

# **Modernizace laboratorních úloh pro předmět Základy robotiky**

Bc. Miroslav Šamánek

---

Diplomová práce  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2007/2008

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Miroslav ŠAMÁNEK**  
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Modernizace laboratorních úloh pro předmět  
Základy robotiky**

Zásady pro vypracování:

- 1) Vypracujte rešerši na dané téma
- 2) Připravte výukové materiály pro předmět Základy robotiky, které ve vhodné formě budou umístěny na web
- 3) Vypracujte přehledný systém laboratorních úloh ze Základů robotiky

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1) **CHVÁLA, Břetislav, MATIČKA, Robert, TALÁCKO, Jaroslav. Průmyslové roboty a manipulátory. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 280 s. ISBN 80-03-00361-x**

2) **PIVOŇKA, Josef, et al. Tekutinové mechanismy. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987. 642 s.**

3) **MAŇAS, Miroslav. Základy robotiky. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1991. 99 s. ISBN 8021402792**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. David Sámek, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2008**

Termín odevzdání diplomové práce:

**23. května 2008**

Ve Zlíně dne 29. ledna 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Mañas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Cílem práce je vypracování přehledného systému laboratorních úloh pro předmět Základy robotiky. Nově zakoupené laboratorní vybavení, s moderními prvky, umožnilo vytvoření nových perspektivních zadání. Inovované a rozšířené stávající zadání, byly sjednoceny zavedením nového jednotného systému laboratorních cvičení. V rámci práce, byly rovněž vypracovány materiály pro samostatnou přípravu studentů ke studiu, které mohou zároveň posloužit jako vhodný prostředek pro přípravu studentů ke zkoušce.

Klíčová slova: robotika, cvičení, podpůrné materiály.

## **ABSTRACT**

The scope of my work encompasses the development of a transparent system of laboratory exercises in the field of robotics Basics. This involves using new laboratory equipment with modern components to create fresh and promising assignments. Current innovations are integrated by means of the launching of a new uniform system of laboratory exercises. Following on from the above, new materials have been developed for the preparation of autonomous studies by students. These materials can also be very useful for preparing students for their examinations.

Keywords: robotics, exercises, supporting materials.

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi v průběhu zpracování diplomového tématu poskytl.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 KLASIFIKACE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ</b> .....	<b>11</b>
1.1 JEDNOÚČELOVÉ MANIPULÁTORY .....	17
<b>2 POHONY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ</b> .....	<b>19</b>
2.1 MECHANICKÝ POHON .....	20
2.2 ELEKTRICKÝ POHON .....	21
2.3 HYDRAULICKÝ POHON.....	25
2.4 PNEUMATICKÝ POHON.....	27
<b>3 PNEUMATICKÉ MECHANISMY</b> .....	<b>29</b>
3.1 VLASTNOSTI PLYNŮ.....	30
3.2 VÝROBA STLAČENÉHO VZDUCHU .....	31
3.2.1 Rozdělení kompresorů .....	32
3.2.2 Úprava Stlačeného Vzduchu .....	34
<b>4 PRVKY PNEUMATICKÝCH MECHANISMŮ</b> .....	<b>36</b>
4.1 PNEUMATICKÉ VÁLCE.....	36
4.1.1 Jednočinné pneumatické válce .....	37
4.1.2 Dvojčinné pneumatické válce .....	38
4.1.3 Speciální pneumatické válce .....	39
4.2 PRVKY PRO ŘÍZENÍ TLAKU .....	41
4.3 PRVKY PRO ŘÍZENÍ PRŮTOKU .....	42
4.4 PRVKY PRO ŘÍZENÍ SMĚRU PRŮTOKU .....	43
4.5 PROPORCIONÁLNÍ PRVKY .....	47
4.6 SERVOMECHANISMY.....	48
4.7 VAKUOVÉ PUMPY .....	49
4.8 POMOCNÉ PRVKY .....	50
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>53</b>
<b>5 PNEUMATICKÉ MECHANISMY</b> .....	<b>55</b>
5.1 OBECNÉ ZÁSADY KRESLENÍ SCHÉMAT .....	56
5.2 ZÁKLADNÍ POJMY A OZNAČOVÁNÍ .....	58
5.3 OZNAČOVÁNÍ PRVKŮ PÍSMENY .....	61
5.3.1 Zobrazování prvků .....	63
5.4 OZNAČOVÁNÍ PRVKŮ ČÍSLICEMI .....	63
5.4.1 Označování vedení .....	65

5.5	KOMBINOVANÝ ZPŮSOB OZNAČOVÁNÍ .....	65
5.6	PŘÍMÉ A NEPŘÍMÉ ŘÍZENÍ .....	67
5.7	TYPY OVLÁDÁNÍ.....	68
<b>6</b>	<b>ELEKTROPNEUMATICKÉ MECHANISMY .....</b>	<b>73</b>
6.1	ZÁKLADNÍ POJMY .....	74
6.2	ZÁSADY KRESLENÍ ELEKTROSCHÉMAT.....	79
6.3	OZNAČOVÁNÍ PRVKŮ .....	82
6.3.1	Zobrazování prvků .....	86
6.4	PŘÍMÉ A NEPŘÍMÉ ŘÍZENÍ.....	86
<b>7</b>	<b>FUNKČNÍ DIAGRAMY.....</b>	<b>90</b>
7.1	KROKOVÝ DIAGRAM.....	90
7.2	ČASOVÝ DIAGRAM .....	91
7.3	DIAGRAM OVLÁDÁNÍ.....	92
7.4	PŘEKRÝVÁNÍ ČINNOSTÍ.....	94
<b>8</b>	<b>OBECNÝ PŘÍKLAD.....</b>	<b>98</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>103</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>105</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>107</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>108</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>111</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>112</b>

## ÚVOD

S pneumatickými a elektropneumatickými mechanismy se stále častěji setkáváme v provozu výrobních strojů a zařízení. K jejich velkému rozvoji a širokému uplatnění, zejména v posledních několika letech přispěly svými výhodnými vlastnosti, ale rovněž i svou cenovou dostupností. V souvislosti s rozvojem těchto mechanismů, vyvstala potřeba jednoduchého a přesného označování jednotlivých prvků a komponent zařízení. K označování těchto mechanismů lze díky jejich dynamickému rozvoji přistupovat mnoha různými způsoby. V současnosti se díky tomu můžeme setkávat s různými formami firemního nebo eventuálně podnikového označování, což může v konečném důsledku vést k problémům s funkčností navržených obvodů. Proto je jedním z kladených cílů této práce uvedení nejběžnějších a nejpoužívanějších způsobů kreslení a označování těchto mechanismů.

Studijní materiál je koncipován jako podpůrná studie pro cvičení z předmětu Základy robotiky. V teoretické části práce je kladený důraz především na osvětlení základních pojmů, rozdělení a seznámení se s problematikou pneumatických mechanismů. Samostatná část je pak věnována studiu průmyslových robotů a manipulátorů, jakožto hlavních a zásadních prostředků automatizace výroby. U průmyslových robotů a manipulátorů je uvedeno jejich základní členění a možnosti realizace jejich pohonů.

Praktická část diplomové práce je vymezena pro inovaci stávajících a sestavení nových praktických cvičení pro předmět Základy robotiky. Nové a stávající řešení úloh bude spojeno zavedením nového jednotného systému komplexních zadání. Tato cvičení mohou studenti realizovat na pěti mobilních výukových stavebnicových systémech od firmy SMC (pro potřeby výuky jsou k dispozici čtyři mobilní Pneutrainery SMC pro pneumatiku a jeden výukový systém pro výuku elektropneumatiky) nebo eventuálně na novém výukovém stavebnicovém systému firmy FESTO, pro výuku pneumatiky (dále zjednodušeně označovaném Pneutrainer FESTO). Celkem je tedy k dispozici šest úloh, pro které je třeba modifikovat nebo eventuálně vytvořit nová zadání. V praktické části práce bude rovněž vymezen prostor, určený pro seznámení studentů s formálními pravidly pro kreslení pneumatických a elektropneumatických schémat obvodů, s principem označování prvků a užívaného názvosloví komponent. Hlavním cílem laboratorních cvičení je, aby studenti po aplikování studijního kurzu, byli schopni sestavit efektivní a funkční pneumatické a elektropneuma-



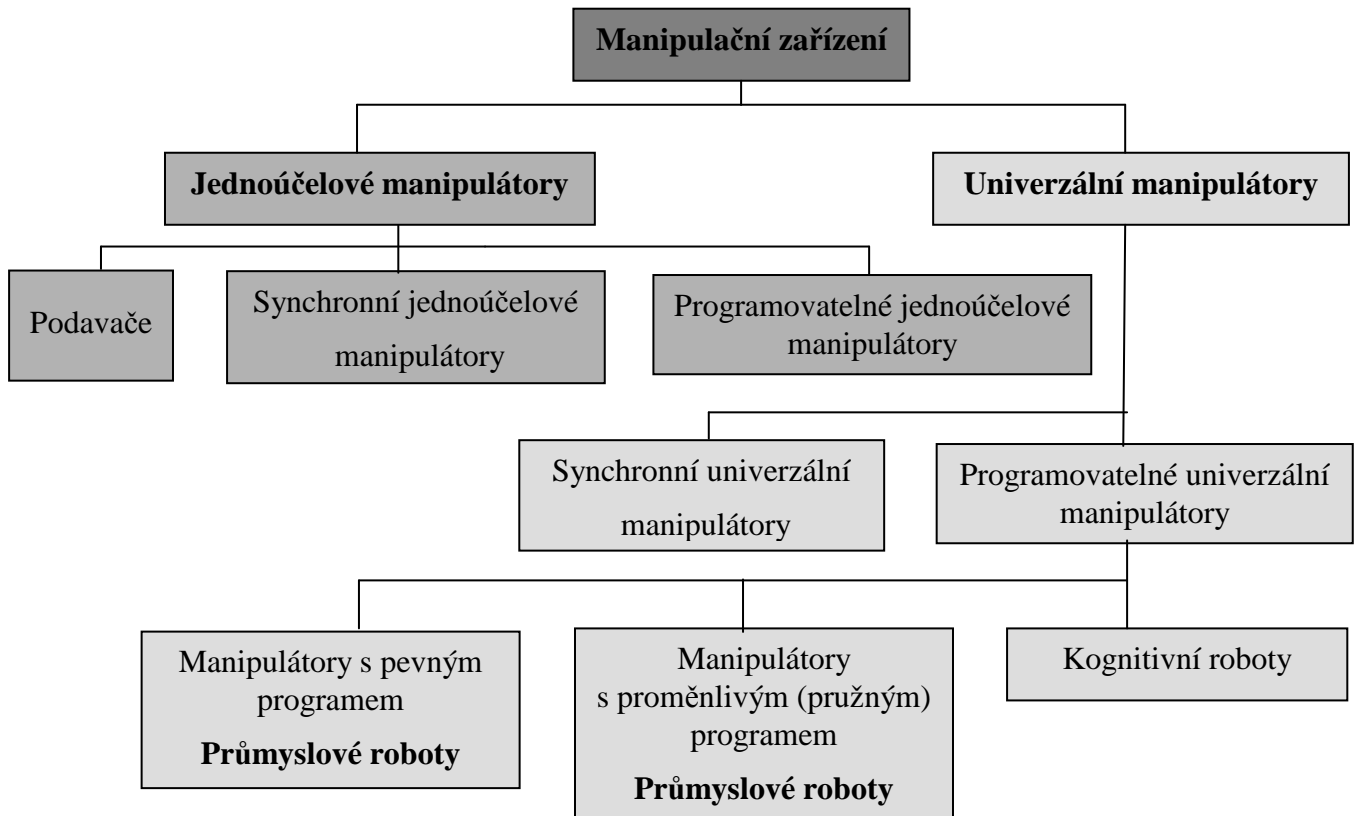
tické obvody a dále byli schopní pružně přizpůsobit stávající řešení novým pracovním požadavkům.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 KLASIFIKACE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

Komplexní automatizace prostřednictvím svých příslušných prostředků řeší úkoly jak výrobní, tak nevýrobní sféry. V oblasti modernizace nachází uplatnění jak ve strojírenské, tak i nestrojírenské výrobě. Ve všech těchto oblastech činnosti je možné v konkrétních případech technicky i ekonomicky účelně nasadit průmyslové roboty a manipulátory. Průmyslové roboty a manipulátory patří k nejprogresivnějším prvkům automatizace. Manipulátory a roboty nahrazují stále více lidského činitele při manipulaci s materiálem a slouží i k rozsáhlé automatizaci technologických procesů. [1]

Manipulátory, automatická ruka, robot či univerzální podávací zařízení – to jsou názvy pro univerzální automatizované zařízení, které vykonává pohyby obdobné pohybům lidské ruky. Používá se jich k manipulaci s nejrůznějšími předměty. Možnost použití vhodných úchopných členů včetně podtlakových zařízení umožňuje jejich použití i pro manipulaci s křehkými a různě tvarovanými polotovary a výrobky. Protože manipulace s předměty je typická oblast nasazení průmyslových robotů a manipulátorů, lze si na ní ukázat nejen jednotlivé typy manipulačních zařízení, ale i jejich rozdělení do příslušných skupin. Podle složitosti provedení a stupně řízení lze rozdělit manipulační zařízení viz Obr. 1. [1]



Obr. 1. Rozdělení manipulačních zařízení. [2]

### Jednoučelové manipulátory

Tvoří většinou součást obsluhovaného stroje, jsou jím řízeny, někdy ani nemají vlastní pohon, tvarově a konstrukčním provedením jsou podřízeny stroji. Mají omezenou funkci. [1]

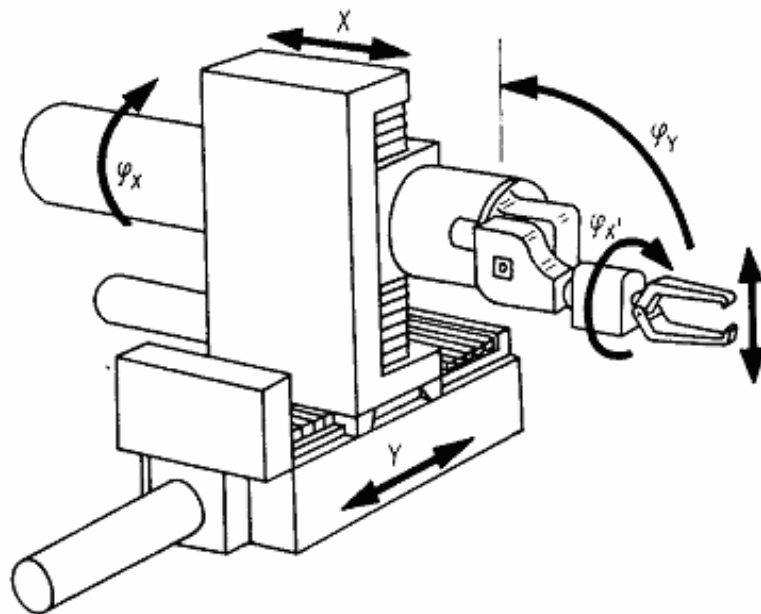
Nejčastěji se jedná o podávací mechanismy, manipulační zařízení ovládané přímo člověkem (synchronní manipulátory), ale i manipulátory řízené programem. Pohyby vykonávané jednoučelovými manipulátory jsou jednoduché, jedná se např. o výměnu nástrojů nebo polotovarů, přemísťování polotovarů apod. [3]

Tento typ manipulátorů má velký význam pro mechanizaci a automatizaci technologických procesů, uživatelé si jejich prostřednictvím automatizují stávající stroje, často si tato jednoduchá zařízení také sami zhotovují. [1]

### Univerzální manipulátory

Mají větší rozsah manipulačních možností, které se využívají podle způsobu nasazení. Jejich použitelnost není do určité míry omezena typem stroje ani součástí. Rozhodující jsou především kinematické parametry (počet stupňů volnosti druh dílčích pohybů), roz-

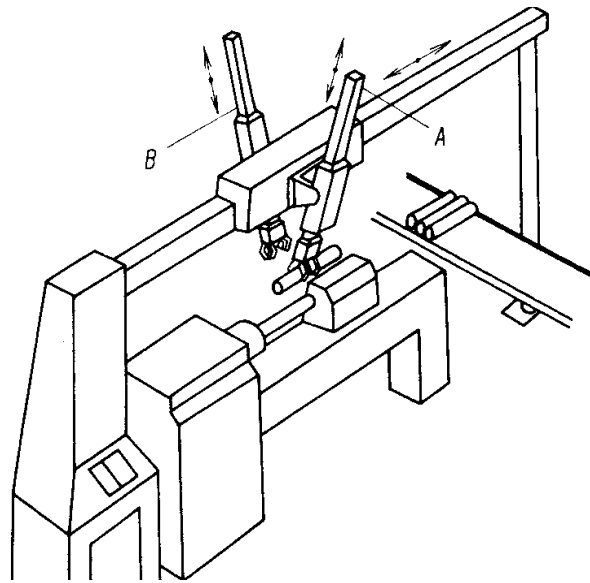
sahy jednotlivých pohybů, přesnost polohování, maximální zatížení. Pro uchopení předmětu se většinou používají jednoúčelové úchopné hlavice, které jsou přizpůsobeny tvaru předmětu a jejich rozměrům. Víceúčelové (univerzální) manipulační mechanismy lze použít na různých pracovištích, popřípadě k současné obsluze několika strojů. Je zřejmé, že vlastnosti univerzálních manipulátorů pokrývají v nejširším rozsahu především průmyslové roboty. Univerzální manipulátory mají vlastní řízení, provedení pohonem i funkcí jsou nezávislé na obsluhovaném stroji. [1]



Obr. 2. Ukázka skladby univerzálního manipulačního mechanismu. [1]

#### Podavače

Jsou nejjednoduššími jednoúčelovými manipulátory. Tvoří většinou s ovládaným strojem jeden celek; jsou jím řízeny, mají od něj odvozen pohon. Tyto "podávací" mechanismy mají velký význam pro automatizaci technologických procesů. [2]



Obr. 3. Soustruh s portálovým podavačem. [1]

#### *Synchronní manipulátory (teleoperátory)*

Synchronní manipulátory (teleoperátory) jedno-, ale i víceúčelové, jsou manipulační zařízení ovládané člověkem. Tyto manipulační mechanismy představují zesilovací ústrojí pro zesílení silových a pohybových veličin, popudů vyvolávaných pracovníkem. Rozdíly mezi jedno a více účelovými manipulátory je pouze v konstrukčním provedení. Nevýhodou jednoúčelových manipulátorů je nemožnost použití pro jiný druh manipulace, než pro jaký byly zhotovené. Univerzální synchronní manipulátory kopírují pohyby člověka a tvoří tak vlastně uzavřenou regulační smyčku. Jsou nezávislé na obsluhovaném výrobním stroji. Tato zařízení jsou však poměrně drahá a proto se více uplatňují jednoúčelové manipulátory. [3]

#### *Programovatelné manipulátory*

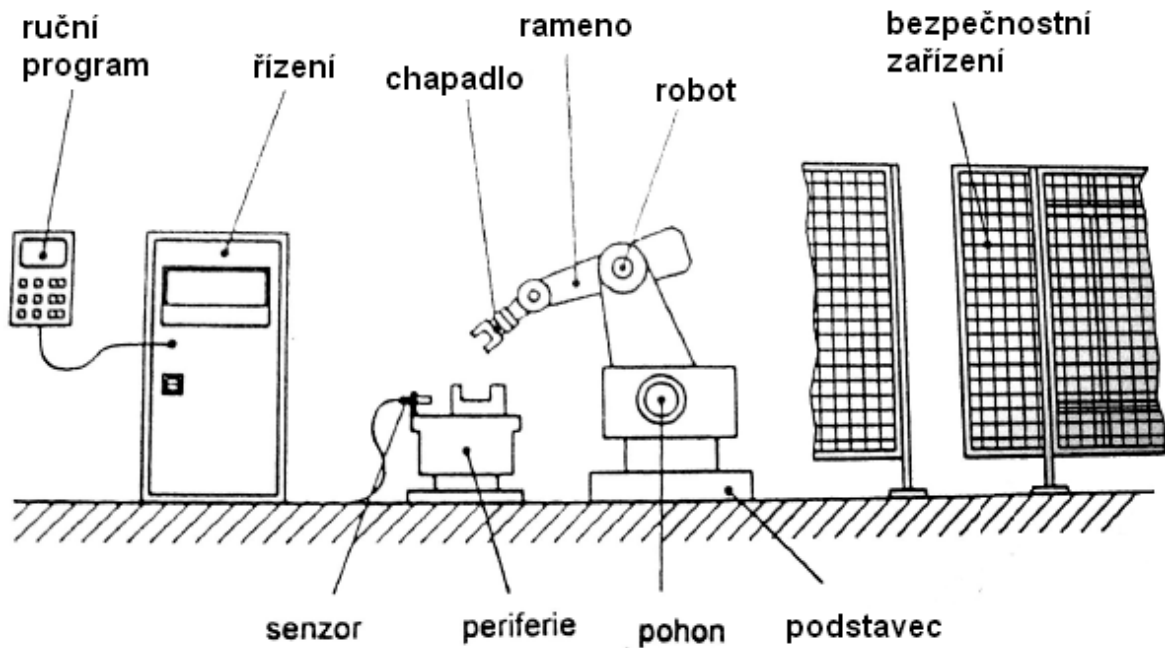
Jsou řízeny programovým ústrojím: provedením, pohonem, funkcí jsou nezávislé na obsluhovaném stroji. [1]

Podle míry inteligence se dělí do 3 vývojových generací:

- Manipulátory s pevným programem (1. generace).
- Manipulátory volně programovatelné (2. generace).
- Inteligentní (kognitivní) roboty (3. generace).

*Manipulátory s pevným programem*

Program se nemění v průběhu činnosti (tj. cyklus za cyklem se opakují tytéž úkony a pohyby). Systém programového řízení je v jednoduchém provedení. První generace se omezuje hlavně na tzv. pohybové aplikace. [3]

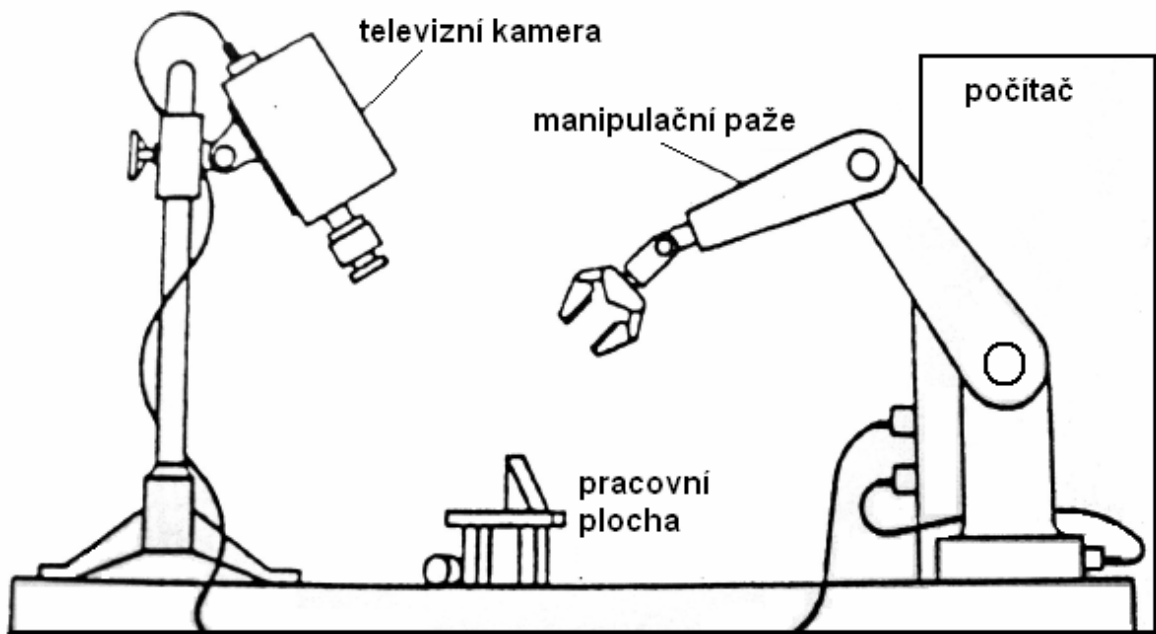


Obr. 4. Robot 1 generace. [4]

*Manipulátory s proměnlivými programy*

Mají možnost přepínání volby programu, většinou podle okamžité situace, ve které se manipulátory zrovna nacházejí. Bývají to zařízení s adaptivním řízením. Představují špičku konstrukčních provedení manipulátorů a označují se většinou jako průmyslové roboty. [1]

Na rozdíl od manipulátorů 1 generace jsou vybaveny mnohem větším počtem senzorů a to jak vnějších (optických, hmatových, ...), tak i uvnitř manipulátoru (snímače tlaku, polohy, zrychlení, ...). Jsou též vybaveny mnohem složitějším řídicím programem. Zvládají koordinaci označovanou „oko-ruka“. [3]



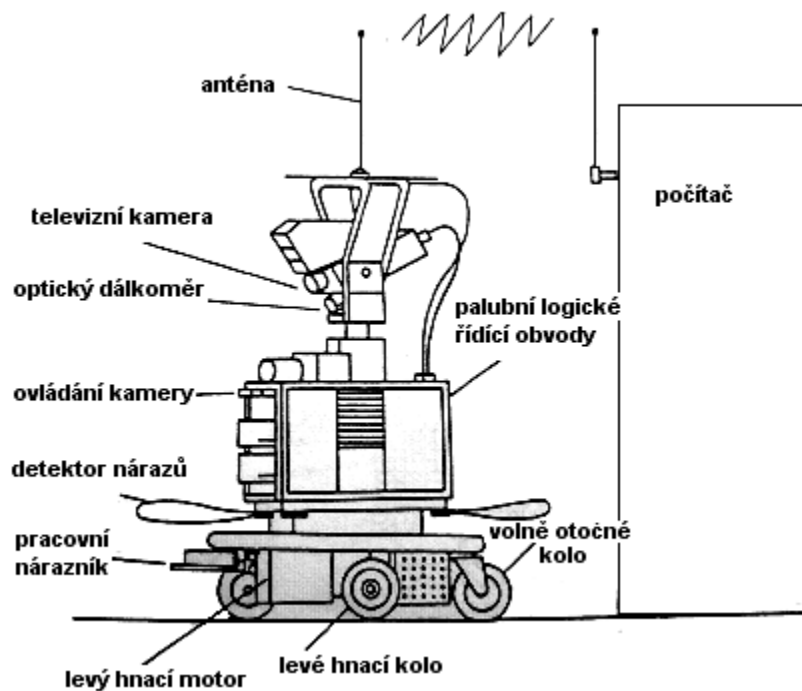
Obr. 5. Robot 2 generace. [4]

### *Kognitivní roboty*

Jsou to zařízení vybavená možností vnímání (kognitivní proces = proces vnímání a speciálního myšlení – ovšem bez citového vnímání a volního jednání). [1]

Principiálně se liší od robotů 2. generace složitostí a objemem řídicího systému, zahrnujícího prvky umělé inteligence. Inteligentní roboty nejsou určeny jen k imitaci fyzické činnosti člověka ale i pro automatizaci intelektuální činnosti. Jednou z charakteristických vlastností inteligentních robotů je schopnost učit se a adaptace (autonomnost) v procesu řešení úloh. Třetí generace robotů má mít i základní inteligenci pro diskrétní manipulaci se součástkami, hlavně při montáži. [3]





Obr. 6. Robot 3 generace. [4]

## 1.1 Jednoučelové manipulátory

Pneumatické mechanismy reprezentují v běžných aplikacích nejrůznější podávací a upínací zařízení, jednoduché dopravníky apod., všechny tyto oblasti použití pak lze shrnout pod souhrnný název manipulační zařízení. Z tohoto důvodu je vhodné uvést podrobnější informace týkající se problematiky jednoučelových manipulátorů.

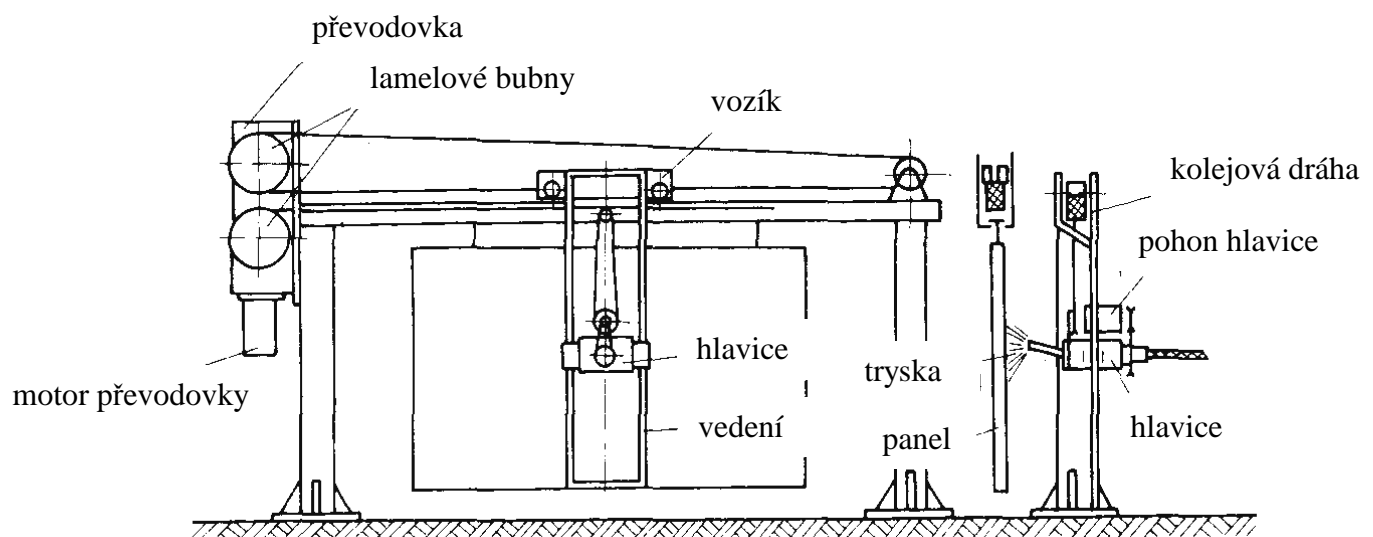
Základní pohyby mohou být realizovány nezávisle nebo s vzájemnou vazbou. Toto rozdělení vychází ze vzájemné dispozice jednotlivých pohybových jednotek. Jejich úplné nezávislosti lze dosáhnout tehdy, jsou-li odděleně umístěny na základním rámu. Vznikne tak manipulační systém tvořený řetězcem jednoduchých manipulátorů, realizujících jednotlivě základní pohyby. Důležité ale je, že manipulace může probíhat tak, že dochází současně ke změně všech požadovaných parametrů. První koncepce se sériovým řazením základních pohybů ve vztahu k manipulaci s určitým objektem vychází z jednoduchých manipulátorů, které se často označují jako jednoučelové. Na druhé straně druhá koncepce s paralelní funkcí pohybových jednotek je typická pro tzv. univerzální manipulátory popřípadě roboty. [1]

**Jednoúčelovost manipulátoru je třeba chápat z těchto hledisek:**

- Omezený počet stupňů volnosti, přizpůsobený dané aplikaci.
- Omezený rozsah pohybu zpravidla přizpůsobený dané aplikaci.
- Možnost řídicího systému přizpůsobeného dané aplikaci.
- Prostorové uspořádání přizpůsobené dané aplikaci.

Představy automatizace manipulačních cyklů jsou zejména v poslední době spojovány jen s uplatněním univerzálních manipulátorů popřípadě i průmyslových robotů, což jsou poměrně komplikovaná, a tedy i drahá zařízení, dodávaná specializovanými výrobci. Přitom je v jednodušších případech jejich nasazení nevýhodné, a to i z hlediska malého využití celkových možností. Při současné úrovni výroby lze celou řadu problémů spojených s její automatizací úspěšně řešit pomocí jednodušších jednoúčelových manipulátorů. Místo jednoho složitějšího, popř. univerzálního manipulátoru se někdy používá dvou a více vzájemně kooperujících jednoúčelových manipulátorů. Kromě zjednodušení manipulátorů to někdy přináší zrychlení manipulačních cyklů a zvětšení manipulačních drah manipulátorů.

[1]



Obr. 7. Jednoúčelový manipulátor pro nanášení izolačních povlaků. [1]

## 2 POHONY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

Pohybové úkony v jednotlivých souřadnicových osách jsou odvozeny od výstupů pohonů, **V současné době se rozlišují tyto typy pohonů:**

1. Mechanický pohon.
2. Elektrický pohon.
3. Pneumatický pohon.
4. Hydraulický pohon.

Četnost využití jednotlivých typů konstrukcí odpovídá uvedenému pořadí. Každý typ pohonu má své přednosti i nedostatky, které je nutné brát v úvahu při řešení konstrukce podle zadaných parametrů a podle charakteru předpokládané aplikace. Pro předběžnou představu jsou v Tab. 1 uvedeny základní vlastnosti jednotlivých uvažovaných typů pohonů. Četnost výskytu druhu pohonu (podle druhu přenášené energie) ukazuje Tab. 2. [1]

*Tab. 1. Hodnocení druhů pohonů. [1]*

Vlastnost	Mechanický pohon	Pneumatický pohon	Hydraulický pohon	Elektrický pohon
Způsob transformace energie	Mechanický	Mechanický	Mechanický	Mechanický
Nadbytečnost prvků	-	-	-	Částečná
Možnost řízení	Nízká	Průměrná	Vysoká	Vysoká
Účinnost pohonu	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Nižší
Měrný výkon	Nízký	Střední	Vysoký	Střední
Zvyšování uchopovací síly	Tvrdé	Měkké	Tvrdé	Tvrdé
Závislost na teplotě	Nízká	Vysoká	Vysoká	Malá
Těsnost	Bez problému	Velký problém	Velký problém	Bez problémů

Tab. 2. Rozšíření druhů pohonů. [1]

Mechanické		20%	PRaM	
Elektrické				Perspektivní
Tekutinové	Hydraulické	30%	PR	Ústup na úkor elektrických
	Pneumatické	50%	M	Přibližná četnost výskytu

Přesnost polohování je závislá na vlastnostech pohonu i na způsobu registrace dosažené polohy a na jejím řízení. Hlavní částí pohonu je motor s příslušným ovládacím blokem. Je-li motor součástí manipulátoru nebo robotu, je pohon koncipován tak, že motor je buď v bezprostřední blízkosti příslušné pohybové jednotky, nebo je umístěn mimo pohybovou jednotku. Hlediskem pro způsob uspořádání pohonu jsou především prostorové důvody. [1]

## 2.1 Mechanický pohon

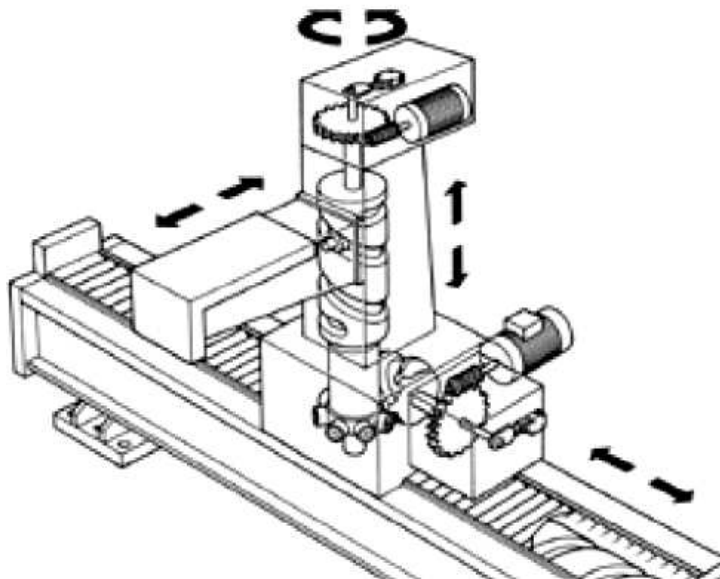
U tohoto typu pohonu není pohybový mechanismus výstupní hlavičky manipulátoru opatřen vlastním motorem, ale je spojen s pohonem jiného zařízení. Tím je nejčastěji pohon výrobního stroje, který je manipulátorem obsluhován. V podstatě lze rozlišit dvě základní koncepce mechanického pohonu PRaM. [1]

- 1) Jednotlivé pohyby jsou odvozeny samostatně od pohybů jiného zařízení (vnější pohon).
- 2) Jednotlivé pohyby jsou odvozeny od společného vstupu, který je spojen:
  - A. S vlastním motorem.
  - B. S jiným zařízením (vnějším pohonem).

**K zprostředkování pohonu vlastního pohybového mechanismu se používá:**

- Spojovacích hřídelí.
- Převodů ozubenými koly.
- Převodu klínovými řemeny a řetězy.
- Pákových převodů.
- Vaček.

Mechanický pohon se používá u jednodušších manipulátorů, především jednoúčelových podavačů konstruovaných většinou jako součást stroje. Typickým příkladem jsou podavače soustružnických automatů. Přednosti mechanického pohonu je především jednoduchost a spolehlivost vazby mezi jednotlivými pohyby manipulátorů, a spolehlivost synchronní činnosti se zařízením, s kterým je pohybový mechanismus manipulátoru spojen. Prvky na vstupu, například vačky vedle přenosu energie plní i funkci řídicí. Závažnou nevýhodou je značná konstrukční složitost manipulátoru jako celku. Další nevýhodou je obtížný přenos nezávislého pohybu na prvek, který je unášen. Ve většině případů je nepříjemná velmi obtížná změna pracovního cyklu manipulátoru a malý rozsah pro seřízení jednotlivých pohybů. [1]



*Obr. 8. Mechanický pohon. [5]*

## 2.2 Elektrický pohon

V současné době zaujímá elektrický pohon u PRaM ve srovnání s pohonem hydraulickým a pneumatickým významné místo. Určitou nevýhodou je složitější realizace přímočarých pohybů. Elektromotory jsou zatím pro stejný výkon rozměrnější než hydromotory, a proto z těchto důvodů se u PRaM větších výkonů dává přednost hydraulickému pohonu. Elektrické pohony jsou pohony perspektivní s širokým zázemím v oblasti řízení. [1]

**Jejich hlavní přednosti:**

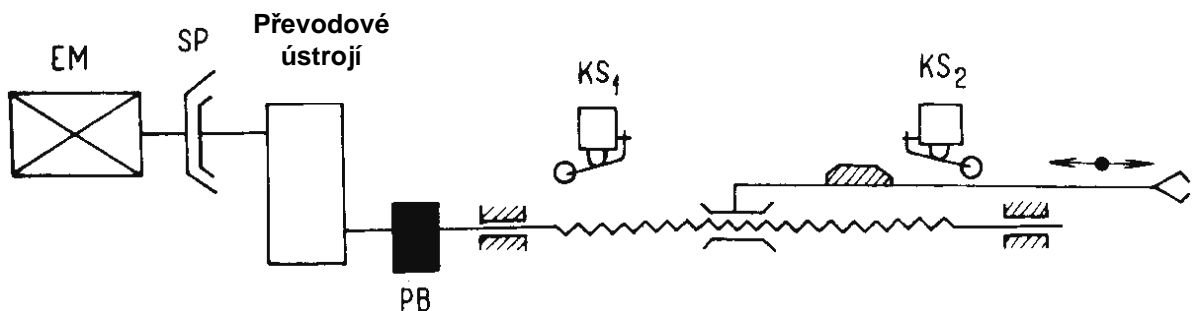
1. Hromadně vyráběné typizované prvky.
2. Snadný rozvod energie.
3. Snadno přístupná energie z veřejné sítě (odpadá nutnost mít vlastní zdroj energie).
4. Čistota provozu a snadná údržba.
5. Jednoduché spojení s řídicími systémy bez nutnosti mít převodníky energie (jako je tomu u hydraulických a pneumatických pohonů).
6. Jako celek mají elektrické pohony vnější rozměry menší než ekvivalentní pohony s jinými druhy energie.
7. Školení odborníci pro konstrukci a provoz elektrických zařízení.
8. Pohony jsou z oboru, ve kterém probíhá celosvětově progresivní vývoj, nesrovnatelný co do své dynamičnosti i dosažených úspěchů s jinými obory.

**Podle použitého motoru je dělíme na pohony:**

A. Se střídavými elektromotory:

1. Rotačními:
  - S plynulým pohybem.
  - Krokovými.
2. Lineární:
  - Běžnými.
  - Hybridními.

B. Se stejnosměrnými elektromotory.



Obr. 9. Elektrický pohon ramene PRaM. [1]

Nejjednodušším typem elektrického pohonu je *pohon asynchronním elektromotorem s kotvou nakrátko*. Pro menší výkony ( $< 1.2$  kW) se používají jednofázové motory s pomocnou fází a kondenzátorem. [1]

*Asynchronní motory* jsou vhodné pro PRAm jednodušších typů, tzn. takových, které mohou pracovat s jednoduššími pracovními cykly. Zněna smyslu pohybu připojeného ústrojí PRAm se provádí buď přímo elektromotorem přepnutím fází, nebo, což je velmi časté pomocí reverzačních elektromagnetických spojek, kombinovaných s elektromagneticky ovládanými brzdami. [1]

#### **Regulace otáček je možná:**

- A) Změnou kmitočtu napětí.
- B) Změnou počtu pólů.
- C) Změnou skluzu.

*Stejnoseměrné motory* lze označit za nejrozšířenější typ elektrického pohonu PRAm. Důvodem je především možnost plynulé regulace rychlosti otáčení ve velkém rozsahu při malých energetických ztrátách. Stejnoseměrné motory mají poměrně malé rozměry, velkou účinnost a velký záběrový moment. [1]

Vzhledem k asynchronním motorům jsou výhodné kromě regulace hlavně tím, že u nich lze docílit jakékoliv hodnoty pohybové frekvence (otáček) bez ohledu na počet pólů. Jsou ale složitější než asynchronní motory, provozně choulostivější a vyžadují pečlivější údržbu. Nedostatkem je kolektor, který do značné míry ovlivňuje spolehlivost pohonu a v některých případech komplikuje konstrukci pohonu. [1]

K nedostatkům rovněž patří vyšší moment setrvačnosti a větší třecí síly při otáčení rotoru ve srovnání s jinými typy motorů. [1]

#### **Rozlišují se tyto *stejnoseměrné motory*:**

- A) Stejnoseměrné motory s paralelním buzením (derivační).
- B) Stejnoseměrné motory se sériovým buzením (sériové).
- C) Stejnoseměrné motory s cizím buzením.

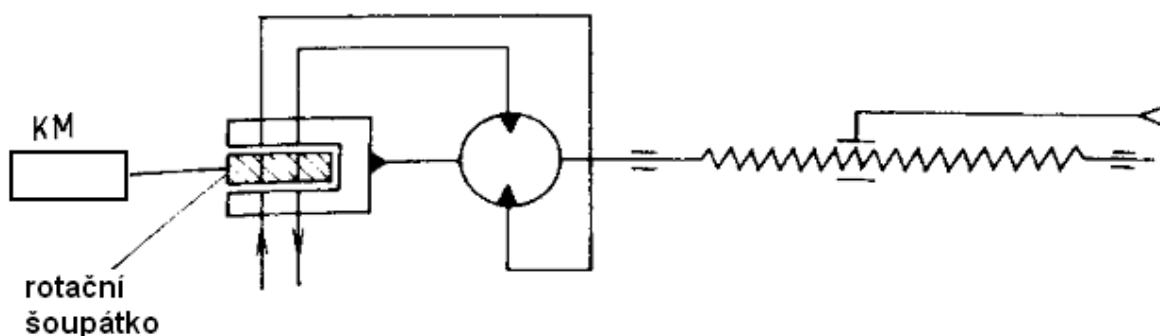
Pro řízení jsou k dispozici dva typy pomocných zdrojů stejnosměrného napětí:

- 1) **Motorgenerátory:** tj. strojní měniče vstupního trojfázového proudu na stejnosměrný. Jejich využití v pohonech PRaM je omezené.
- 2) **Řízené usměrňovače:** v poslední době se rozšířily polovodičové, tzv. tyristorové usměrňovací měniče.

### *Krokové motory*

Lze je použít pro pohon jak pohybových jednotek PRaM, tak jejich úchopných částí. Uhlové natočení se pak převádí prostřednictvím transformačního bloku (změna parametrů, resp. charakteru pohybu) a umožňuje získat požadovaný zdvih. Regulace polohy je zde bez zpětné vazby a je závislá na velikosti chyby při sledování počtu vyslaných impulsů.

Zatím se krokové motory vyznačují poměrně malým krouticím momentem nepřímo závislým na frekvenci impulsu. Proto se mezi výstup motoru a pohaněnou část zařazuje zesilovač, zatím nejčastěji hydraulický (u PRaM). [1]

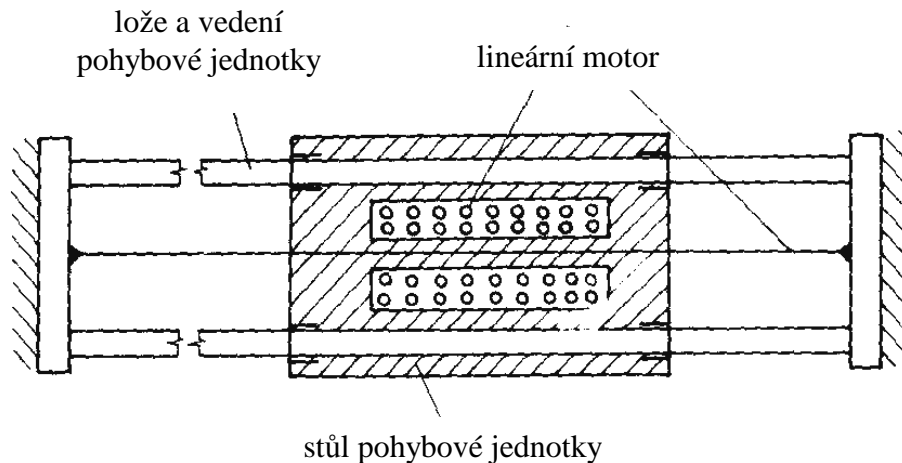


*Obr. 10. Krokový motor s hydraulickým zesilovačem. [1]*

### *Lineární elektromotory*

V současnosti patří mezi nekonvenční typy motorů, jejich rozšíření není dosud uspokojivé a je zřejmě omezeno zatím vysokou hmotností těchto motorů na jednotku přenášeného výkonu a značnými vnějšími rozměry. Jsou však bezesporu perspektivním hnacím prvkem, který se v budoucnu uplatní např. v pojezdových ústrojích PRaM, jednoduchých M a PR bez větších nároků na polohovou přesnost. Jejich předností je jednoduché konstrukční uspořádání, vysoké rychlosti posuvu  $6 - 8 \text{ (m}\cdot\text{s}^{-1})$ . [1]





Obr. 11. Pohon jednotky lineárním elektromotorem. [1]

### 2.3 Hydraulický pohon

Hydraulický pohon lze v současné době pokládat za základní typ pohonu „těžkých“ PRAm.

**Má řadu předností, k nimž patří především:**

- Nízká hodnota poměru hmotnosti a výkonu.
- Malá hmotnost pohybujících se částí, a tím výhodné dynamické vlastnosti.
- Konstrukční kompaktnost, malé rozměry.
- Možnost dosažení malých rychlostí pohybu bez převodů.
- Velká tuhost.
- Snadné řízení tlaku i proudu kapaliny.
- Plynulý chod, možnost plynulého řízení rychlosti ve velkém rozsahu.
- Možnost bezprostředního spojení motoru s výkonnými orgány.
- Velká účinnost a spolehlivost.

**Nedostatkem hydraulického pohonu je:**

- Potřeba samostatného, odděleného energetického bloku.
- Změna viskozity v závislosti na teplotě, což se projeví ve změně tlakových poměrů.
- Hořlavost pracovních kapalin.
- Poměrně obtížné dosažení vyšších pohybových rychlostí.

**V hydraulických pohonech se používají tyto typy hydromotorů:**

*Rotační*

- S přímočarým pohybem (hydraulické válce).
- S kývavým pohybem.

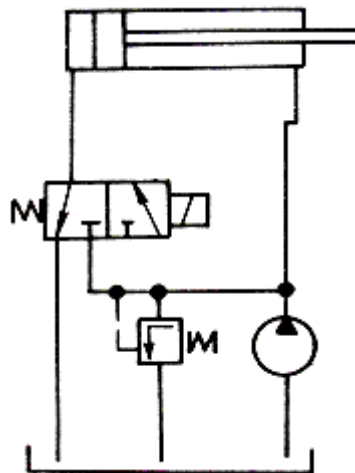
**Rotační hydromotory se dělí podle způsobu vytvoření geometrického objemu na:**

- Zubové.
- Lamelové.
- Šroubové.
- Pístové.

Hlavní předností rotačních hydromotorů ve srovnání s elektromotory je snadno realizovatelná plynulá regulace otáček ve velkém rozsahu, malé rozměry, a tím i malá hmotnost. Další výhodou je možnost přetěžování bez nebezpečí poškození motoru a možnost trvalé činnosti při minimálních otáčkách.

Z důvodů poměrně značné technologické náročnosti a s tím související ceny se málo používají šroubové motory. Nejrozšířenějším typem jsou axiální pístové hydromotory. Zubové hydromotory nejsou vhodné pro nevýhodný pracovní režim při nízkých otáčkách, při nichž mají velký skluz a malou účinnost. Lamelové motory se vyznačují velkým geometrickým objemem, což umožňuje u vysokotlakých motorů přenést velký výkon na jednotku hmotnosti. [1]

*Přímočaré hydromotory lze označit za nejčastěji používané hnací prvky PRaM s hydraulickým pohonem. Důvodem jsou malé rozměry a malá hmotnost ve vztahu k velikosti přenášeného výkonu, dobrá účinnost a vysoká funkční spolehlivost daná konstrukční jednoduchostí. Jednočinných motorů se u PRaM nepoužívá k realizaci hlavních pohonů. Důvodem je především nevýhodný poměr zdvihu k celkové délce motoru u provedení s vnitřní vratnou pružinou a poměrně komplikované řešení vracení pístu vnější silou u ostatních typů. [1]*



Obr. 12. Příklad řízení hydraulického motoru. [1]

Membránové motory se v hydraulických mechanismech používají velmi zřídka, častěji se vyskytují v mechanismech pneumatických. Mohou pracovat jen s malým tlakem (0,5 až 1 MPa). Membránové motory jsou vhodné pro malé zdvihy, výhodou jsou především velmi malé podélné rozměry, malé pasivní odpory a absolutní těsnost pracovního prostoru. Oblasti využití je ovládání čelistí úchopných hlavíc, stavitelných dorazů a dalších pomocných funkcí.

Membrány jsou pryžové s textilní vložkou v provedení buď jako ploché, nebo tvarované. Někdy se používají i membrány kovové. [1]

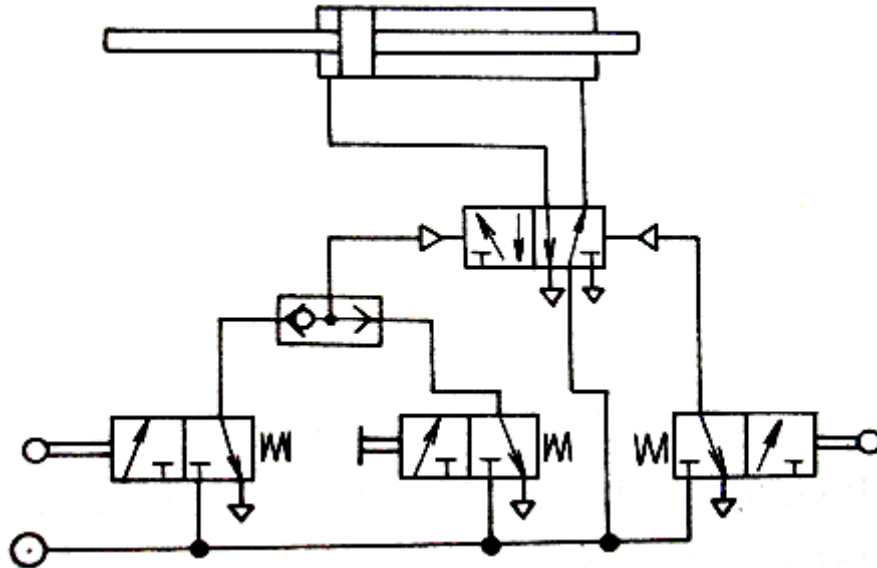
Proud tlakové kapaliny je do hydromotoru dodáván hydrogenerátorem. S výhodou se u PRaM používá regulačních (s proměnným geometrickým objemem) hydrogenerátorů, popřípadě i s reverzací průtoku. Hydrogenerátor je spojen s hydromotorem prostřednictvím prvků, které umožňují řízení pohybové frekvence, směru pohybu, popřípadě i polohy zastavení motoru. Takovéto spojení se nazývá hydraulický mechanismus. Kromě uvedených prvků obsahuje další pomocné prvky, zajišťující správnou a spolehlivou funkci např. čističe kapaliny, pojistné a přepouštěcí ventily. [1]

## 2.4 Pneumatický pohon

Pneumatický pohon je vhodný pro PRaM menších výkonů ( $< 1$  kw), s jednoduššími pracovními cykly. Omezení výkonu odpovídá provoznímu tlaku, který je u centrálních rozvodů většinou do 0,6 MPa. Při použití samostatného kompresoru se pracuje

s tlakem do 1 MPa. Vysokotlaké pneumatické mechanismy se zatím u manipulátoru nepoužívají [1].

Ve srovnání s hydraulickým pohonem je pneumatický pohon rychlejší a umožňuje měkčí rozběh a brzdění. [1]



Obr. 13. Pneumatický obvod dvouručního ovládní válce. [1]

U manipulátorů se uplatňují především *motory s přímočarým pohybem*. V podstatě se vyrábějí všechny typy přímočarých motorů. Na druhé straně se daleko častěji než v hydraulice používají membránové válce jednočinné i dvojčinné. Navíc se u PRaM využívají tzv. přímočaré vícepolohové motory. *Rotační pneumatické motory* jsou ve srovnání s elektromotory nevýhodné pro příliš vysoké otáčky, obtížné řízení a hlučnost. Proto jejich využití k pohonu jednotek PRaM přichází v úvahu zatím vyjíměčně. [1]

*Pneumatické motory s kývavým pohybem* se používají v obdobném provedení jako motory hydraulické. Obvod pneumatického pohonu obsahuje vedle motoru prvky pro řízení směru pohybu, řízení rychlosti pohybu, řízení tlaku, úpravu vzduchu. [1]

Z důvodu zaměření této práce na problematiku pneumatických mechanismů jsou podrobnější informace o jednotlivých typech pohonů a jejich charakteristice uvedeny v další kapitole, v oddílu označeném jako *Pneumatické válce* viz **4.1**.

### 3 PNEUMATICKÉ MECHANISMY

Kapaliny a plyny sloužící k přenosu energie označujeme souhrnným pojmem tekutiny. V souladu s tím pak hovoříme o tekutinových mechanismech, prvcích apod. Tekutinové mechanismy obecně, jsou zásadním prostředkem mechanizace a automatizace strojů a zařízení, eventuálně celých procesů. Pneumatické mechanismy jsou zařízení, jež využívají vzduchu k přenosu energie mezi hnacím a hnaným členem dané soustavy. Mechanismus reprezentuje soustavu, která slouží k přenosu energie mezi danými prvky. Prvky systému pak slouží k řízení parametrů procesu.

Neustálé modernizování pneumatických prvků a zejména jejich cenová dostupnost jsou předpoklady pro užití pneumatických zařízení v aplikacích, kde donedávna převládaly mechanismy elektrické. Toto rozšiřování svědčí o řadě výhod a předností pneumatických mechanismů. [6]

*Výhody a nevýhody pneumatických mechanismů:*

#### **Výhody:**

- Nejdostupnější médium (atmosférický vzduch).
- Výroba stlačeného média v centrálních kompresorovnách a snadný rozvod na vzdálenost řádově desítek metrů, při libovolném prostorovém uspořádání.
- Snadné řízení (tlak, průtok) v širokém regulačním rozsahu.
- Možnost přenosu velkých rychlostí.
- Jednoduchá ochrana proti přetížení a vysoká přetížitelnost.
- Odvod tepla pracovní kapalinou.
- Možnost vytvářet libovolné struktury uspořádání typizovaných prvků.
- Vysoká čistota provozu (pokud je vyfukovaný vzduch odváděn a filtrován).
- Možnost práce i ve značném rozdílu teplot prostředí.
- Možnost práce i ve výbušném a zápalném prostředí.

**Nevýhody:**

- Nutnost úpravy stlačeného média (filtrace, odvodnění, mazání).
- Nejdražší energie.
- Malá tuhost mechanismů.
- Nízký pracovní tlak  $\Rightarrow$  malá pracovní síla.
- Hlučnost při expanzi plynů do ovzduší.

**3.1 Vlastnosti plynů**

Nositelem energie v pneumatických mechanismech je plyn. Jeho fyzikální vlastnosti jsou ve srovnání s vlastnostmi kapalin značně odlišné. Ve sledovaných pneumatických mechanismech, kdy je použito, jako pracovní médium vzduch můžeme vzduch považovat za ideální plyn. [6]

**Stavová rovnice:** stavové veličiny (p,V,T) jsou mezi sebou svázány touto rovnicí. [6]

$$p \cdot V = R \cdot T \quad (1)$$

Kde  $R$  je plynová konstanta, která vyjadřuje práci 1 Kg plynu při zvýšení teploty o 1 K při zachování konstantního tlaku. Jednotka plynové konstanty je:  $J \cdot Kg^{-1} \cdot K^{-1}$ . [6]

**Při konstantní teplotě má stavová rovnice tvar [6]:**

$$p \cdot V = konst. \quad (2)$$

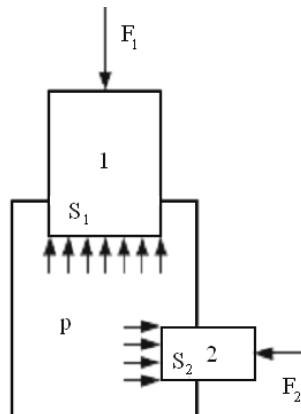
**Při konstantním tlaku má rovnice tvar [6]:**

$$\frac{V}{T} = konst. \quad (3)$$

**Hydrostatický tlak:** je definován, jako poměr síly a plochy kolmé na směr síly [6]:

$$p = \frac{F}{S} \quad [Pa] \quad (4)$$

**Pascalův zákon:** tlak v plynu se šíří rovnoměrně všemi směry [6]:



Obr. 14. Pascalův Zákon. [6]

$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad [Pa] \quad (5)$$

**Rovnice Bernoulliho:** vyjadřuje rovnováhu prací sil plošných, objemových a setrvačných, neboli rovnováhu energie tlakové, potenciální a kinetické. Pro praktické výpočty pneumatických mechanismů můžeme Bernoulliho rovnici zjednodušit do tohoto tvaru.

$$p + \frac{w^2 \cdot \rho}{2} + p_z = konst. \quad (6)$$

Člen  $p_z$  představuje tlakovou ztrátu ve vedení,  $w$  je rychlost proudícího plynu,  $p$  je tlak plynu,  $\rho$  je hustota plynu. [6]

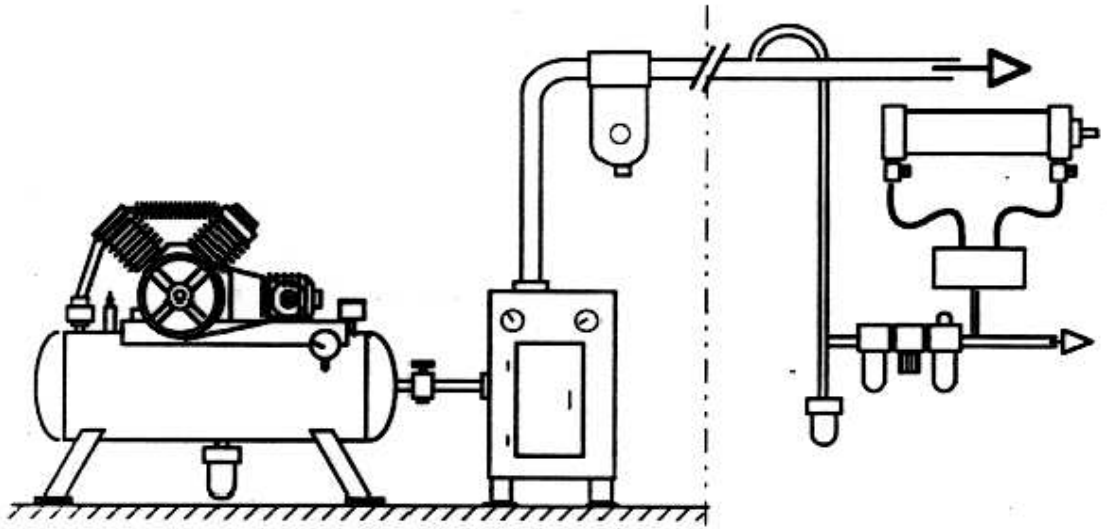
### 3.2 Výroba stlačeného vzduchu

K výrobě stlačeného vzduchu se používá kompresorů, které stlačují vzduch z tlaku okolního prostředí na požadovaný pracovní tlak. [7]

Vysoká produktivita práce při použití pneumatických strojů a nástrojů, jejich kompaktnost, nízká hmotnost, robustnost, bezpečnost, jsou důvodem pro jejich stálé rozšiřování v průmyslu. Proto také rostou požadavky na výrobu stlačeného vzduchu a na dodávky vzduchových kompresorů. Automatizace pomocí stlačeného vzduchu, stále více se uplatňují, klade také nároky na výrobu kompresorů a jejich příslušenství. V kompresorech se mění mechanická nebo kinetická energie v energii tlakovou, při čemž se vyvíjí teplo. Kompresory jsou stroje tepelné, se zřetelem na změnu energie, která v nich probíhá, jsou to stroje konverzní. [7]

### 3.2.1 Rozdělení kompresorů

Na základě požadavků na množství vzduchu a jeho pracovní tlak se volí různé druhy kompresorů. [7]



Obr. 15. Centrální výroba stlačeného vzduchu. [8]

#### 1) Podle principu činnosti se kompresory dělí na dva základní typy:

- První typ kompresorů pracuje na *objemovém principu*, stlačení se dosahuje nasátím vzduchu do prostoru, který je pak uzavřen a zmenšován. Na tomto principu pracují např. pístové kompresory. [7]
- Druhý typ je založen na *rychlostním principu*, kdy nasátý vzduch je urychlován a jeho kinetická energie je v difuzoru transformována na tlakovou energii. Kompresory, které pracují na tomto principu, se nazývají turbokompresory. [7]

#### 2) Z hlediska názvosloví je důležité dělení podle tlaku:

*Vývěva* – nasává vzduch při tlaku nižším než atmosférickém a stlačuje jej na tlak atmosférický.

*Dmychadlo* – stlačuje atmosférický vzduch na přetlak do 200 kPa.

*Kompresor* – stlačuje plyn na přetlak vyšší než 200 kPa.

*Booster* – pomocný kompresor, zařazovaný do sání např. chladivových kompresorů při příliš vysokém tlakovém poměru. Někdy je tak také nazýván i dotlačovací kompresor.

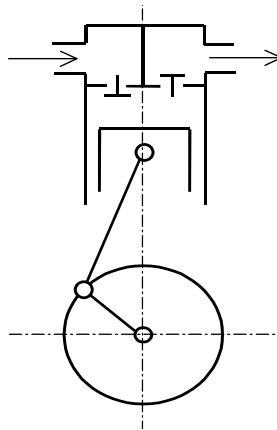


*Cirkulační kompresor (cirkulátor)* – nasává plyn o vysokém tlaku, stlačuje ho s malým tlakovým poměrem. Je určen pro udržování tlaku v chemických provozech nebo plynovodech. [7]

### 3) Rozdělení podle pracovního způsobu:

Pojem **objemové** kompresory se vztahuje na kompresory *pístové, rotační a membránové*.

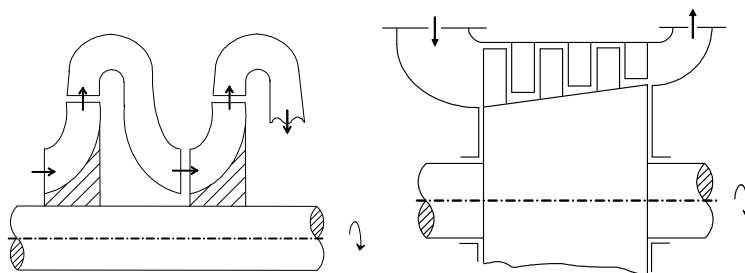
- *Pístový* kompresor má písty konající přímočarý vratný pohyb.



Obr. 16. Pístový kompresor. [7]

- *Rotační* kompresor má jeden či dva rotory otáčející se kolem osy rovnoběžné s osou válce.
- *Membránový* kompresor je vhodný jen pro malá množství plynu, nasává a stlačuje jej hydraulickým nebo mechanickým prohýbáním membrány.

Mezi *rychlostní* kompresory patří *turbokompresory* (kompresory lopatkové) a *proudové* kompresory (ejektory). [7]



Obr. 17. Turbokompresory – radiální a axiální. [7]

**4) Podle počtu stlačovacích stupňů rozlišujeme kompresory:**

- Dvoustupňové.
- Třístupňové atd.

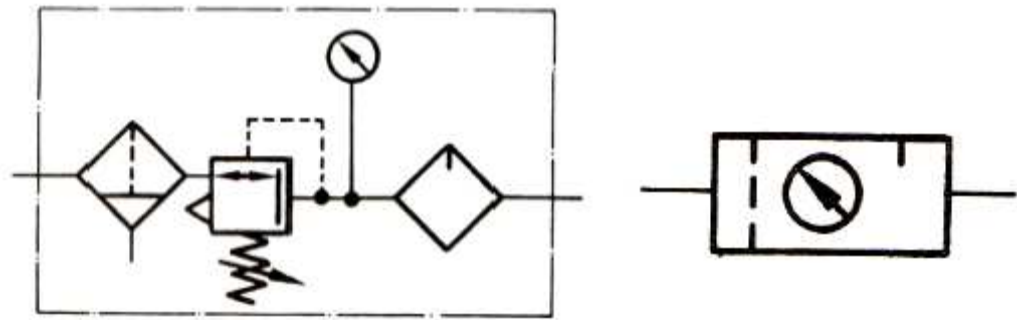
**5) Kompresory lze dále dělit na:**

- Stacionární.
- Přenosné.
- Pojízdné.
- Chlazené vodou nebo vzduchem.
- Poháněné přímo nebo s použitím řemenového, ozubeného nebo hydraulického převodu.
- Poháněné motorem elektrickým, spalovacím nebo parním (spalovací turbína).

Při výběru nejvhodnějšího typu kompresoru je nutno uvažovat řadu dalších okolností, jako druh stlačovaného plynu, způsob pohonu, nasávané množství plynu, požadovaný tlak, rozsah a způsob regulace (regulace výkonu, chodem na prázdno, dvupolohová), čistotu nasávaného a vytlačovaného plynu a jeho přípustnou nejvyšší teplotu, a další hlediska. [7]

**3.2.2 Úprava Stlačeného Vzduchu**

Předtím, než je stlačený vzduch v místě odběru k dispozici, musí být dokonale upraven. To nejen že prodlouží životnost pneumatického nářadí a strojů ale i ušetří náklady na údržbu. S postupem stlačování nasávaného vzduchu se do kompresoru dostávají částice špíny, vzdušná vlhkost, olejové páry, páry rozpouštědel a další látky. K těmto znečištěním nasátého vzduchu přibudou další z otěru mechanických dílů kompresoru a u mazných kompresorů ještě ztrátový mazací olej. V relativně dlouhé cestě ke spotřebiči stlačeného vzduchu přibudou ještě korozivní znečištění ze vzdušníku a potrubí. [8]



Obr. 18. Schéma jednotky na úpravu vzduchu. [8]

Úkolem úpravy stlačeného vzduchu je odstranit tato znečištění tak, aby to vyhovovalo dané oblasti použití stlačeného vzduchu, čili aby uživatel dostal kvalitu stlačeného vzduchu pro bezproblémovou činnost zařízení. [9]

### **Kvalita stlačeného vzduchu**

Kvalitu stlačeného vzduchu určuje množství a velikost mechanických nečistot, obsah vodních par a obsah oleje. Podle množství a velikosti nežádoucích látek je možné stlačený vzduch členit do jednotlivých skupin podle jeho výsledné čistoty. [9]

### **K úpravě stlačeného vzduchu se používají:**

- Kondenzační sušičky.
- Sorpční sušičky.
- Membránové sušičky.
- Filtrace.

## 4 PRVKY PNEUMATICKÝCH MECHANISMŮ

Přenos a řízení parametrů energie v tekutinových mechanismech umožňují prvky, které svým konstrukčním uspořádáním a zapojením zabezpečují přestup energie mezi pevnými členy a tekutinou. Velké množství různých tekutinových prvků vyráběných v nejrozmanitějších konstrukčních provedeních, tvarech, velikostech a parametrech, lze rozdělit do několika skupin podle funkce, kterou v tekutinovém mechanismu vykonávají. [6]

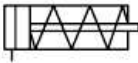



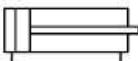

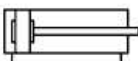

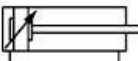



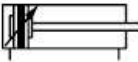
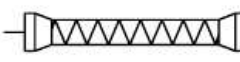
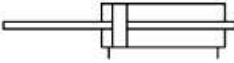
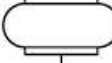

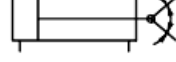

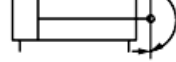

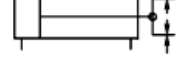
### 4.1 Pneumatické válce

Pneumatické válce mění energii stlačeného vzduchu na mechanickou energii a dělí se na *jednočinné válce* s pohonem v jednom směru a *dvojčinné válce* s pneumatickým pohonem v obou směrech.

Lineární pohony pomocí pneumatických válců se používají k přemísťování, zvedání nebo podávání polotovarů, výrobků nebo nástrojů (pomocí posuvných válců) nebo k sevření či rozevření upínačů pomocí napínacích či otevíracích válců. [10]

Schématické značky Pneumatických válců jsou obsažené v tabulce Tab. 3.

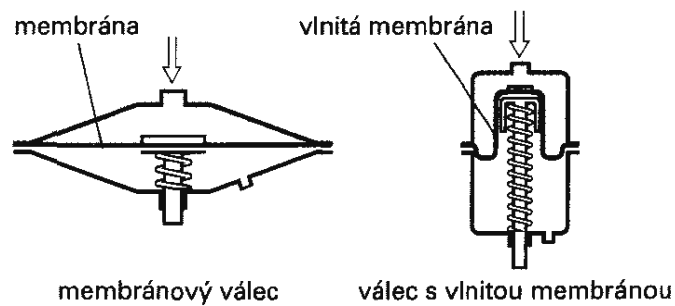
Tab. 3. Přehled základních schématických značek. [11]

	Válec jednočinný, návrat pružinou		Vícepolohový válec
	Válec jednočinný, vysunutí pružinou		Vícepolohový válec
	Válec dvojčinný		Válec se dvěma pístnicemi
	Válec dvojčinný, s tlumením v koncových polohách		Bezpístnicový válec
	Válec dvojčinný, s nastavitelným tlumením		Kyvný pohon jednočinný
	Válec dvojčinný, s magnetickým pístem		Kyvný pohon dvojčinný
	Válec dvojčinný, s magnetem a nastavitelným tlumením		Fluidní sval
	Válec s průběžnou pístnicí		Měch
	Válec s dutou pístnicí		Chapadlo úhlové
	Válec se svěrnou jednotkou na pístnici		Chapadlo radiální
	Tandemový válec		Chapadlo tříbodové

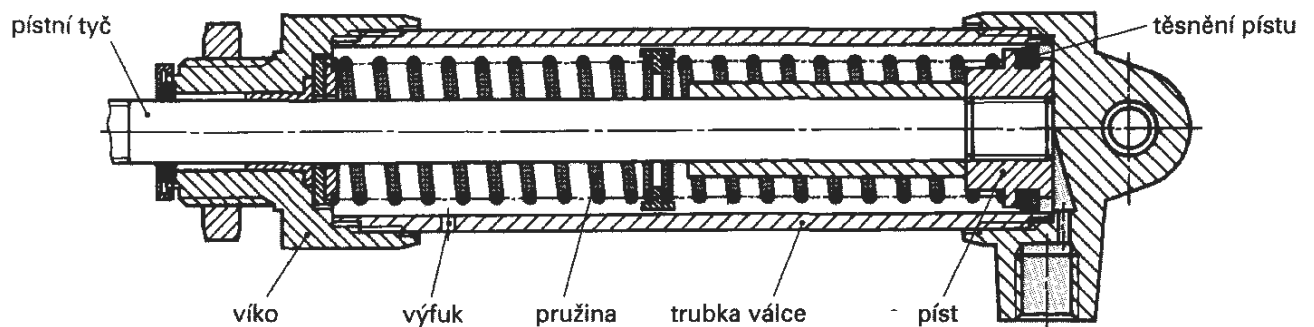
#### 4.1.1 Jednočinné pneumatické válce

Jednočinné pneumatické válce jsou konstruovány buď jako membránové, nebo jako pístové. Tlak vzduchu může působit jen na jednu stranu membrány nebo pístu, proto může být práce konána jen při jednom směru pohybu, např. při upínání, přísunu, odsunu nebo lisování.

U membránového válce je tlakem vzduchu prohýbána membrána. Průhyb membrány se přenáší na lineární pohyb pístnice. Zpětný pohyb zajišťuje buď napružení membrány, vnější síla, nebo vratná pružina. [10]



Obr. 19. Membránový válec. [10]

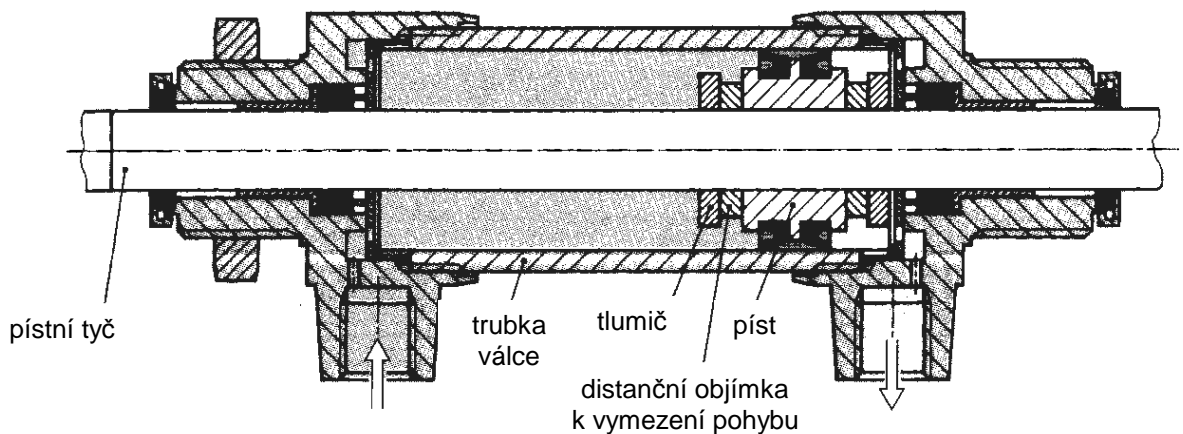


Obr. 20. Jednočinný pneumatický válec s pístem. [10]

#### 4.1.2 Dvojčinné pneumatické válce

Ve dvojčinném pneumatickém válci působí stlačený vzduch střídavě na opačné strany pístu. Pracovní pohyb je možný v obou směrech.

Dvojčinné válce mají oproti jednočinným válcům několik podstatných předností: dosahují zdvihu až 2 m. Pracovní pohyb není ovlivňován vratnou pružinou a zpětný chod je rychlý a rovnoměrný. Kromě toho je možné nastavit rychlosti pohybu pístu v obou směrech. Rozsah pohybu se většinou vymezuje zářezkami pístu ve válci. Škody vznikající opotřebením prudkými nárazy do zářezek je možné omezit např. pomocí pružných podložek tlumících nárazy. [10]



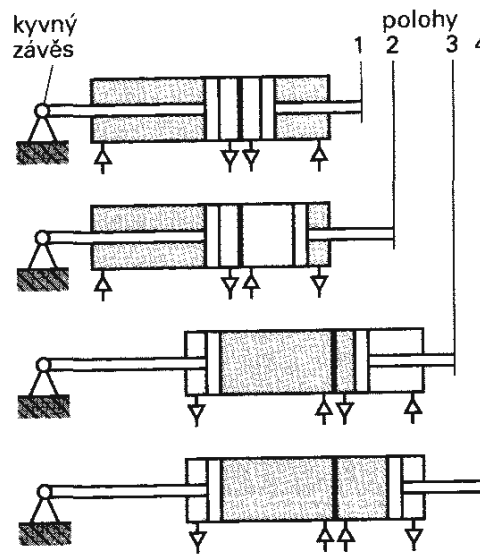
Obr. 21. Pneumatický válec s oboustrannou pístní tyčí. [10]

Nastavitelné tlumení umožňuje měkké zastavení v koncových polohách. Krátce před koncovou polohou se zasune tlumící válec pístní tyče do dutiny v čelní stěně válce, který je nepatrně většího průměru než tlumící válec. Postupně stlačovaný vzduch v této válcové dutině zpomalí pohyb pístu. Aby bylo možné dosáhnout koncové polohy, je dutina odvodušněna malým otvorem.

Při pracovním pohybu v opačném směru prochází vzduch volně zpětným škrticím ventilem a působí tlakem na opačnou stranu pístu. Dvojčinný pneumatický válec s oboustranně vyvedenou pístní tyčí může díky oboustrannému vedení v kluzných ložiscích odolávat velkým příčným silám. Při nedostatku místa nebo nebezpečí znečištění jsou kontrolní čidla umístěna na opačné straně válce, než je vyvedena pístní tyč k ovládanému mechanismu. [10]

#### 4.1.3 Speciální pneumatické válce

Vícepolohový válec může být proveden jako dvoupístový s pístními tyčemi vyvedenými na protějších koncích. Při třech různých vystaveních (dva zdvihy a jejich součet) může tedy válec zaujmout (včetně výchozí polohy) čtyři různé polohy viz Obr. 22. [10]



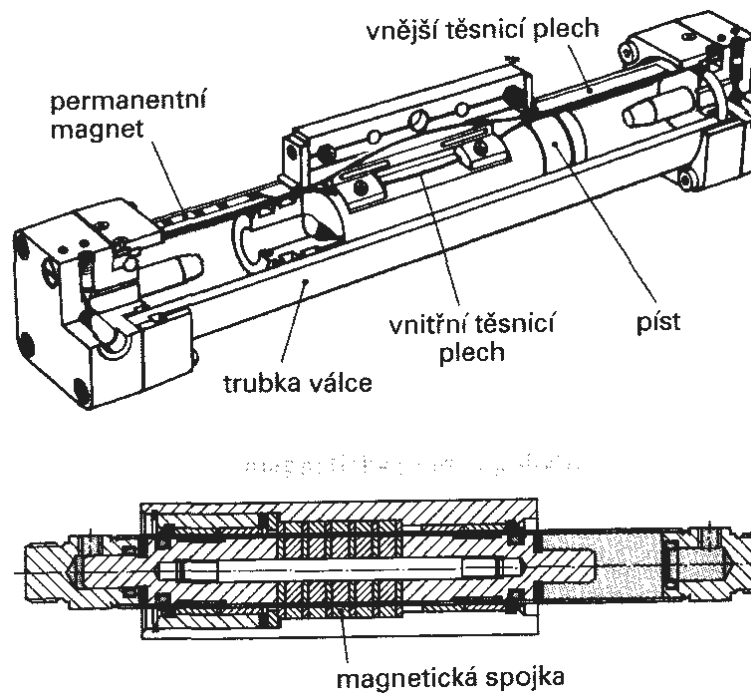
Obr. 22. Vícepolohový válec. [10]

*Tandemový válec* má v jednom válci za sebou dvě tlakové komory, ve kterých jsou dva písty na společné pístní tyči. Tandemový válec se používá při nutnosti velké síly při malém průměru válce. [10]

*Válec nekruhového průřezu* je svým tvarem zajištěn proti otáčení pístu kolem osy pístní tyče a je odolný proti momentům přibližně do 2 Nm. [10]

*Válec bez pístní tyče* (pneumatický lineární pohon) má píst spojený s můstkem vně válce pevnými spojkami, které se pohybují v podélné průchozí drážce v plášti válce. Proti vniknutí nečistot do válce kryje drážku pohyblivý kryt z tenkého ocelového plechu na vnější straně válce. Oba těsnící ocelové pásy jsou u stěn ocelového válce drženy permanentními magnety, zapuštěnými ve stěně válce. Tyto lineární pohony se vyrábějí s délkou zdvihu do 5 m. Vnější můstek pístu má pevné vedení v drážce válce a je proto odolný proti příčným výkyvům i naklápění. [10]





Obr. 23. Válec bez pístní tyče. [10]

Pohyb pístu je možné bez pístní tyče přenášet na hnaný mechanismus pomocí vnějšího prstence válce, spojeného s pístem uvnitř válce elektromagneticky. Z válce se pak nevysouvá pístní tyč. Mezi pístem a vnějším mechanismem není mechanické spojení a válec proto může být bez otvorů drážek.

Při elektromagnetickém přenosu síly může být pneumatický válec hermeticky utěsněn. Válce s bezkontaktním snímáním koncových poloh umožňují přesné řízení s měkkými doběhy do koncových poloh bez potřeby mechanických tlumičů. V pístu jsou zabudovány trvalé magnety a ve válci snímače jejich magnetických polí, např. jazýčkové kontakty. Signály z těchto snímačů umožňují řízením přívodu vzduchu zpomalovat plynulé doběhy pístu do koncových poloh. [10]

## 4.2 Prvky pro řízení tlaku

### Tlakové ventily

Tlakový ventil je prvek, u něhož je tlak na vstupu téměř nezávislý na průtoku. Tlakové ventily rozlišujeme na *pojistné* a *přepouštěcí*. Pojistný ventil zabráňuje stoupaní tlaku v obvodu nad stanovenou hodnotu, tím že jistí mechanismus proti přetížení a chrání prvky před poškozením. Přepouštěcí ventil je určen k udržování nastaveného tlaku na kon-

stantní hodnotě, je to v podstatě proměnný odpor zařazený paralelně ke generátoru, kterým trvale protéká určité množství kapaliny. [6]

### Redukční ventily

Redukční ventily jsou prvky, které v tekutinovém obvodu snižují tlak na nastavenou hodnotu, kterou udržují téměř nezávisle na průtoku a na vstupním tlaku, nebo udržují konstantní tlakový spád. Redukční ventil snižuje tlak škrcením průtoku. Je to v podstatě proměnný odpor průtoku, jehož změna probíhá automaticky v závislosti na velikosti výstupního tlaku. [6]

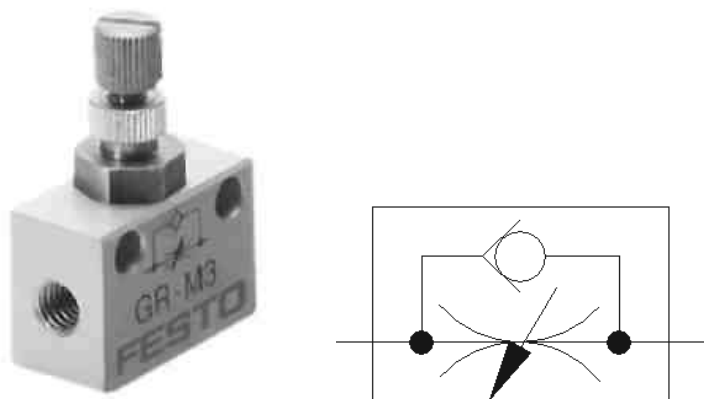


Obr. 24. Regulační ventil. [6]

### 4.3 Prvky pro řízení průtoku

Nejvýznamnějším zástupcem prvků pro řízení průtoku jsou škrtící ventily, mimo ně je zde možné zahrnout i regulační generátory, jejichž využití v oblasti pneumatických mechanismů však není příliš časté.

Škrtící ventil je prvek, u něhož lze spojitě měnit velikost průtočného průřezu. Průtočný průřez ventilu představuje odpor proti pohybu tekutiny. Velmi často se používají škrtící ventily spolu s jednosměrnými ventily, kdy v jednom směru je proud tekutiny škrcen a v druhém směru může volně proudit přes jednosměrný ventil. [6]



Obr. 25. Jednosměrný škrťící ventil. [6]

#### 4.4 Prvky pro řízení směru průtoku

Prvky pro řízení směru průtoku, nebo hrazení průtoku je možno rozdělit podle základních konstrukčních znaků do tří hlavních skupin:

- Jednosměrné (zpětné) ventily.
- Rozváděče.
- Vestavné ventily.
- Logické prvky.
- Rychloodvětrávací ventily.

Použití vestavných ventilů je především v aplikacích, kdy je potřeba dokonale hradit průtok při velkých tlacích a průtocích. [6]

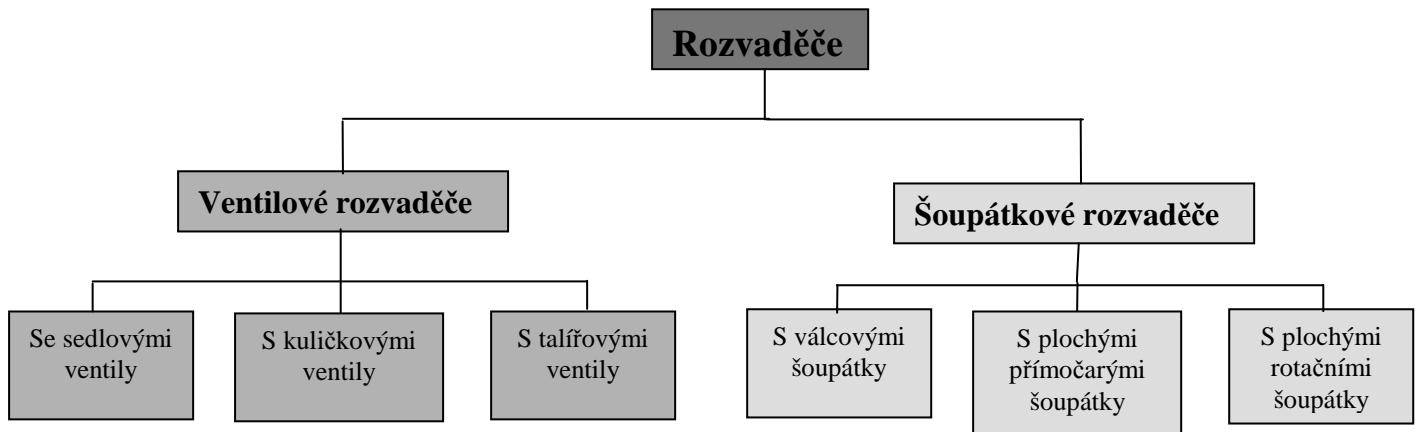
##### Jednosměrné ventily

Jednosměrné ventily, jsou prvky, které umožňují průtok tekutiny, pouze v jednom směru, v opačném směru průtok uzavírají. Uzavíracím prvkem bývá většinou kulička, nebo kuželík. Při průtoku v jednom směru tekutina posune uzavírací prvek proti síle pružiny a protéká ventilem, v opačném směru tekutina společně s pružinou přitlačují kuličku, nebo kuželík do sedla a tak uzavírají průtok. [6]

##### Rozváděče

Rozváděče jsou prvky, které v tekutinovém obvodu umožňují měnit směr proudu tekutiny, popřípadě jej uzavřít. Používají se především pro řízení směru a přerušování po-

hybu motorů. Rozváděče můžeme rozdělit na *šoupátkové* a *ventilové*. U šoupátkových rozváděčů se průtočný průřez mění přibližováním a vzdalováním hran šoupátka, úplného zastavení průtoku se docílí jejich překrytím. Ventilové rozváděče jsou charakterizovány tím, že změny průtočného průřezu se dosahuje přibližováním a vzdalováním dvou dosedajících ploch. Po úplném dosednutí dojde k uzavření průtočného otvoru. [6]



Obr. 26. Rozdělení rozváděčů podle konstrukce. [8]

Rozváděče se rozdělují podle počtu vedení (cest) na:

- Dvoucestné.
- Třícestné.
- Čtyřcestné.
- Pěticestné.
- Vícecestné.

Cestou rozumíme kterýkoliv kanál, kterým tekutina vytéká, nebo vtéká do rozváděče. Podle počtu poloh (stavů) šoupátka (ventilu) dělíme rozváděče na:

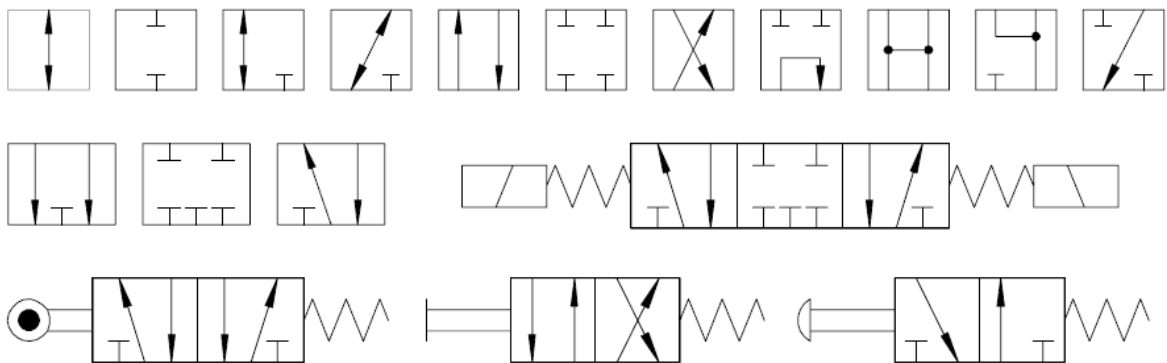
- Dvoupolohové.
- Třípolohové.
- Vícepolohové.

Jednotlivé polohy znamenají určité stavy propojení vstupních a výstupních kanálů. Další rozdělení můžeme udělat podle způsobu ovládání rozváděče.

*Ovládání:*

- Ruční.
- Mechanické.
- Hydraulické.
- Pneumatické.
- Elektromagnetické.
- Kombinace výše uvedených způsobů ovládání.

Ve schématech tekutinových obvodů se rozvaděč označuje symbolickým znakem, ve kterém jsou nakresleny jednotlivé stavy, které je schopen rozvaděč realizovat. Dále je zde uveden způsob ovládání. Na Obr. 27 jsou vyobrazeny některé možné způsoby propojení cest, které se v praxi využívají, z naznačených schémat je zřejmé, že další varianty jsou možné zrcadlovým obrácením. [6]



*Obr. 27. Možné způsoby kreslení rozvaděčů. [6]*



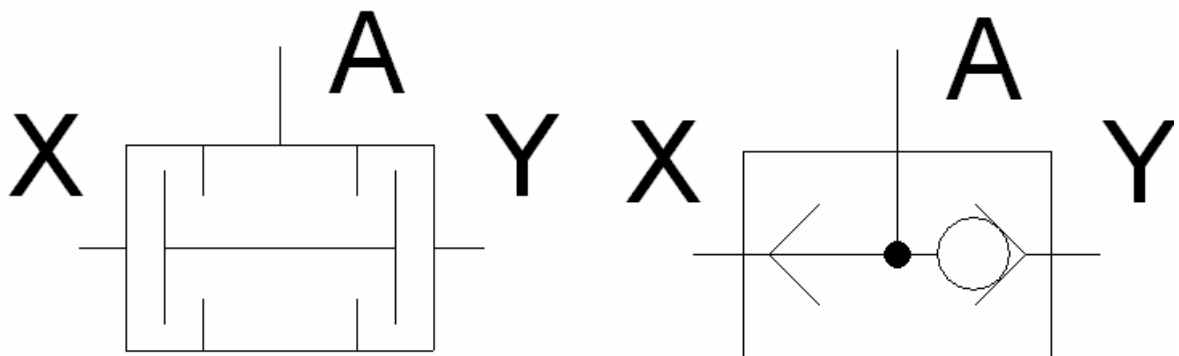
Obr. 28. Elektropneumatický rozváděč. [6]

### Logické prvky

Logické prvky se používají v tekutinových mechanismech pro dosažení jednoduchých logických operací. Nejčastěji se používají třicestné ventily pro logický součin a součet (AND a OR). [6]



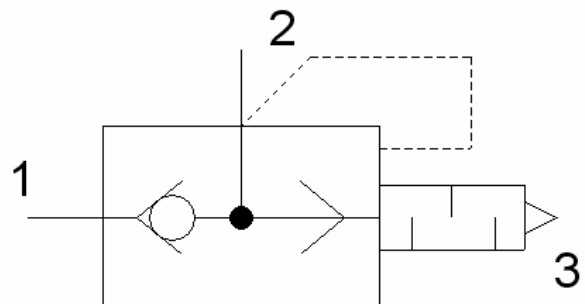
Obr. 29. Prvky – logický součin a součet. [6]



Obr. 30. Schématické značky logických prvků.

### Rychloodvětrávací ventily

Těmito prvky lze zvýšit rychlost pístu jednočinných a dvojčinných válců. Tlakový vzduch proudí od ovládacího ventilu přes rychloodvětrávací ventil k válci. Odvětrávání 3 je přitom zaslepeno. Pokud poklesne tlak 1, pak dojde k odvětrávání přívodu 2 do 3. Hluk odvětrávání se snižuje tlumičem. Má-li být odvětrávání efektivní, musí být ventil namontovaný přímo na přívod pracovního válce. [6]

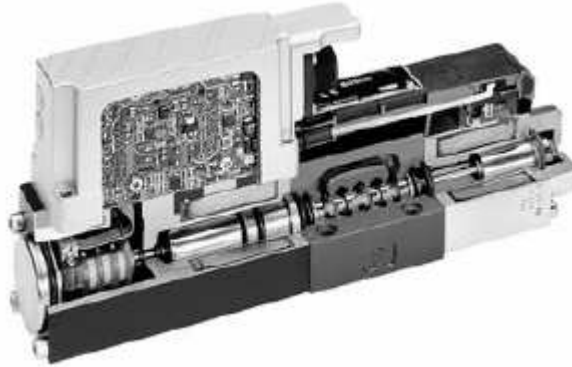


Obr. 31. Rychloodvětrávací ventil.

## 4.5 Proporcionální prvky

Proporcionální ventily a rozváděče umožňují vyšší stupeň řízení tekutinových mechanismů. Svým uspořádáním umožňují spojitě řízení průtoku nebo tlaku elektrickými signály. Funkčně se podobají elektropneumatickým (elektrohydraulickým) servoventilům, ale nedosahují tak vysoké přesnosti řízení, frekvenční rozsahy proporcionálních ventilů se pohybují do 10 Hz a servoventily dosahují až 100 Hz. Svými vlastnostmi přispívají k zjed-

nodušení obvodů, snížení nebo odstranění tlakových špiček, umožňují řízení rozběhu a brzdění tekutinových motorů. [6]



Obr. 32. Proporcionální ventil s řídicí elektronikou. [6]

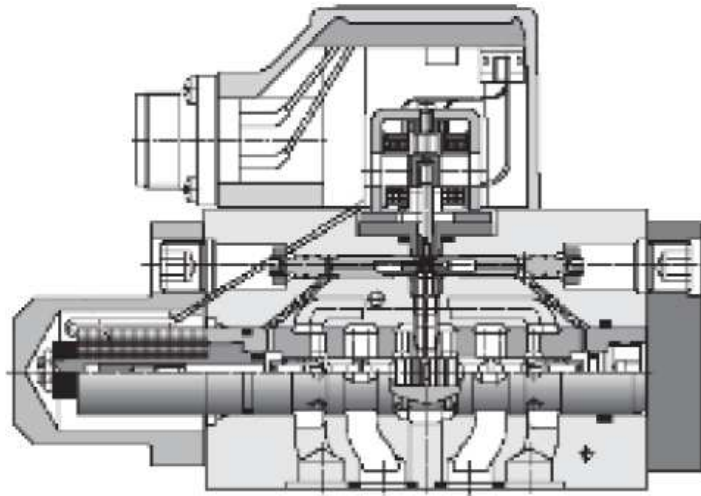
## 4.6 Servomechanismy

Servoventily, popř. servorozváděče jsou mechanismy, ve kterých velikost řízeného výstupního parametru přesně odpovídá určité nastavené hodnotě vstupního signálu. K zajištění této funkce je nutné neustále kontrolovat hodnotu výstupního parametru, porovnávat ji s požadovanou hodnotou a v případě rozdílu okamžitě provádět potřebnou korekci. K tomuto procesu slouží *zpětná vazba*, která je nutnou podmínkou pro existenci servomechanismu. Dalším důležitým znakem servomechanismů je schopnost malým výkonem řídit velký výstupní výkon. Zesílení může probíhat v jednom, ve dvou nebo i ve třech stupních. Vstupní signál bývá většinou elektrický proud, napětí, tlak plynu, nebo mechanická výchylka. [6]

**Nejčastěji se setkáváme s následujícími druhy servomechanismů:**

- *Polohový* (slouží k nastavování polohy/souřadnic).
- *Rychlostní* (zajišťuje řízení rychlosti posuvu nebo otáčení).
- *Silový* (reguluje na určitou výstupní sílu motoru).





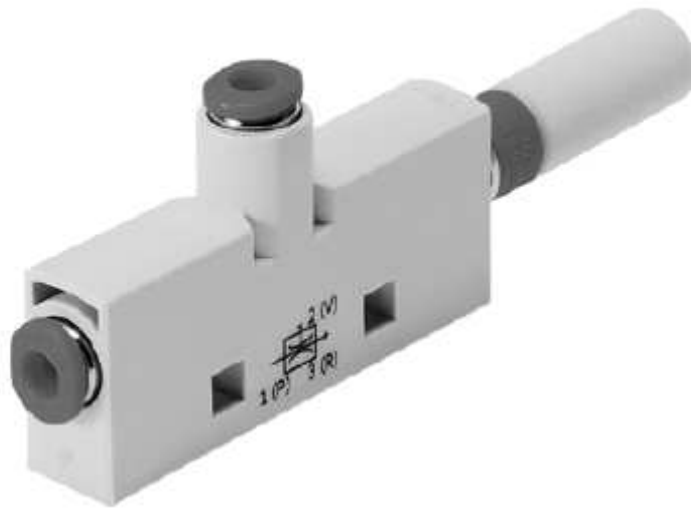
Obr. 33. Princip servoventilu. [6]

#### 4.7 Vakuové pumpy

Vakuové pumpy jsou pneumatická zařízení, ve kterých se využívá podtlaku (vakua). Poměrně malé dosahované síly předurčují vakuové pumpy pro manipulaci s hladkými a velkými předměty, jakou jsou papíry, plechy, plastové součásti, kartony apod. **Vakuové pumpy můžeme rozdělit do dvou základních kategorií:**

- Vývěvy.
- Ejektory.

Méně často používaným způsobem je výroba podtlaku (vakua) např. pomocí vývěv a následný rozvod do potřebných míst. V současné době se používá ejektorů, do kterých je přiváděn tlakový vzduch a podtlak se vytváří až v místě použití, tato koncepce je výhodná zejména díky úsporám jak finančním tak i prostorovým (z jednoho zdroje máme tlakový vzduch i podtlak, možno použít jako centrální rozvody tlakového vzduchu). Ejektor pracuje na principu Venturiho trubice, kdy změna rychlosti proudícího vzduchu v zúženém místě vyvolá změnu tlaku. [6]



Obr. 34. Ejektor. [6]

## 4.8 Pomocné prvky

Do kapitoly pomocné prvky byly zařazeny takové komponenty tekutinových mechanismů, které se přímo nepodílejí na převodu energie ani nemají schopnost řídit velikost parametru přenášené energie, ale přesto jsou nezbytné pro vytvoření plně fungujícího tekutinového mechanismu. Jejich funkce podstatným způsobem ovlivňují spolehlivost a životnost tekutinových mechanismů. [6]

### Zásobníky

Zásobníky jsou prvky určené ke shromažďování tekutin.

- Zásobníky, ve kterých energetická hladina odpovídá atmosférickému tlaku, stručně označované jako nádrže (pouze u hydraulických mechanismů).
- Zásobníky, ve kterých je tlak vyšší než atmosférický tlak vzduchu, nejčastěji označované jako akumulátory (v hydraulice) a vzdušníky (v pneumatice).

Akumulátory, popř. vzdušníky slouží k akumulaci tlakové energie a její využití při špičkovém odběru, tlumení rázu v obvodu, kompenzaci tepelné roztažnosti tekutin atd. [6]

### Čističe tekutin a maznice

Čističe (filtry) tekutin slouží ke snižování obsahu nečistot, které se do tekutin dostávají z vnějšího prostředí, nebo se vytvářejí při provozu vlastního mechanismu. Čištění

tekutin je jednou z nejdůležitějších úkonů sloužící k zajištění požadované přesnosti a životnosti mechanismu. [6]

*Podle principu lze rozdělit čističe do dvou hlavních skupin:*

- Průtokové čističe, filtry, v nichž jsou nečistoty zachycovány při průtoku propustnou stěnou (filtry síťové, štěrbinové a průlinčité).
- Odlučovací čističe, odlučovače, v nichž jsou nečistoty odlučovány působením vnějších sil (usazovací, odstředivé a magnetické).

Maznice slouží k mazání pohyblivých částí v pneumatických mechanismech. V závislosti na množství protékajícího plynu rozptyluje určité množství oleje, které je pracovní látkou přinášeno na pohyblivá zařízení a tímto zajišťuje jejich mazání. K mazání je nutno užít ekologicky nezávadné oleje. U moderních prvků není nutné užití maznic, jelikož jsou všechny prvky vyrobeny ze samomazných materiálů, nebo naplněny tuhým mazivem na celou dobu životnosti. Pokud použijeme tyto komponenty, můžeme vypustit z obvodu maznici, tím ušetříme další komponenty jako např. filtry vzduchu a odlučovače oleje, jelikož rozptýlený olej neuniká do okolního prostředí. [6]

### **Tlumiče hluku**

Hydraulické a zejména pneumatické mechanismy jsou často velmi silnými zdroji hluku. Zvukové vlny se mohou šířit tekutinou např. od generátoru, nebo od kmitání pohyblivých se částí. Nejvíce hluku vzniká při rychlé expanzi plynů do okolního prostředí, proto se na všechny kanály, ve kterých dochází k tomuto jevu, montují tlumiče hluku. [6]

### **Vedení tekutin a spojovací prvky**

Přenos výkonu mezi jednotlivými prvky tekutinových mechanismů zajišťuje vedení. Vedení má vliv na tuhost celé soustavy, ovlivňuje náročnost montáže a bohužel působí na větší vzdálenosti jako odporový člen.

*Propojení tekutin můžeme realizovat několika způsoby:*

- Propojení v pevném bloku (propojovací kostka).
- Přímým spojením prvků (např. na jednu DIN lištu).
- Propojením pomocí potrubí nebo hadicemi.

Připojení trubky nebo hadice se většinou realizuje pomocí šroubení nebo nástrčných spojek. [6]



*Obr. 35. Nástrčná spojka/rychlospojka. [6]*

### **Senzory**

Nedílnou součástí moderních tekutinových mechanismů je senzoričné osazení. Rápidní zlevnění elektroniky a zdražení mechanických součástí vedlo k zařazení elektronických prvků do tekutinových mechanismů. Bezkontaktní spínače snímající koncové polohy pístů a tlakové senzory patří mezi nejčastěji používané prvky, které je možno montovat přímo do obvodu. Elektropneumatické převodníky a digitální odměřovací systémy slouží pro vyšší automatizování výrobních procesů. [6]



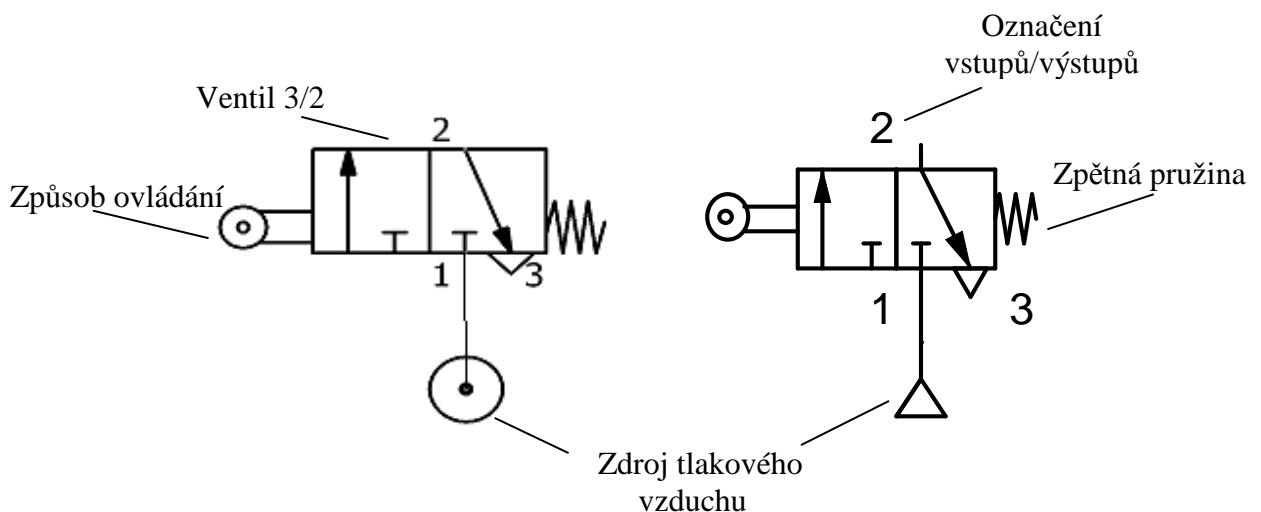
*Obr. 36. Elektrický koncový spínač. [6]*

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

Praktická část diplomové práce obsahuje studijní materiály a důležité poznatky, které jsou nezbytné pro řešení laboratorních úloh. Tyto materiály se věnují problematice pneumatických a elektropneumatických mechanismů, funkčních diagramů a překrývání sledu navazujících činností při řešení úloh s větším množstvím válců. V prvních dvou navazujících kapitolách jsou vysvětleny základní terminologie a formální pravidla pro kreslení pneumatických a elektropneumatických mechanismů, dále je provedeno seznámení se zásadami užívaného názvosloví prvků a označování komponent. Další kapitola praktické části diplomové práce se věnuje tzv. Funkčním diagramům, které mají význam při návrhu zapojení, pro sledování průběhu řídicího procesu. Při návaznosti sledu činností většího množství pracovních válců je dále uvedeno seznámení s tzv. překrýváním činností (někdy se lze setkat s pojmem překrývání signálu). Studijní část práce uzavírá obecný příklad s komplexním řešením pro oba možné způsoby řízení. Praktická část diplomové práce je vymezena pro inovaci stávajících a sestavení nových cvičení pro předmět Základy robotiky. Stávající řešení úloh byly modernizovány aplikací praktických znalostí ze studijního materiálu. Jednotlivá zadání jsou sjednocena zavedením nového jednotného systému laboratorních cvičení. Navržený systém laboratorních úloh je k dispozici na přiloženém CD.

## 5 PNEUMATICKÉ MECHANISMY

Rozvoj techniky v oblasti pneumatického řízení přispívá k širokému uplatnění těchto mechanismů v oblastech, kde se dříve využívaly převážně mechanismy elektrické. Problematikou návrhu a konečného řešení těchto systémů se v poslední době zabývá stále větší množství firem, což se v praxi projevuje tím, že se můžeme setkávat s různými modifikacemi v oblasti označování prvků a komponent. Pro srovnání je na Obr. 37, jako příklad uvedeno firemní označování mechanického způsobu ovládání ventilu se zpětnou pružinou. Obrázek vlevo byl získán z programu Pneudraw firmy SMC, naproti tomu obrázek vpravo je z programu fluidDRAW firmy FESTO. Oba programy slouží k rychlému a poměrně snadnému sestavení schématických obvodů tak, aby bylo pro výrobce možné efektivně reagovat na požadavky zákazníka.



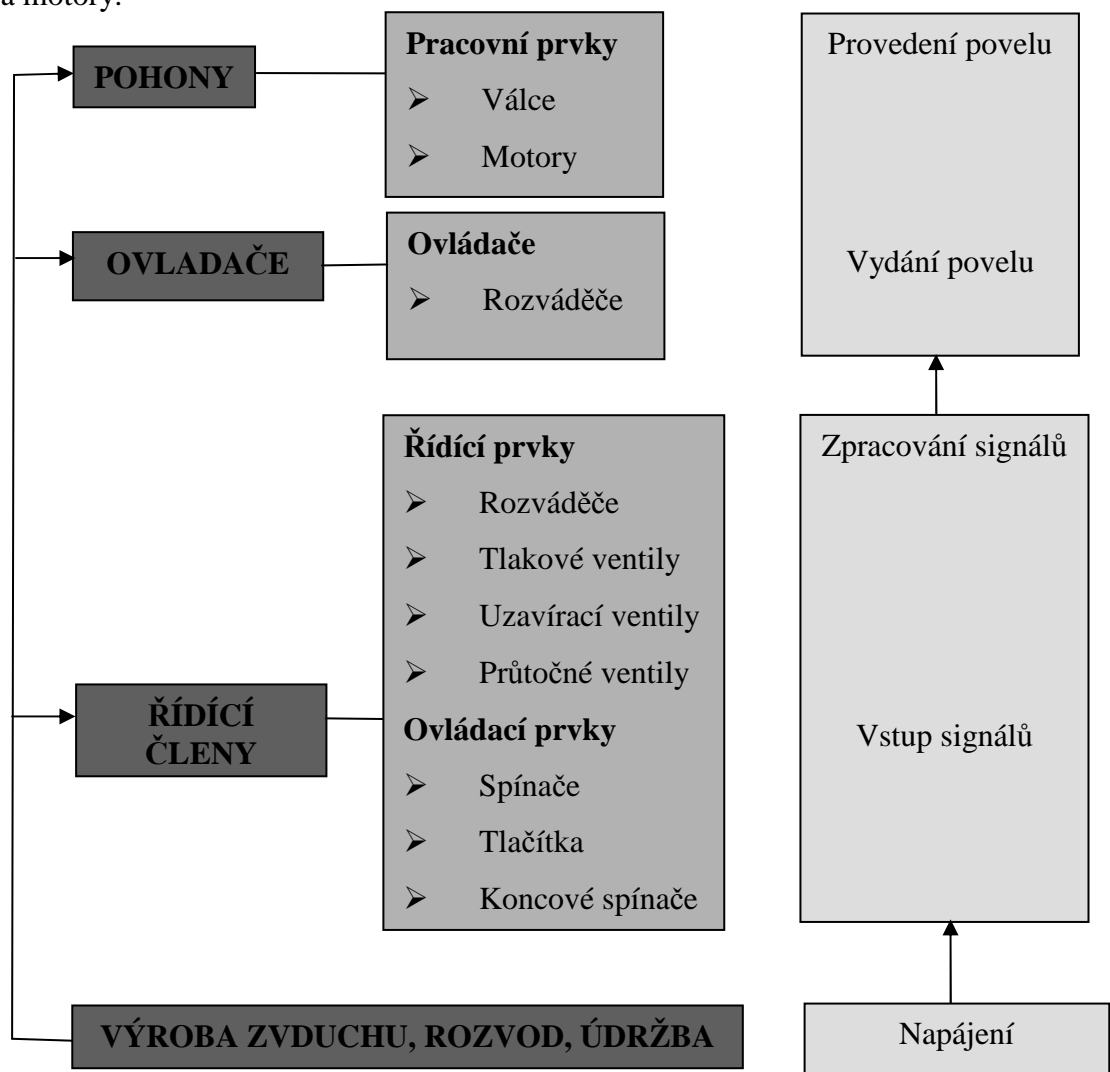
Obr. 37. Použitá symbolika v programech Pneudraw a fluidDRAW.

Nejzásadnějším rozdílem obou schémat, který může při chybné identifikaci vést k problémům s funkčností obvodu, je symbol označující zdroj tlakového vzduchu. Mezi další rozdíly lze zahrnout např. tvar a umístění symbolů, velikost číslovaných popisek apod. Při konstrukci a řešení úloh v této práci se bude vycházet z programu fluidDRAW firmy FESTO, jenž používá symboliku a označování, kterou lze v současnosti označit za nejnovější. Problematika těchto odlišností se netýká pouze různých firem, stále se v praxi můžeme setkávat se staršími funkčními obvody, které mají nejen různou symboliku, ale i odlišný systém označování vstupů a výstupů.

V současnosti je proto naprosto nezbytné bezpečně se orientovat v poměrně rozsáhlé oblasti pneumatického řízení a to nejen při řešení komplexní automatizace. Následující stránky podrobně rozebírají problematiku pneumatického řízení.

## 5.1 Obecné zásady kreslení schémat

Schématické řešení obvodů pneumatických mechanismů zpravidla přímo vychází z posloupnosti informačního toku. „Informace“, pokud není řečeno jinak, řadíme směrem odspodu nahoru, přičemž zdroj tlakového vzduchu, jakožto zdroj energie vstupující do systému, se nachází v pomyslné spodní části celého řetězce. Postupně pak v řetězci následují řídicí členy, kam patří „řídící“ a „ovládací“ prvky, dále pak následují ovladače, jejichž typickým představitelem je rozváděč a konečně samotný informační tok shora uzavírají válce a motory.

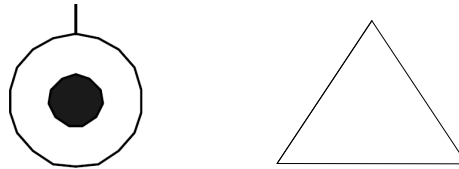


Obr. 38. Uspořádání řetězce. [6]



Obvykle se schémata pro zjednodušení kreslí tak, že se zdroj energie – tlakový vzduch znázorňuje zjednodušujícím symbolem, viz Obr. 39. Reálné uspořádání celé napájecí jednotky se pak kreslí na samostatný výkres.

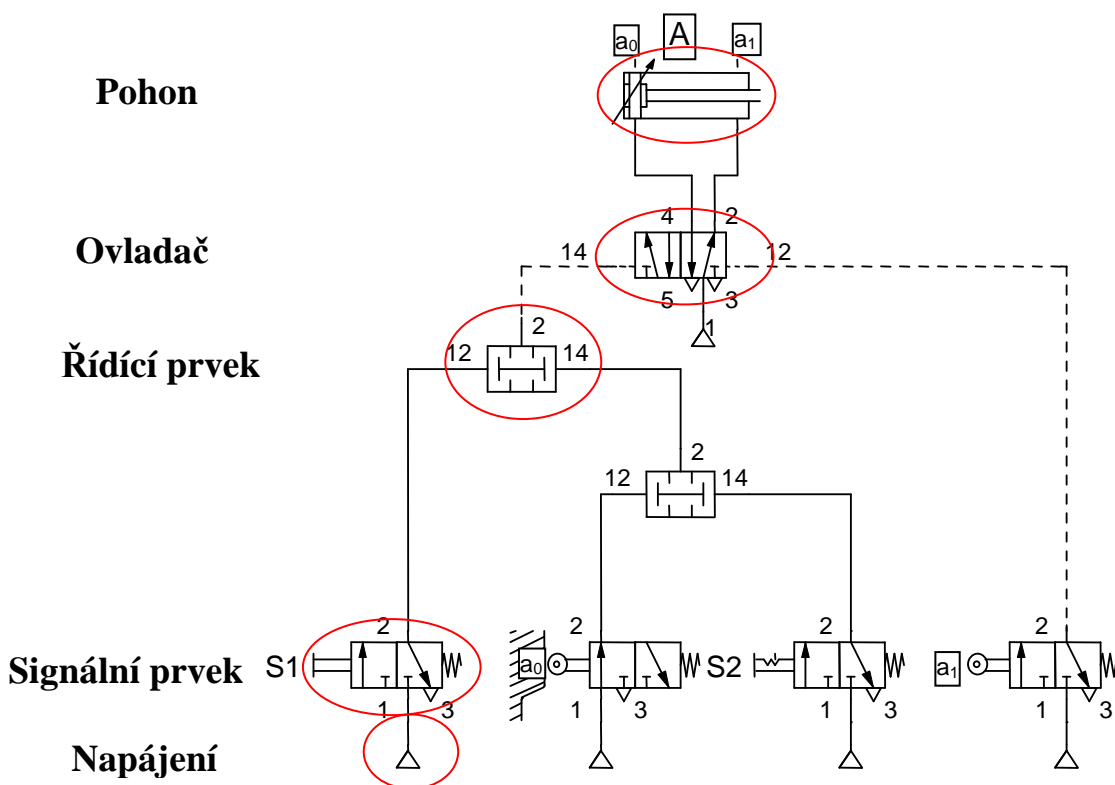
Dřívější označování      Současné označování



Obr. 39. Označení zdroje tlakového vzduchu.

Obecné zásady pro sestavování schémat:

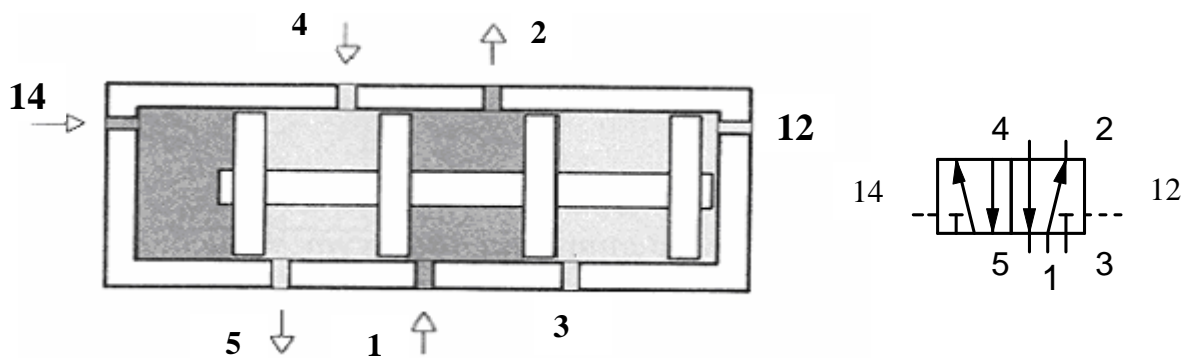
- 1) Při řešení přímo nezohledňujeme reálné uspořádání.
- 2) Pracovní prvky se zakreslují postupně směrem zleva doprava.
- 3) Výchozí uspořádání schémat se pokud možno volí vodorovné.



Obr. 40. Struktura řazení prvků.

## 5.2 Základní pojmy a označování

*Vícepolohové ventily* – jedná se o rozsáhlou kategorii ventilů, která má možnost změny provozního stavu vnitřním přestavením polohy ventilu, děje se tak změnou – „překrytím“ polohy kanálů, kterými proudí tlakové médium, uvnitř ventilu. Možné polohy ventilu jsou schématicky znázorněny jednotlivými bloky, které mají tvar čtverců. Počet příslušných bloků nám přímo udává počet provozních stavů ventilu.



Obr. 41. Pneumaticky ovládaný šoupátkový rozvaděč 5/2. [8]

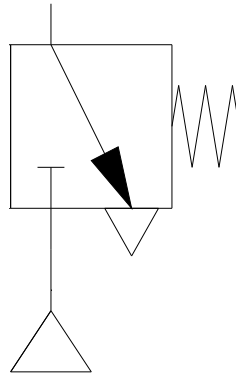


Obr. 42. Stav ventilu.

*Monostabilní/bistabilní ventily* – *bistabilní* rozvaděč je z obou stran ovládán libovolným způsobem řízení, ale nikoliv pružinou. *Monostabilní* rozvaděč je z jedné strany řízený pružinou, která způsobí, po ukončení působení řídicího signálu, jeho samočinný návrat do výchozí polohy.

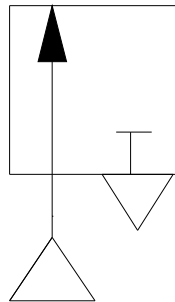
*Výchozí nastavení* – je charakteristický stav ventilu při napojení do pneumatické soustavy.

*Nulová (výchozí) poloha* – jedná se o typický stav ventilu s pružinou. Schématicky se zobrazuje napojením tlakového vzduchu do výchozí polohy ventilu.



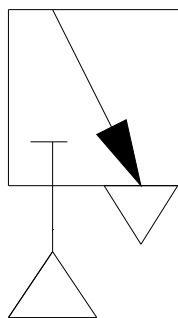
Obr. 43. Nulová poloha ventilu.

*Průchozí poloha* – charakteristický způsob nastavení, při němž prochází ventilem tlakové médium.



Obr. 44. Průchozí poloha.

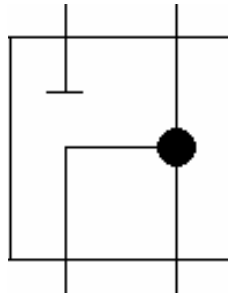
*Uzavřená poloha* – jedná se o označení takového stavu ventilu, při kterém tlakové médium nemůže procházet přes rozvaděč.



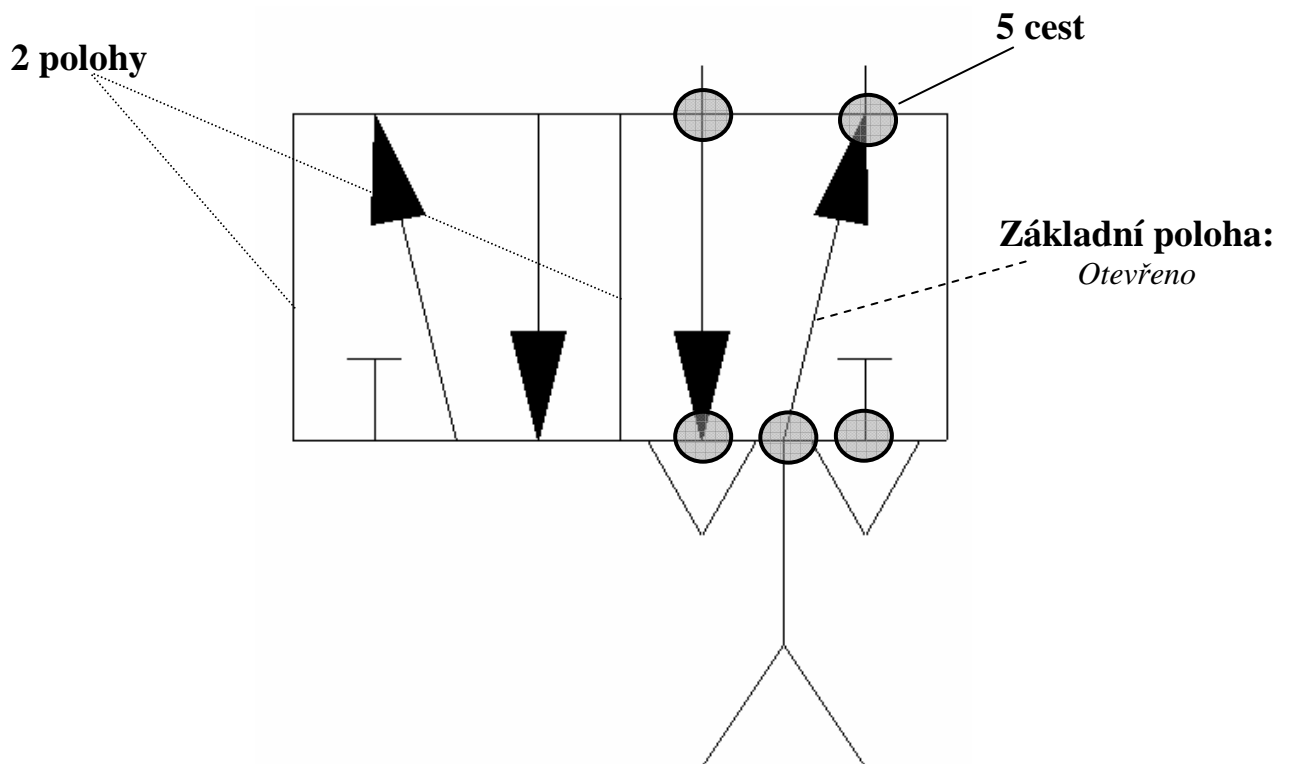
Obr. 45. Uzavřená poloha.

*Poloha ventilu* – týká se interního nastavení daného ventilu, které nám jednoznačně vymezuje jakým směrem a zdali vůbec proudí tlakové médium přes rozvaděč. Šipka uvnitř ventilu označuje zamýšlený směr proudění tlakového vzduchu. Uzavření průchodu vzduchu uvnitř ventilu, se označuje příčnou čarou, viz Obr. 45. V některých případech se vyskytuje

požadavek na propojení kanálu uvnitř ventilu, což lze schématicky znázornit tečkou v místě spojení.



Obr. 46. Vnitřní propojení kanálů.



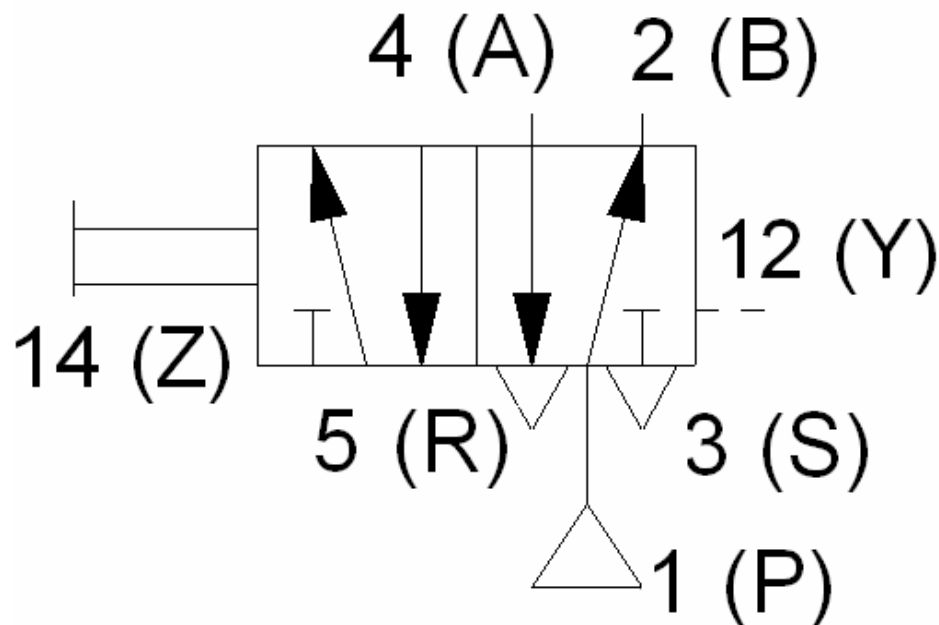
Obr. 47. Schématické označení 5/2 ventilu.

Označování vstupů a výstupů tlakového média v rozvaděči, se provádí podle dohodnutého postupu pomocí číslic, přičemž ještě poměrně nedávno, se k označování používalo „zaběhlého“ systému písmen, srovnání obou způsobů je uvedeno v Tab. 4. Přívod zdroje tlakového vzduchu se označuje číslem 1. Napojení na pracovní prvky se označuje pomocí sudých číslic 2, 4, 6. Odvod tlakového vzduchu z ventilu do atmosféry se označuje lichými čísly 3, 5, 7. Řídící signál pro přestavení polohy ventilu sestává z dvojčíslí, přičemž první číslo 1 udává informaci, že se jedná o řídicí signál a druhá číslice označuje při-

slušný vstup/výstup, který daný signál propojuje př. 12, 14. Řada čísel 10, 11 je vymezena pro přívody tlakového vzduchu.

Tab. 4. Symbolika označování. [8]

Druh vývodu	Číselné značení	Označení písmeny
Přívod tlaku	1	P
Vývod na pracovní výstup	2, 4, 6	A, B, C
Vývod na odvzdušnění	1, 3, 5	R, S, T
Vstup na řídicím přívodu	10, 11, 12, 14	X, Y, Z



Obr. 48. Příklad označení ventilu.

### 5.3 Označování prvků písmeny

Označování prvků pomocí písmen má velký význam zejména při prvotním návrhu řešení a je vhodné pro jednodušší schémata, protože se tak podstatně zvyšuje jejich přehlednost. Tato potřeba vznikla především v důsledku nutnosti rychlého řešení logických operací daného schématu zapojení.

Pro tento způsob označování je charakteristické, že jsou pracovní prvky označovány velkými písmeny, koncovým spínačům jsou naproti tomu přiřazeny písmena malá. Konco-

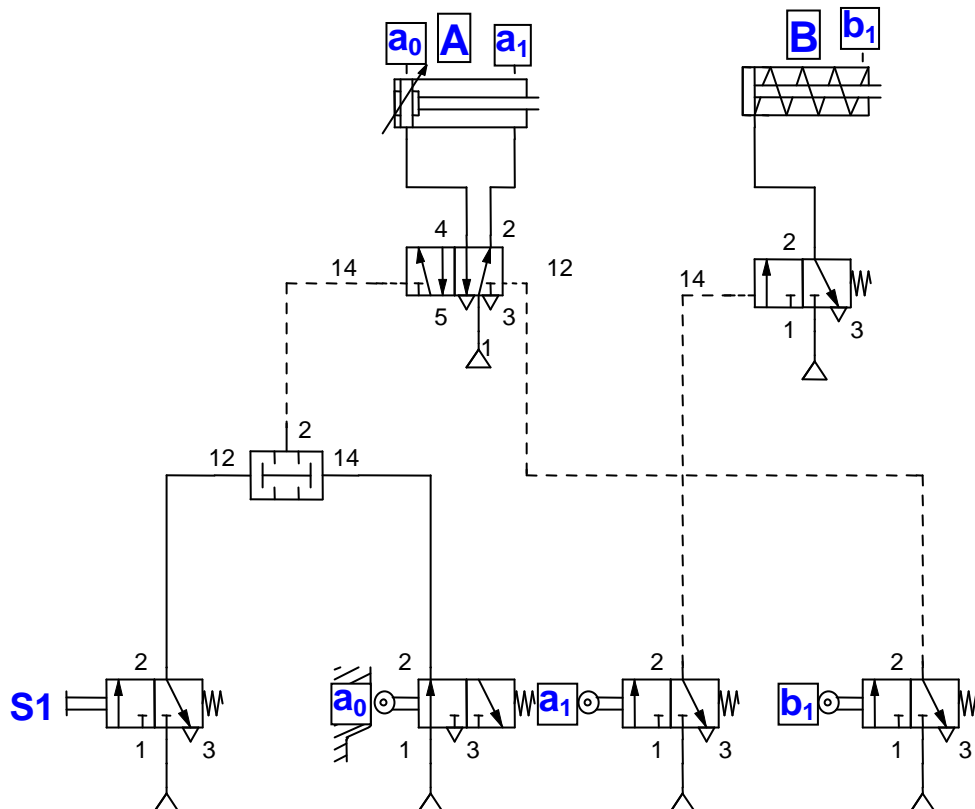
vé spínače jsou při tomto způsobu označování přímo podřízeny zdroji budícího signálu, který je nejčastěji realizován prostřednictvím pneumatických válců.

**A, B, C** – Označení hlavních pracovních prvků – Pneumotory.

**a<sub>0</sub>, b<sub>0</sub>, c<sub>0</sub>** – Označení koncových spínačů, které jsou aktivovány zpětným pohybem válce.

**a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>** – Označení koncových spínačů, které jsou aktivovány dopředným pohybem válce.

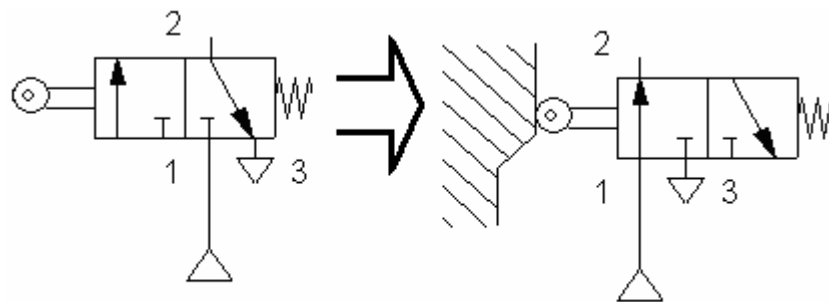
Na základě výše uvedeného, pak v případě dopředného pohybu válce **A**, bude aktivní koncový spínač **a<sub>1</sub>**, při zpětném pohybu pneumotoru **A** se zaktivuje koncový spínač **a<sub>0</sub>**. Pro manuální způsoby ovládání ventilů platí, že se pro jejich označování použijí taková písmena, která doposud nebyla ve schématu uvedena př. startovací tlačítko **S**, doraz **D**, pedál **P**, apod. Přehledně je problematika ukázána na následujícím obrázku Obr. 49. Vzhledem ke své jednoduchosti se tento způsob označování jeví jako velmi vhodný pro běžné použití studenty.



Obr. 49. Přřazení písmenného označení.

### 5.3.1 Zobrazování prvků

Jelikož se prvky ve schématech zpravidla označují v počátečním stavu ovládání, je nutné v případech, kdy tomu tak není, na tuto změnu důrazně poukázat. Jestliže je např. koncový spínač ve výchozím stavu aktivní (dosažením některé z mezních poloh –  $a_0$ ,  $a_1$ ), zakreslují se jeho příslušné vstupy a výstupy rovněž v pracovním stavu, samotný pracovní prvek se po té ještě symbolicky označí, tak jak je patrné z Obr. 50.



Obr. 50. Prvek ve výchozím aktivovaném stavu.

## 5.4 Označování prvků číslicemi

V případě, že se rozhodneme použít označování prvků pomocí číslic, máme v zásadě dvě základní možnosti:

**Průběžné číslování** – používá se pro rozsáhlá a poměrně složitá schémata a pro schémata, kde nemůže být použito číslování pomocí skupin z důvodu obtížného stanovení přiřazení prvků v důsledku vlivu dalších dílčích skupin, nebo eventuelně z důvodu překrývání budících signálů.

**Číslování skupin** – jedná se o plynulé číslování v rámci příslušné skupiny (např. 3.19 – skupina 3, prvek číslo 19). [6]

### Tvoření skupin:

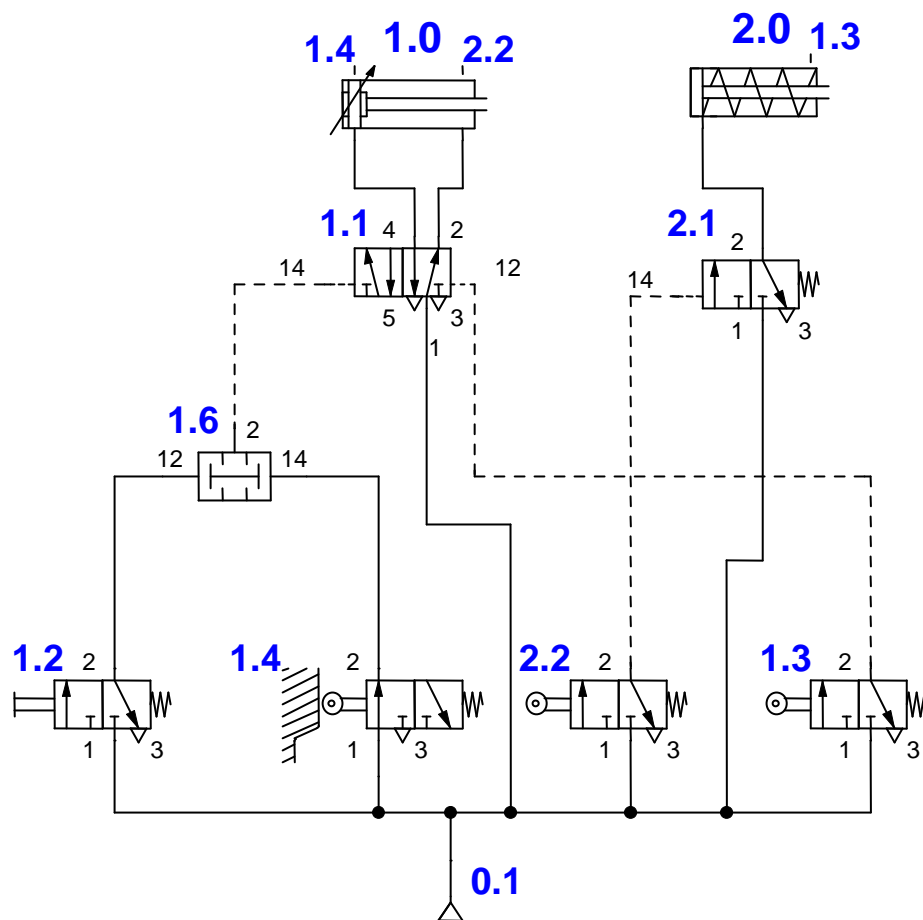
#### 1. Číslice na prvním místě:

- Skupina 0.\* - tato skupina se týká všech napájecích prvků.
- Skupina 1.\*, 2.\*, atd. – příslušné označení řídicího řetězce (každému pneomotoru náleží jedno číslo). [6]

2. Číslice na dalších místech:

- \*.0 pneumatory, např. 1.0, 2.0, atd.
- \*.1 ovladače příslušných motorů, např. 1.1, 2.1.
- \*.2, \*.4 (sudá čísla) všechny prvky, které ovlivňují vysunutí pístnice, např. 1.2, 1.4.
- \*.3, \*.5 (lichá čísla) všechny prvky, které ovlivňují zasunutí pístnice, např. 1.3, 1.5.
- \*.01, \*.02 všechny prvky mezi ovladačem a pohonem (škrťací ventily, atd.), např. 1.01, 1.02. [6]

Na základě tohoto způsobu značení lze snadno určit význam prvku v závislosti na přiřazeném pneumatickém válci. Aplikací této metody lze snadno odhalit případnou chybu v zapojení, způsobující nesprávnou činnost daného válce. Obr. 51 názorně ukazuje přiřazení číslic jednotlivým prvkům obvodu.



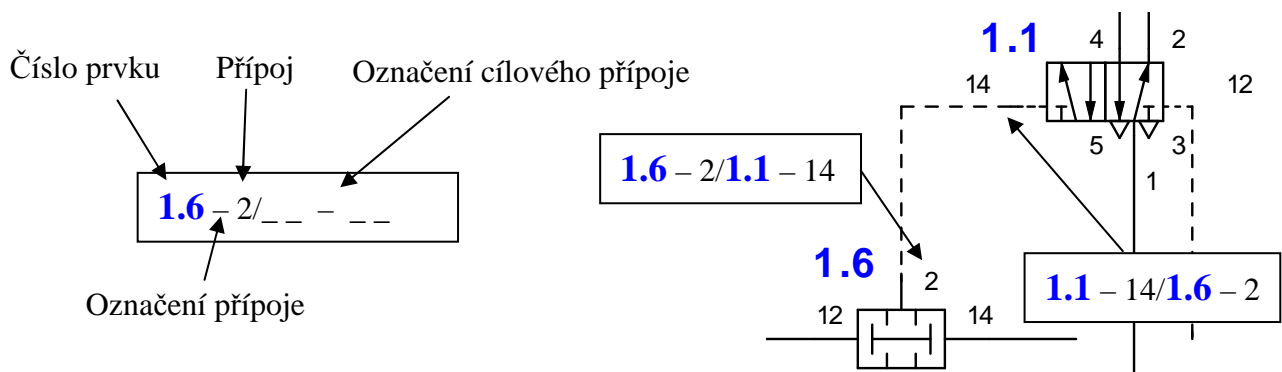
Obr. 51. Tvoření skupin.



### 5.4.1 Označování vedení

Vedení představuje propojení všech prvků obvodu prostřednictvím systému hadiček, kterými proudí tlakové médium. Vedení se zpravidla kreslí rovnými čarami, pokud možno bez vzájemného křížení. Pracovní vedení prvků se zakresluje plnou čarou, naproti tomu řídicí vedení rozvaděčů se značí čárkovaně. Často se pro složitější schémata, doporučuje kreslit všechna vedení shodně plnými čarami. Je-li vedení účelně propojeno, je tato skutečnost znázorněna kolečkem v místě spojení tak, jak je zřejmé z Obr. 51.

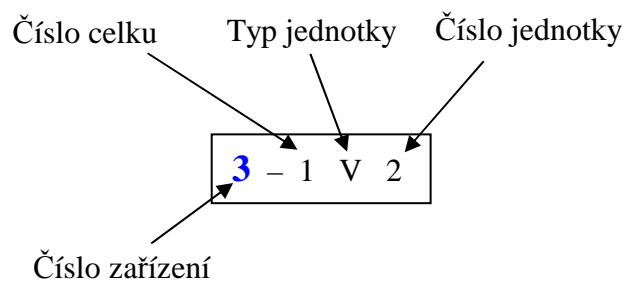
Vedení je ve schématu vhodné označit, děje se tak podle stanovených pravidel, číselný údaj vždy obsahuje: *číslo prvku* a *číslo propojovaného místa* (označení kam vedení směřuje). [6]



Obr. 52. Příklad označení vedení.

### 5.5 Kombinovaný způsob označování

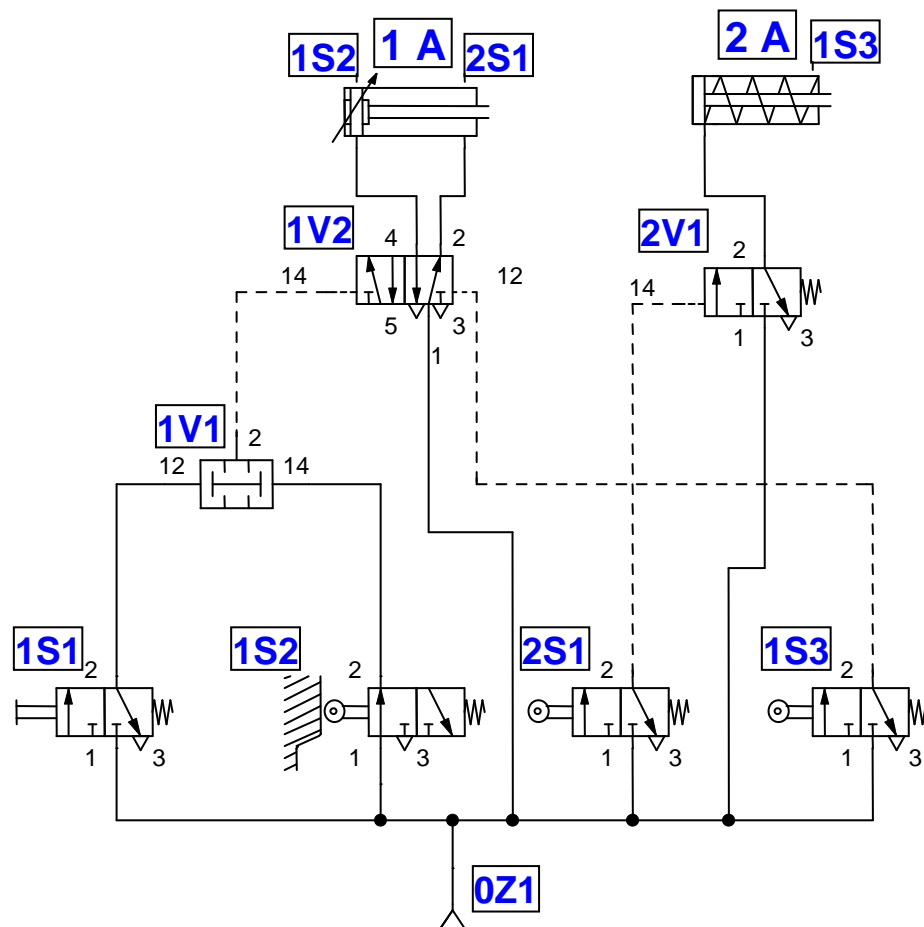
V případě použití kombinovaného způsobu označování, je každému prvku ve schématu přiřazena alfanumerická značka zpravidla umístěná do rámečku. Písmenná symbolika slouží pro přiřazení prvků do jednotlivých skupin, viz Tab. 5. Vlastní číselné popisky pak označují posloupnosti prvků v ovládacím řetězci Obr. 53. Rámeček obsahuje v předem určeném pořadí tyto symboly: *číslo zařízení*, *číslo celku*, *písmenné označení jednotky* a *číslo jednotky*. Snímače poloh se zpravidla označují v přímé závislosti k činné poloze. Je-li funkce složky shodná pro více výkonných (činných) celků, má označení celku 0 (týká se např. jednotky na úpravu stlačeného vzduchu).



Obr. 53. Označení funkčních prvků. [10]

Tab. 5. Označení typů pneumatických jednotek. [10]

Označení	Typ	Příklad
<b>P</b>	Čerpadla a kompresory	Pístový kompresor
<b>A</b>	Pohony	Válec
<b>M</b>	Motory pohonů	Elektromotor
<b>S</b>	Snímače signálů	Tlačítko start
<b>V</b>	Ventily	Dvoutlakový ventil
<b>Z</b>	Ostatní typy jednotek	Jednotka úpravy vzduchu

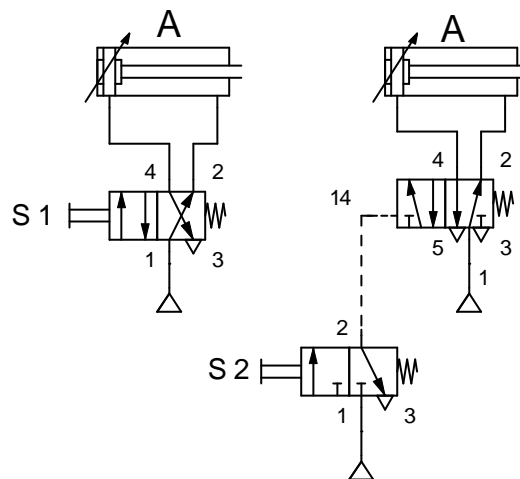


Obr. 54. Kombinovaný způsob označování komponent zařízení.

Pozn. při vlastním označování postupujeme při popisu prvků postupně odspodu nahoru, intuitivně zleva doprava, jak je patrné z předcházejícího obrázku Obr. 54.

## 5.6 Přímé a nepřímé řízení

U pneumatických mechanismů rozlišujeme dva základní typy řízení – přímé a nepřímé, jejich princip je znázorněn na Obr. 55. Přímé řízení lze s výhodou použít u jednodušších schémat zapojení, je ve srovnání s nepřímým řízením levnější, protože je vynechán řídicí ventil, ale je vhodné pouze na kratší vzdálenosti, kdy nedochází ke zpoždění. Pro poměrně složité úlohy, eventuálně úlohy s větším množstvím ovládaných válců je nezbytné použití nepřímého řízení a to nejen z důvodu větší přehlednosti schémat, ale i minimalizace rizika překrývání řídicích signálů. Pomocí rozvaděčů lze řídit relativně malou silou velké průtoky média.



Obr. 55. Příklad přímého a nepřímého řízení.





## 5.7 Typy ovládní

Rozvaděče lze ovládat různými způsoby, značky pro ovládní kreslíme, pokud není řečeno jinak vodorovně a z boku krajních čtverců. V následujících tabulkách jsou rozvaděče přehledně rozděleny do několika skupin, v závislosti na použitém charakteru ovládní.

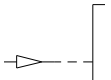
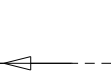

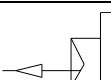
Tab. 6. Tabulka manuálního ovládní.

Manuální ovládní	
Členění	Symbol
Obecný znak	
Tlačítkem	
Pákou	
Pedálem	
Aretace ventilu pomocí západky	




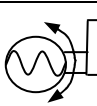
Tab. 7. Tabulka mechanického ovládání.

Mechanické ovládání	
Členění	Symbol
Narážkou, dotykem	
Kladkou	
Sklopnou kladkou	
Pružinou	

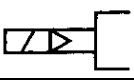
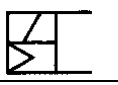
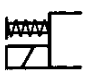
Tab. 8. Tabulka pneumatického ovládání.

Pneumatické ovládání	
Členění	Symbol
Ovládání zvýšeným tlakem	
Ovládání sníženým tlakem	
Ovládání zvýšeným tlakem s předzesilovačem	
Ovládání sníženým tlakem s předzesilovačem	

Tab. 9. Tabulka elektrického ovládání.


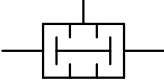
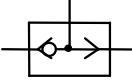
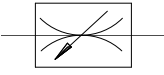
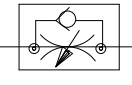
<b>Elektrické ovládání</b>	
<b>Členění</b>	<b>Symbol</b>
Ovládání elektromagnetem s jednou cívkou	
Ovládání elektromagnetem s větším počtem vnutí	
Ovládání elektromagnetem s 2 cívkami s opačným vnutím	
Ovládání krokovým motorem	

Tab. 10. Tabulka kombinovaného ovládání.

<b>Kombinované ovládání</b>	
<b>Členění</b>	<b>Symbol</b>
Elektromagnetem s pomocným ventilem	
Elektromagnetem nebo pomocným ventilem	
Elektromagnetem nebo manuálně se zpětnou pružinou	

*Ventily* – jedná se zpravidla o pneumatické prvky, které slouží k hrazení průtoku převážně v jednom směru a v druhém pak umožňují volný průtok. Základní typy ventilů, s nimiž se můžeme setkat v nejběžnějších aplikacích, jsou shrnuty v následující tabulce Tab. 11.

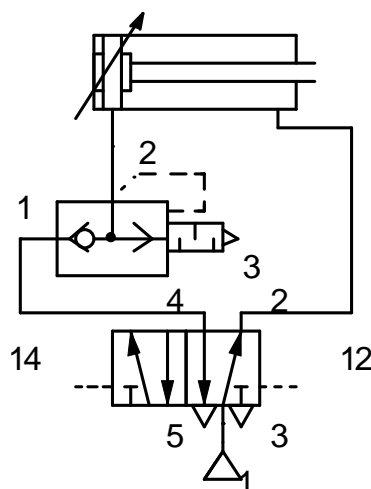
Tab. 11. Základní symbolika – ventily.

Název	Schématické označení
Jednosměrný ventil s pružinou	
Ventil logické funkce AND	
Ventil logické funkce OR	
Škrťící ventil	
Jednosměrný škrťící ventil	

**Zvláštní aplikace:**

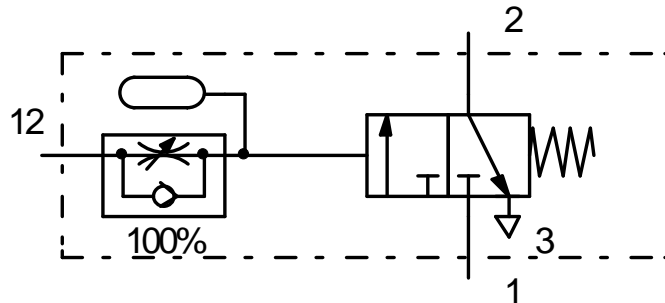
Na základě požadavků výroby vznikají často dodatečné nároky na řízení. K těmto např. patří – zpomalení nebo zrychlení pohybu válce, potlačování nebo vypínání přetrvávajících signálů apod.

*Rychlé odvzdušnění:* dosahuje se tak rychlejšího pohybu pístu při zasouvání do zadní polohy, neboť tlakový vzduch neprotéká rozvaděčem.



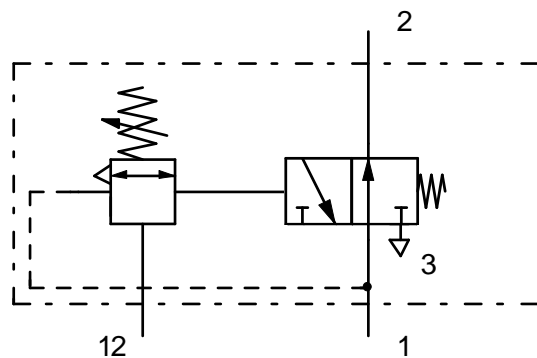
Obr. 56. Princip funkce: Rychlé odvzdušnění.

*Zpoždění signálu:* jestliže je na vstupu 12 tlakové médium, pak se začne přes škrticí ventil plnit akumulátor. Teprve když v akumulátoru stoupne tlak na požadovanou úroveň řídicího signálu, přestaví se ovládaný rozvaděč.



Obr. 57. Princip funkce: Zpoždění signálu.

*Potlačení signálu:* přetrvávající signál je potlačen silnějším signálem. Jakmile hodnota tlaku v nastavitelném tlakovém ventilu dosáhne určité hodnoty, dojde k přestavení rozvaděče.



Obr. 58. Princip funkce: Potlačení signálu.

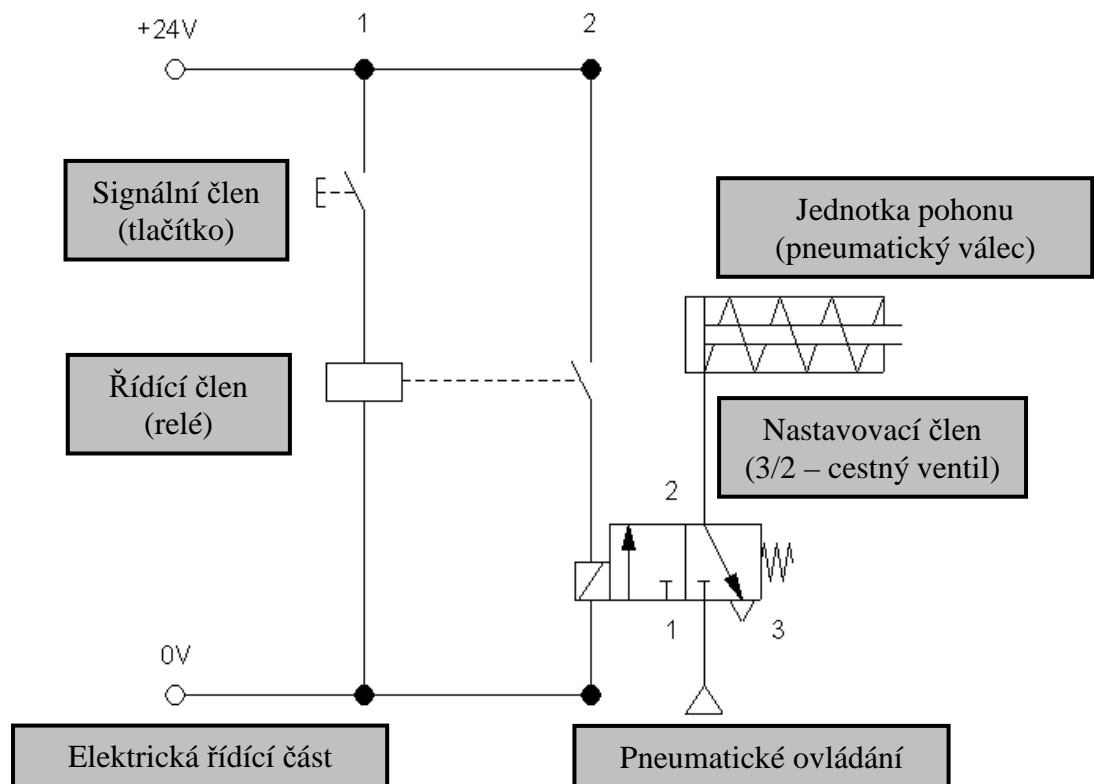


## 6 ELEKTROPNEUMATICKÉ MECHANISMY

Elektropneumatické mechanismy v sobě spojují řadu předností z oblasti teorie elektrického řízení a pneumatiky. Hlavním důvodem pro dynamický rozvoj elektrického způsobu řízení, jsou především nízké provozní náklady ve srovnání s pneumatickými mechanismy (tlakové médium je přiváděno pouze do místa spotřeby). Mezi další přednosti lze zahrnout dostupnost elektrické energie, minimální zdržné doby i na velké vzdálenosti atd. Naopak výzvou při řešení elektropneumatických mechanismů zůstává nízká tuhost těchto mechanismů a omezení v oblasti nasazení do pracovního prostředí (relativně vysoká citlivost na znečištění a vlhkost).

### *Princip funkce*

Elektropneumatický mechanismus reprezentuje spojení elektrického způsobu řízení s výkonnou pneumatickou složkou. Primární „ovládací“ složka získává signály z nejrůznějších tlačítek, spínačů nebo eventuálně snímačů, tyto signály jsou dále zpracovány prostřednictvím logických a výkonových prvků (např. relé) a jsou přivedeny na elektromagneticky ovládaný rozvaděč. Přivedením řídicího signálu na rozvaděč se změní jeho poloha (nastavení) a tím dojde k vlastnímu řízení pneumatického válce. Výkonový člen vlastního způsobu řízení je realizován pomocí pneumatiky (tlakového vzduchu), prostřednictvím přestaveného rozvaděče. Řídicí signály se vytvářejí vlastním spínáním a rozpínáním kontaktů řídicích členů.



Obr. 59. Schéma řízení. [10]

## 6.1 Základní pojmy

### Elektrotechnika

**Označení:** nejčastěji se vyskytuje číselné, ale rovněž se můžeme setkat i s písmenným, v některých případech se používají i jejich kombinace – názvosloví funkčního prvku.

**Značka:** grafická interpretace funkčního prvku, může vyjadřovat princip jeho činnosti, vlastnosti a eventuálně může popisovat jevy, k nimž dochází u daného prvku.

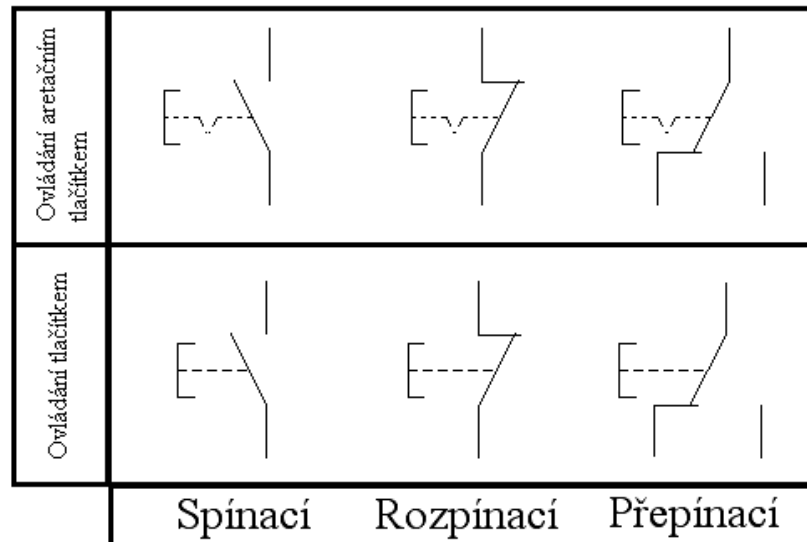
**Funkční prvek:** část obvodu, jenž může vykonávat elementární funkci.

**Aktivní funkční prvek:** tento prvek přináší do daného elektrického obvodu „změnu“, typickým příkladem je např. tranzistor, kondenzátor apod.

**Pasivní funkční prvek:** takto označujeme prvek, jenž umožňuje zprostředkování přenosu informace nebo energie, příkladem může být zásuvka.

*Elektropneumatika*

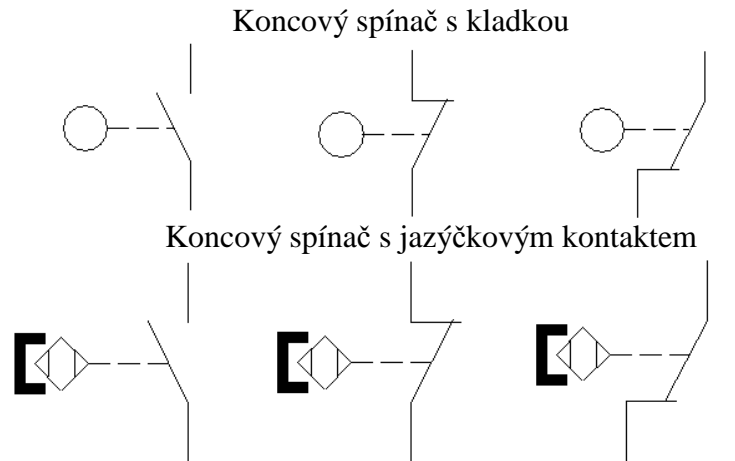
**Tlačítkové spínače:** tlačítka jsou v činné poloze po určitou, obvykle velmi krátkou dobu trvání impulsu (stisk tlačítka nebo průchod proudu), návrat do výchozí polohy je zpravidla samočinný realizovaný pružinou. K transformaci stavů (spínací, rozpínací, přepínací) dochází změnou nastavení kontaktů.



*Obr. 60. Ovládání tlačítkem.*

**Koncové spínače:** tyto prvky jsou řízené prostřednictvím systému narážek, vaček apod. a poskytují nám informaci o dosažení mezní polohy nastavení zařízení. Rozdíl dráhy mezi „sepnutím“ a „rozepnutím“ koncového spínače se označuje jako přepínací difference. Koncové spínače se ve schématech symbolicky označují podobně jako u pneumatických mechanismů, přiřazením spínače k dosažené mezní poloze.

Jazyčkové kontakty jsou zataveny ve skleněném válci, ve kterém je přítomné vakuum, vybuzením cívky kontakty zmagnetizují a dojde tak k vlastnímu sepnutí. Tyto kontakty se používají pro svoji vysokou životnost.



*Obr. 61. Koncové spínače.*

**Bezdotykové (bezkontaktní) snímače:** poměrně často se z technologických důvodů namísto koncových spínačů zařazují bezdotykové snímače. Rozeznáváme tyto základní typy: Indukční, Kapacitní, Optické (optoelektronické), Ultrazvukové.

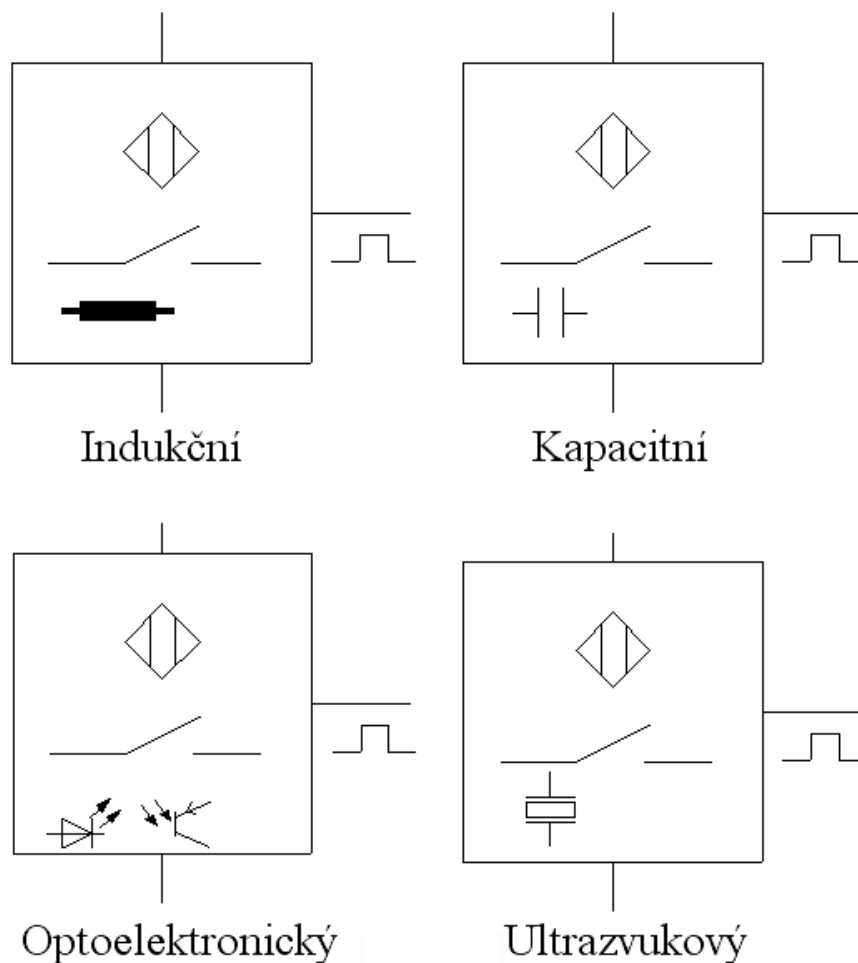
*Indukční snímače* – reagují na blízkost kovových předmětů.

*Kapacitní snímače* – reagují na látky s jinou dielektrickou konstantou než má vzduch. Má velký význam zejména pro kapaliny.

*Optické snímače* – reagují pouze na odražené světlo vyvolané světelným zdrojem (Laser).

*Ultrazvukové snímače* – reagují na zpoždění ozvěny ultrazvukové vlny od překážky (Echo) a tím určují její vzdálenost.

Výše uvedené snímače mají dva inverzní logické výstupy, které slouží k přímému „spojení“ nebo eventuálně „rozpojení“ daného elektropneumatického zapojení nebo relé.



Obr. 62. Základní typy snímačů.



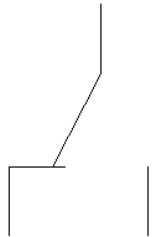
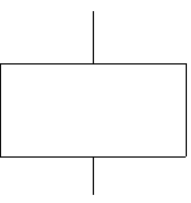
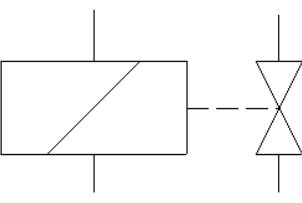
**Elektromagnetické relé:** kontakty relé bývají uspořádány stejně jako u tlačítkových spínačů, vlastní řízení se však děje prostřednictvím elektromagnetu. Sepnutí kontaktů je realizováno vybuzením cívky, které způsobí přitažení kotvy. Relé se ve schématech značí písmenem K a číslem, podobně se označují i jeho příslušné kontakty.

#### Charakteristika

- Mohou posloužit jako dálkově ovládané tlačítkové spínače.
- Malé spínané výkony, tím je dána jeho velikost a konstrukce (výkon v rozsahu mW do 1 W).
- Doba přitahu relé, tj. doba mezi vybuzením cívky a přepnutím kontaktů leží mezi 1 ms a 10 ms.
- Teplotní nezávislost. Prvek je schopen pracovat ve značně velkém rozsahu teplot a to v rozmezí  $-40 - +80$  °C.

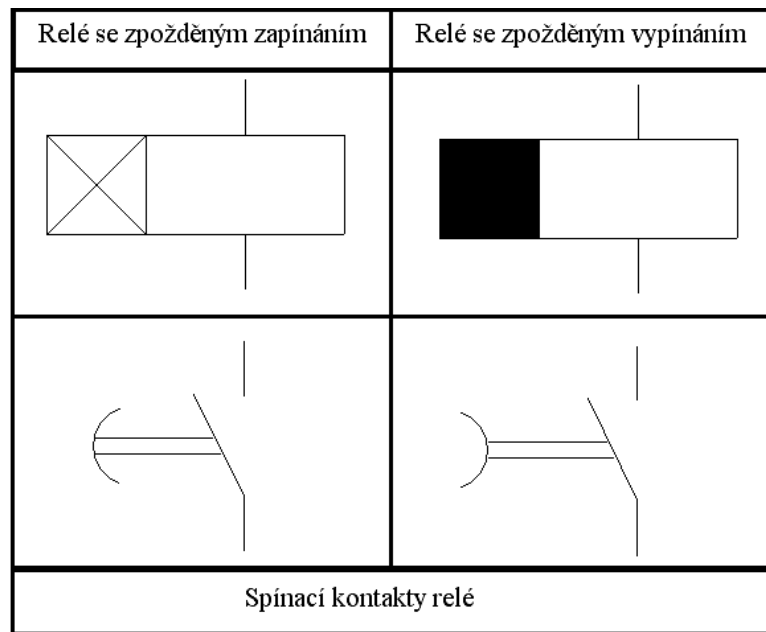
- Opotřebenění styčných ploch při spínání.
- Citlivost na znečištění. [10]

Pro sepnutí relé postačuje malá energie a k udržení v činném stavu vyžaduje zanedbatelný výkon, jeho kontakty však umožňují spínání mnohem větších (např. 100krát) výkonů. Nejčastější aplikace relé v elektropneumatických mechanismech je tam, kde budící signál nevyhovuje požadavkům (výkonem nebo napětím) cívky rozvaděče Y. V mezním případě pak lze očekávat výrazné zatížení a následné opotřebenění funkčních kontaktů, např. tlačítka. Prostřednictvím relé je realizována změna stavu příslušných kontaktů. Konkrétně se jedná o činnosti: spínání, přenášení, blokování, zesílení a rozvádění – aplikace příslušných kontaktů relé v „proudových větvích“.

Rozpínací kontakt	Spínací kontakt	Přepínací kontakt
 K1	 K1	 K1
 K1	 Y	
Relé		Cívka ovládaná elektromagnetem

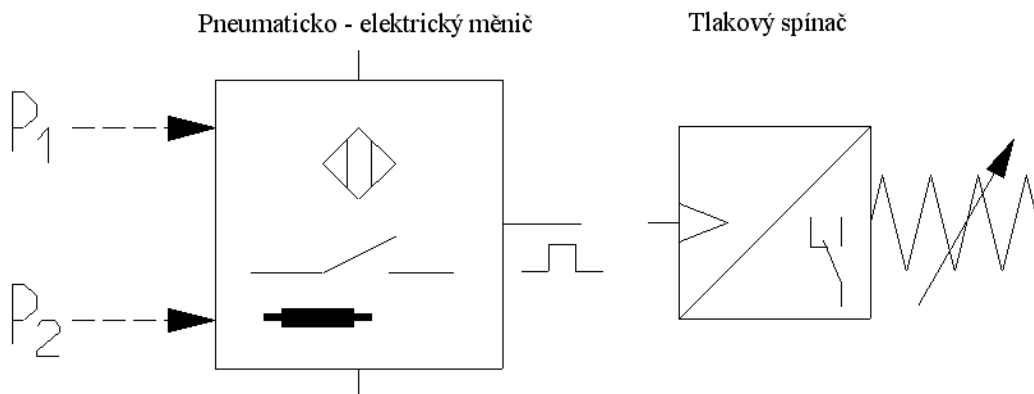
Obr. 63. Relé a jeho kontakty.

**Časová relé:** vyšší formy automatizace výroby si vynucují, pro řízení procesů, potřebu zpoždění mezi zapnutím a přepnutím kontaktů. Tato tzv. „časová“ relé pak můžeme rozdělit na relé se zpožděným zapnutím a vypnutím. V dnešní době je možné toto zpoždění řídit v rozsahu od několika ms až po několik s.



Obr. 64. Časová relé.

**PE měnič:** slouží k přeměně pneumatických signálů na elektrické. Jeho nedílnou součástí je elektrický přepínač s pohyblivým kontaktem, který je řízený pístem s vranou pružinou. V případě, že můžeme měnit hodnotu spínacího tlaku, označujeme tento prvek jako tlakový spínač. [10]



Obr. 65. PE měnič.

## 6.2 Zásady kreslení elektroschémat

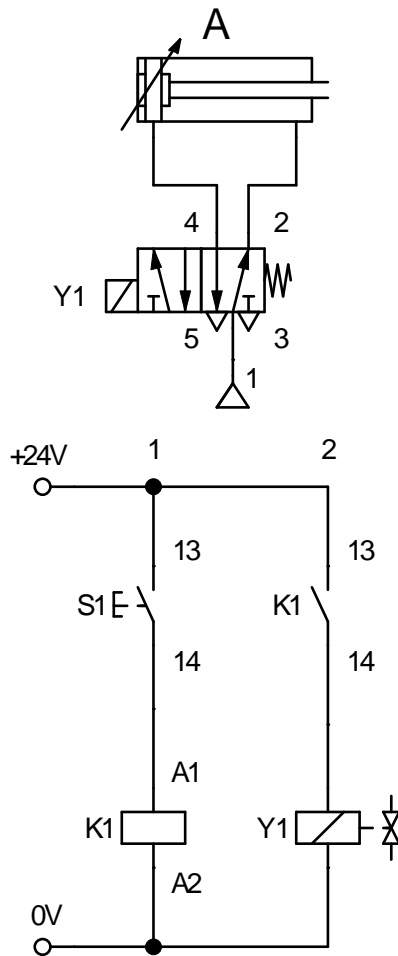
Schémata slouží pro úplné a jednoznačné objasnění principu funkce daného obvodu. Elektropneumatická schémata zpravidla kreslíme v rozloženém uspořádání, kdy jsou prvky rozčleněny do jednotlivých „proudových větví“, sloupcově nebo řádkově orienta-

ná. „Proudové větve“ bývají očíslovány v logické posloupnosti tak, jak jdou za sebou a to buď v řadě, nebo eventuálně sloupci. Jednotlivé obvody se kreslí za sebou v takovém pořadí, aby pokud možno odpovídalo sledu jejich činností. Všechny spotřebiče se kreslí u záporného vodiče. Řádkově orientovaná schémata mají své zastoupení především při opravách zařízení pro svoji přehlednost. Vzájemné vazby dílčích prvků a reálné prostorové uspořádání, se podobně jako u mechanismů pneumatických nezohledňuje. Popisky jednotlivých prvků se umísťují v závislosti na orientaci schématu a to těsně vedle nebo eventuálně nad daný symbol. Pokud není řečeno jinak, tak se elektropneumatická schémata kreslí jednotnou tloušťkou čar. V elektropneumatických schématech se zpravidla kreslí výkonová pneumatická část (rozvaděč s pneumotorem) izolovaně od elektrické ovládací části.

### **Sloupcové kreslení elektroschémat**

Obvod je tvořen soustavou svislých sloupců, které označujeme jako „proudové větve“, tyto jsou umístěné rovnoběžně vedle sebe. Napájecí vodiče jsou znázorněny rovnoběžnými čarami + nahoře a – dole, jednotlivé obvody se kreslí kolmo na ně.

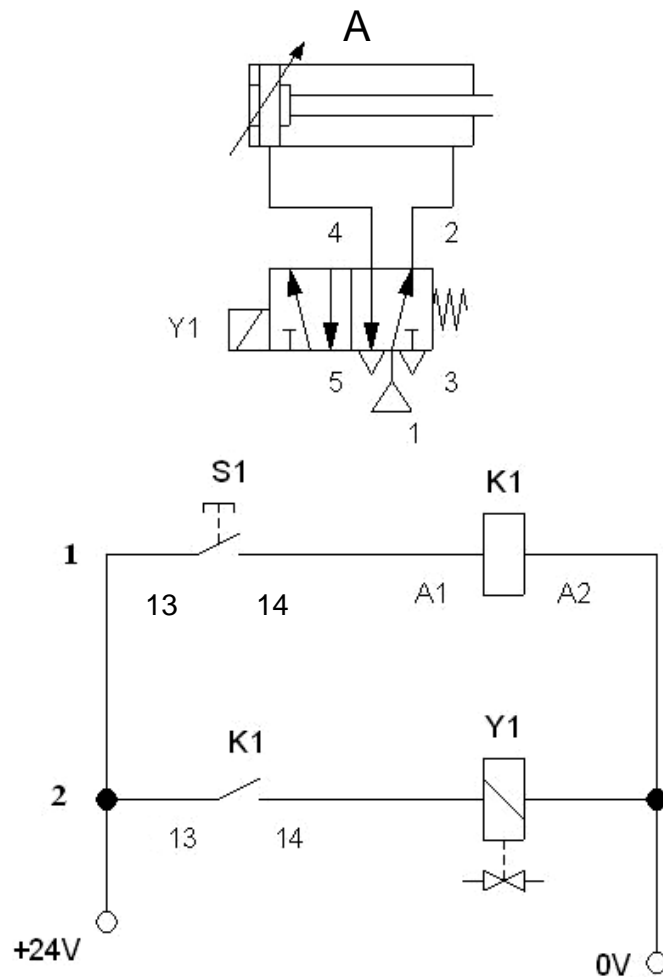




Obr. 66. Sloupcové kreslení elektropneumatických schémat.

### Řádkové kreslení elektroschémat

Tento typ kreslení schémat je charakteristický tím, že je obvod tvořen rovnoběžnými řádky umístěnými pod sebou. Napájecí soustava je podobně jako u předchozího umístěna kolmo na „proudové větve“.



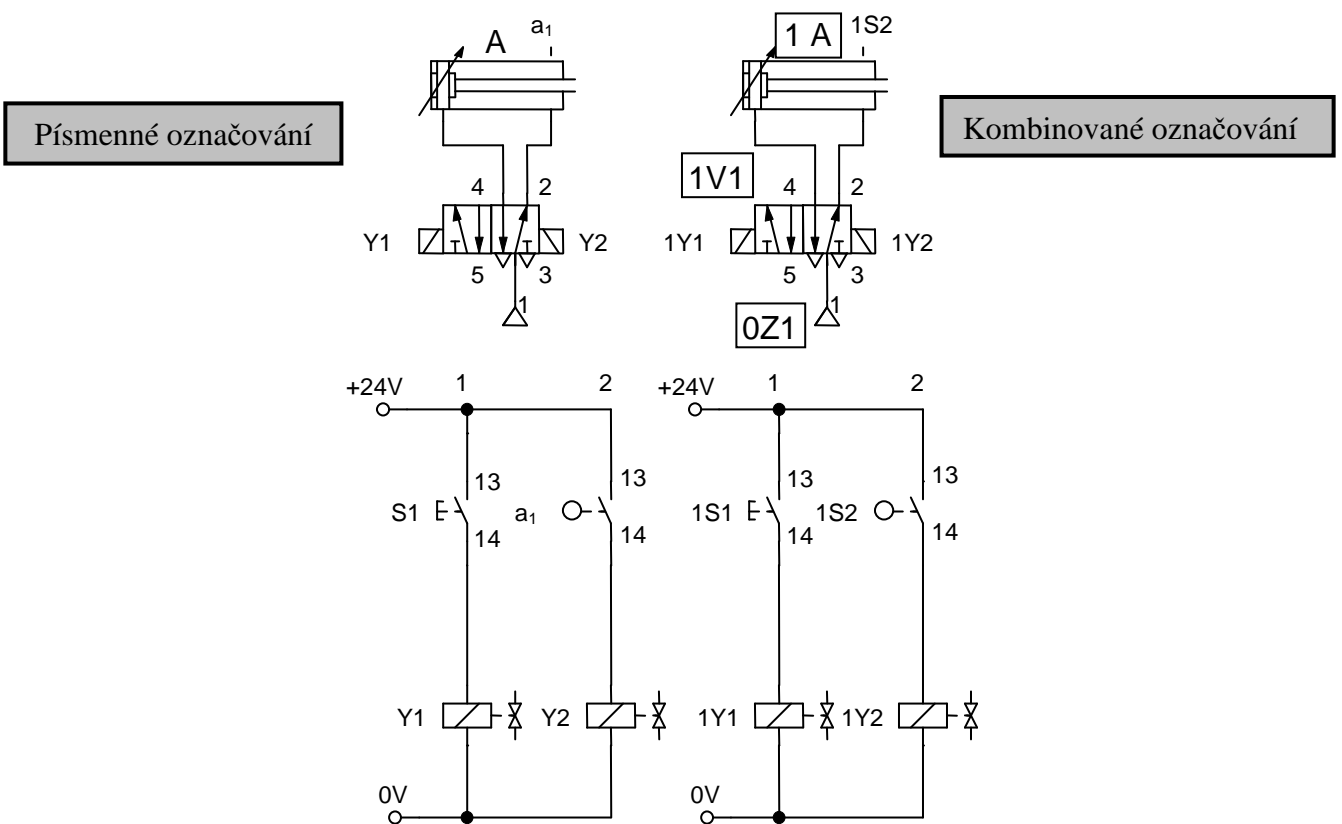
Obr. 67. Řádkové kreslení elektropneumatických schémat.

### 6.3 Označování prvků

K podrobnému popisu prvků ve schématu, se zpravidla používá systému písmen a číslic, které jednoznačně charakterizují funkci a eventuálně i polohu zařízení nebo prvku v pomyslném řetězci ovládání. V zásadě je možné k popisování prvků v elektropneumatických mechanismech přistupovat podobným způsobem jako u mechanismů pneumatických. Výkonná část a akční členy se nejčastěji popisují kombinovaným způsobem označování, písmenné označování se s výhodou používá pro prvotní seznámení s obvodem, naproti tomu číselné označování vzhledem k charakteristické povaze elektropneumatických schémat není příliš výhodné. V následující tabulce jsou uvedeny nejpoužívanější symboly používané v elektropneumatických mechanismech.

Tab. 12. Tabulka označování prvků. [10]

Písmeno	Předmět	Poznámky, příklady	Ukázka značení
A	Konstrukční celek nebo skupina	Napájecí kontakty	A1,A2, ... mAn
B	Převodník neelektrických veličin	Čidla, sondy, senzory	B1,B2, ... mBn
H	Signalizační zařízení	Žárovky, bzučáky apod.	H1,H2, ... mHn
K	Relé nebo Stykač	Pomocné, časové apod.	K1,K2, ... mKn
O	Výkonové zařízení	Zdroj tlak. vzduchu	OZ1,OZ2, ... mOn
P	Měřicí, zkušební přístroj	Tlakový snímač	P1, P2, ... Pn
S	Spínač	Tlačítkový spínač	S1, S2, ... mSn
V	Řídící prvek	Ventil, rozvaděč	V1, V2, ... mVn
Y	Elektricky ovládané zařízení	Cívka ovládaná elektromagnetem	Y1,Y2, ... mYn



Obr. 68: Nejběžnější způsoby označování prvků ve schématech.

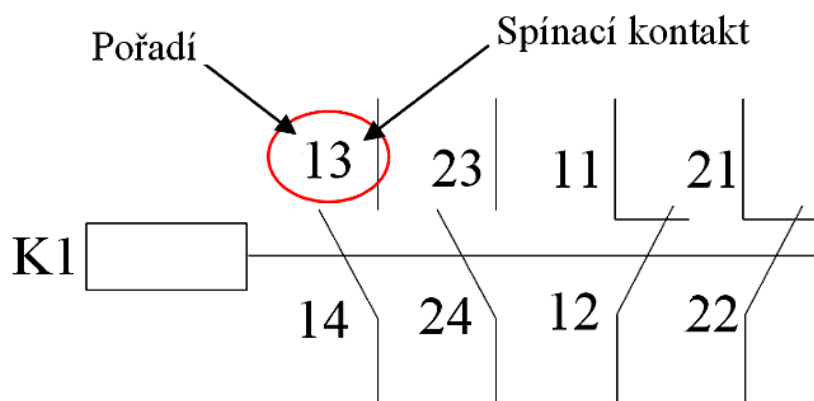
Pozn. v případě, že při kombinovaném způsobu označování obvod sestává pouze z jednoho válce, je přípustné u všech prvků mimo pneumatoru vypustit první číslici 1.

*Označování kontaktů*

Číselné popisky při označování kontaktů nám poskytují důležitou informaci o jejich činnosti v daném schématu zapojení. Pomocí kombinace číslic můžeme snadno identifikovat, o jaký typ kontaktu se jedná, jaké je jeho pořadí v obvodu a k čemu slouží. Nejběžnější způsob označování je kombinací dvojčíslí. Někdy je v praxi možné se setkat, u velmi složitých obvodů, s třetím pořadovým číslem, které slouží k vytváření a označování skupin. Při řešení složitějších aplikací elektropneumatických mechanismů, se od označování kontaktů cívek a relé ustupuje.

Tab. 13. Označování kontaktů. [12]

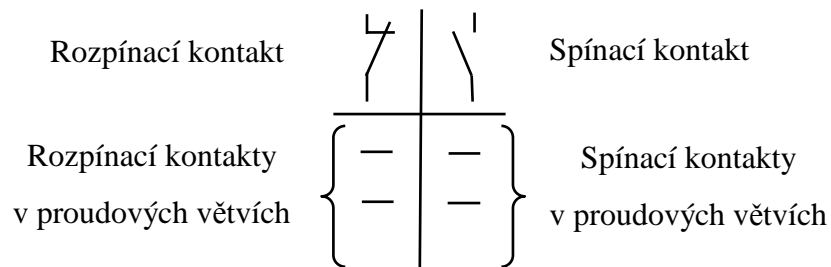
Označení kontaktů		1 číslice: Označení pořadí
		2 číslice: <b>Označení funkce</b>
		3 číslice: Označení skupiny
<b>Označení funkce</b>	1, 2	Přepínací, rozpojovací (vypínací) kontakt
	3, 4	Spojovací (zapínací) kontakt
	5, 6	Speciální kontakty – vypínací zpoždění
	7, 8	Speciální kontakty – zapínací zpoždění
	9, 0	Přechodný



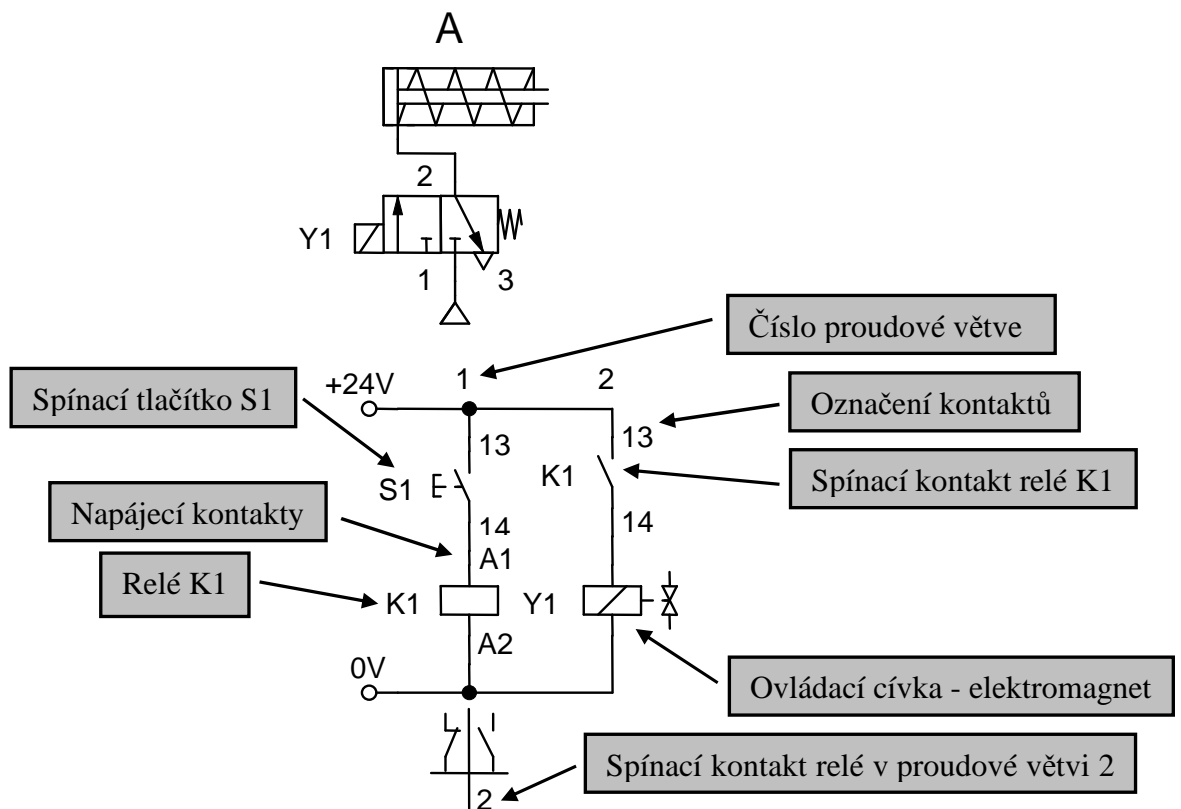
Obr. 69. Příklad označení kontaktů.

Tabulka kontaktů

Tato tabulka poskytuje informaci, v jakých „proudových větvích“ jsou zapojeny kontakty příslušných relé. Kontakty jsou označeny číslem „proudové větve“, ve které dochází k jejich aktivaci: sepnutí, rozepnutí nebo eventuálně přepnutí. [10]



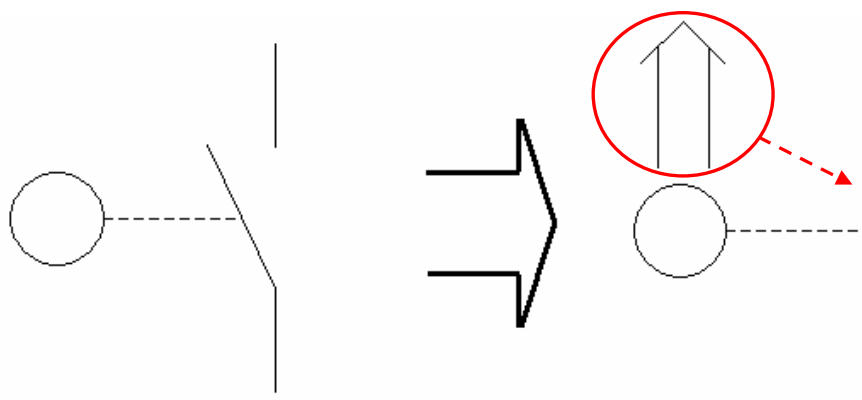
Obr. 70. Tabulka kontaktů.



Obr. 71. Příklad označení elektropneumatického obvodu.

### 6.3.1 Zobrazování prvků

Podobně jako u pneumatických mechanismů, je nezbytné prvky ve výchozím stavu aktivované symbolicky označit i v případě elektropneumatických mechanismů. K vyjádření skutečnosti, že se daný prvek nenachází v základní poloze nastavení, se používá orientovaná šipka tak, jak je znázorněno na následujícím obrázku Obr. 72.

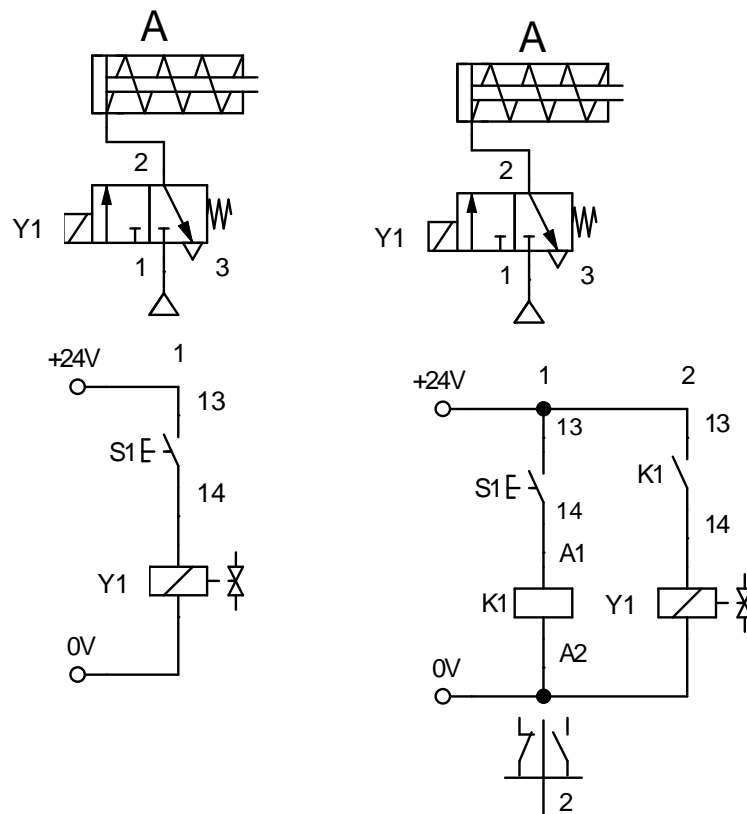


Obr. 72. Aktivovaný prvek ve výchozím stavu.

## 6.4 Přímé a nepřímé řízení

S těmito dvěma pojmy se v oblasti elektropneumatického způsobu řízení setkáváme poměrně často, jejich princip je znázorněn na následujícím obrázku Obr. 73. Při přímém řízení je elektrický obvod přímo ovládaný prostřednictvím použitého tlačítka S1. V případě nepřímého řízení je řídicí složka, v našem konkrétním příkladě tlačítko S1, zastoupeno příslušným kontaktem relé. Nepřímé řízení lze s výhodou použít při požadavku bezpečného napětí 24 V na ovládacím zařízení, přičemž je napájení prvků vyžadujících vyšší napětí (až 230 V) vybuzeno přes kontakt relé K1 a nikoliv přímo spínačem S1. V případě, že bychom na kontakty spínačů přiváděli vyšší napětí, než dovolené, bude docházet k jejich výraznému opotřebenosti a snižování životnosti celého zařízení. Proto je z hlediska bezpečnosti provozu a snižování poruchovosti mechanismů, v praxi mnohem výhodnější použití nepřímého řízení.

Pozn. Výukový systém, jenž je pro potřebu výuky elektropneumatiky k dispozici, je napájen „bezpečným“ napětím 24 V, čímž případná rizika spojená s výše uvedeným zanikají.

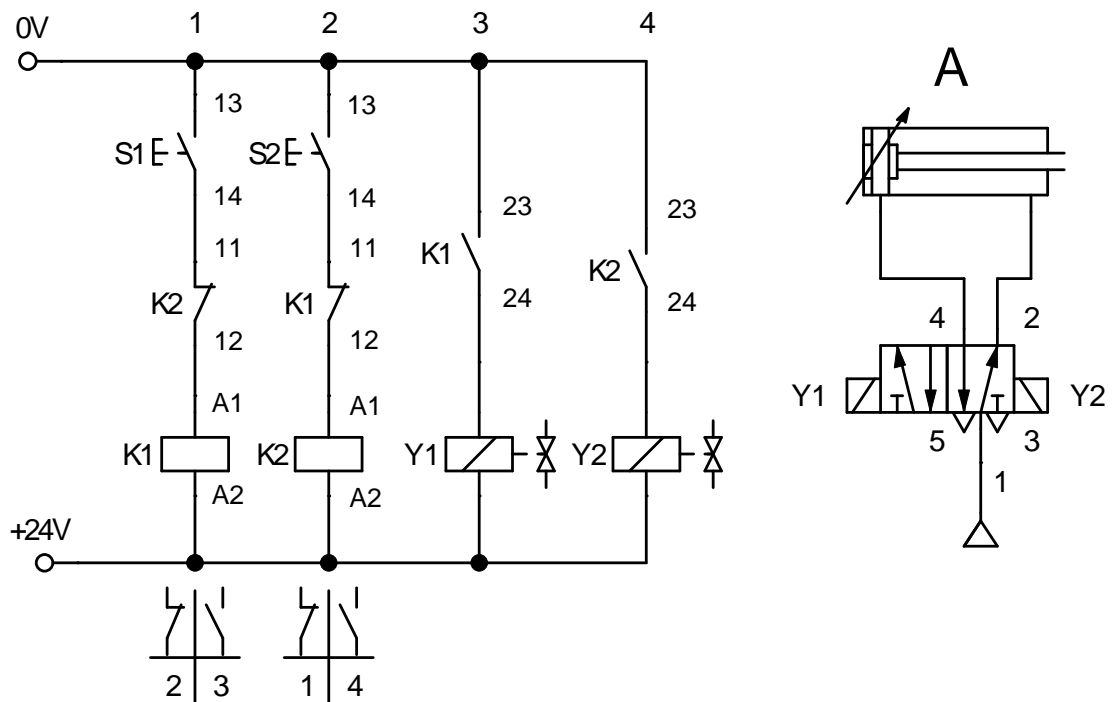


Obr. 73. Příklad přímého a nepřímého řízení.

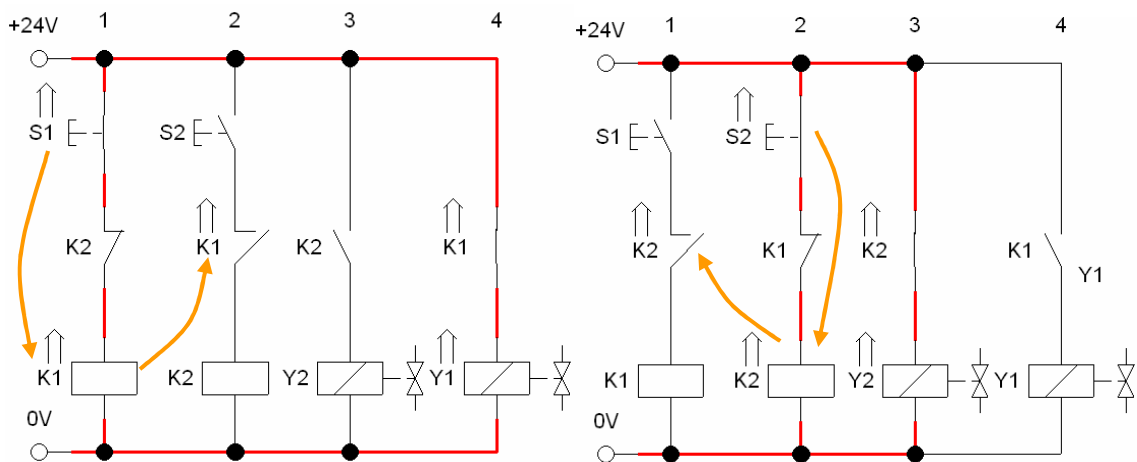
**Zvláštní aplikace:**

Podobně jako u pneumatických mechanismů vedou rostoucí požadavky na řízení k zavádění speciálních funkcí do obvodů. V případě elektropneumatických mechanismů se jedná konkrétně o funkci „logické negace“ a „uchování signálu“.

*Logická negace (neekvivalence, blokování):* Tato operace se často realizuje prostřednictvím rozpínacích kontaktů, ale je možné ji provést i pomocí mechanických prostředků (např. koncové spínače). Nejčastěji provádíme operaci logické negace z důvodu požadavku na sepnutí jednoho ze dvou činných relé tak, aby byl stav relé vůči sobě navzájem různý (opačný), což je vhodné např. pro řízení motorů. Pozn. kontinuální propojení vedení mezi spínacím prvkem S1 a rozpínacím kontaktem K2, v proudové větvi 1, reprezentuje logickou funkci & (AND).



Obr. 74. Příklad logické negace.



Obr. 75. Princip funkce negování signálu.

*Uchování signálu („samodržné“ zapojení):* je charakterizováno jako uchování logické proměnné (stavu obvodu). Uchování je zprostředkováno vlastním spínacím kontaktem daného relé. Ke spuštění postačuje velmi krátký impuls tlačítka. Startovací tlačítko S1 způsobí, že se startovací impuls uloží do „paměti“ (permanentní signál ZAPNUTO). Pro resetování (nulování) signálu slouží další větev obvodu s tlačítkem S2. Funkce se běžně používá pro řízení úloh s monostabilními rozvaděči, kdy budící impuls působí po dostatečně dlouhou dobu a umožní přestavení rozvaděče překonáním signálu vratné pružiny. Pozn.



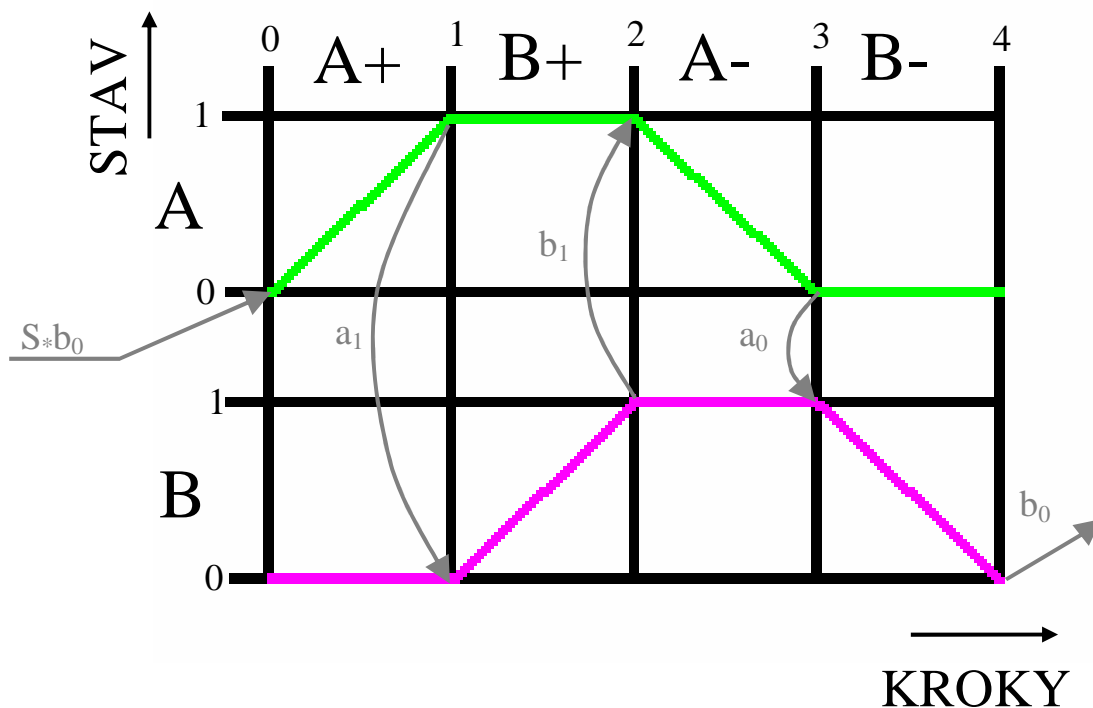


## 7 FUNKČNÍ DIAGRAMY

Posloupnost funkcí, pohybů, dějů a činností stroje nebo zařízení je možné graficky interpretovat prostřednictvím tzv. funkčních diagramů. Tyto diagramy slouží pro zobrazení funkcí řízení během konkrétního pracovního cyklu.

### 7.1 KROKOVÝ DIAGRAM

Pomocí tohoto diagramu znázorňujeme posloupnosti činností pneumatických válců v průběhu příslušných kroků. Krok reprezentuje v nejjednodušším základním případě transformaci stavů, nebo eventuálně polohy. V případě ovládání více válců se jednotlivé krokové diagramy kreslí v řadě pod sebou. Válcce řízené v průběhu jednoho pracovního cyklu musí mít shodný počet kroků. [6]



Obr. 78. Krokový diagram.

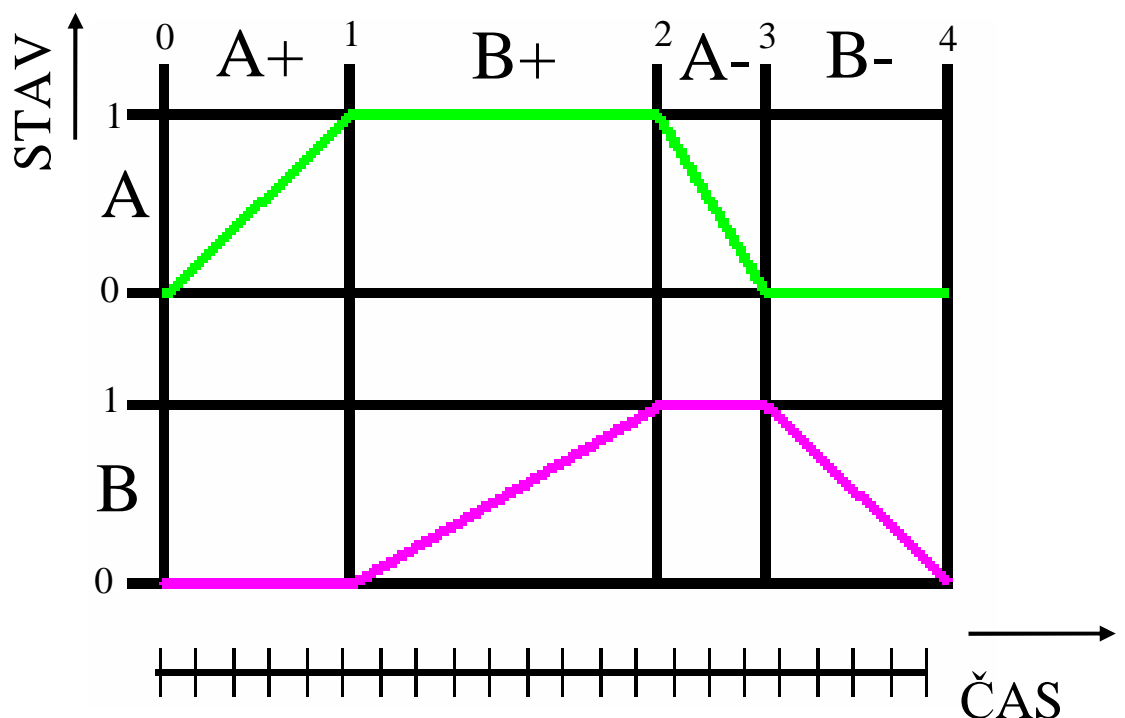
#### Doporučení:

- Daným krokům přísluší shodné „časové“ úseky, přičemž skutečná doba trvání kroku je závislá na pohybu pístu a lze ji ovlivnit různými faktory.
- V případě řízení více válců se kreslí jednotlivé krokové diagramy v řadě pod sebou, přičemž minimální odsazení „řádků“ by mělo být  $\frac{1}{2}$  kroku.

- Kvůli přehlednosti je vhodné označit jednotlivé kroky čísly.
- Vysunutí pístu se zpravidla označuje jako logická „1“, zasunutí pak jako logická „0“.
- Musí být znázorněny všechny navazující kroky v průběhu daného cyklu, žádný nelze vynechat.
- Symbolicky lze zdůraznit, nad pole s určitým krokem, změnu stavu válce, př. A+ značí vysunutí pneumotoru A.
- Čáry, šipka a popisky uvnitř krokových polí nám udávají jaký funkční prvek je aktivován a co způsobí, př.  $S \cdot b_0$  – při stisknutí tlačítka **S** a je-li válec B ve výchozí poloze **b<sub>0</sub>**, dojde k vysunutí pneumotoru A.

## 7.2 Časový diagram

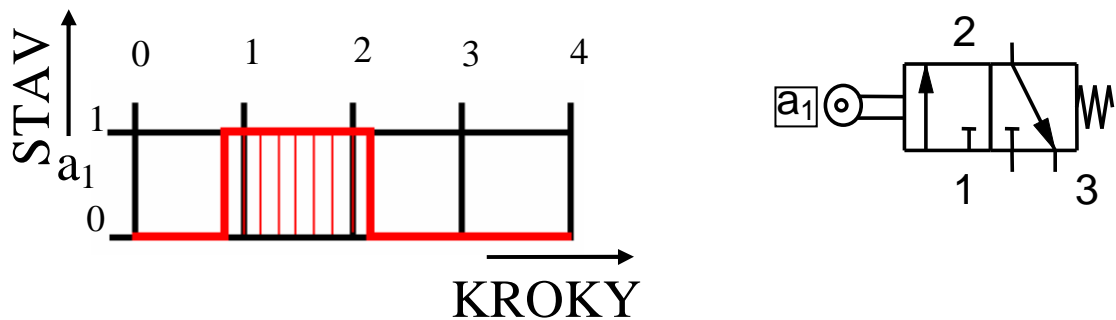
Jedná se o nejjednodušší možnost, jak znázornit sekvenci daného problému řízení. Reprezentuje vzájemnou vazbu dráhy příslušných válců na odpovídajícím čase. Tento diagram se na rozdíl od krokového zobrazuje v měřítku. Pro zobrazení časového diagramu platí podobné zásady jako pro krokový diagram. Diagram umožňuje zobrazit rozličné rychlosti pohybů daného zařízení. Tyto diagramy slouží k získání informativního obrazu o daném problému řízení, pro následnou realizaci příslušných mechanismů.



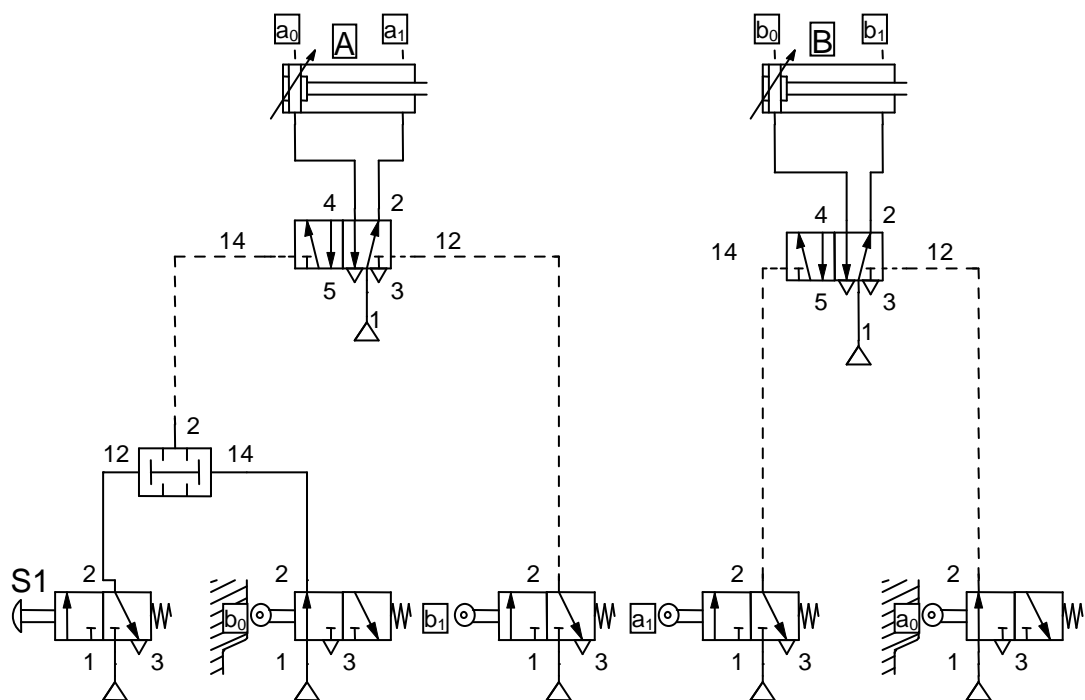
Obr. 79. Diagram časové závislosti prvků.

### 7.3 Diagram ovládání

Popisuje časovou posloupnost stavů a jejich příslušných logických vazeb. Někdy je možné se setkat s označením tabulka ovládacích funkcí (namísto diagramu je příslušné ovládání znázorněno v „pravdivostní“ tabulce), která slouží k určení rozličných kombinací vstupních signálů pro spuštění akčních členů (pneumatické válce). Diagram ovládání se obvykle vyhotovuje současně s krokovým diagramem.



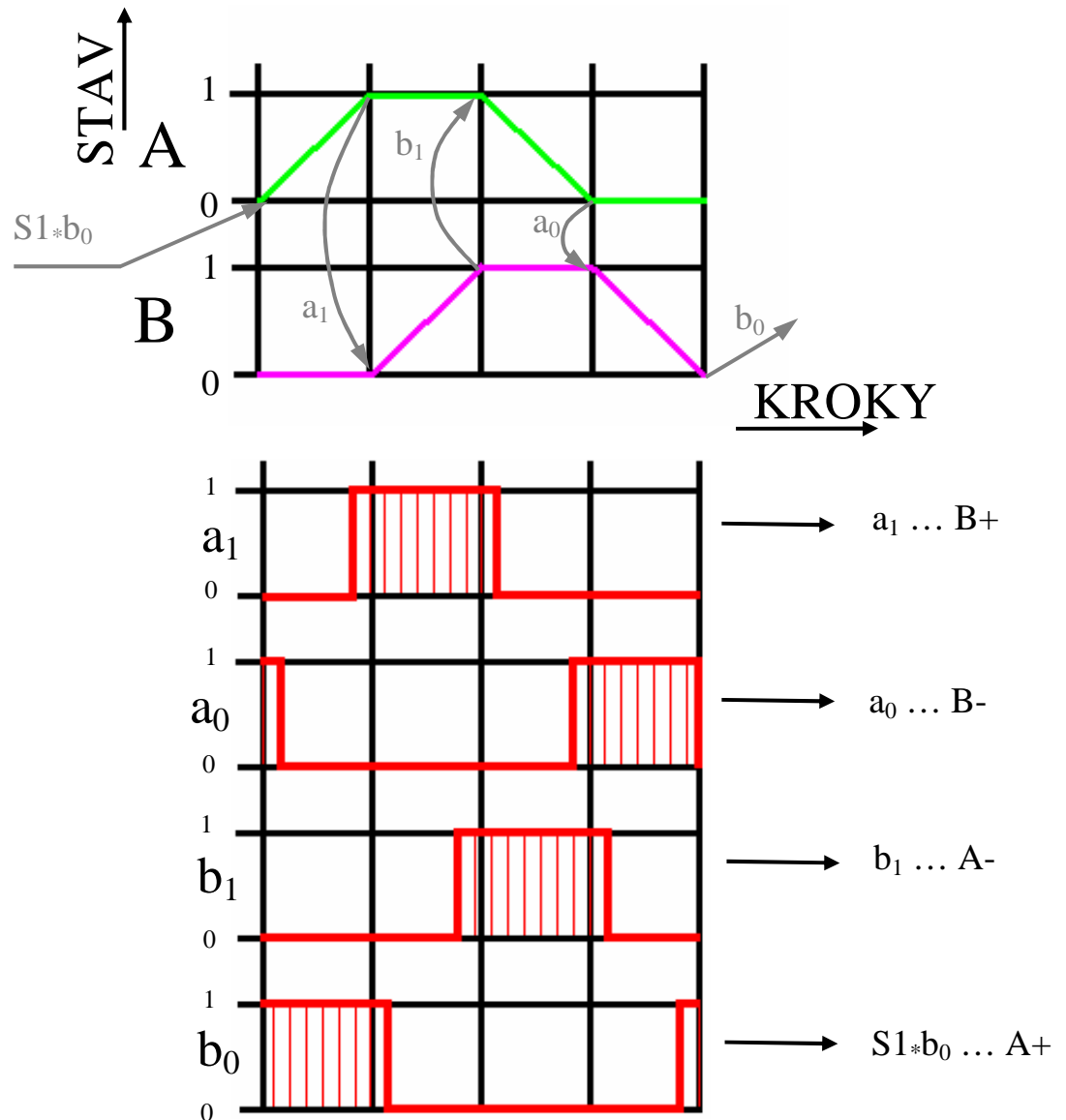
Obr. 80. Diagram ovládání.



Obr. 81. Příklad řízené úlohy.

Pro příklad zhotovení diagramu ovládání definujme úlohu: jsou dány dva pneumatické válce A a B, válec A se vysune do mezní polohy při stisknutí startovacího tlačítka S1 za současného působení spínače  $b_0$  ve výchozím aktivovaném stavu. Po vyjetí válce A do

mezní polohy se stane aktivním spínač  $a_1$ , který způsobí vysunutí válce B. Po vysunutí válce B dojde k aktivaci spínače  $b_1$ , jenž způsobí návrat válce A. Po navrácení válce A do výchozího stavu se sepne spínač  $a_0$ , který zapříčiní návrat válce B.



Obr. 82. Funkční diagramy.

Spínání se zakresluje krátce před nebo eventuálně za odpovídajícím krokem a to z důvodu, že tyto činnosti neprobíhají přesně v okamžiku dosažení mezní polohy. Tento diagram má největší význam pro určování případného překrývání signálů.

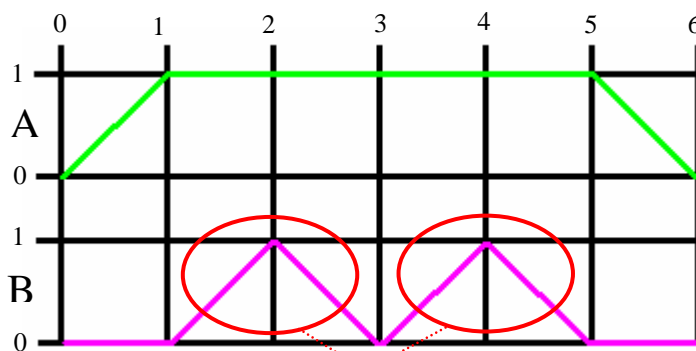
## 7.4 Překrývání činností

V případě řešení obsáhlých úloh s větším množstvím řízených válců, se zpravidla nevyhne problémům s překrýváním signálů. Proto už při návrhu schémat musíme počítat s některými nežádoucími situacemi, které mohou nastat:

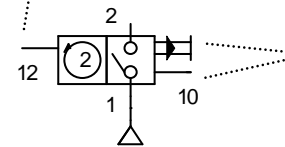
- Rozvaděče a válce setrvávají v dosažené poloze.
- Činnosti ventilů a rozvaděčů se překrývají.
- Kombinace různých vstupních signálů vyvoluje nežádoucí činnosti („předčasné“ vysunutí válce do mezní polohy).

**K řešení problému překrývání signálů lze přistupovat různými způsoby:**

1) V případě opakujícího se cyklu válce B při současném vysunutí válce A se používají „čítače“, které po dosažení určitého počtu kroků vyvolají výstupní signál pro návrat válců do výchozí polohy. V některých případech lze použít zpožďovací prvky, které v součinnosti s koncovými spínači vyvolají podobný efekt jako čítač (během „zpoždění“ kroků jednoho z válců se provede stanovený počet operací u druhého válce).



Odpočet kroků

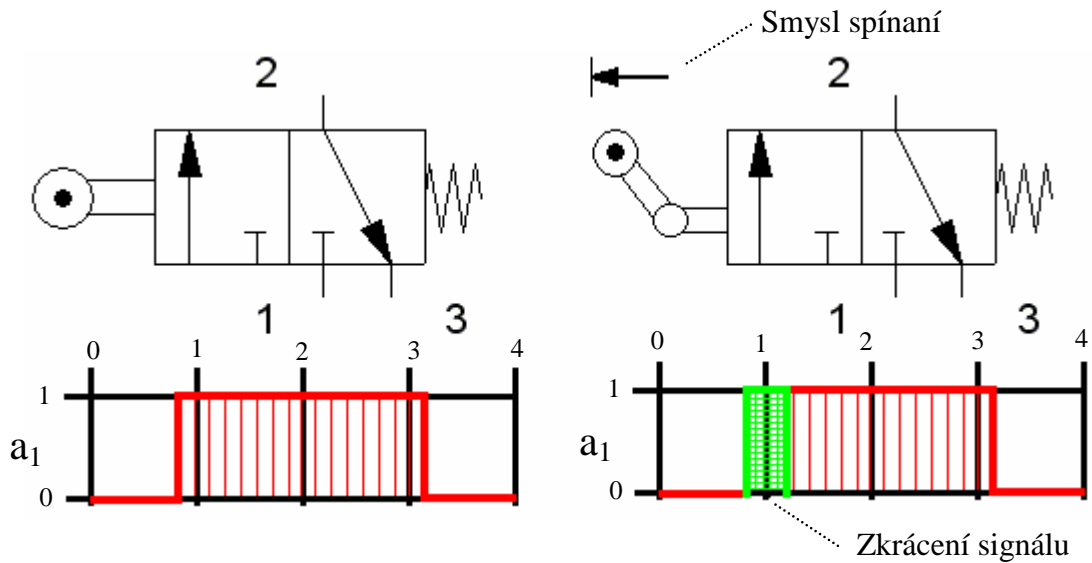


„Nulování“ manuálně nebo pneumatickým signálem

Koncovým spínačem nemůžeme nadefinovat „kolikrát“ se má operace provést

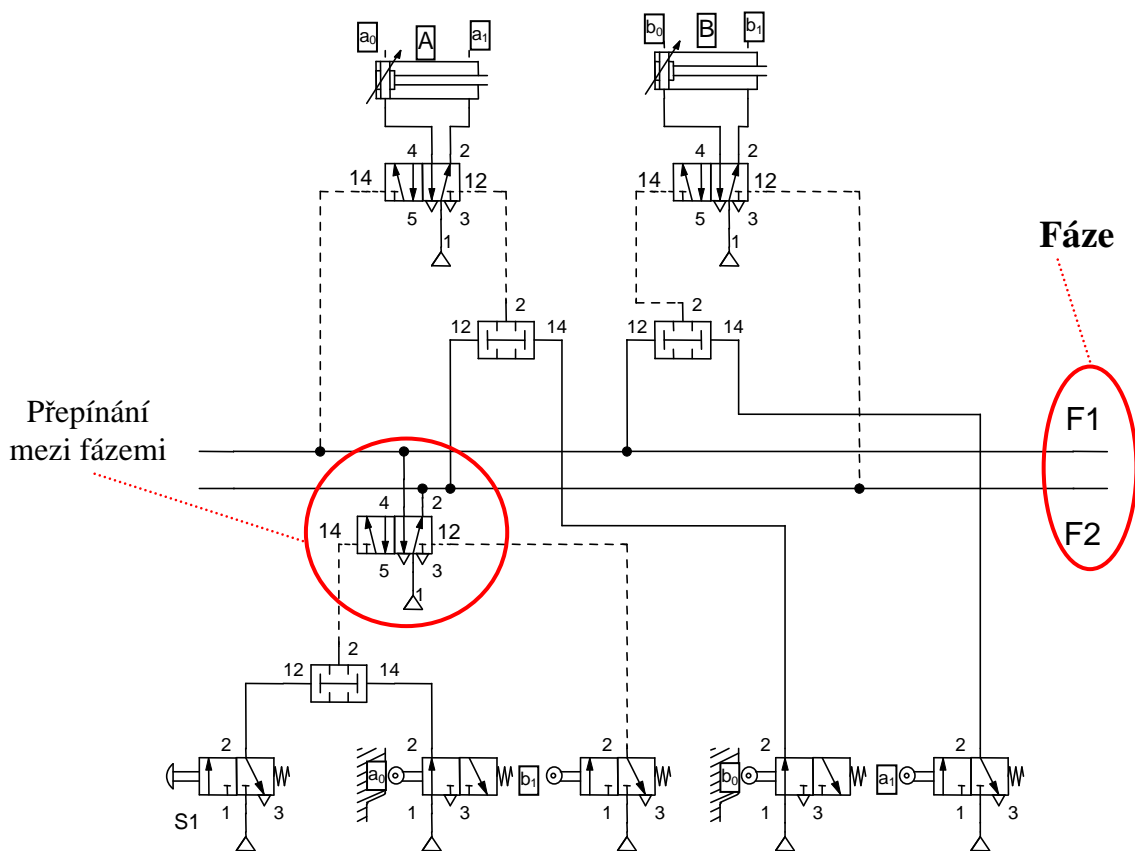
Obr. 83. Čítač – aplikace.

2) Zjednodušení pomocí logických funkcí (např. AND), které nám výrazně zkrátí případné časové překrytí několika signálů, podobně lze řešit problém koncových spínačů zavedením ventilu se sklopnou kladkou. Sklopná kladka reaguje pouze na jeden smysl pohybu, pro opačný směr působení nespíná!

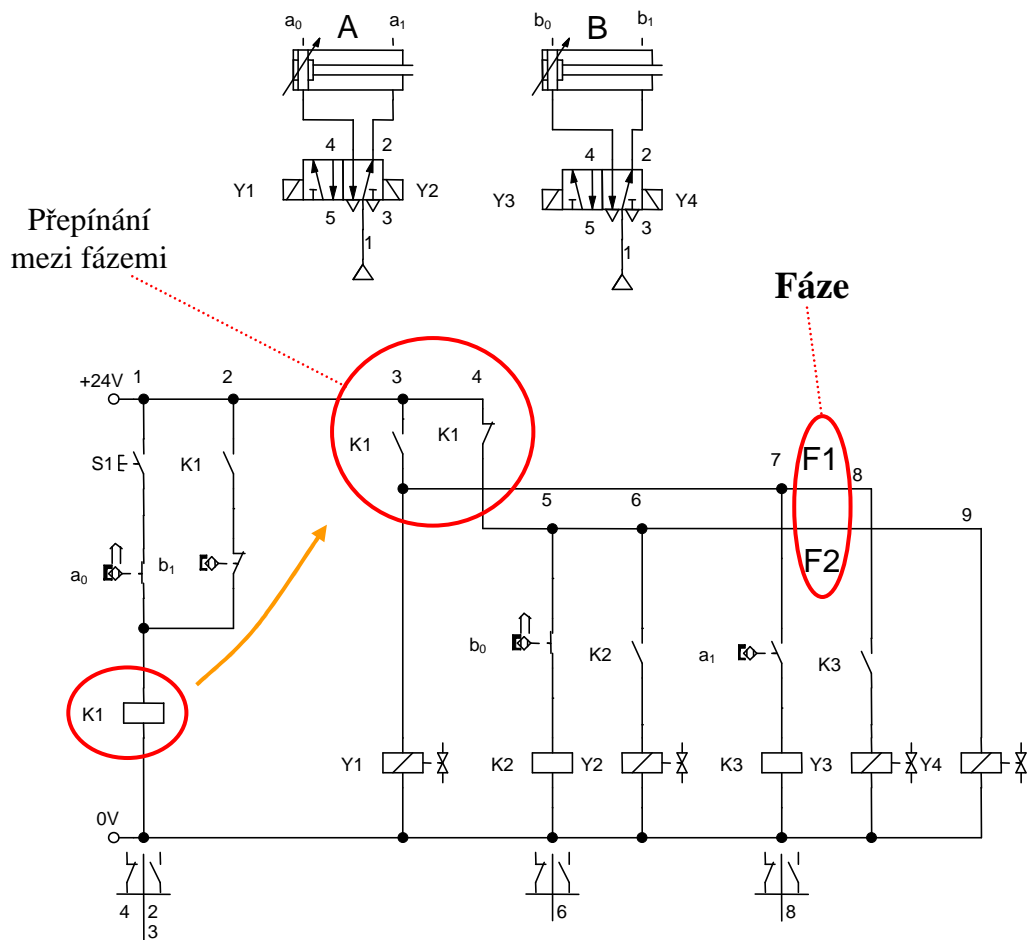


Obr. 84. Princip sklopné kladky.

3) Řešení metodou kaskád: reprezentuje ji několik uzavřených okruhů, které se střídavě připojují a odpojují od zdroje, umožňují tak samostatné napájení řídicího obvodu. Připojit se smí vždy jen jedna řídicí větev.



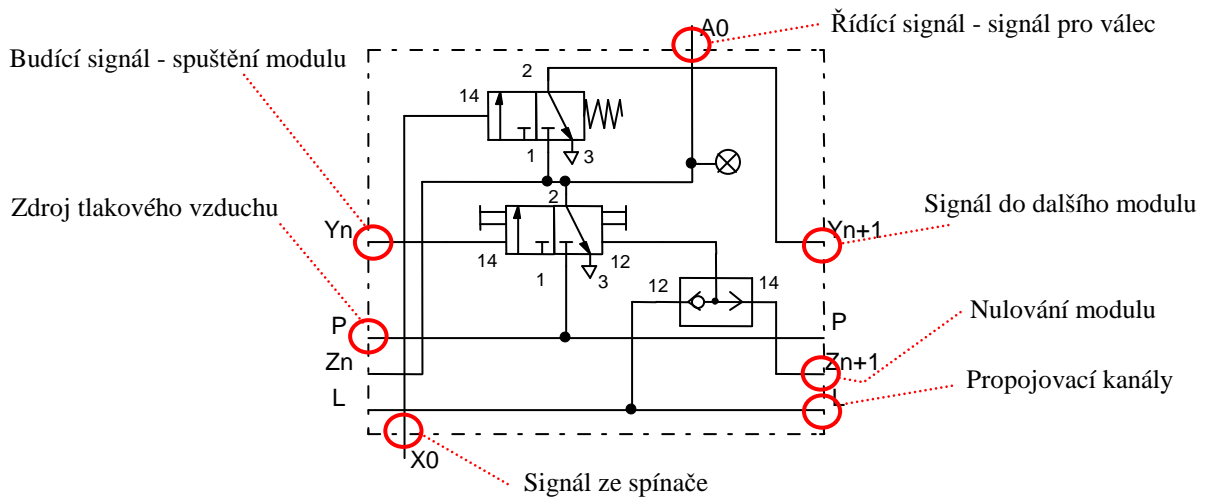
Obr. 85. Řízení metodou kaskád – pneumatika.



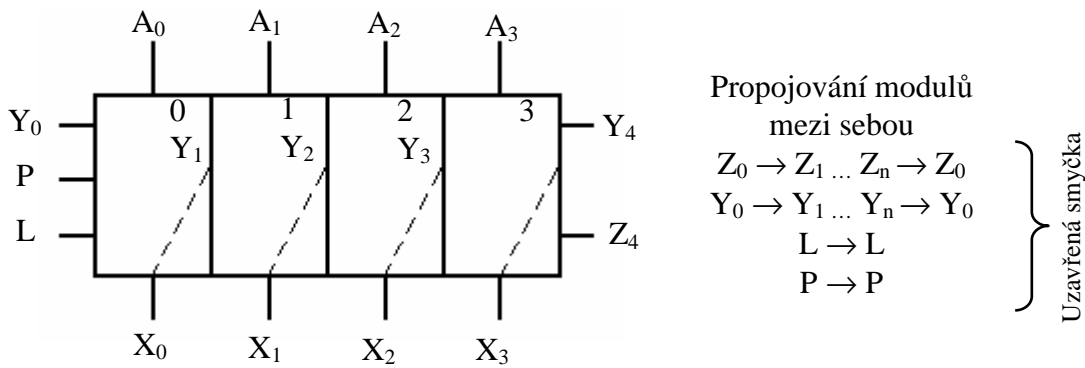
Obr. 86. Řízení metodou kaskád – elektropneumatika.

4) Řešení pomocí krokových modulů: principiálně vycházejí z metody kaskád (odpojování a připojování řídicích větví), výrobci nabízejí stavebnicové krokové moduly, z nichž je možné sestavit pneumatický krokový volič o potřebném množství kroků. Každému kroku odpovídá jeden modul, který generuje ovládací signály pro realizaci příslušných kroků.





Obr. 87. Krokový modul.



Obr. 88. Stavebnicové uspořádání 4 krokových modulů.

## 8 OBECNÝ PŘÍKLAD

Součástí zadání diplomové práce je vypracování laboratorních cvičení do předmětu Základy robotiky. Z prostorových důvodů jsou vypracované laboratorní úlohy umístěny v elektronické podobě na přiloženém CD a zde je uveden jen ukázkový příklad zadání s pneumatickým a elektropneumatickým řešením.

V současnosti je k dispozici 42 zadání pro pneumatické řízení a 16 zadání pro elektropneumatické řízení. Tato zadání jsou ještě formálně rozšířena zavedením doplňkových cvičebních okruhů, kterých bylo vytvořeno 36 pro pneumatiku a 32 pro elektropneumatiku. Jednotlivá cvičení jsou rozdělena do 3 základních skupin v závislosti na obtížnosti zadání. Vlastní úlohy jsou v rámci příslušné obtížnosti rozděleny na teoretická a praktická cvičení. Praktická cvičení slouží pro realizaci praktických aplikací těchto mechanismů, naproti tomu teoretická cvičení jsou určeny pro seznámení studentů s novými prvky, nebo zákonitostmi řešení těchto mechanismů. Doplňková cvičení slouží k prověření a rozšíření teoretických znalostí studentů prostřednictvím série vhodně zvolených zadání. Jednotlivé úrovně zadání jsou cíleně koncipované tak, aby je byli studenti schopni splnit ve vymezeném časovém rozsahu.

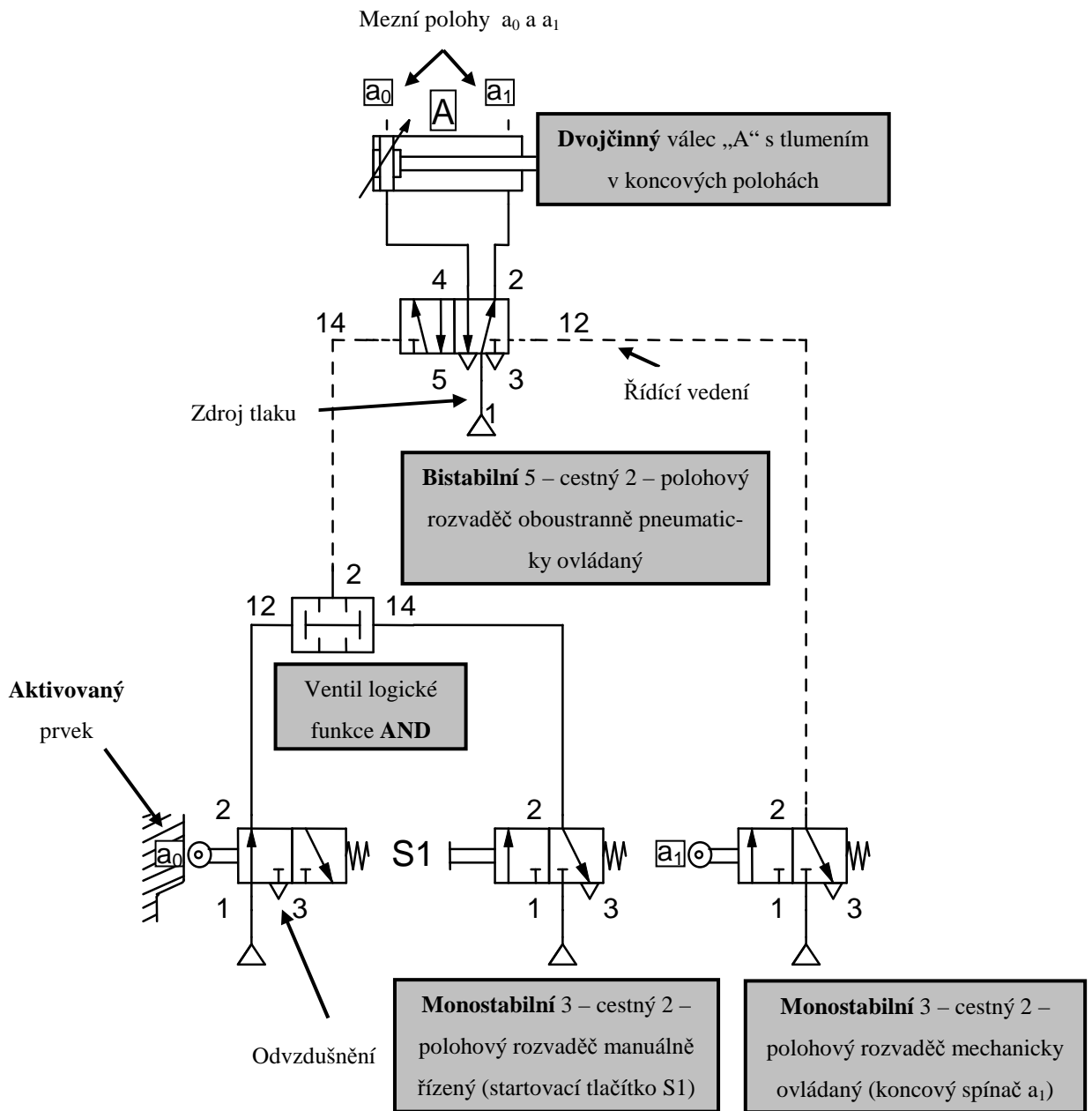
**Zadání:** Na stisk startovacího **tlačítka S1 a** za podmínky, že je **koncový spínač a<sub>0</sub>** řízeného válce aktivován (tzn. píst je v počáteční poloze), se **dvojčinný válec vysune**, jeho **zpětný pohyb** je **samočinný**, realizovaný **koncovým spínačem a<sub>1</sub>**. Pro řízení pohybu válce použijte **bistabilní** rozvaděč.

**Pokyny:** Navrhněte obvod z dostupných prvků.

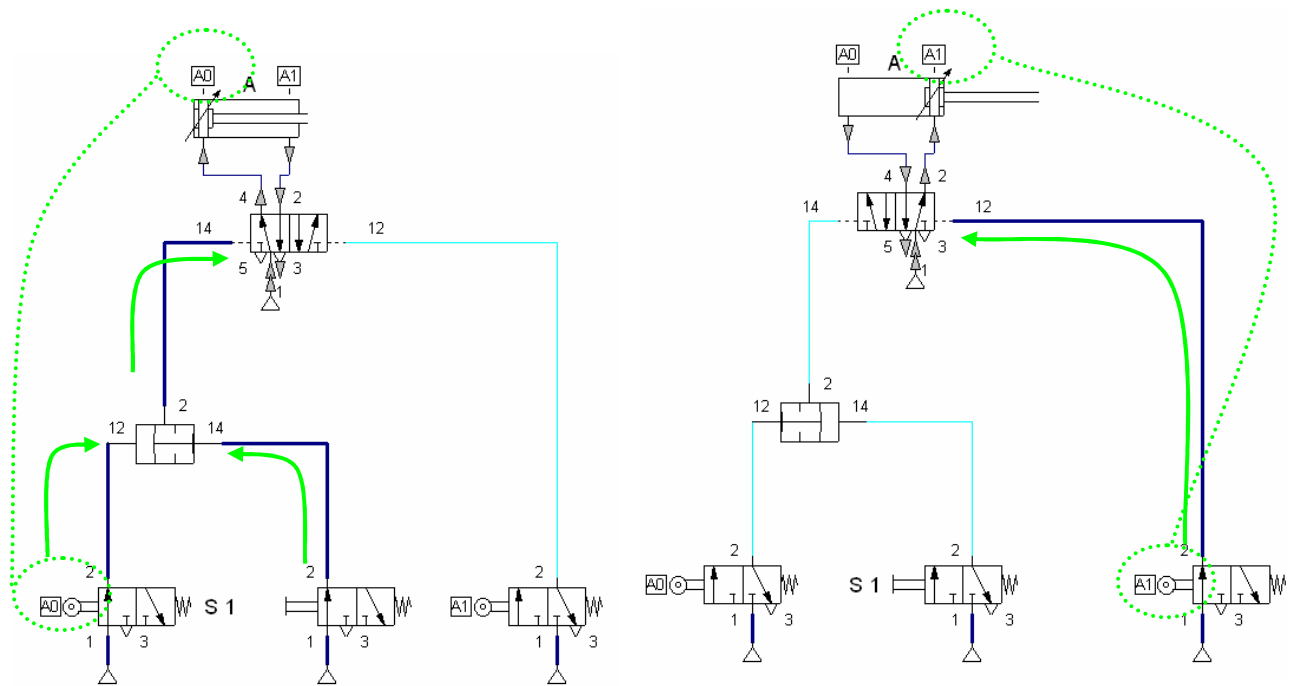
Na základě slovního zadání sestavte schéma zapojení.

Po kontrole schématu vyučujícím, proveďte odzkoušení funkce na pneumatickém /elektropneumatickém modulu.

Řešení: Pneumatika



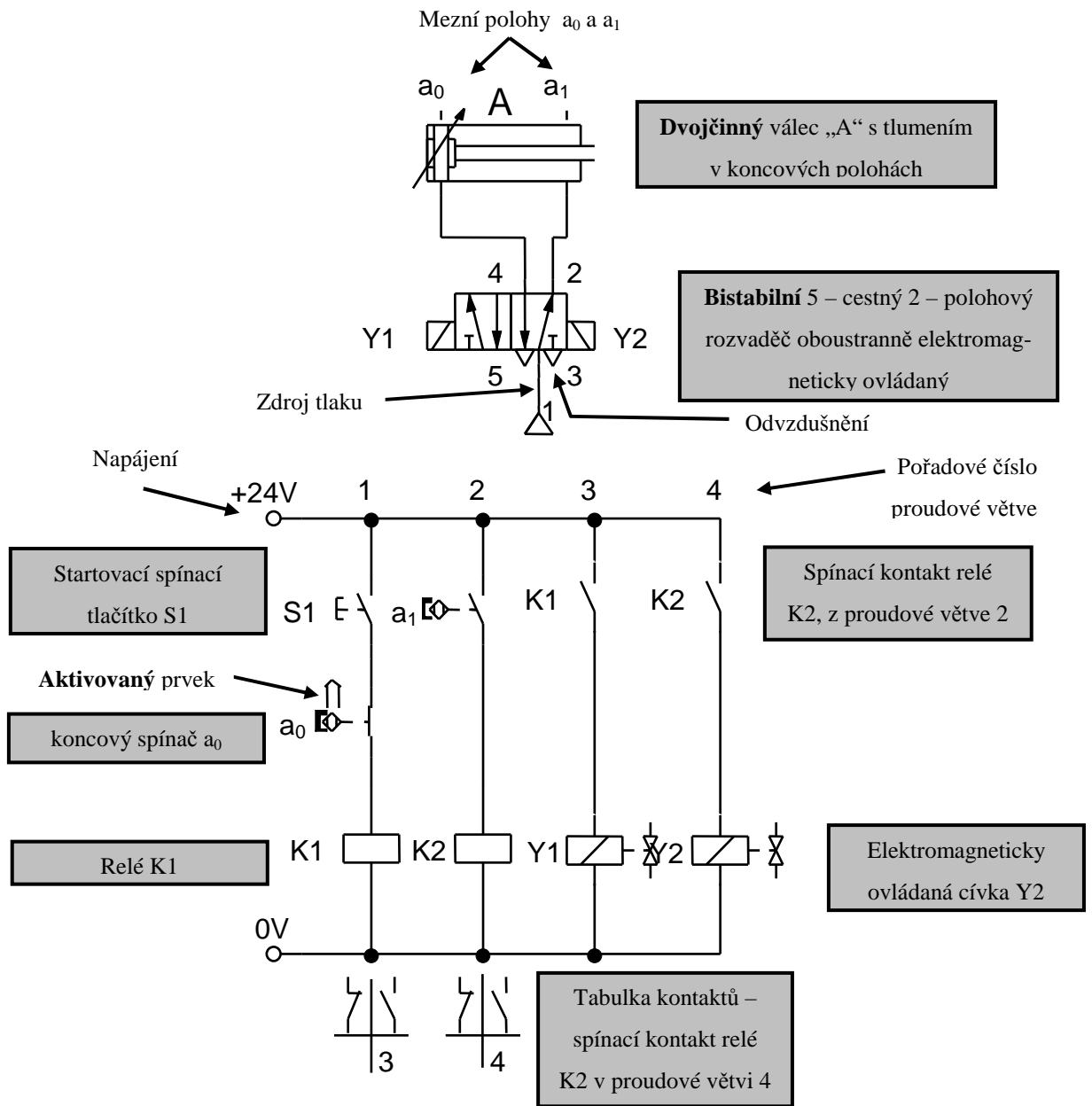
Obr. 89. Pneumatické řešení úlohy.



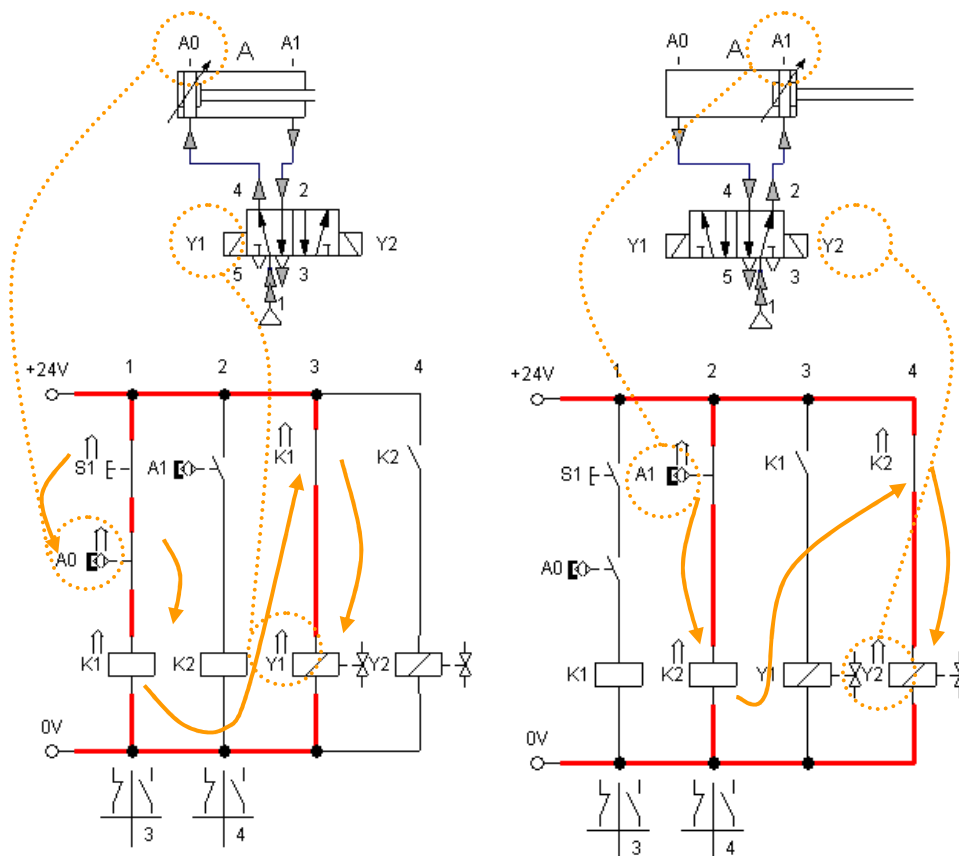
Obr. 90. Princip funkce.

V případě, že je stisknuto startovací tlačítko S1 a za podmínky  $a_0$ , dojde k napájení vstupů 12, 14 ventilu logické funkce AND tlakovým vzduchem přiváděným z kompresoru 1. Ventil logické funkce vyšle pneumatický řídicí signál 2 pro přestavení polohy rozvaděče (řídicí vstup 14 bistabilního rozvaděče 5/2) → dvojitý válec A se vysune. Jakmile dvojitý válec A vyjede do koncové polohy  $a_1$ , zaktivuje se příslušný koncový spínač  $a_1$  a dojde tak, k přestavení bistabilního rozvaděče prostřednictvím řídicího vstupu 12 → válec se automaticky navrací do výchozí polohy.

Řešení: Elektropneumatika



Obr. 91. Elektropneumatické řešení úlohy.



Obr. 92. Princip funkce.

V případě, že je stisknuto startovací tlačítko S1 a za podmínky  $a_0$ , dojde k napájení relé K1, jehož spínací kontakt v proudové větvi 3 vybudí cívku Y1, která způsobí přestavení bistabilního rozvaděče → dvojitý válec A se vysune (logická funkce AND je ve schématu reprezentována kontinuálním propojením spínačů S1 a  $a_0$ , v proudové větvi 1). Jakmile dvojitý válec A vyjede do koncové polohy  $a_1$ , zaktivuje se příslušný koncový spínač  $a_1$  a dojde tak k napájení relé K2, jehož spínací kontakt v proudové větvi 4 vybudí cívku Y2, jenž přestaví rozvaděč → válec se automaticky navrací do výchozí polohy.

Pozn. pro zjednodušení příkladu bylo vypuštěno označování kontaktů.

## ZÁVĚR

V současnosti automatizace výroby zaujímá stále významnější místo. Významného rozvoje je dosaženo i v oblasti automatizačních prostředků, mezi které pneumatické a elektropneumatické mechanismy řadíme. Proto je bezpodmínečně nutné se v dnešní době v této oblasti orientovat.

V teoretické části diplomové práce byla poměrně obsáhle probrána problematika PRaM. V další části byly vymezeny základní pojmy a definice z oblasti pneumatických mechanismů. Tato významná část práce byla věnována především možnostem výroby, úpravy a řízení tlakového média prostřednictvím široké škály prvků.

Praktická část pak byla vyhrazena především k seznámení studentů s praktickými zákonitostmi při návrhu a řešení pneumatických a elektropneumatických mechanismů. V rámci charakteristických způsobů řízení, byly uvedeny nejběžnější způsoby kreslení, označování a zobrazování schematických obvodů. Oba způsoby řízení tvoří i samostatně velmi rozsáhlou vědní oblast, bez jejíhož pochopení není možné efektivně a kvalitně řídit výrobu. Poměrně opomíjenou skutečností, která byla v rámci diplomové práce probrána, je problematika tzv. pohybových diagramů, bez jejíhož pochopení, lze jen obtížně řešit obsáhlé a široce rozvětvené úlohy, řízené větším počtem ovládaných válců. S tímto úzce souvisí i riziko vzniku tzv. překrývání signálu, kterému je často nutné v praxi čelit. V práci byly pro příklad uvedeny efektivní možnosti řešení těchto problémů. Pro potřeby studentů byl závěrem práce uveden obecný příklad pneumatického a elektropneumatického zadání se souhrnným opakováním nejvýznamnější problematiky. Obsáhlá databáze praktických cvičení do předmětu základy robotiky je uvedena v elektronické podobě na dostupném CD. Vypracované studijní materiály byly dle pokynů zadání zpřístupněny na webových stránkách Ústavu výrobního inženýrství. Cílem vytvořených laboratorních úloh je seznámit studenty s problematikou a možnostmi pneumatických a elektropneumatických mechanismů. Laboratorní cvičení jsou rozdělena do 3 základních skupin v závislosti na obtížnosti obvodů. Převážná část zadání je orientována na praktické aplikace pneumatických a elektropneumatických mechanismů. Teoretická zadání jsou určena pro seznámení studentů s novými prvky, nebo zákonitostmi řešení těchto mechanismů. Celkem bylo v rámci diplomové práce vytvořeno 58 zadání laboratorních úloh, ke kterým ještě náleží 68 doplňkových okruhů, díky variabilitě těchto doplňkových zadání lze realizovat poměrně značný počet laboratorních

cvičení. Všechna navržená zadání byla v rámci práce odzkoušena a zapojena na příslušných výukových systémech.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CHVÁLA, B., MATIČKA, R., TALÁCKO, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 280 s. ISBN 80-03-00361-x.
- [2] RUMÍŠEK, Pavel. *Mechanizace a automatizace* [online]. 2002 [cit. 2008-01-24]. Dostupný z WWW: <[http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory\\_soubory/mechanizace\\_a\\_automatizace\\_\\_ucebni\\_texty\\_\\_rumisek.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/mechanizace_a_automatizace__ucebni_texty__rumisek.pdf)>.
- [3] SÁMEK, David. *Základy robotiky : dělení PRaM – texty přednášek* [online]. 2005-2008 [cit. 2008-01-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.caddy.estranky.cz/stranka/t7zr>>.
- [4] ŠÍPAL, Jaroslav. *Základy automatizace : Robotika* [online]. 2006 [cit. 2007-11-24]. Dostupný z WWW: <[http://sipal.utvr.ujep.cz/Auto/Auto\\_10.pdf](http://sipal.utvr.ujep.cz/Auto/Auto_10.pdf)>.
- [5] *Průmyslová automatizace* [online]. 2006 [cit. 2007-11-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.uzimex.cz>>.
- [6] FLIEGR, Jan, a kol. *Hydraulické a Pneumatické mechanismy* [online]. 2004 [cit. 2007-10-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.uvssr.fme.vutbr.cz/opory/fluidni/hydropneu.pdf>>.
- [7] *Kompresory* [online]. 2001 [cit. 2007-10-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.kod.tul.cz/info\\_predmety/Aov/kompresory.pdf](http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Aov/kompresory.pdf)>.
- [8] BENEŠ, P., MYKISKA, A. *Úvod do pneumatiky : učebnice*. 1. vyd. Praha: FESTO DIDACTIC PRAHA, 1994. 197 s. ISBN 3-8127-0810-8.
- [9] *AZ kompresory : Technický informační server* [online]. 2006 [cit. 2007-10-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.az-kompresory.cz/uprava-stlaceneho-vzduchu.html>>.
- [10] SCHMID, Dietmar, a kol. *Řízení a regulace pro strojnictví a mechaniku*. 1. vyd. Praha: SNTL, 2005. 413 s. ISBN 80-85706-10-9.
- [11] *Pneumatické válce* [online]. 2007 [cit. 2007-10-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.vskprofi.cz/download/katalog/vsk-04-valce.pdf>>.
- [12] BLÍŽENEC, Michal. *Vytvoření vzorových úloh elektropneumatických obvodů ovládní* [online]. 2006 [cit. 2008-01-24]. Dostupný z WWW: <[http://uai.fme.vutbr.cz/szz/2006/BP\\_Blizenec.pdf](http://uai.fme.vutbr.cz/szz/2006/BP_Blizenec.pdf)>.
- [13] MAŇAS, Miroslav. *Základy robotiky*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1991. 99 s. ISBN 8021402792.

[14] PIVOŇKA, Josef, a kol. *Tekutínové mechanismy*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987. 642 s.

[15] KOPÁČEK, Jaroslav. *Strojírenská Příručka*. 1. vyd. Praha: SCIENTIA, 1994. 256 s.  
ISBN 80-85827-58-1.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PRaM Průmyslové roboty a manipulátory.

PR Průmyslové roboty.

M Manipulátory.

& Funkce logický součin.

AND Funkce logický součin.

$\geq 1$  Funkce logický součet.

OR Funkce logický součet.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Rozdělení manipulačních zařízení. [2] .....	12
Obr. 2. Ukázka skladby univerzálního manipulačního mechanismu. [1] .....	13
Obr. 3. Soustruh s portálovým podavačem. [1] .....	14
Obr. 4. Robot 1 generace. [4].....	15
Obr. 5. Robot 2 generace. [4].....	16
Obr. 6. Robot 3 generace. [4].....	17
Obr. 7. Jednoučelový manipulátor pro nanášení izolačních povlaků. [1].....	18
Obr. 8. Mechanický pohon. [5] .....	21
Obr. 9. Elektrický pohon ramene PRaM. [1] .....	22
Obr. 10. Krokový motor s hydraulickým zesilovačem. [1].....	24
Obr. 11. Pohon jednotky lineárním elektromotorem. [1].....	25
Obr. 12. Příklad řízení hydraulického motoru. [1].....	27
Obr. 13. Pneumatický obvod dvouručního ovládní válce. [1] .....	28
Obr. 14. Pascalův Zákon. [6] .....	31
Obr. 15. Centrální výroba stlačeného vzduchu. [8] .....	32
Obr. 16. Pístový kompresor. [7].....	33
Obr. 17. Turbokompresory – radiální a axiální. [7].....	33
Obr. 18. Schéma jednotky na úpravu vzduchu. [8].....	35
Obr. 19. Membránový válec. [10].....	38
Obr. 20. Jednočinný pneumatický válec s pístem. [10] .....	38
Obr. 21. Pneumatický válec s oboustrannou pístní tyčí. [10] .....	39
Obr. 22. Vícepolohový válec. [10].....	40
Obr. 23. Válec bez pístní tyče. [10] .....	41
Obr. 24. Regulační ventil. [6] .....	42
Obr. 25. Jednosměrný škrťící ventil. [6] .....	43
Obr. 26. Rozdělení rozvaděčů podle konstrukce. [8] .....	44
Obr. 27. Možné způsoby kreslení rozvaděčů. [6] .....	45
Obr. 28. Elektropneumatický rozvaděč. [6].....	46
Obr. 29. Prvky – logický součin a součet. [6].....	46
Obr. 30. Schématické značky logických prvků.....	47
Obr. 31. Rychloodvětrávací ventil. ....	47

Obr. 32. Proporcionální ventil s řídicí elektronikou. [6] .....	48
Obr. 33. Princip servoventilu. [6] .....	49
Obr. 34. Ejektor. [6].....	50
Obr. 35. Nástrčná spojka/rychlospojka. [6] .....	52
Obr. 36. Elektrický koncový spínač. [6] .....	52
Obr. 37. Použitá symbolika v programech Pnecdraw a fluidDRAW .....	55
Obr. 38. Uspořádání řetězce. [6].....	56
Obr. 39. Označení zdroje tlakového vzduchu.....	57
Obr. 40. Struktura řazení prvků. ....	57
Obr. 41. Pneumaticky ovládaný šoupátkový rozvaděč 5/2. [8] .....	58
Obr. 42. Stav ventilu. ....	58
Obr. 43. Nulová poloha ventilu. ....	59
Obr. 44. Průchozí poloha. ....	59
Obr. 45. Uzavřená poloha. ....	59
Obr. 46. Vnitřní propojení kanálů.....	60
Obr. 47. Schématické označení 5/2 ventilu. ....	60
Obr. 48. Příklad označení ventilu. ....	61
Obr. 49. Přiřazení písmenného označení. ....	62
Obr. 50. Prvek ve výchozím aktivovaném stavu. ....	63
Obr. 51. Tvoření skupin. ....	64
Obr. 52. Příklad označení vedení.....	65
Obr. 53. Označení funkčních prvků. [10] .....	66
Obr. 54. Kombinovaný způsob označování komponent zařízení. ....	67
Obr. 55. Příklad přímého a nepřímého řízení. ....	68
Obr. 56. Princip funkce: Rychlé odvzdušnění. ....	71
Obr. 57. Princip funkce: Zpoždění signálu. ....	72
Obr. 58. Princip funkce: Potlačení signálu. ....	72
Obr. 59. Schéma řízení. [10].....	74
Obr. 60. Ovládání tlačítkem.....	75
Obr. 61. Koncové spínače.....	76
Obr. 62. Základní typy snímačů.....	77
Obr. 63. Relé a jeho kontakty. ....	78
Obr. 64. Časová relé.....	79

Obr. 65. PE měnič.....	79
Obr. 66. Sloupcové kreslení elektropneumatických schémat. ....	81
Obr. 67. Řádkové kreslení elektropneumatických schémat. ....	82
Obr. 68: Nejběžnější způsoby označování prvků ve schématech. ....	83
Obr. 69. Příklad označení kontaktů. ....	84
Obr. 70. Tabulka kontaktů. ....	85
Obr. 71. Příklad označení elektropneumatického obvodu. ....	85
Obr. 72. Aktivovaný prvek ve výchozím stavu.....	86
Obr. 73. Příklad přímého a nepřímého řízení. ....	87
Obr. 74. Příklad logické negace. ....	88
Obr. 75. Princip funkce negování signálu.....	88
Obr. 76. Příklad uchování signálu.....	89
Obr. 77. Princip funkce uchování signálu.....	89
Obr. 78. Krokový diagram. ....	90
Obr. 79. Diagram časové závislosti prvků. ....	91
Obr. 80. Diagram ovládní.....	92
Obr. 81. Příklad řízené úlohy. ....	92
Obr. 82. Funkční diagramy. ....	93
Obr. 83. Čítač – aplikace.....	94
Obr. 84. Princip sklopné kladky. ....	95
Obr. 85. Řízení metodou kaskád – pneumatika. ....	95
Obr. 86. Řízení metodou kaskád – elektropneumatika. ....	96
Obr. 87. Krokový modul. ....	97
Obr. 88. Stavebnicové uspořádání 4 krokových modulů. ....	97
Obr. 89. Pneumatické řešení úlohy. ....	99
Obr. 90. Princip funkce.....	100
Obr. 91. Elektropneumatické řešení úlohy.....	101
Obr. 92. Princip funkce.....	102

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Hodnocení druhů pohonů. [1].....	19
Tab. 2. Rozšíření druhů pohonů. [1].....	20
Tab. 3. Přehled základních schématických značek. [11] .....	37
Tab. 4. Symbolika označování. [8] .....	61
Tab. 5. Označení typů pneumatických jednotek. [10] .....	66
Tab. 6. Tabulka manuálního ovládání.....	68
Tab. 7. Tabulka mechanického ovládání. ....	69
Tab. 8. Tabulka pneumatického ovládání. ....	69
Tab. 9. Tabulka elektrického ovládání.....	70
Tab. 10. Tabulka kombinovaného ovládání.....	70
Tab. 11. Základní symbolika – ventily.....	71
Tab. 12. Tabulka označování prvků. [10].....	83
Tab. 13. Označování kontaktů. [12] .....	84

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**PŘÍLOHA P I:** CD – R: Navržený systém laboratorních úloh pro předmět Základy robotiky.