva:oranzova_svetla;
    tri:spicka;
    ctyri:prvnirezim;

  END_VAR

  if kod_klavesy = 16#0D then vyber_rezimu:= potvrzeny_vyber;
END_IF;
  case vyber_rezimu of
    0: jedna();
    1: dva();
    2: tri();
    3: ctyri();
  end_case ;

END_PROGRAM
```

Obrázek 14 – Strukturovaný text

### **Jazyk seznamu instrukcí**

Je jazyk velmi podobný Assembleru. Obsahuje sadu instrukcí i velmi podobné funkce a umožňuje volat podprogramy a provádět skoky v programu.



```

PROGRAM prgMain
  VAR_INPUT
    BOOL A
  END_VAR
  VAR
    LD A //načtení hodnoty proměnné
    ST B //nastavení hodnoty proměnné A do proměnné B
  END_VAR
  VAR_OUTPUT
    BOOL B
  END_VAR
  VAR_TEMP
  END_VAR
END_PROGRAM

```

Obrázek 15 – Seznam instrukcí

### Jazyk kontaktních schémat

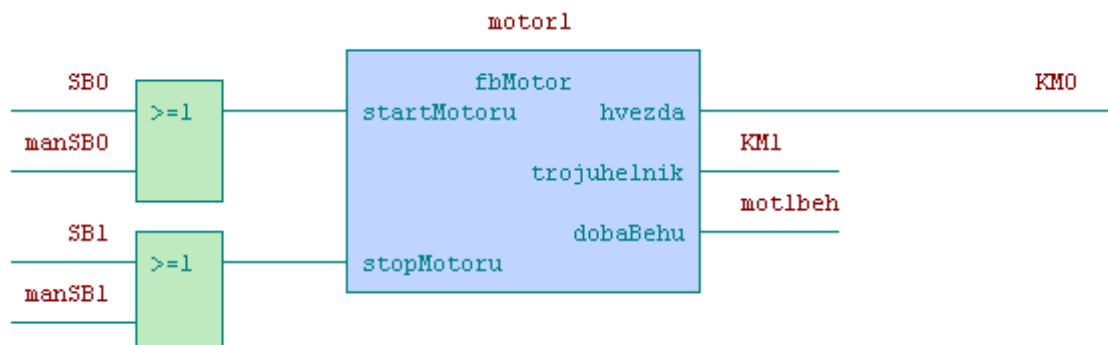
Zřejmě nejjednodušší způsob programování. Jazyk funguje na principu reléových kontaktů, které značí spínače (hranaté závorky) a výstupních cívek (kulaté závorky). Vhodné spíše pro jednodušší úlohy.



Obrázek 16 – Kontaktní schémata

### Jazyk funkčních bloků

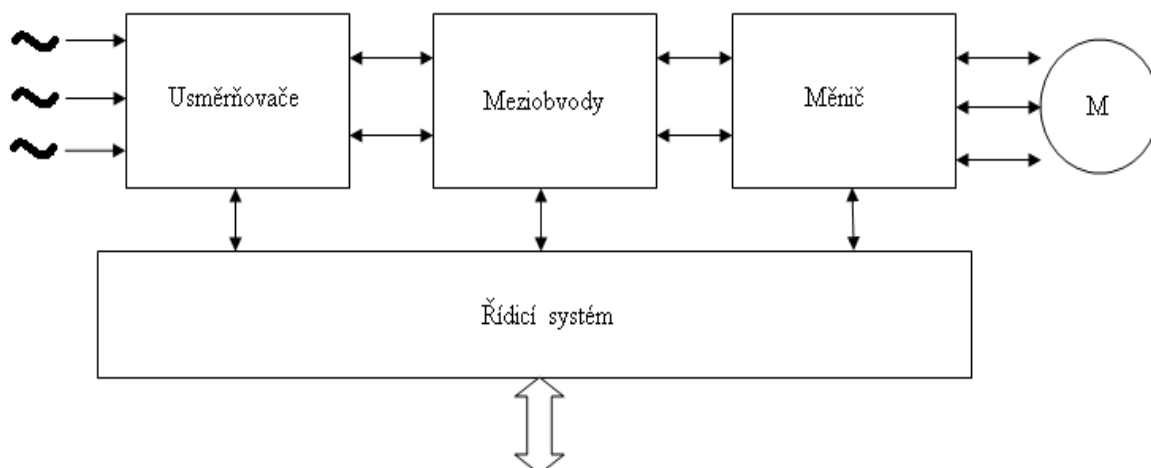
Jazyk obsahující obdélníkové bloky, jejichž velikost je přizpůsobená počtu kontaktů. Lze použít například již vytvořený časovač, čítač atd. Práce s tímto jazykem je podobná jako při kreslení integrovaných obvodů.



Obrázek 17 – Funkční bloky

## 2.3 Frekvenční měniče [3]

Frekvenční měniče, též někdy nazývané jako měniče kmitočtu, se používají pro řízení otáček na asynchronním třífázovém motoru a směru jeho otáčení. Dnešní měniče mají mnoho nastavitelných parametrů, od ochrany samotného motoru, až po ochranu zařízení, kam jsou instalovány. Umožňují jak nastavení doby a plynulosti rozběhu motoru, tak i brzdění, maximálních otáček, minimálních otáček atd. Jsou vhodné k použití například do pohonů dopravníků, míchačů a své uplatnění nacházejí také na jed noučelových strojích.



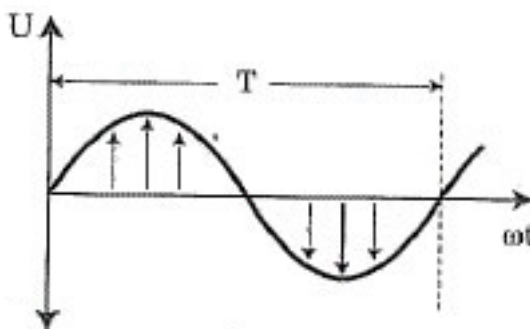
Obrázek 18 – Blokové schéma frekvenčního měniče [3]

### Usměrňovač

Usměrňovače v měničích kmitočtu rozdělujeme do dvou skupin:

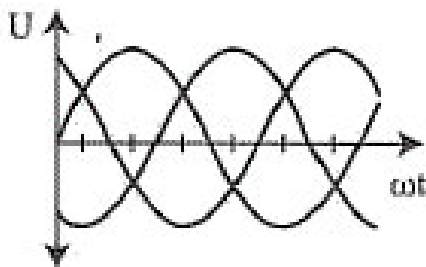
- řízené – tyto usměrňovače jsou tvořeny typicky tyristory, nebo kombinací tyristorů a usměrňovacích diod;
- neřízené – jsou tvořeny pouze pasivním prvkem, a to usměrňovací diodou.

Frekvenční měniče mohou být napájeny jednofázově, tj. 1 x 230 V / 50 Hz. Měnič poté sám generuje fázově posunuté napětí pro další dvě fáze při napájení třífázového motoru.



Obrázek 19 – Jednofázové napětí [3]

Napájet lze také 3 x 400 V / 50 Hz.



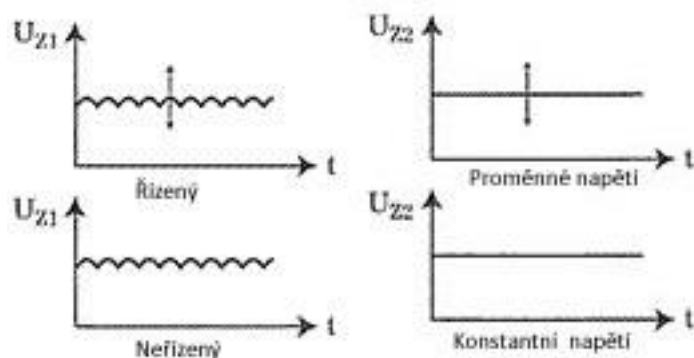
Obrázek 20 – Třífázové napětí [3]

### Meziobvody

Tato část měniče může být považována za sklad energie, kterou následně motor čerpá. Může být postavena podle tří principů, přičemž záleží, jaký byl použit usměrňovač a silová část neboli měnič.

Proudově řízený měnič se skládá z velmi velké cívky, která se používá pouze s řízeným usměrňovačem, bez diod. Cívka poté převádí proměnné napětí z usměrňovače na stejnosměrný proměnný proud, který je dodáván do motoru.

Napětím řízený měnič se skládá z filtru (kondenzátor a cívka), který vyhlazuje pulsující stejnosměrné napětí z usměrňovače. Při dané frekvenci je pak udržováno konstantní napětí, které je změněno při změně frekvence.

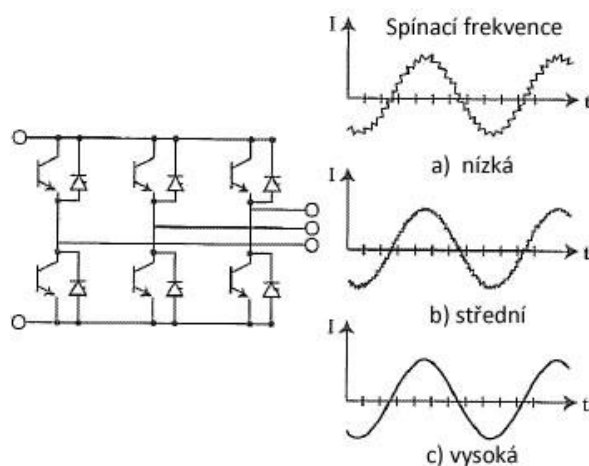


Obrázek 21 – Možnosti řízení velikosti napětí měniče [3]

### Měnič

Řídicí obvody měniče spínají několik polovodičových prvků a tím je na výstupu dosaženo požadovaného kmitočtu. Výstupní napětí je přizpůsobeno pro správnou funkci motoru. Pro změnu otáček motoru existuje několik způsobů realizace. Je však důležité zachovat všechny potřebné parametry, které motor požaduje pro správnou funkci.

Hlavními složkami pro ovládání napětí a amplitudy na výstupu měniče jsou řízené polovodiče, spojené po dvou do třech větví. Hlavními prvky jsou obvykle v měničích tranzistory IGBT.

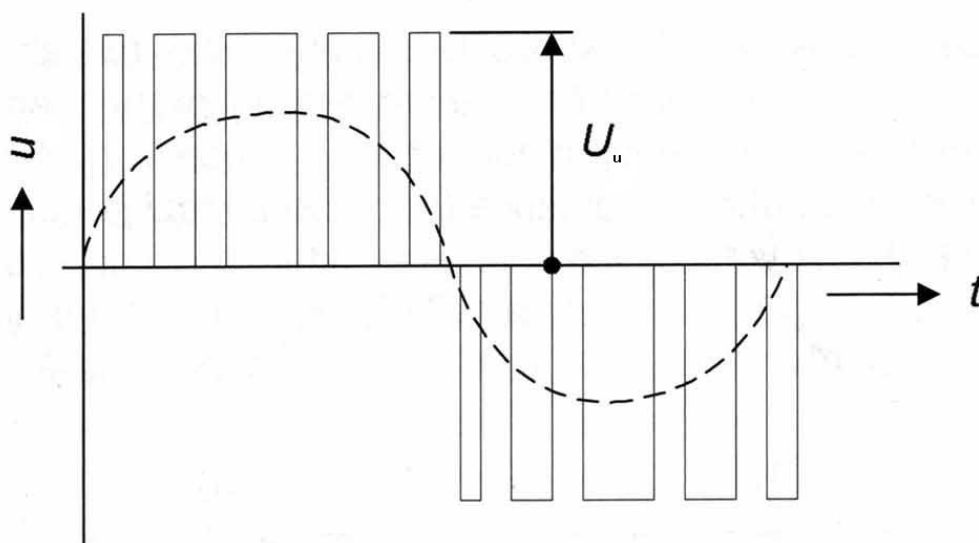


Obrázek 22 – Zapojení spínacích prvků měniče [3]

Jsou to bipolární tranzistory s izolovaným hradlem (gate), které mohou velmi rychle (v řádu desítek kHz) přepínat mezi vodivým a nevodivým stavem, a to i v nenulové části periody na rozdíl od tyristorů.

Další z možností, jak měnit chování třífázového asynchronního motoru pomocí frekvenčního měniče, je použít v měniči, kterému usměrňovač a meziobvod dodává konstantní stejnosměrné napětí, pulzně-šířkovou modulaci (PWM).

Tato modulace funguje na principu změny četnosti spínání napětí v čase. Situace pro kladné napětí v jedné polovině cyklu a záporné napětí ve druhé polovině je na obrázku 15.  $U_u$  je napětí dodané usměrňovačem.



Obrázek 23 – PWM [3]

Tabulka 11 – Popis základních částí frekvenčního měniče [3]

Pozice	Název
1	Baterie kondenzátorů (dva a dva v sérii)
2	Výkonové rezistory připojené paralelně ke kondenzátorům Zajišťují rovnoměrné rozložení napětí na kondenzátorech
3	Varistory VDR, ochrana kondenzátorů před špičkami napětí ze sítě
4	Proudový transformátor – měří výstupní proud k motoru
5	IGBT – modul výkonových tranzistorů
6	Kabely ke vstupnímu usměrňovači
7	Optické obvody – přenášejí řídicí signály k zesilovačům signálu pro gate u IGBT
8	Spínaný zdroj pomocných napětí pro měnič
9	Transformátor řídicích signálů
10	Kabel pro připojení brzdového choleru
11	zesilovače řídicích signálů pro gate u IGBT
12	Konektory pro připojení ventilátorů, řídicí signál brzdového choleru ap.
13	Kabel pro připojení ke kartě řídicích obvodů



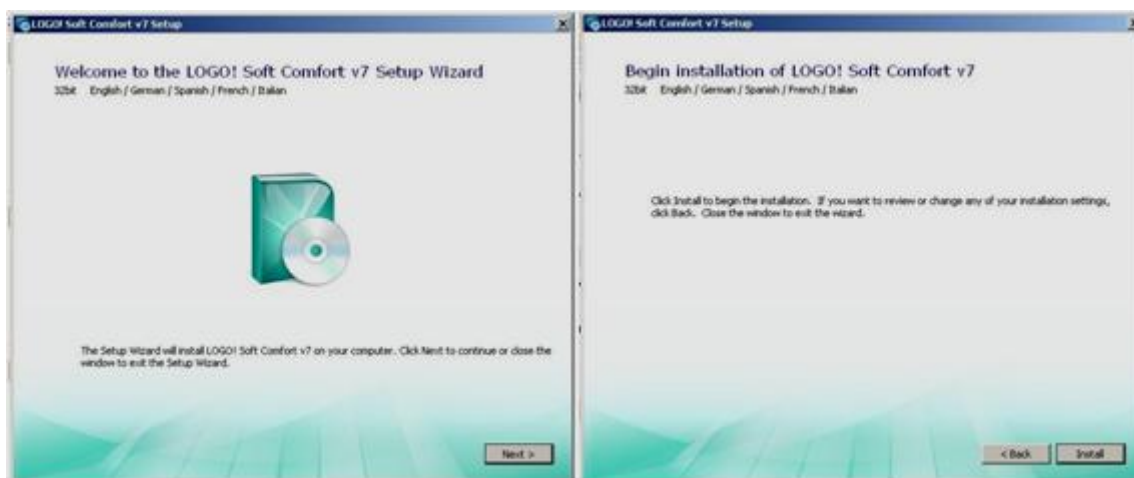
Obrázek 24 – Základní části frekvenčního měniče [3]

### 3 Praktická část

#### 3.1 Instalace LOGO! Soft Comfort V7.0.30

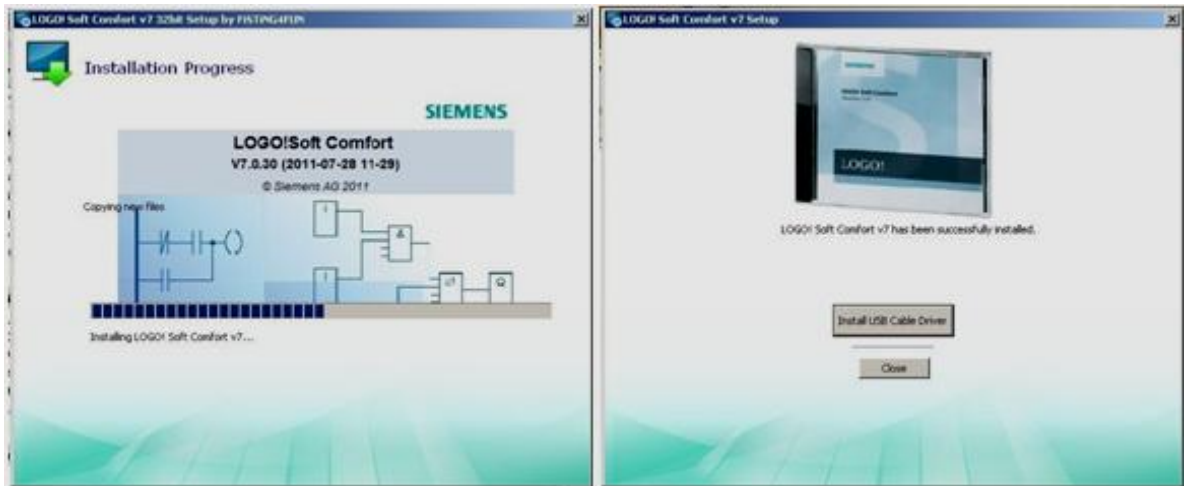


Instalaci vývojového prostředí firmy Siemens LOGO! Soft Comfort verze 7.0 provedeme pomocí intuitivního instalačního pomocníka. Instalace byla prováděna na systému Windows XP. Po spuštění instalátoru jsme vyzváni, chceme-li aplikaci skutečně nainstalovat.

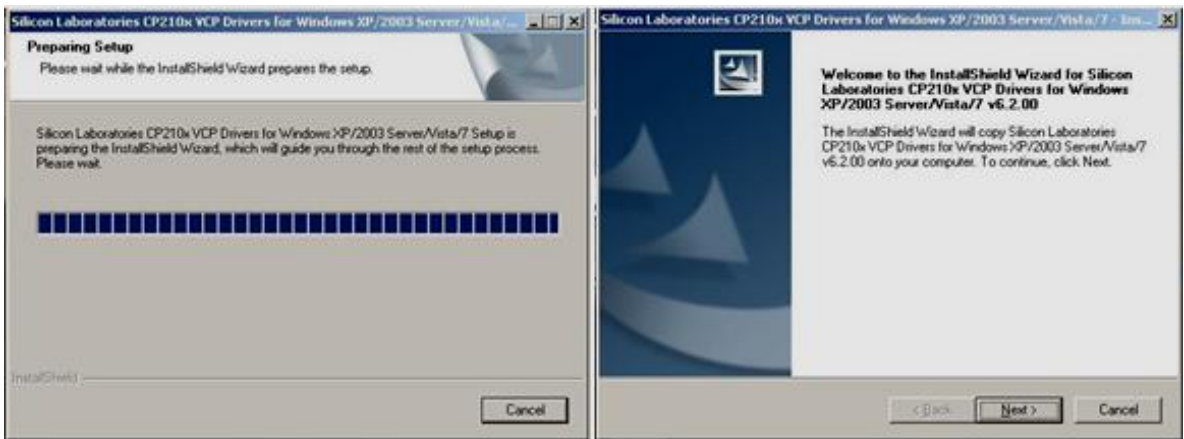


Obrázek 25 – Instalace 1.

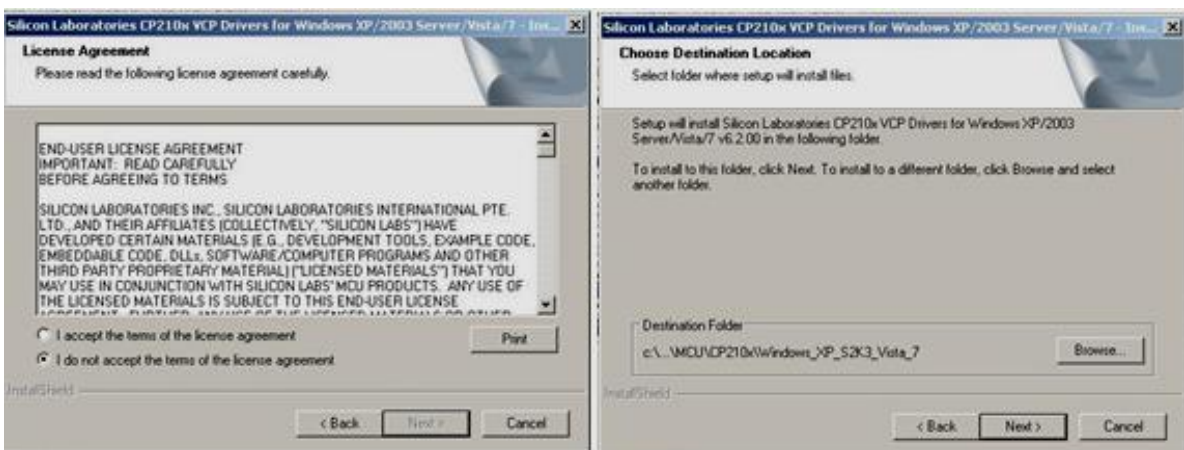
V průběhu kopírování nových souborů je instalace přerušena a instalátor nabídne instalaci ovladače USB kabelu, který je potřebný k nahrání programu do modulu LOGO!, jak je vidět na obrázku 26. Po potvrzení instalace ovladače, je spuštěna příprava instalace ovladače USB kabelu. Následně je třeba potvrdit, zdali chceme ovladač nainstalovat, dle obrázku 27. Přijmutím licenčních podmínek a vybráním cesty ke složce, kam chceme ovladač nainstalovat, pokračujeme dále (obrázek 28). Ovladač je poté zaveden do systému, aby po připojení kabelu mohl být použit. Úspěšnou instalací ovladače skončí také instalace prostředí LOGO! Soft Comfort.



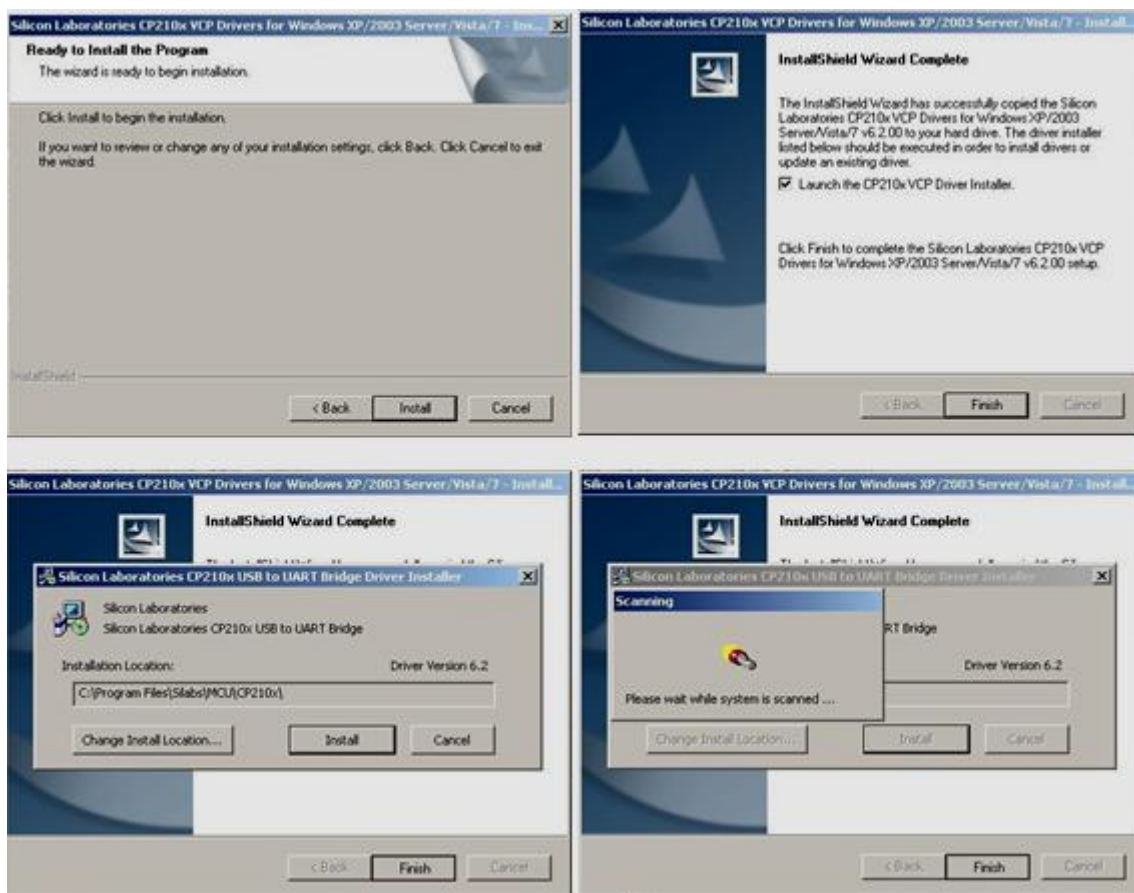
Obrázek 26 – Instalace 2.



Obrázek 27 – Instalace 3.



Obrázek 28 – Instalace 4.



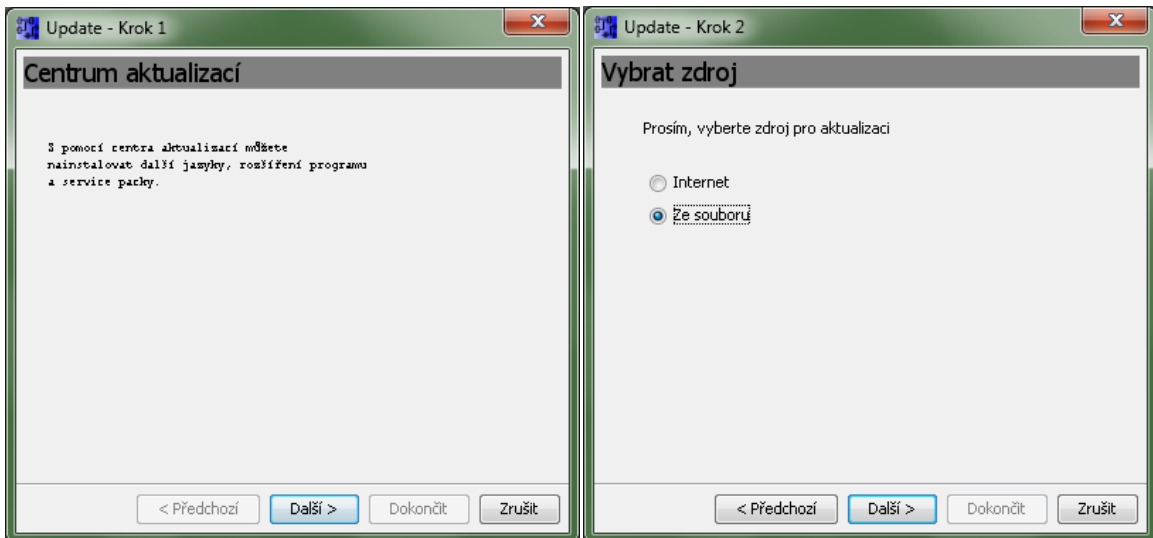
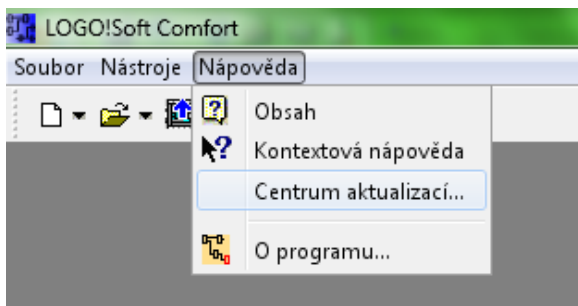
Obrázek 29 – Instalace 5.



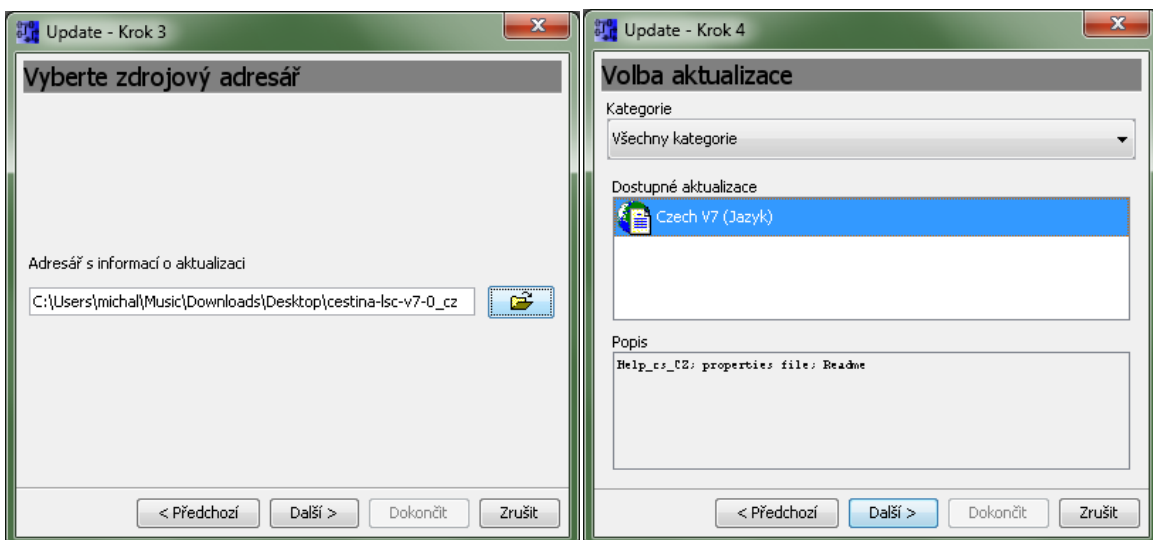
Obrázek 30 - Dokončení instalace

Z oficiálních internetových stránek výrobce je možné stáhnout češtinu do programu. Její vložení (aktualizace programu) do LOGO! Soft Comfort je na následujících obrázcích 31 až 33.

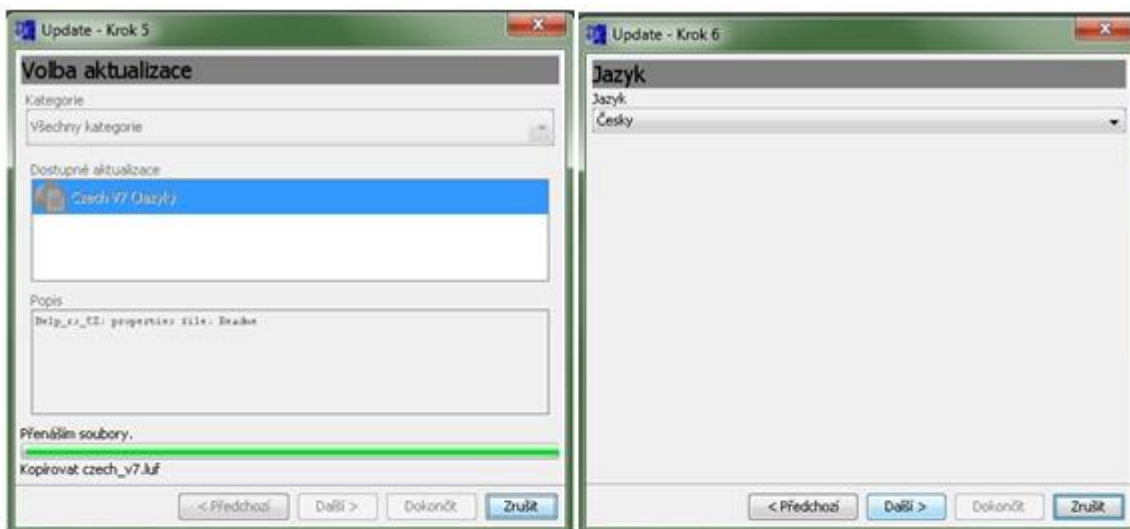




Obrázek 31 - Aktualizace 1.



Obrázek 32 - Aktualizace 2.



Obrázek 33 – Dokončení aktualizace

Po následném potvrzení, je program automaticky restartován a funguje ve vybraném jazyce. Celá instalace, včetně české aktualizace, je velmi rychlá a velice jednoduchá. V prostředí LOGO! Soft Comfort lze snadno vytvářet software pro modul LOGO! pomocí dvou programovacích jazyků. Jazyku FBD a jazyku LD, mezi nimiž jde provést také konverze. Program je velice jednoduchý a přehledný. Vložení jednotlivých bloků je provedeno přetažením do pracovní plochy programu. Propojení jednotlivých bloků provedeme přitažením černého konce z výstupu bloku na vstup dalšího bloku. Program umožňuje také vytvořený software vyzkoušet pomocí simulace, aniž by musel být nahrán do modulu, což je velmi praktické. V simulaci lze měnit nejen logické hodnoty na vstupech, ale také pokud je například použita v programu analogová hodnota vstupu, objeví se posuvník, kterým si nastavíme požadovanou hodnotu.

### 3.2 Modul Siemens LOGO! [6]

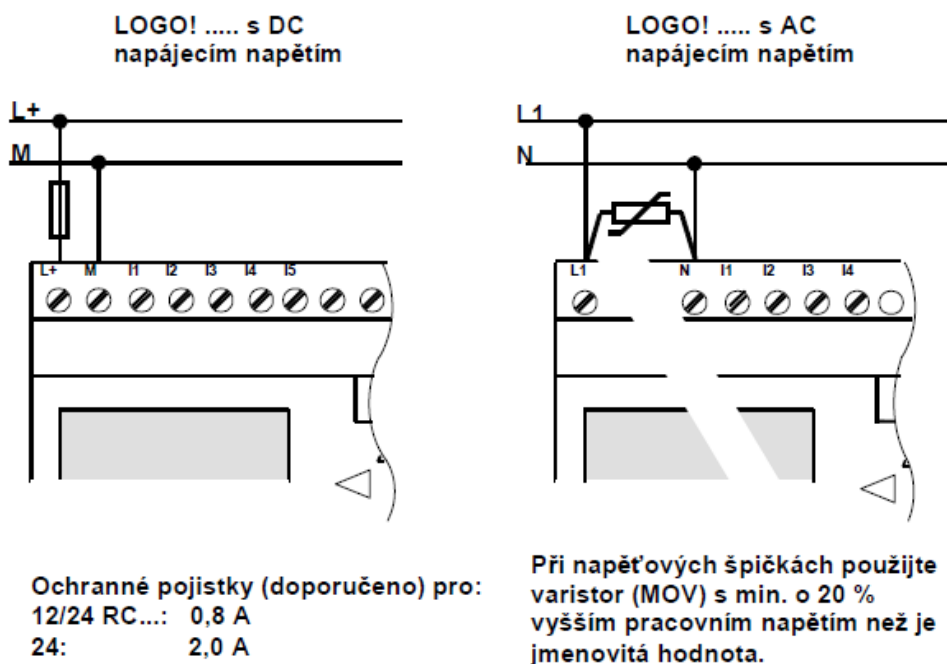
Logický modul LOGO! je univerzální logický modul firmy Siemens, spojující několik komponent. Modul v sobě obsahuje napájecí zdroj, dle typu různý počet vstupů a výstupů, ovládací panel s podsvíceným displejem, rozhraní pro rozšiřovací moduly a mnoho dalších funkcí. Obsahuje také například časovač, funkce zpožděného zapnutí, nebo vypnutí, proudová pulzní relé a programovatelné klávesy, které lze naprogramovat jako vstupy. Je možné připojit i bateriový modul, pro zálohování reálného času v případě výpadku napájení. Paměťový modul zajišťuje rychlou výměnu paměťové karty a tím změnu programu. Kombinace posledních dvou modulů je dostupná v paměťově- bateriovém modulu. K modulu LOGO! lze připojit i textový displej LOGO! TD.

LOGO! je vhodné pro řídicí techniku v domácnostech, zahradách, obchodech atd. Dokáže například ovládat osvětlení výkladních skříní, zavlažování zahrad, řízení žaluzií, předokenních rolet a klimatizací. Může však být použito i pro řízení speciálních řídicích systémů s decentralizovaným charakterem, pro řízení strojů, nebo procesů. Je k dispozici také bez ovládacího panelu a zobrazovacího displeje pro sériové použití v rozvaděčích a jednoúčelových strojích – všude tam, kde nejsou třeba tyto ovládací prvky.

LOGO! má k dispozici dvě napěťové třídy:

- Třída 1:  $\leq 24$  V, což je 12 V DC, 24 V DC, 24 V AC
- Třída 2:  $> 24$  V, což je 115 až 240 V AC / DC

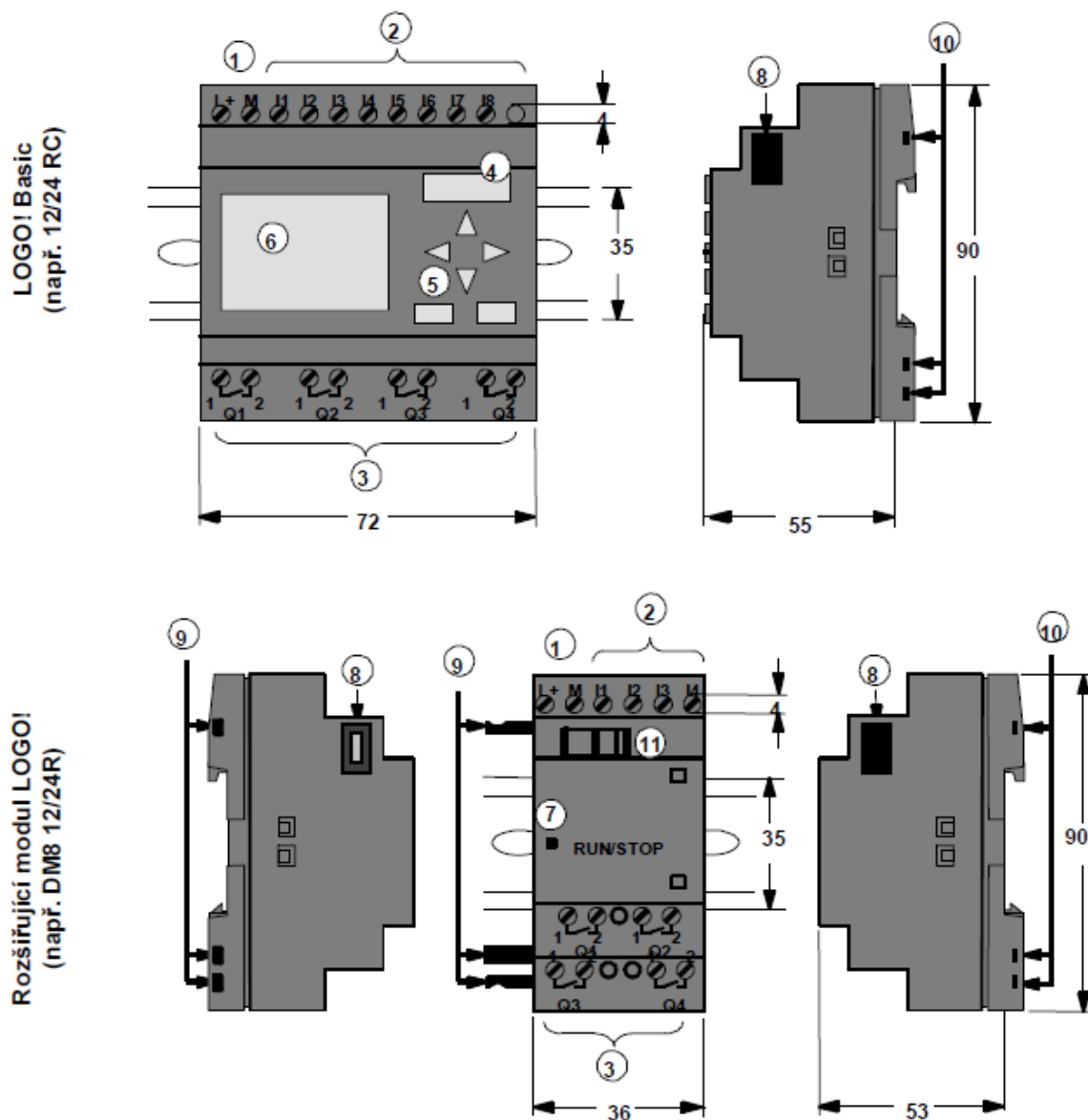
Připojení modulu LOGO! je patrné z obrázku 34.



Obrázek 34 – Připojení napájení LOGO! [6]

Tabulka 12 - Uspořádání LOGO! – popis[6]

Pozice	Název
1	Zdroj
2	Vstupy
3	Výstupy
4	Sloty modulu s krytem
5	Řídicí panel
6	LCD
7	Stavový displej RUN/STOP
8	Rozšiřující rozhraní
9	Mechanické kódování PINY
10	Mechanické kódování ZÁSUVKY
11	Šoupátko



Obrázek 35 - Uspořádání LOGO! [6]

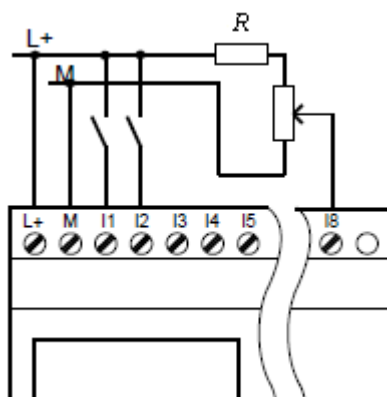
Na vstupy systému LOGO! mohou být připojeny snímací, nebo spínací prvky, jako světelné závory, stmívače, spínače atd. Rozhodovací úrovně pro LOGO! 12/24 RC, které jsou použity v úloze, jsou uvedeny v tabulce 13.

Tabulka 13 - Napěťové a proudové úrovně LOGO! [6]

	LOGO! 12/24 RC	
	Vstupy I3 až I6	Vstupy I1, I2, I7, I8
Stav signálu 0	< 5V DC	< 5V DC
Vstupní proud	< 0,85mA	< 0,05mA
Stav signálu 1	> 8,5V DC	> 8,5V DC
Vstupní proud	> 1,5mA	> 0,1mA

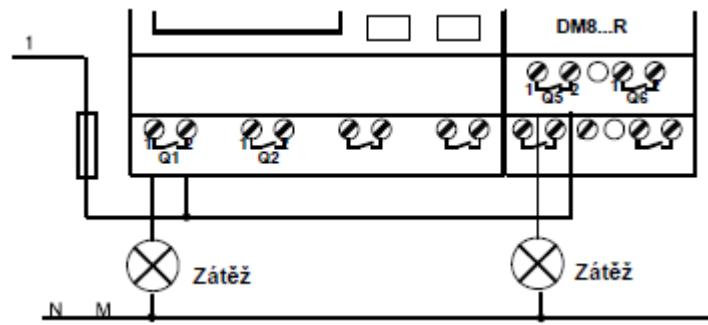
Na pozicích I3 až I6 se nacházejí vysokorychlostní vstupy, které jsou vybaveny rychlými vzestupnými/sestupnými čítači a prahovými spouštěči.

Na pozicích I1, I2, I7, I8 jsou analogové vstupy, které lze použít i jako standardní digitální vstupy. Tento režim je definován v programu LOGO! Soft Comfort při vytváření programu. Vstupy I7 a I8 jsou v analogové verzi dostupné pouze v rozsahu 0 – 10 V DC, což je vhodné pro použití například potenciometru. Pro připojení potenciometru 5 kΩ, je rezistor  $R$  v Obrázek 36 potřeba pouze u napájení 24 V a to o velikosti 6,6 kΩ. U napájení 12 V je možno rezistor vynechat.

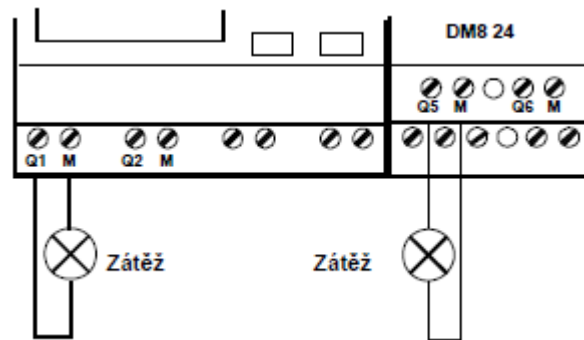


Obrázek 36 - Připojení vstupů [6]

Výstupy systému LOGO! jsou reléové (pokud je v názvu zařízení R), nebo polovodičové. Kontakty relé jsou odděleny od napájecího napětí a od vstupů. Na výstupy relé lze připojit různá zařízení, jako například stykače, motory, světla atd., ale nesmí být překročen proudový rozsah relé. U verzí s polovodičovými výstupy (chybí v názvu písmeno R) jsou výstupy chráněny proti zkratu a přetížení. Napájení pro zatížení výstupů dodává LOGO!. Maximální spínaný proud jednoho výstupu je 0,3 A pro polovodičový výstup, u modulu, který jsem měl k dispozici, byla na jeden reléový výstup maximální zátěž 10 A.



Obrázek 37 - Reléové výstupy [6]

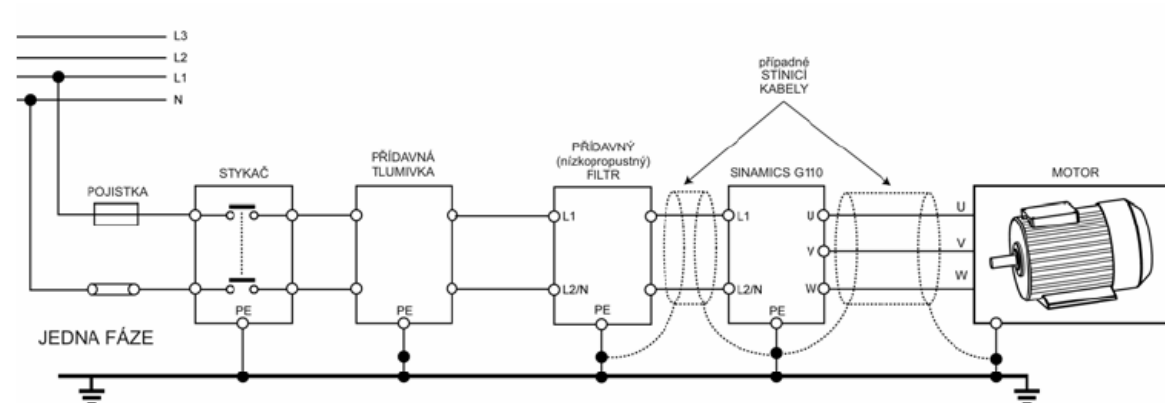


Obrázek 38 - Polovodičové výstupy [6]

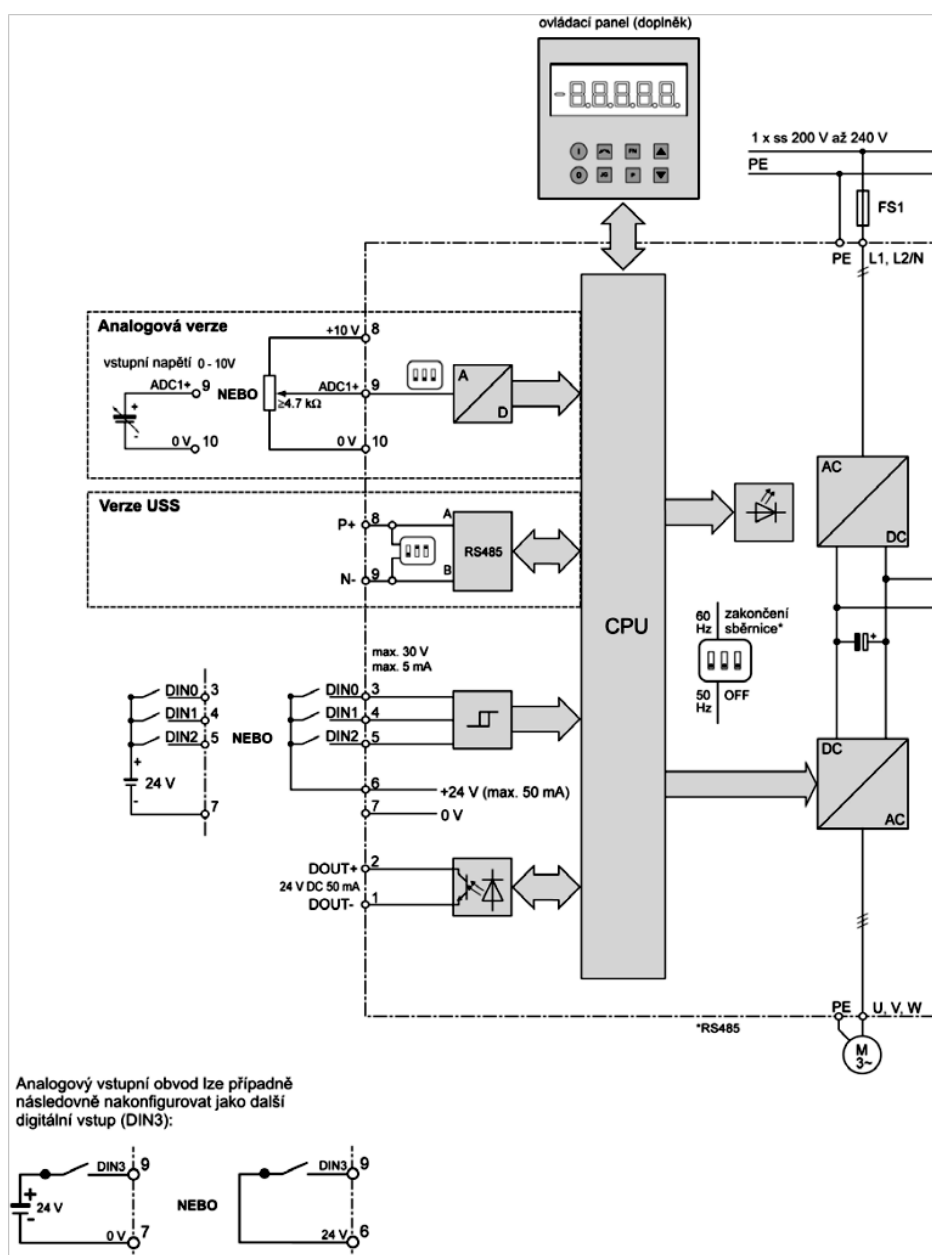
### 3.3 Frekvenční měnič Siemens Sinamics G110 [7]

Frekvenční měnič Siemens Sinamics G110 je jednofázově napájený měnič, určený k řízení pohonů. Nabízí napěťové / frekvenční řízení v rozsahu od 120 W do 3 kW výkonu. Měnič je ovládán mikroprocesorem a využívá moderních IGBT tranzistorů, které jsou velmi spolehlivé. Pomocí PWM je dosaženo tichého a rovnoměrného chodu řízeného motoru, který je zároveň chráněn vnitřními ochrannými funkcemi, jako je například ochrana proti předpětí, či podpětí, tepelná ochrana měniče i motoru, zemní a zkratová ochrana atd. Široké nastavení parametrů tohoto měniče ho předurčují k řízení mnoha aplikací. Parametry pro řízení aplikace se zadávají pomocí ovládacího panelu (je-li součástí), nebo pomocí univerzálního sériového rozhraní. Další jeho výhodou je možnost připojení do automatizovaných systémů, díky externím vstupům. Toho je také využito při realizaci laboratorní úlohy.

Měnič poskytuje možnost provozu na izolovaných sítích, tj. bez odrušovacího filtru. Obsahuje jeden digitální výstup (izolovaný optron), 3 neizolované digitální vstupy a jeden analogový (0 – 10 V), který lze využít jako digitální vstup. Pomocí ovládacího panelu je možné sledovat například aktuálně nastavenou frekvenci, či zobrazovat chybová hlášení.



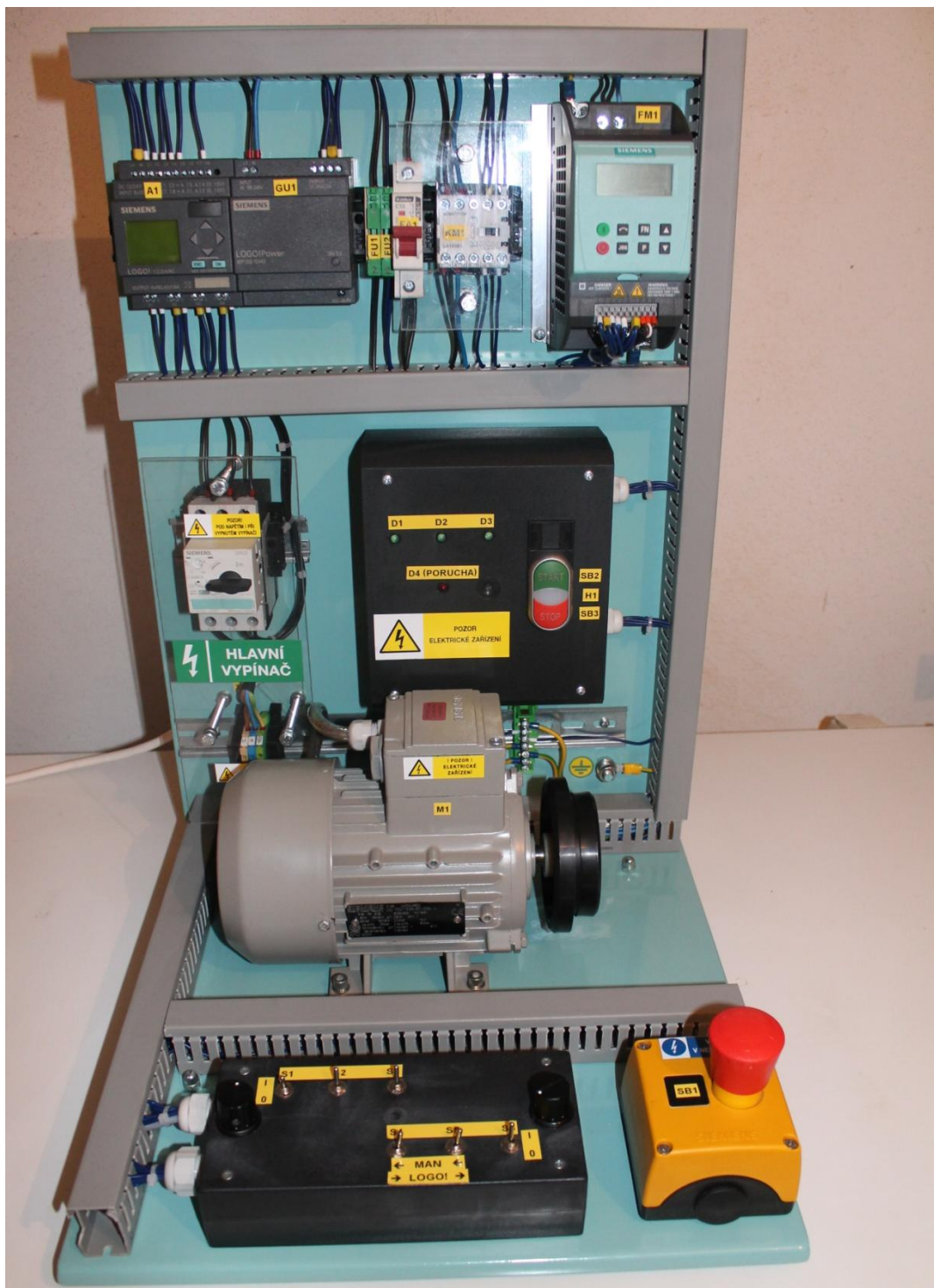
Obrázek 39 - Doporučené zapojení frekvenčního měniče Sinamics G110 [7]



Obrázek 40 - Blokové schéma měniče Sinamics G110 [7]

### 3.4 Realizace laboratorní úlohy – Řízení motoru pomocí PLC

Laboratorní úloha umožňuje prakticky vyzkoušet chování řídicího systému LOGO! po naprogramování zvolených parametrů, frekvenčního měniče Sinamics G110 a jejich vzájemnou spolupráci při řízení třífázového asynchronního motoru dle požadavků.



Obrázek 41 - Laboratorní úloha



Snahou bylo realizovat úlohu z hlediska praktičnosti a doporučených zapojení jednotlivých prvků. Realizována je ochrana proti zkratu pomocí pojistek a jističe odpovídajících hodnot uvedených v manuálech [6] a [7], ochrana dodatečným zemněním všech kovových částí a ochrana proti dotyku živých (částí pod napětím vyšším než 24 V) či rotačních částí. Na úloze jsou také umístěny informativní samolepky, jako například hlavní vypínač, napětí i při vypnutém vypínači atd. Průřezy a barvy vodičů odpovídají taktéž příslušným standardům. Kabeláž k třífázovému motoru je stíněna dle doporučení výrobce frekvenčního měniče. Aplikace s dvěma a více pohony by měly být jištěny tzv. „central stop“ ochranou, která odpojí od napětí všechny pohony najednou. Pro názornou ukázkou byla uvedená ochrana použita i v této aplikaci.

Zapojení celé úlohy je schematicky znázorněno v přílohách A a B.

Vrchní část celé úlohy je situována tak, aby studentům co nejvíce přiblížila praktickou ukázkou použití všech komponentů, například v rozvaděčích. Komponenty jsou připevněny na DIN lišty, všechny vodiče jsou opatřeny dutinkami příslušných průřezů (těm odpovídají jednotlivé barvy) a jsou vedeny v kanálcích různých rozměrů, dle počtu či průřezu procházejících vodičů. Všechny komponenty jsou opatřeny samolepkami s názvy, které jsou použity ve schématech v přílohách.

Po připojení do sítě (230 V) se úloha zapne hlavním vypínačem. Tím se spustí zdroj GUI a modul LOGO! A1. Pro start měniče je třeba zkontrolovat „central stop“ (SB1), pokud je tento spínač zamáčknutý, je rozpojeno spuštění stykače, který připojuje napětí na měnič. Spínač „central stop“ musí mít vždy rozpínací kontakt. V případě zamáčknutí stačí červeným tlačítkem otočit vlevo ve směru zobrazených šipek. Následným stiskem tlačítka **START** (SB2) na vrchní části úlohy, je měnič spuštěn a je rozsvícena kontrolní LED H1. Pro vypnutí měniče použijeme tlačítko **STOP** (SB3). Spínač „central stop“ neslouží k vypínání měniče, ale pouze k nouzovému zastavení motoru. Další funkce laboratorní úlohy se provádějí pomocí ovládacího panelu na obrázku 42.



Obrázek 42 - Laboratorní úloha – ovládací panel

## Popis ovládání laboratorní úlohy

- **Přepínače S4 a S5:**

Pokud jsou přepínače oba vpravo, ovládání motoru přes frekvenční měnič zajišťuje LOGO! – funkce LOGO!.  
Pokud jsou přepínače oba vlevo, motor se ovládá přes přepínače S1, S2, S3 manuálně – funkce MAN.
- **Přepínač S1:**

Při funkci LOGO!, dává signál modulu LOGO! v poloze „1“, aby dal povel měniči spustit motor. Ve funkci LOGO! je nastaveno dávat měniči 17 sekund povel START a 6 sekund povel STOP.  
Při funkci MAN je v poloze „1“ dán povel měniči START, v poloze „0“ povel STOP.
- **Přepínač S2:**

Tento přepínač slouží při obou funkcích k zapnutí reverzace (změna směru otáčení motoru). Při funkci LOGO! a přepínači v poloze „1“ je každých 5 sekund pomocí modulu LOGO! dáván měniči povel reverzuj a každých 5 sekund se nastaví jiný směr otáčení motoru.  
Při funkci MAN je v poloze přepínače „0“ smysl otáčení motoru vlevo, při poloze „1“ je smysl otáčení vpravo.
- **Přepínač S3:**

Slouží k simulaci externí poruchy. Při obou funkcích je simulace poruchy zapnuta v poloze přepínače „0“. V poloze „1“ (je vše v pořádku) je porucha vypnuta.
- **Přepínač S6:**

Slouží k nastavení LED D4 (porucha) na blikající (poloha přepínače „0“) nebo svítící (poloha přepínače „1“)
- **Potenciometr P1:**

Jeho levý doraz vyvolá při funkci LOGO! externí chybu, jeho pravý doraz vyvolá při funkci LOGO! trvalé spuštění motoru (nastaví na výstup LOGO! Q1 trvale hodnotu „1“). Je připojen na analogový vstup AI1(I8) modulu LOGO!.  
Při funkci MAN nemá tento potenciometr na funkci vliv.
- **Potenciometr P2:**

Slouží k nastavení frekvence na frekvenčním měniči a tím nastavení otáček motoru. Je připojen na analogový vstup frekvenčního měniče.

## Externí porucha

Externí porucha může simulovat například přehřátí motoru, nedostatek kapaliny v okruhu, pokud měnič ovládá motor čerpadla, nebo např. otevřený bezpečnostní kryt stroje.

Externí poruchu simulujeme pomocí přepínače S3. Po spuštění externí poruchy se rozsvítí, či rozbliká (dle nastavení přepínače S6) LED D4. Na displeji měniče se zobrazí F0085 (externí porucha). Po odstranění externí poruchy (přepnutí přepínače S3) je třeba ještě měniči sdělit, že porucha je odstraněna zmáčknutím tlačítka FN na ovládacím panelu měniče. Měnič potom čeká na nový povel START, proto je třeba vyčkat, než ve funkci LOGO! proběhne časový interval do nového povelu START (lze urychlit přepnutím přepínače S1), nebo ve funkci MAN toto udělat přepínačem S1.

### Informační LED

Na obrázku 43. jsou vyobrazeny čtyři LED. Tři zelené jsou funkční jen pokud je aktivní funkce MAN (přepínače S4 a S5 jsou vlevo), potom se jedná o výstupy z LOGO!. Výstup Q1 ovládá D1, výstup Q2 D2 a výstup Q3 ovládá D3, která pokud svítí, je vše v pořádku a externí porucha je vypnutá.

Pokud je aktivní funkce LOGO! (přepínače S4 a S5 jsou vpravo) zelené LED jsou odpojeny.

LED D4 indikuje externí poruchu.



Obrázek 43 - Informační LED

### Motor

V laboratorní úloze je použit třífázový asynchronní motor Siemens 1LA7073 – 4AB10Z o výkonu 370 W a maximálních otáčkách  $1370 \text{ ot} \cdot \text{m}^{-1}$  při frekvenci 50 Hz. Motor je zapojen do trojúhelníku, dle návodu výrobce. Další údaje lze vyčíst z typového štítku motoru na obrázku 44.



Obrázek 44 - Motor

Informace z typového štítku motoru jsou dále použity při nastavování hodnot do frekvenčního měniče z důvodů správného přepočtu pro řízení a ochranu motoru a měniče. Další informace o motoru, jako jsou přesné rozměry motoru, velikosti a rozteče děr pro uchycení, rozměry výstupní hřídele, hmotnost atd., lze získat na internetových stránkách výrobce ([www.siemens.cz](http://www.siemens.cz)) v příslušném manuálu k motoru.

### Nastavení frekvenčního měniče

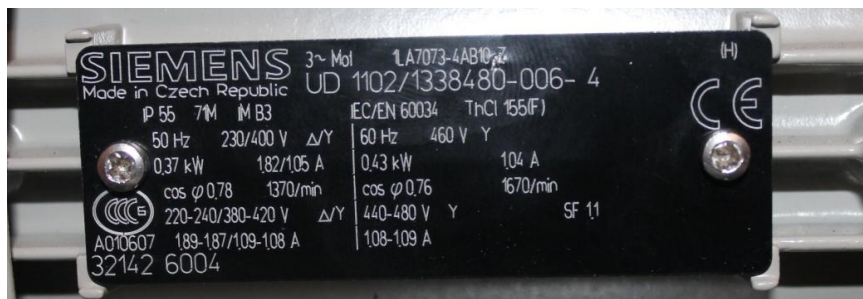
Frekvenční měnič Siemens Sinamics G110, který je použit v laboratorní úloze, je třeba nastavit pomocí příslušných parametrů. Základní parametry jsou uvedeny v manuálu [7].

Změnu parametrů provedeme z ovládacího panelu podle příkladu na obrázku 45. Pomocí příkladu provedeme změnu přístupových práv, abychom měli přístup do nastavení dalších potřebných parametrů.

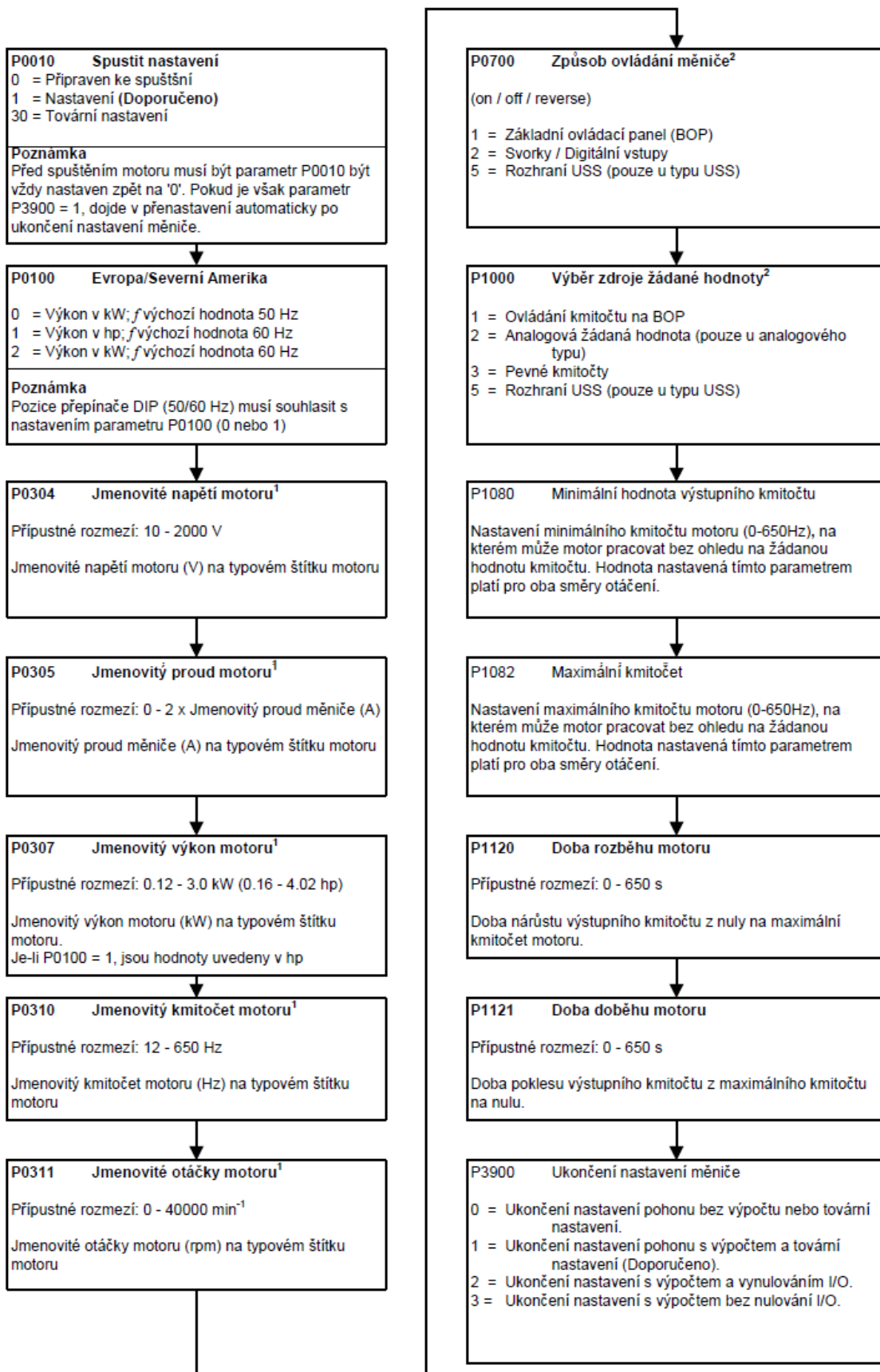
1	Pro přístup k parametrům stiskněte <b>P</b>	r 0000
2	Podržte <b>▲</b> stisknuté, dokud se nezobrazí P0003.	P 0003
3	Stisknutím <b>P</b> zobrazíte hodnotu parametru.	1
4	Stisknutím <b>▲</b> nebo <b>▼</b> zobrazíte žádanou hodnotu (nastavení na 3).	3
5	Stisknutím <b>P</b> hodnotu potvrdíte a uložíte.	P 0003
6	Uživatel má nyní přehled o parametrech úrovně 1 až 3.	

Obrázek 45 - Příklad nastavení parametrů měniče

Tímto způsobem je třeba nastavit ještě parametry pro odpovídající řízený motor. Postup nastavení parametrů pro motor, který chceme použít, je na obrázku 47. Do parametrů se zadávají jednotlivé údaje z typového štítku.



Obrázek 46 - Typový štítek motoru



Obrázek 47 - Nastavení parametrů pro motor [7]

Seznam parametrů nastavených v laboratorní úloze:

Tabulka 14 - Parametry měniče pro laboratorní úlohu

Číslo parametru	Hodnota
P0100	0
P0304	230
P0305	1.80
P0307	0.37
P0310	50.00
P0311	1370
P0700	2
P1000	2
P1080	0.00
P1082	50.00
P1120	6.00
P1121	3.00

Po tomto nastavení je měnič schopný ovládat motor použitý v laboratorní úloze přes externí vstupy DIN0 až DIN2. Dále lze řídit otáčky motoru z analogového vstupu pomocí potenciometru P2. Nakonec je nutné nastavit parametr, kterým je použití externí chyby přivedené na DIN2. To provedeme nastavením parametru P0703 na hodnotu 29.

### LOGO!

Modul LOGO! není třeba nijak nastavovat, je nutné do něj pouze nahrát odpovídající program. Na následujícím obrázku 48. je uveden program, který obsluhuje frekvenční měnič.

#### Popis programu

Pokud je na vstupu I1 (přepínač S1) detekována logická úroveň „1“, je spuštěn asynchronní pulzní generátor s délkou pulzu s logickou hodnotou „1“ 17 sekund a logickou hodnotou „0“ 6 sekund. Dále je použita funkce OR, do které vstupuje výsledek z generátoru a analogového spínače 1, který vyhodnocuje, jestli je hodnota z potenciometru P2 v levém dorazu. Výsledek je vyhodnocen a přiveden na výstup Q1. Toto řídí povel START a STOP měniči.

Logická „1“ na vstupu I2 (přepínač S2) sepne další asynchronní pulzní generátor, který generuje pulzy s logickými hodnotami „0“ a „1“ po pěti sekundách. Tyto hodnoty řídí výstup Q2.

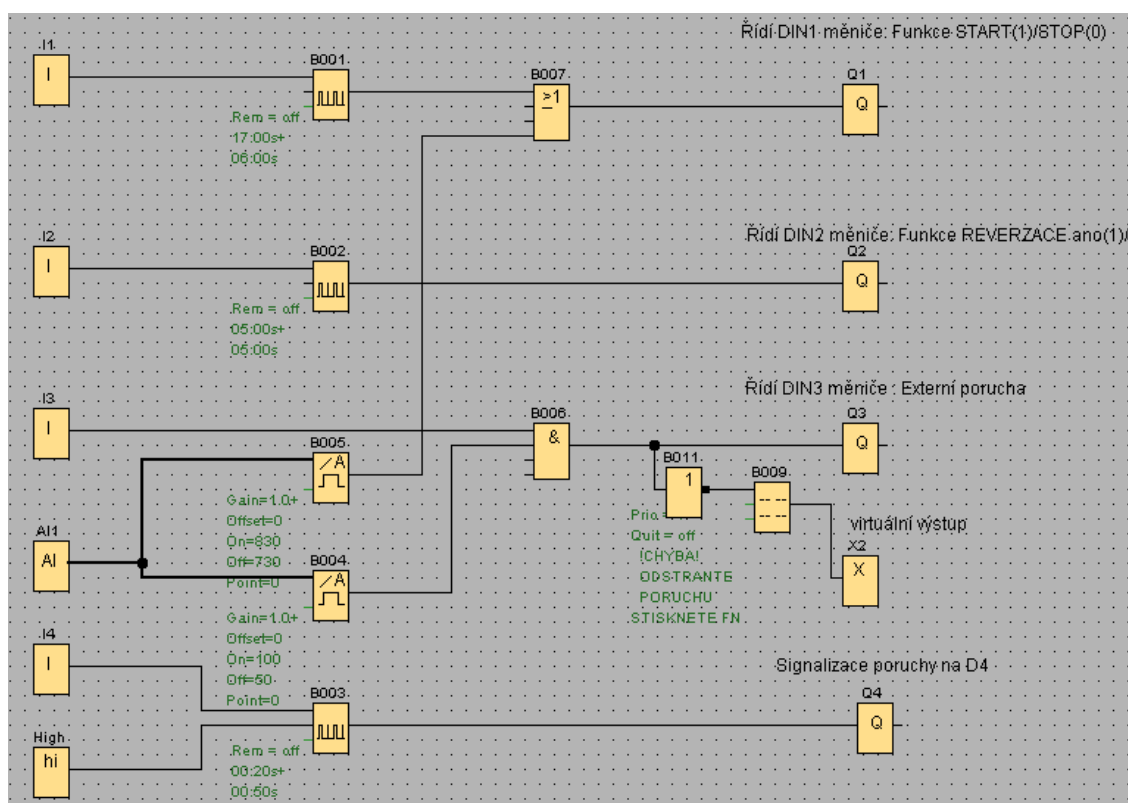
Vstup I3 (přepínač S3) ovládá externí poruchu. Pro vyhodnocení výstupu Q3 je vyhodnocován stav přepínače S3 a stav potenciometru P1. Při logické „1“ na vstupu I3, a logické „1“ na výstupu analogového spínače 2 pro vyhodnocení polohy potenciometru, je pomocí funkce AND výsledná hodnota výstupu Q3 v logické „1“ a porucha není signalizována. Pokud však jedna z podmínek není v logické „1“, funkce AND toto

vyhodnotí jako výslednou hodnotu logické „0“. Zároveň je na displeji LOGO! vypísáno hlášení o chybě a odstranění poruchy, která je negována a zakončena virtuálním výstupem.

Analogový vstup AI1 (vstup I8) je dále vyhodnocován analogovými spínači.

Vstup I4 pouze vyhodnocuje logickou „0“ nebo „1“ pro asynchronní pulzní generátor, který zajišťuje blikání, či svícení D4 na výstupu Q4. Blikání je provedeno tak, že 500 ms LED svítí a 200 ms nesvítí.

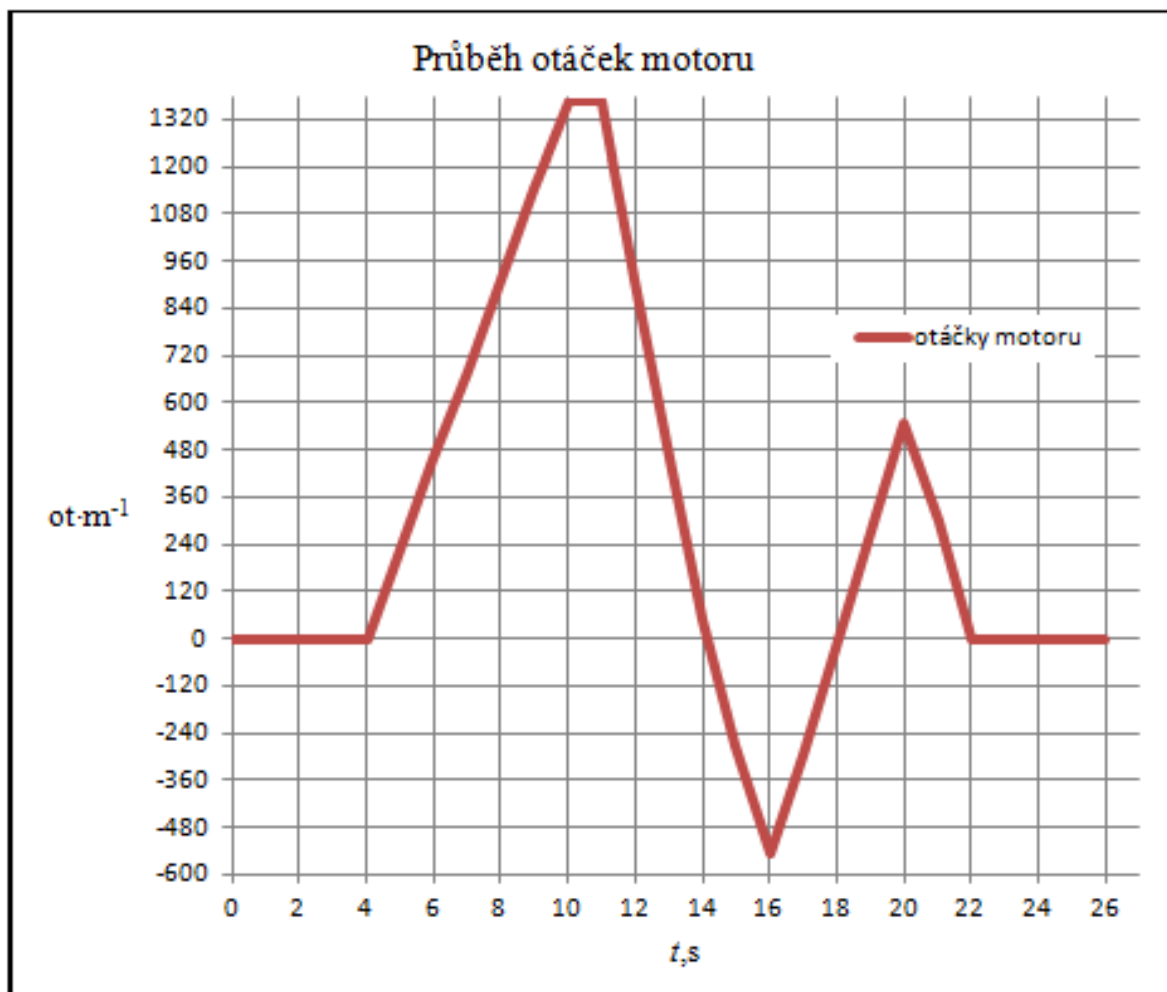
U všech uvedených funkcí je vypnuta paměť, aby v případě výpadku napájení funkce zahájily svoji činnost z hodnot před výpadkem napájení, jak je vidět na obrázku 48. (parametr Rem = off).



Obrázek 48 - Naprogramování LOGO! - řízení motoru přes měnič

Na obrázku 49. je graficky znázorněn průběh otáček při řízení přes modul LOGO!. V čase  $t = 4$  s přijde požadavek na zapnutí motoru pomocí přepínače S1. Podle nastavení doby rozběhu motoru na frekvenčním měniči je doba rozběhu motoru 6 s. Za tuto dobu dosáhne motor maximálních otáček ( $1370 \text{ ot} \cdot \text{m}^{-1}$ ). V čase  $t = 11$  s je přepnut přepínač S2 a je zaznamenán požadavek na reverzaci. Během 3 s, což je doba brzdění, nastavená na měniči, je motor zastaven a změní se otáčky. Za 5 s dává LOGO! povel opět na změnu otáček a proto motor nedosáhne maximálních otáček v druhém směru otáčení. Po 17 s, tedy v čase  $t = 21$  s, modul LOGO! přestane dávat povel START měniči a motor se zastaví. Za dobu

6 s, kdy LOGO! dává měniči povel STOP, by se v případě přepínače S2 v poloze „0“ motor rozeběhl opět do maximálních otáček na 17 s.



Obrázek 49 - Graf otáček při funkci LOGO!



## 4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření nové laboratorní úlohy pro řízení motoru pomocí programovatelného logického automatu LOGO! a frekvenčního měniče Sinamics G110. Nejdříve bylo nutné dohledat příslušné manuály pro zmíněné komponenty a z těch nastudovat jejich funkci, zapojení a ovládání. Dalším krokem bylo vytvoření schématu pro zapojení úlohy. Následovalo vytvoření nosné desky, která je z důvodu velikosti komponent a jejich počtu relativně rozměrná. Následovaly nezbytné úpravy DIN lišt a kanálků pro vodiče a umístění komponent a přepínačů do krabic. Poté bylo nutné vše demontovat a provést finální úpravu nosné desky (pískování, lakování apod.). Po zpětné montáži lišt a komponent přišlo na řadu propojení vodiči. Následovalo zkopírování předem vytvořeného a simulací ověřeného programu do modulu LOGO! a ověření všech požadovaných funkcí. Největší potíže působilo hlášení externí chyby, kdy v parametru P0703 nebyla zadána správná hodnota a frekvenční měnič nereagoval na externí chybu. Po odstranění tohoto nedostatku byla funkčnost úlohy již bez potíží. Posledním úkonem při realizaci mechanické části úlohy bylo zakrytí potencionálně nebezpečných míst plexisklem a umístění informativních a bezpečnostních samolepek.

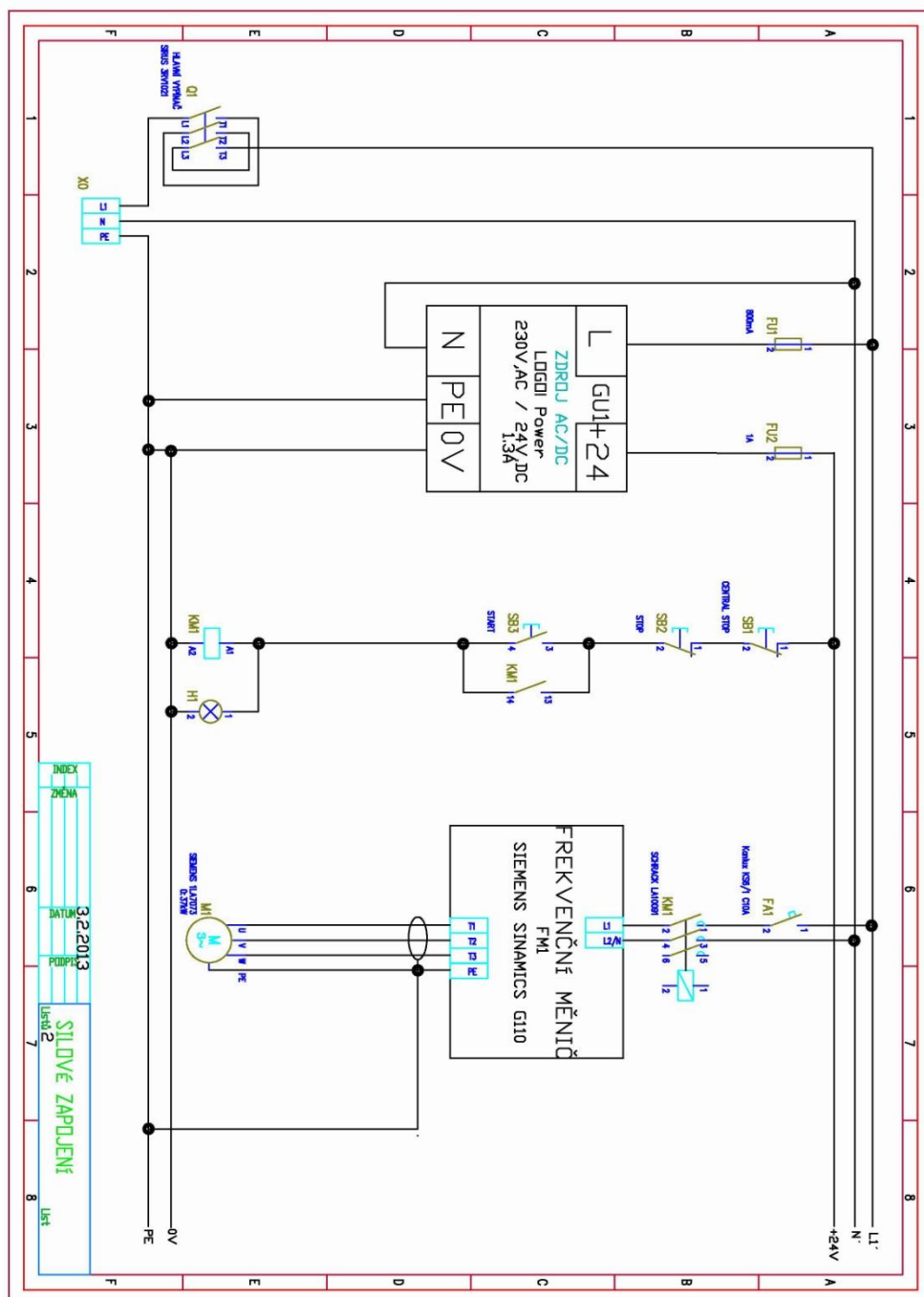
Na úloze je možné si vyzkoušet ovládání motoru přes frekvenční měnič pomocí externích přepínačů a potenciometru. Je možné také sledovat, jak programovatelný logický automat řídí frekvenční měnič sám, podle zadané vstupní logiky, kterou mohou být například různé snímače hladin, snímače polohy atd. Tato úloha umožní studentům rozvíjet své znalosti z oblasti programovatelných logických automatů, frekvenčních měničů a třífázových asynchronních motorů. Umožní vyzkoušet si v praxi funkci a ovládání těchto komponentů, jejich různá nastavení, ať už pomocí změny programu v modulu LOGO!, nebo pomocí změny parametrů frekvenčního měniče pro řízení motoru. Úloha má také představovat správné rozmístění, instalaci a označení komponentů v rozvaděčích různých strojů a systémů.

Instalace prostředí LOGO! Soft Comfort je velice jednoduchá a rychlá. Je v ní zahrnuta i instalace ovladačů USB kabelu, který je třeba k naprogramování modulu LOGO!. Samotné prostředí je příjemné a jednoduché. Programovat je možné v grafických jazycích FBD, nebo LD, díky kterým se uživatel snadno orientuje v programu a vývoj programu je tak jednodušší.

## Literatura

- [1] ŠMEJKAL, Ladislav, MARTINÁSKOVÁ, Marie. *PLC a automatizace: 1. Základní pojmy, úvod do programování*. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1999, 223 s. ISBN 80-860-5658-9.
- [2] *Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic*. [online]. 2007, s. 101 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: [http://www.edumat.cz/texty/Programovani\\_IEC61131-3.pdf](http://www.edumat.cz/texty/Programovani_IEC61131-3.pdf)
- [3] *Frekvenční měniče: Princip - Frekvenční měniče*. [online]. 2011 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://www.pohonnatechnika.cz/frekvencni-menice/princip-fm>
- [4] *Logické řízení*. Vysoké učení technické v Brně: Ústav automatizace a informatiky [online]. [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a4-603/opory/elr.pdf>
- [5] *Booleova algebra*. Wikipedie [online]. [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Booleova\\_algebra](http://cs.wikipedia.org/wiki/Booleova_algebra)
- [6] *Manuál LOGO! 0BA6: Uživatelská příručka logického modulu LOGO! řady 0BA6*. [online]. 10. vyd. Praha: Siemens s.r.o., 2008, 201s. [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: [http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data\\_files/automatizacni\\_systemy/mikrosystemy/logo/zakladni\\_pristroje/\\_manualy/manual\\_logo-0ba6\\_11-2008\\_cz.pdf](http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/logo/zakladni_pristroje/_manualy/manual_logo-0ba6_11-2008_cz.pdf)
- [7] *Návod k obsluze: Sinamics G110*. [online]. 2003, 86s. [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: [http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data\\_files/technika\\_pohonu/menice/stridave\\_menice/nizkonapetove\\_menice/sinamics\\_g110/\\_manualy/opi\\_sinamics\\_g110\\_04-2003\\_cz.pdf](http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/technika_pohonu/menice/stridave_menice/nizkonapetove_menice/sinamics_g110/_manualy/opi_sinamics_g110_04-2003_cz.pdf)

# Příloha A – Schéma silového zapojení



## Příloha B – Schéma zapojení ovládání

