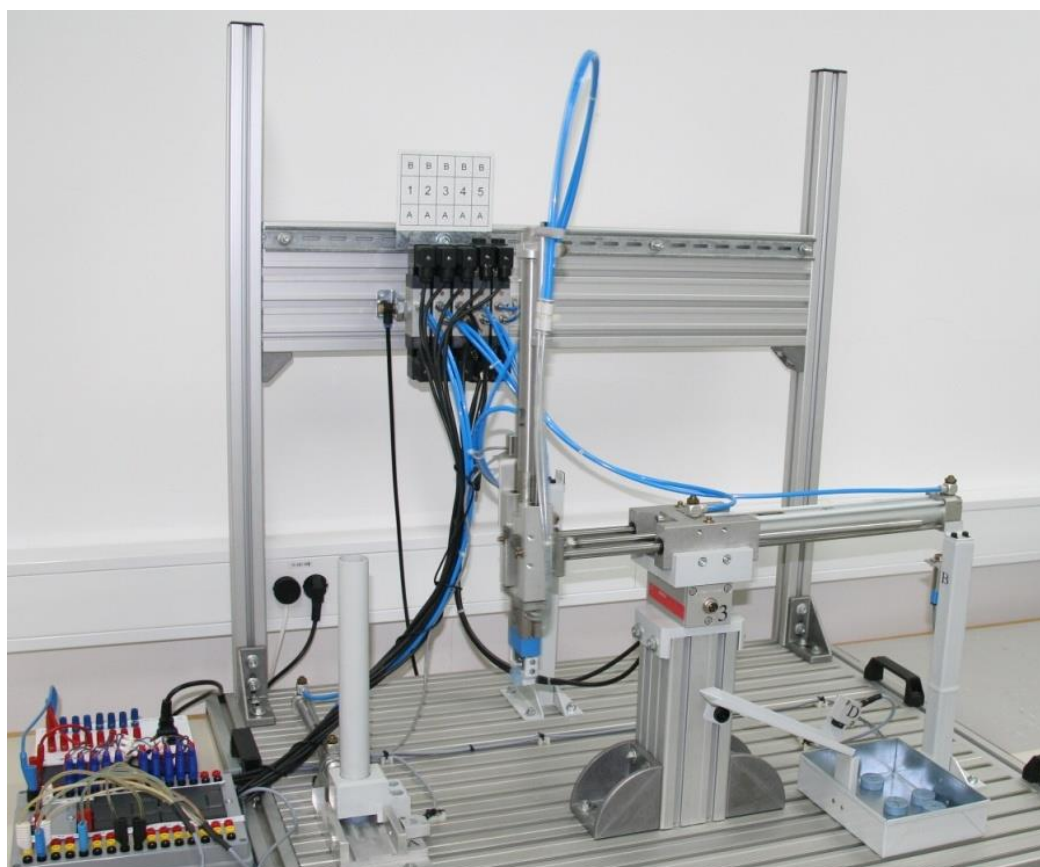


Avtor: Janez Čurk

AVTOMATIZACIJA -PROGRAMIRANJE KRMILNIKOV

Strokovno področje: MEHATRONIKA



Datum objave gradiva: Oktober 2017



KOLOFON

Avtorj: **Janez Čurk**

Naslov: **Avtomatizacija – programiranje krmilnikov**

Elektronska izdaja

Založil: **Konzorcij šolskih centrov**

Novo mesto, oktober 2017

url: <http://www.razvoj-upd.si/wp-content/uploads/2017/07/12.-AVTOMATIZACIJA-Janez-Curk.pdf>

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v
Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID=293621248
ISBN 978-961-7046-09-0 (pdf)



To delo je ponujeno pod Creative Commons
Priznanja avtorstva – Nekomercialno deljenje
pod enakimi pogoji 2.5 Slovenija licenco



KAZALO

1. OSNOVE AVTOMATIKE.....	3
1.1 AVTOMATIKA IN LOGIČNA PROGRAMIRLJIVA KRMILJA - PLK	3
1.2 KAJ SO RAČUNALNIŠKA KRMILJA	4
1.3 ZGODOVINA PLK-JEV	4
1.4 PLK IN ELEKTROPNEVMATIKA	4
1.5 VODENJE PROCESOV V AVTOMATIKI	4
1.6 POVEZAVA NA SPLETNO STRAN Z VIDEO VSEBINI IZ AVTOMATIZACIJE:	4
1.7 POVEZAVA NA SPLETNO STRAN Z VSEBINO IZ AVTOMATIZACIJE IN KVIZ Z VPRAŠANJI:	4
2. OSNOVE PNEVMATIKE	5
2.1 VRSTE TLAKOV	5
2.2 PRIDOBIVANJE STISNJENEGA ZRAKA	6
2.3 PRIPRAVA ZRAKA	7
2.4 OMREŽJE STISNJENEGA ZRAKA	8
2.5 SHRANJEVALNIK STISNJENEGA ZRAKA	9
2.6 PRIPRAVNA SKUPINA	9
2.7 PNEVMATIČNE DELOVNE (IZVRŠILNE) KOMPONENTE	10
2.8 PNEVMATIČNE KRMILNE KOMPONENTE	11
2.9 VIDEO POSNETEK PNEVMATIKE:	13
3. ELEKTROPNEVMATIKA	14
3.1 ELEKTRO PNEVMATSKO KRMILJE	14
3.2 TIPI KONTAKTOV V ELEKTROTEHNIKI	14
3.3 NAČINI AKTIVIRANJA KONTAKTOV	15
3.4 ELEKTRIČNE NAPRAVE ZA OBDELAVO SIGNALOV	21
3.5 ELEKTROMAGNETNI VENTILI	22
3.6 VAJE IZ ELEKTROPNEVMATIKE	26
4. OSNOVE DIGITALNE TEHNIKE	34
4.1 KRMILJA V DIGITALNI TEHNIKI	34
4.2 OBLIKE SIGNALOV V KRMILNI TEHNIKI	35
4.3 INTEGRIRANA LOGIČNA VEZJA	35
4.4 LOGIČNE FUNKCIJE	37
4.5 TABELA Z OPISOM LOGIČNIH FUNKCIJ	38
4.6 POVEZAVA NA SPLETNO STRAN Z OSNOVAMI ELEKTROTEHNIKE:	40
5. SISTEMI VODENJA V AVTOMATIZACIJI	42
5.1 ANALIZA SISTEMOV VODENJA	42
5.2 VSTOPNE IN IZSTOPNE VELIČINE	43
5.3 INFORMACIJE IN SIGNALI	44
5.4 POMNILNIK	45
5.5 ODPRT SISTEM VODENJA	45
5.6 ZAPRT SISTEM VODENJA	48
5.7 OSNOVE TEORETIČNE OBDELAVE SIGNALOV ZA VODENJE	51



5.8	FUNKCIJSKI DIAGRAM.....	55
5.9	NAČRTOVANJE SISTEMOV VODENJA	57
6.	ZGRADBA IN DELOVANJE PLK.....	58
6.1	CENTRALNA PROCESORSKA ENOTA (CPU).....	58
6.2	VHODNI MODUL.....	59
6.3	IZHODNI MODUL	61
6.4	POVEZAVE NA SPLETNE STRANI, KJER DOBIMO TESTNE PROGRAME ZA SIEMENSOVE KRMILNIKE:.....	61
6.5	RAZLIČNE IZVEDBE KRMILNIKOV	62
6.6	NAČINI PROGRAMIRANJA PLK-JEV.....	63
6.7	PREDSTAVITEV KRMILNIKA SIEMENS S-200.....	64
6.8	PROGRAMIRANJE KRMILNIKA S STEP 7 PROGRAMOM.....	67
6.9	PROGRAM V LADDER DIAGRAMU (LAD).....	71
6.10	IZDELAVA PROGRAMA ZA MANIPULATOR – KORAČNO KRMILJENJE.....	72
6.11	REŠITEV NALOGE – PROGRAM V LADDER DIAGRAMU:	74
7.	POVZETEK.....	77
7.1	VPRAŠANJA IN NALOGE:	77
8.	LITERATURA IN VIRI	78

KAZALO SLIK

Slika 1: Manipulator v delu	3
Slika 2: Vrste tlakov.....	5
Slika 3: Vrste kompresorjev	6
Slika 4: Batni kompresor	6
Slika 5: Sušenje z ohladitvijo	7
Slika 6: Obročasti vod	8
Slika 7: Sistem oskrbe s stisnjenim zrakom	8
Slika 8: Shranjevalnik zraka	9
Slika 9: Prikaz elementov za pripravo zraka s simboli	9
Slika 10: Enosmerno delujoči cilinder	10
Slika 11: Dvosmerni cilinder s končnim dušenjem in trajnim magnetom	10
Slika 12: Simboli pnevmatskih komponent za linearno gibanje	11
Slika 13: Način prikaza ventilov s simboli in oznake ventilov	11
Slika 14: Osnovno in aktivirano stanje pri 3/2 monostabilnem ventilu	12
Slika 15: Osnovno in aktivirano stanje pri 4/2 monostabilnem ventilu	12
Slika 16: Simboli zapornih ventilov	13
Slika 17: Sestava elektropnevmatskega krmilja	14
Slika 18: Osnovni tipi kontaktov.....	15
Slika 19: Fizično aktiviranje z gumbom	15
Slika 20: Fizično aktiviranje s stikalom	15
Slika 21: Simboli za fizično aktiviranje.....	16
Slika 22: Mehanski način aktiviranja s kolescem.....	16
Slika 23: Tlačno stikalo	16
Slika 24: Reedov kontakt s simbolom	17
Slika 25: Induktivni senzor	17
Slika 26: Kapacitivni senzor.....	19
Slika 27: Optični senzor.....	19
Slika 28: Rele.....	21
Slika 29: Časovni rele	22
Slika 30: Simboli časovnih kontaktov	22
Slika 31: 3/2 elektromagnetni ventil v osnovnem stanju, zaprt	23
Slika 32: 5/2 monostabilin in bistabilni elektromagnetni ventil v drsni izvedbi	23
Slika 33: Krmiljenje dvosmernega cilindra	24
Slika 34: Primer označevanja vezalne sheme.....	24
Slika 35: Vrste električnih krmilj.....	34
Slika 36: Analogni in digitalni signali	35
Slika 37: Signal v digitalni logiki.....	35
Slika 38: TTL in CMOS integrirano vezje.....	37
Slika 39: Izvedba logičnih funkcij z stikali in releji	40
Slika 40: Izvedba logičnih funkcij s polprevodniki	40
Slika 41: Izvedba logičnih funkcij s pnevmatiko	40
Slika 42: Teoretični model sistema	42

Slika 43: Vstopne in izstopne veličine	43
Slika 44: Informacije in signali v sistemih vodenja	44
Slika 45: Odprt sistem vodenja – krmilni sistem	45
Slika 46: Primer krmiljenja vrtljive plošče	47
Slika 47: Primer odprtega sistema vodenja.....	47
Slika 48: Vtiskovalna priprava – odprt sistem vodenja.....	48
Slika 49: Zaprt sistema vodenja – regulacijski sistem.....	48
Slika 50: Primer regulacije vrtljive plošče.....	49
Slika 51: Shema zaprtega sistema vodenja – regulacijski sistem	51
Slika 52: Funkcijski diagram pot-korak.....	55
Slika 53: Časovni funkcijski diagram.....	55
Slika 54: Funkcijski diagram elektrohidravličnega krmilja	56
Slika 55: Zgradba krmilnika	58
Slika 56: Skica delovanja CPU.....	59
Slika 57: Povezava vhodov na PLK.....	59
Slika 58: Povezava izhodov na PLK.....	61
Slika 59: Kompaktni PLC.....	62
Slika 60: Modularni PLK	62
Slika 61: Kombinacija strojne in programske opreme.....	64
Slika 62: Krmilnik S7-200.....	66
Slika 63: Ikona za zagon programa.....	67
Slika 64: Preizkus komunikacije računalnik – krmilnik	68
Slika 65: Okno za shranjevanje	68
Slika 66: Delovno polje.....	69
Slika 67: Prevajanje programa	70
Slika 68: Prenos v krmilnik (DOWNLOAD) in iz krmilnika (UPLOAD)	70
Slika 69: Zagon krmilnika in opazovanje delovanja programa	71
Slika 70: Realizacija osnovnih in sestavljenih logičnih funkcij v ladder diagramu	72
Slika 71: Manipulator - časi pomikov	73
Slika 72: Program za manipulator	75

KAZALO TABEL

Tabela 1: Pomen oznak na ventilih	12
Tabela 2: Vrste zapornih ventilov	13
Tabela 3: Logične funkcije.....	38
Tabela 4: Logična funkcija IN	52
Tabela 5: Logična funkcija AND	52
Tabela 6: Logična funkcija OR	52
Tabela 7: Logična funkcija NOT.....	54
Tabela 8: Logična funkcija NAND	54
Tabela 9: Načini programiranja.....	63
Tabela 10: Programski jeziki	66
Tabela 11: Simbolna tabela za manipulator.....	75



Povzetek:

Gradivo Avtomatizacija – programiranje krmilnikov opisuje delo z programirljivimi logičnimi krmilniki. V gradivu spoznamo sestavne dele krmilnikov, njihovo delovanje in se naučimo programiranja. Spoznamo elemente pnevmatike in njihovo uporabo. Naredimo vaje iz elektropnevmatskih sistemov. Opisane so osnove iz digitalne tehnike z uporabo logičnih funkcij ter vodenje procesov v avtomatizaciji. Imamo dostop do povezav na video vsebine in kvize.

Ključne besede: PLK, krmilnik, manipulator, pnevmatika, tlak, kompresor, elektropnevmatski sistemi, bistabilni ventili, signali, integrirana vezja, vodenje procesov, centralna procesorska enota, digitalni vhod, digitalni izhod, binarni signal, programiranje.

1. OSNOVE AVTOMATIKE

1.1 Avtomatika in logična programirljiva krmilja - PLK

Cilji gradiva so, da na usposabljanju odrasle osebe spoznajo PLK, kako so zgrajeni, kako delujejo, kako jih priključujemo, njihove vhodne in izhodne enote, in na kakšne načine jih programirajo. Za enostavne praktične primere avtomatizacije bojo znali izbrati ustrezni PLK, priključiti signalne vhodne enote izhodne enote, pripraviti program za krmiljenje, ga vnesti v sistem in preizkusiti delovanje takega avtomatiziranega sistema. Pri delovanju krmilnikov moramo spoznati osnove digitalne tehnike, da znamo delati z logičnimi funkcijami in ločimo signale v digitalni tehniki. Za delovanje avtomatiziranega sistema pa moramo tudi spoznati osnove pnevmatike in predvsem elektro pnevmatike. Za uspešno izvedbo nam je tudi potrebno znanje iz vodenja procesov.

Naloga v gradivu:

Spoznali bomo krmilnik Siemens S7-200 in se naučili programirati z programom STEP 7. Izdelali bomo program za manipulator (slika 148), ki podaja kose iz zalogovnika na drčo. Povezali bomo elektro pnevmatske elemente in izdelali elektro in pnevmatsko dokumentacijo za napravo na sliki.



Slika 1: Manipulator v delu

Vir: Lasten

1.2 Kaj so računalniška krmilja

Programabilni logični krmilnik (PLK) ali programabilni krmilnik je digitalni računalnik za avtomatizacijo elektromehanskih procesov. PLK se uporabljajo v številnih industrijah in za domačo raba. Za razliko od računalnikov je PLC zasnovan za več vhodov in izhod. Izdelani so, da delujejo pri različnih temperaturnih območjih ter odpornost na vibracije in vpliv okolja.

1.3 Zgodovina PLK-jev

Programabilne logične krmilnike so izumili za potrebe avtomobilske industrije. Proces ožičenja so poenostavili z krmilniki, s tem se je dodobra spremenila izdelava avtomobilov. Ni bilo potrebno povezovati več različnih modelov z relejsko tehniko, kar je poenostavilo proizvodnjo. Avtomobilska industrija je še vedno eden največjih uporabnikov PLK.

1.4 PLK in elektropneumatika

Pneumatika in predvsem elektropneumatika sta tesno povezana z delovanjem programirljivih logičnih krmilnikov. V industriji pa tudi v šolstvu si ne moremo več predstavljati avtomatizacije brez teh dveh komponent. Če hočemo narediti avtomatiziran stroj potrebujemo znanje iz obeh panog.

1.5 Vodenje procesov v avtomatiki

Sisteme vodenja lahko opišemo in definiramo na različne načine. Znati moramo pravilno zapisati besedilni opis sistema vodenja, znati moramo to prikazati s skico in shemo. Celotni sistem vodenja mora biti definiran na tak način, da ga bomo lahko potem izvedli z različni krmilnimi tehnikami. Za avtomatizacijo je važno, da imamo definirane krmilne zahteve.

1.6 Povezava na spletno stran z video vsebini iz avtomatizacije:

<http://egradiva.scng.si/strojnistvo/Kazalo/videoindustrija.html>

1.7 Povezava na spletno stran z vsebino iz avtomatizacije in kviz z vprašanji:

<http://egradiva.scng.si/strojnistvo/Kazalo/index.html>

2. OSNOVE PNEVMATIKE

2.1 Vrste tlakov

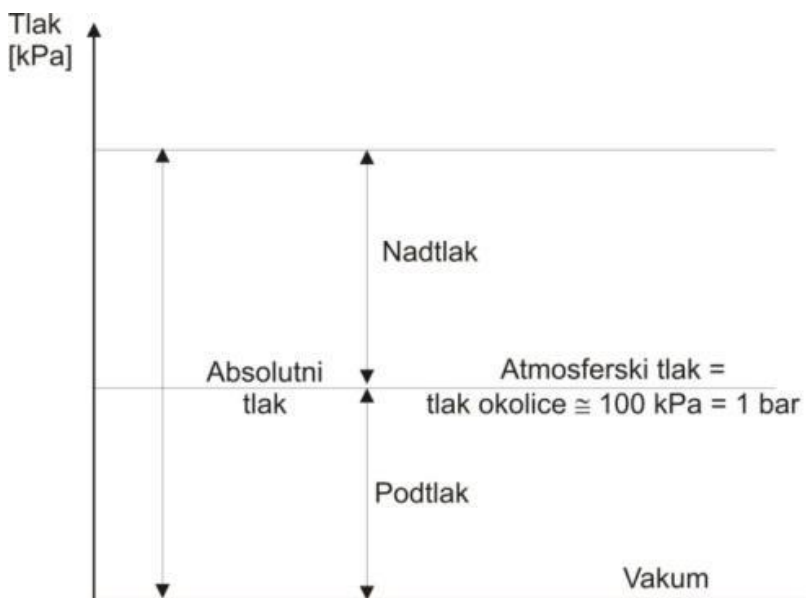
Vse na Zemlji je izpostavljeno tlaku okolice oziroma atmosferskemu tlaku. Za atmosferski tlak je značilno, da se spreminja z geografsko lego in vremenom. Atmosferski tlak se meri na nadmorski višini 0 metrov in znaša 101,325 kPa oziroma 1,01323 bar $\approx$ 1 bar.

$$tlak = p = \frac{sil}{površina} = \frac{F}{A}; \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$1 Pa = \frac{1 N}{m^2} = 10^{-5} bar$$

$$1 bar = \frac{10^5 N}{m^2}$$

Absolutni tlak dobimo, če seštejemo tlak, ki se pojavi nad atmosferskim tlakom, imenujemo ga nadtlak in tlak, ki se pojavi pod atmosferskim tlakom, imenujemo ga podtlak. Posamezne vrste tlakov prikazuje slika 2.



Slika 2: Vrste tlakov

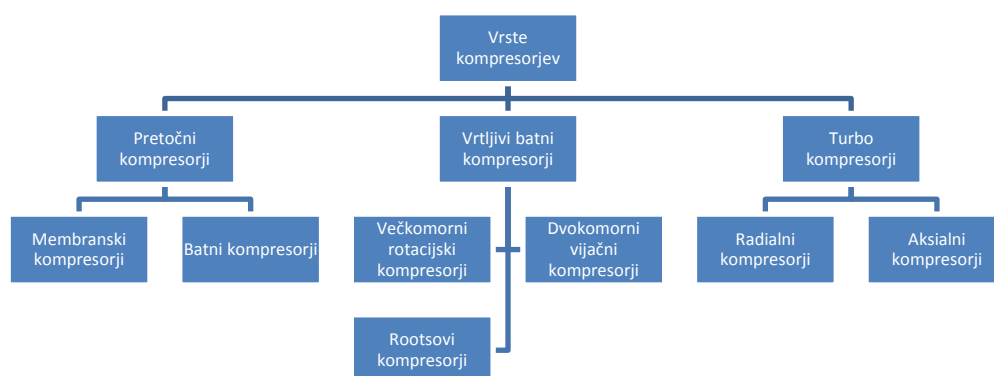
Vir: Prirejeno po: Croser in Ebel, 1994

2.2 Pridobivanje stisnjenega zraka

Za pridobivanje stisnjenega zraka potrebujemo kompresorje, ki tlačijo zrak na želeni tlak. Zrak pripravljamo centralno in ga nato vodimo po cevovodih do posameznih naprav. Pri načrtovanju kompresorskih zmogljivosti moramo predvideti vsaj 10 % večjo porabo stisnjenega zraka zaradi naknadnega priključevanja novih pnevmatičnih naprav.

Glede na delovni tlak in potrebno količino stisnjenega zraka uporabljamo različne vrste kompresorjev. V osnovi ločimo pridobivanja stisnjenega zraka na principu zmanjševanja prostornine in na principu pospeševanja.

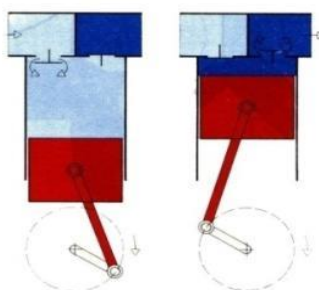
Pri prvem principu zmanjšujemo volumen prostora, v katerem je zrak zaprt. Po tem principu delujejo batni kompresorji (vrtljivi in premočrtni). Pri drugem principu gre za pridobivanje stisnjenega zraka na osnovi masnega pospeševanja, kjer se toku zraka poveča hitrost.



Slika 3: Vrste kompresorjev

Vir: Croser in Ebel, 1994

Največ se v praksi uporabljajo batni kompresorji, saj so primerni za nizke, srednje in visoke tlake. Njihovo delovno območje sega od cca. 100 kPa pa do več tisoč kPa. Zrak se vsesa skozi vhodni ventil in potiska skozi izhodni ventil v tlačni vod. Princip delovanja batnega kompresorja ponazarja spodnja slika.



Slika 4: Batni kompresor

Vir: Croser in Ebel, 1994

Priprava zraka

Zrak, ki ga želimo uporabljati v pnevmatiki, mora imeti nekaj specifičnih lastnosti, saj ne sme vsebovati vlage, prahu, prašnih in ostalih delcev.

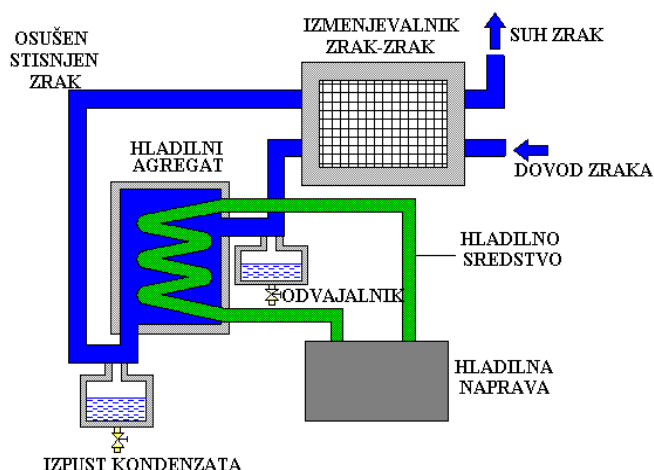
S kompresorjem vsesani zrak vsebuje vedno določen del vode v obliki vodne pare, ki ga podajamo z % relativne vlažnosti zraka. Relativna vlažnost zraka je odvisna od temperature in tlaka okolice. Višja ko je temperatura, več vlage je lahko v zraku. Zrak je nasičen z vlago pri 100 % relativni vlažnosti, takrat se začne na stenah izločati kondenzat, saj so stene kompresorja hladnejše.

Absolutna vlažnost je količina vode, ki jo vsebuje 1 m³ zraka. Količina nasičenja oziroma maksimalna vlažnost je količina vode, ki jo lahko sprejme 1 m³ zraka pri določeni temperaturi. Količino nasičenja pri določeni temperaturi lahko odčitamo na sliki 37.

$$\text{relativna vlažnost} = \frac{\text{absolutna vlažnost}}{\text{količina nasičenja}} * 100 \%$$

Če se kondenzat ne odvede, pride v pnevmatični sistem, kar ima škodljive posledice, ki se kažejo kot korozija v ceveh, ventilih, cilindrih in drugih napravah ter kot izpiranje maziva pri gibljivih delih. Zaradi tega so močno motene funkcije komponent in skrajšana življenjska doba sistema. Prevelika količina vlage v stisnjem zraku skrajšuje življenjsko dobo pnevmatičnega sistema. Zaradi tega moramo uporabiti sušilnik zraka, da znižamo količino vlage na željeno vrednost. Za sušenje zraka lahko izbiramo med absorpcijskim in adsorpcijskim sušenjem ter sušenjem z ohlavitvijo.

Zmanjšani stroški vzdrževanja, krajši časi zastojev in zvišana zanesljivost sistema zagotavljajo relativno hitro amortizacijo sušilnika zraka.



Slika 5: Sušenje z ohlavitvijo

Vir: Croser in Ebel, 1994

2.3 Omrežje stisnjenega zraka

Za zanesljivo in nemoteno razdeljevanje stisnjenega zraka različnim porabnikom moramo upoštevati celo vrsto pogojev.

Pri tem je pravilno dimenzioniranje cevnega omrežja enako pomembno kot je uporabljeni cevni material, pretočni upori, izvedba omrežja in vzdrževanje.

V vseh ceveh nastaja padec tlaka zaradi pretočnih izgub, predvsem tam, kjer se cevovod zoži, preusmeri, na odcepih in cevni zvezah. V celotni mreži naj ne bo padca tlaka, največ 10 kPa ali 0,1 bar.

Zaradi nihanja tlaka v mreži morajo biti cevi zanesljivo utrjene, da ne nihajo (vibrirajo) s spremembami tlaka. Zaradi vibriranja cevi pride do netesnosti na zvijačenih, lotanih ali varjenih mestih.

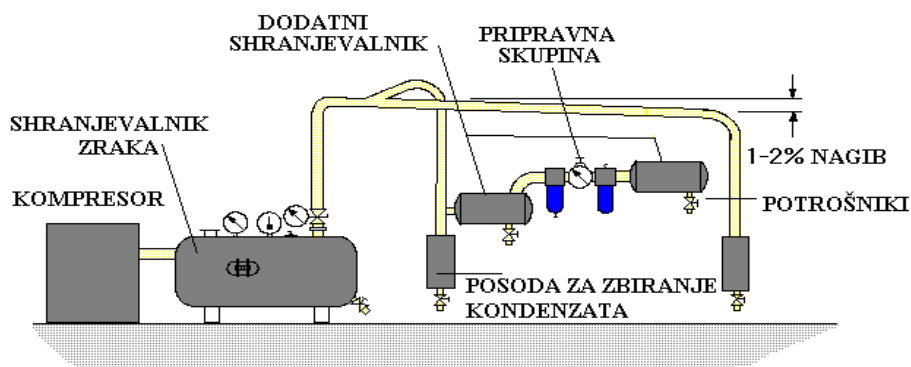
Poleg pravilnega dimenzioniranja in ustrezne kvalitete uporabljenega materiala je za gospodarno obratovanje zelo pomembna tudi izvedba razdelilne mreže. Kompresor oskrbuje sistem s stisnjenim zrakom v določenih časovnih intervalih. Pogosto se zgodi, da se poraba zraka samo kratkotrajno poveča, kar povzroči upad tlaka v mreži. Zaradi takih primerov se priporoča izvedba glavnega voda v obliki obroča, ki omogoča boljše dovajanje stisnjenega zraka (obročasti vod namesto odprtega voda). Primer obročastega omrežja ponazarja slika spodaj.



Slika 6: Obročasti vod

Vir: Prirejeno po: Croser in Ebel, 1994

Kljub dobremu centralnemu izločanju kondenzata iz stisnjenega zraka se lahko izloči kondenzat tudi še v cevem sistemu zaradi znižanja tlaka ali nizkih zunanjih temperatur. Zaradi zbiranja in odvajanja tega kondenzata naj bodo glavni vodi položeni z 1–2 % nagibom v smeri toka zraka. Lahko so položeni stopničasto. Na najnižjih mestih se predvidi kondenzne lončke za zbiranje in občasno odvajanje kondenzata. Primer omenjene izvedbe omrežja prikazuje slika 43.

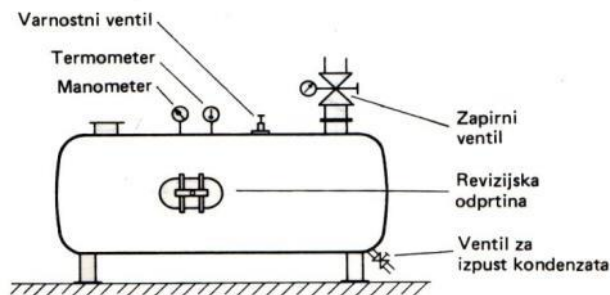


Slika 7: Sistem oskrbe s stisnjenim zrakom

Vir: Croser in Ebel, 1994

2.4 Shranjevalnik stisnjenega zraka

Shranjevalnik zagotavlja stabilnost oskrbe s stisnjenim zrakom, izravnava tlačna nihanja v omrežju zaradi odvzema. Zaradi velike površine shranjevalnika se zrak ohlaja, pri čemer se izloči del vlage v obliki kondenzata. Sestavne dele shranjevalnika prikazuje slika 47.



Slika 8: Shranjevalnik zraka

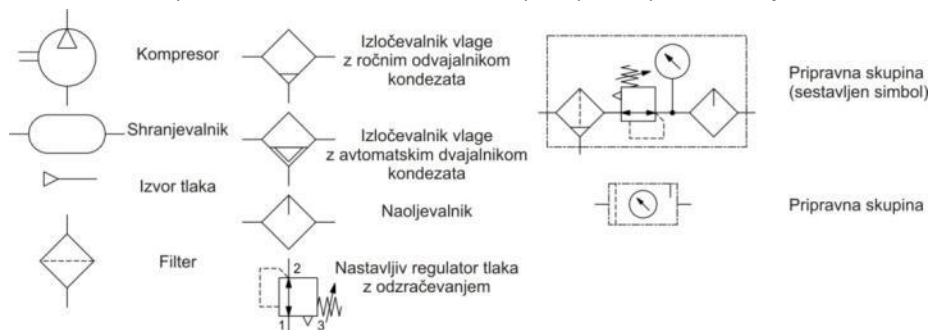
Vir: Croser in Ebel, 1994

Velikost shranjevalnika pogojuje: zmogljivosti kompresorja, poraba zraka omrežja, če imamo vgrajene dodatne shranjevalnike vrsta regulacije in dopustna tlačna razlika.

2.5 Pripravna skupina

Pripravna skupina je namenjena za pripravo stisnjenega zraka. Pripravno skupino sestavlja zračni filter, regulator tlaka, manometer in naoljevalnik.

Elemente lahko prikažemo tudi s simboli, ki so prikazani na spodnji sliki. Simboli ne prikazujejo konstrukcijskih lastnosti posameznih elementov ampak princip delovanja.

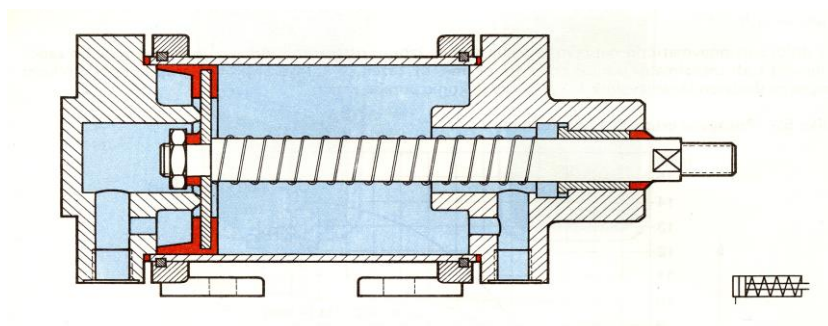


Slika 9: Prikaz elementov za pripravo zraka s simboli

Vir: Croser in Ebel, 1994

2.6 Pnevmatične delovne (IZVRŠILNE) komponente

Pri enosmernem cilindru dovajamo stisnjeni zrak samo z ene strani. Delo lahko opravlja samo v eni smeri. Pri enosmernih cilindrih z vgrajeno povratno vzmetjo je dolžina giba omejena zaradi konstrukcijskih možnosti vgradnje vzmeti. Vzmet mora biti dimenzionirana tako, da vrne bat v izhodiščni položaj z dovolj veliko hitrostjo. Primer enosmernega cilindra prikazuje slika 56.

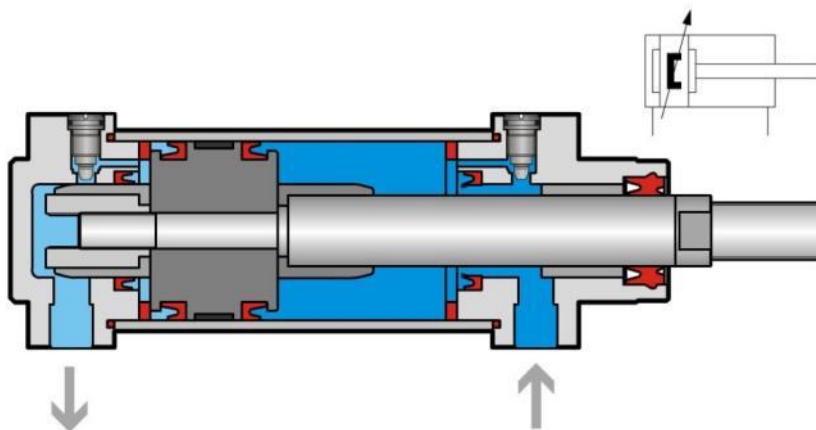


Slika 10: Enosmerno delujoči cilinder

Vir: Croser in Ebel, 1994

Pri enosmernih cilindrih z vgrajeno povratno vzmetjo je dolžina giba omejena zaradi konstrukcijskih možnosti vgradnje vzmeti. Zaradi tega se izdeluje enosmerne cilindre z gibom največ 80-100 mm. V odvisnosti od konstrukcijske izvedbe uporabljamo enosmerne cilindre za različne funkcije: podajanje, razdeljevanje, zbiranje, dodeljevanje, vpenjanje, oddajanje.

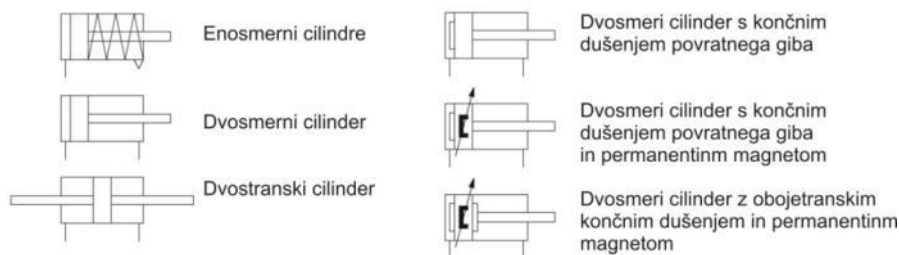
Dvosmerni cilinder je po konstrukciji podoben enosmernemu cilindru, vendar je brez povratne vzmeti. Ima dva delovna priključka, skozi katera lahko deluje tlak izmenično z ene ali druge strani bata. Zaradi tega lahko dvosmerni cilinder opravlja delo v obeh smereh gibanja in je tako uporaben v številnih primerih. Sila, ki se prenaša na batnico, je pri gibanju naprej nekoliko večja kot pri gibanju nazaj zaradi različno velikih prostih plosčin bata.



Slika 11: Dvosmerni cilinder s končnim dušenjem in trajnim magnetom

Vir: Croser in Ebel, 1994

Pnevmatične lahko ponazorimo tudi s simboli, prikazanimi na sliki.



Slika 12: Simboli pnevmatskih komponent za linearno gibanje

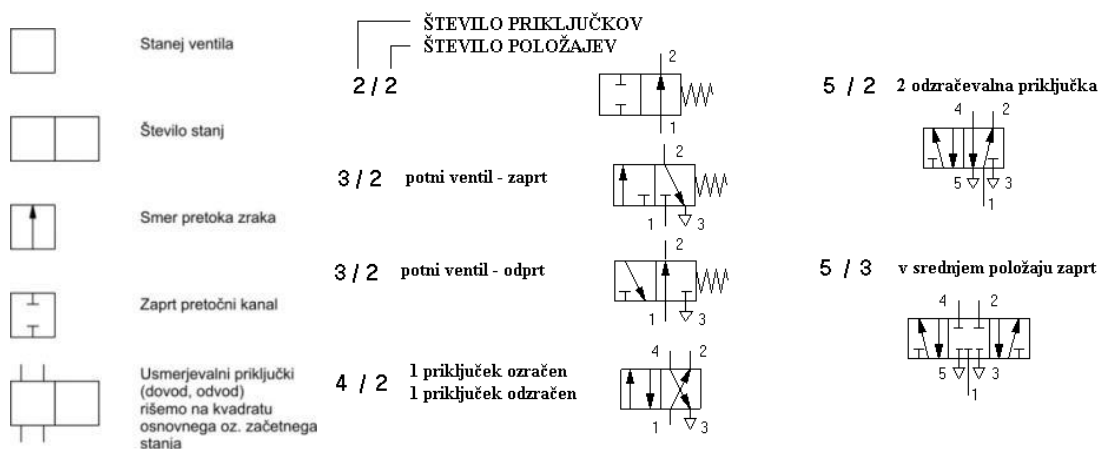
Vir: prirejeno po: Haring, Metzger in Weber, 2009

2.7 Pnevmatične krmilne komponente

Pnevmatično krmilje sestavljajo signalne in krmilne komponente, ki vplivajo na potek delovanja delovnih komponent. Uporabljajo se za krmiljenje funkcij START, STOJ, regulacijo tlaka in pretoka delovnega medija. Iz simbola ventila je razvidno število priključkov, vklopni položajev in način aktiviranja. Simboli ne prikazujejo konstrukcijskih značilnosti, temveč samo funkcijo ventilov. Po funkciji jih delimo na :

- potne ventile
- zaporne ventile
- tlačne ventile
- tokovne ventile
- zapirne ventile.

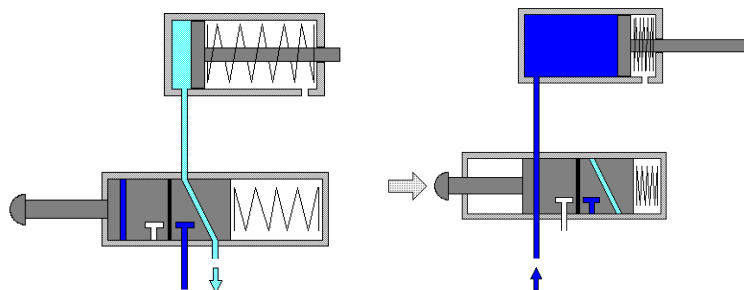
Potni ventili so naprave, ki vplivajo na pot zračnega toka, ki ga odpirajo in zapirajo. Potne ventile opišemo s številom priključkov, številom položajev in z označbo pretočne poti, kar prikazuje slika 71. Da pri priključevanju ne pride do pomote, so vsi vhodi oziroma izhodi ventila označeni.



Slika 13: Način prikaza ventilov s simboli in oznake ventilov

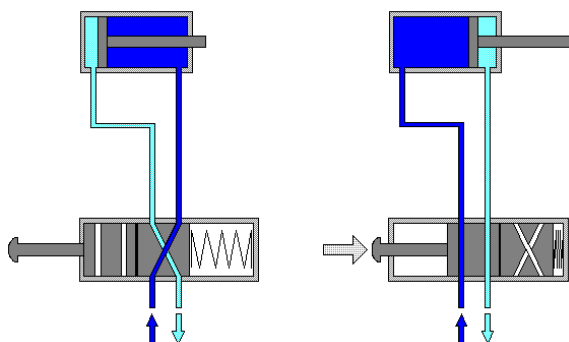
Vir: prirejeno po: Haring, Metzger in Weber, 2009

Monostabilni ventil je ventil, ki se po prenehanju delovanja sile vrne v osnovno stanje. Poleg monostabilnih ventilov poznamo tudi **bistabilne ventile**, za katere je značilno, da se po prenehanju delovanja sile ne vrnejo v osnovno stanje (ostanejo v preklapljenem stanju).



Slika 14: Osnovno in aktivirano stanje pri 3/2 monostabilnem ventilu

Vir: Croser in Ebel, 1994



Slika 15: Osnovno in aktivirano stanje pri 4/2 monostabilnem ventilu

Vir: Croser in Ebel, 1994

Tabela 1: Pomen oznak na ventilih

Delovni priključki	Opis
1 (P)	dovod zraka
2 (A pri 3/2 oz. B pri 5/2, 4 (A)	delovni priključek 2 in 4
3 (S), 5 (R)	odzračevalni priključek 3 in 5

Krmilni priključki	Opis
Oznaka 10 pomeni	zapre pretok 1 proti 2
Oznaka 12 pomeni	signal na priključku 12 poveže priključka 1 in 2
Oznaka 14 pomeni	signal na priključku 14 poveže priključka 1 in 4

Vir: Lasten

Zaporni ventili zapirajo pretok v eni smeri, v drugi smeri pa omogočajo neoviran pretok. Tlak v zaporni smeri deluje na tesnilni element in s tem prispeva k tesnitvi ventila. Posamezne izvedbe zapornih ventilov imamo zbrane v tabeli 14. Slika 76 pa prikazuje omenjene ventile s simboli.

Tabela 2: Vrste zapornih ventilov

Dvotlačni ventil	Izmenično nepovratni ventil	Dušilno nepovratni ventil
Hitro odzračevalni ventil	Nepovratni ventil	

Vir: Croser in Ebel, 1994



Slika 16: Simboli zapornih ventilov

Vir: Croser in Ebel, 1994

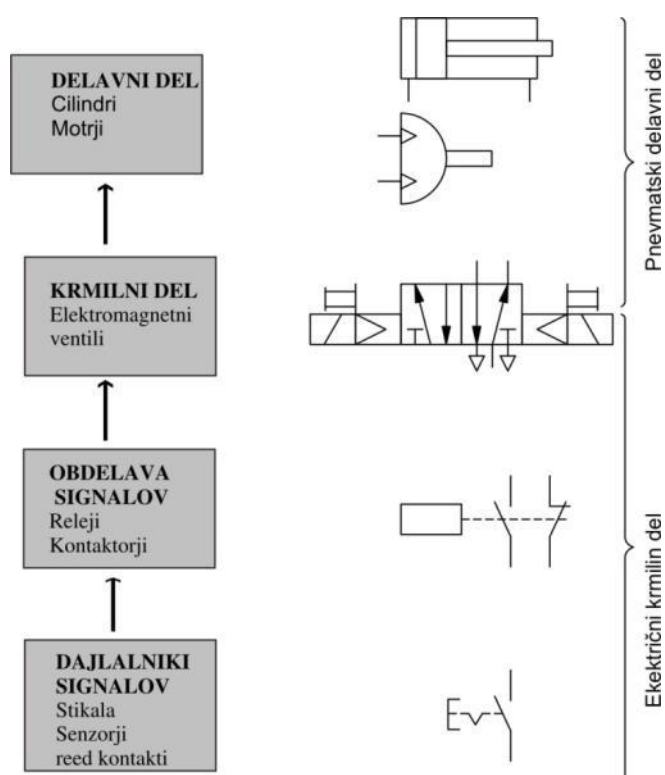
2.8 Video posnetek pnevmatike:

<http://egradiva.scng.si/strojninstvo/Kazalo/videopnevmatika.html>

3. ELEKTROPNEVMATIKA

3.1 Elektro pnevmatsko krmilje

V industriji pogosto uporabljamo kombinacijo elektrike in pnevmatike, kar imenujemo elektropnevmatika. S pnevmatiko realiziramo delovni del krmilja, signalni del pa z električnimi signali. Krmili del predstavlja naprave, ki med seboj povezujejo tako pnevmatiko kot tudi elektro pnevmatiko in jih imenujemo elektromagnetne ventile. Na sliki 86 vidimo naprave, ki predstavljajo električni in pnevmatski del sheme.



Slika 17: Sestava elektropnevmatskega krmilja

Vir: Croser in Ebel, 1994

3.2 Tipi kontaktov v elektrotehniki

Naloga kontaktov, prikazanih na sliki 87, je posredovanje signalov v tokovni krog. Omenjeno nalogo lahko realiziramo s pomočjo zapiralnega ali delovnega kontakta, ki ima nalogo zapiranja (sklenitve) tokovnega kroga, odpiralnega ali mirovnega kontakta, ki mora tokovni krog odpreti (prekiniti) in menjalnega kontakta, ki odpre ali zapre tokovni krog.

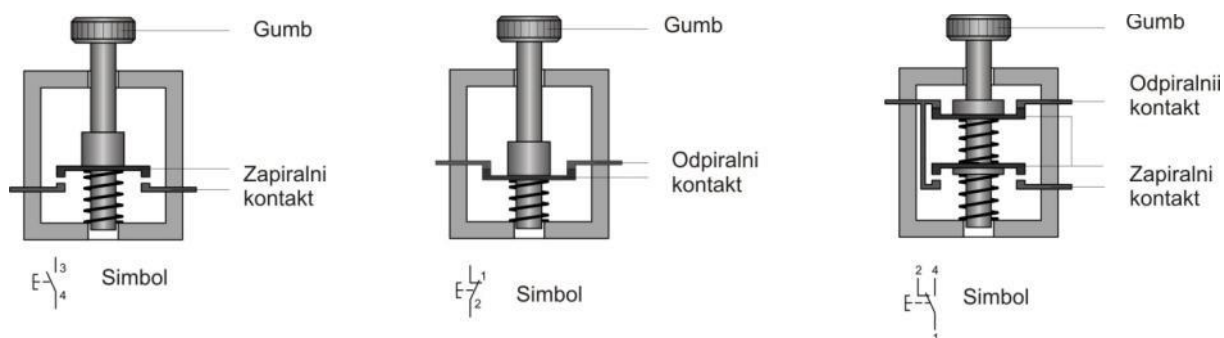


Slika 18: Osnovni tipi kontaktov

Vir: Croser in Ebel, 1994

3.3 Načini aktiviranja kontaktov

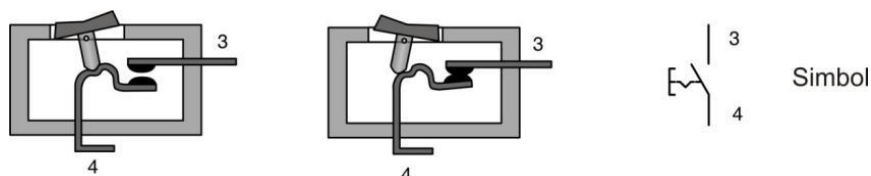
Posredovanje signalov v tokovni krog izvedemo s kontakti, ki jih lahko aktiviramo fizično, mehansko ali brez dotika s pomočjo senzorjev. **Fizično** jih lahko aktiviramo s pritiskom na gumb. Na ta način so kontakti sklenjeni oziroma prekinjeni toliko časa, dokler gumba ne spustimo. Ko gumb spustimo, se le ta zaradi vgrajene vzmeti vrne v osnovni položaj. Omenjeni način aktiviranja prikazuje slika 88.



Slika 19: Fizično aktiviranje z gumbom

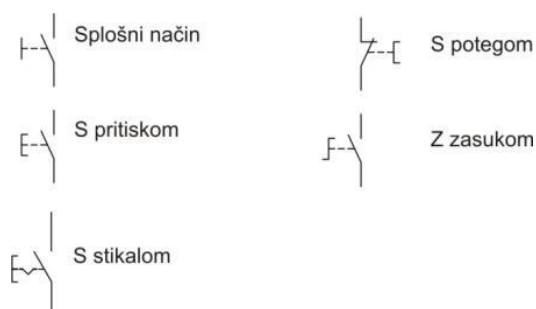
Vir: Prirejeno po: Vir: Croser in Ebel, 1994

Kontakte lahko aktiviramo tudi s stikalom, prikazanim na sliki 89. Omenjeni način aktiviranja kontakta prikazuje spodnja slika 89, iz katere je razvidno, da se stikalo po aktiviranju ne vrne samodejno v osnovni položaj. Za vrnitev v osnovni položaj ga moramo zopet fizično aktivirati.



Slika 20: Fizično aktiviranje s stikalom

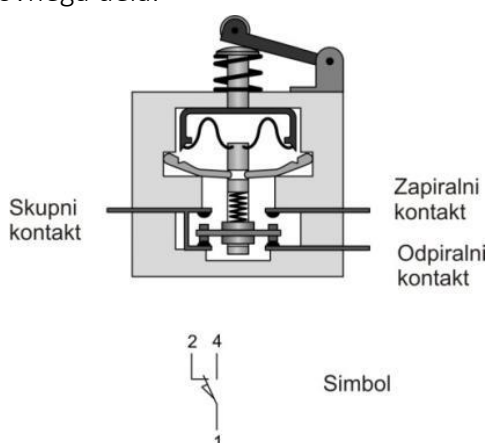
Vir: Croser in Ebel, 1994



Slika 21: Simboli za fizično aktiviranje

Vir: Croser in Ebel, 1994

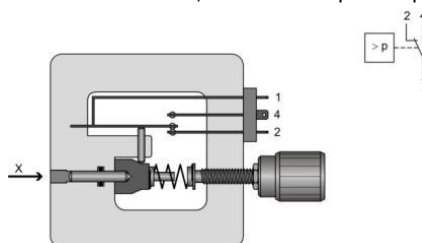
Mehanski način aktiviranja kontakta, ki ga prikazuje slika 91, je v praksi najpogostejše izveden s pomočjo kolesca, ki ga aktivira delovni del (batnica cilindra). Uporabljamo jih za kontrolo položaja gibajočih delov delovnega dela.



Slika 22: Mehanski način aktiviranja s kolescem

Vir: Prirejeno po: Croser in Ebel, 1994

Tlačna stikala sklenejo, prekinejo ali preklopijo tokokrog, ko tlak doseže nastavljeno vrednost. Vhodni tlak z določeno silo deluje na površino bata. Tej sili nasprotuje sila vzmeti, ki jo ročno nastavimo. Ko je sila tlaka večja od sile vzmeti, se stikalo prekopi.

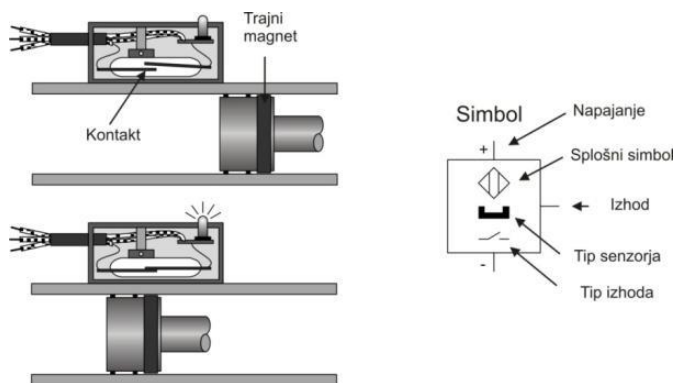


Slika 23: Tlačno stikalo

Vir: Croser in Ebel, 1994

Posebno skupino aktiviranja predstavljajo **stikala brez dotika**. V to skupino uvrščamo kontakte, občutljive na magnet (reedov kontakt) in induktivne, kapacitivne ter optične senzorje.

Za kontakt, občutljiv na magnet (**reedov kontakt**), je značilno, da je vgrajen v stekleno cevko, v kateri je zaščitni plin. Steklена cevka je vgrajena v ohišje iz umetne mase, ki je pritrjeno na cilindrično cev. V ohišje kontakta je vgrajena tudi svetleča dioda, ki kaže stikalno stanje kontaktov. Kontakt aktivira bat z vgrajenim trajnim magnetom, kot je prikazano na sliki 92. Uporabljamo jih v primeru, ko imamo malo prostora za vgradnjo in v okolju, kjer je prah, vlaga, pesek. Pri vgradnji moramo paziti, da ni v bližini kakšne naprave z močnim magnetnim poljem.

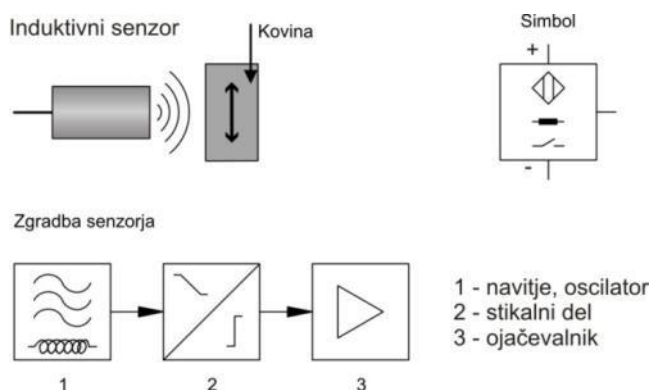


Slika 24: Reedov kontakt s simbolom

Vir: Croser in Ebel, 1994

V proizvodnji imamo pogosto zahteve, ko moramo zaznavati gibanje obdelovancev ali gibe določenih naprav in nimamo prostora za vgradnjo mehanskega načina aktiviranja kontaktov. V tem primeru lahko to storimo z vgradnjo induktivnega senzorja. Induktivni senzorji so občutljivi samo na kovine in jih za signaliziranje izdelkov iz umetnih mas ne moremo uporabljati.

Induktivni senzor, ki je prikazan na sliki 94, sestavlja oscilator, stikalni del in ojačevalnik. Tuljava oscilatorja ustvarja visokofrekvenčno magnetno polje. Če se približamo polju s kovinskim predmetom, se inducirajo v njem vrtnični tokovi, ki jemljejo oscilatorju energijo. Znižanje napetosti zazna stikalni del, ki povzroči na izhodu spremembo stanja (npr. neprevodno v prevodno stanje). Po odstranitvi kovinskega predmeta se vzpostavi prvotno stanje induktivnega senzorja.

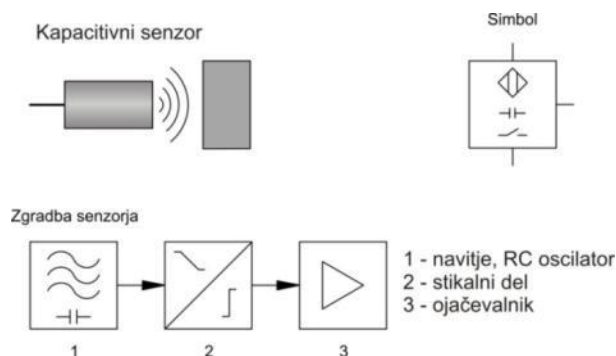


Slika 25: Induktivni senzor



Vir: Croser in Ebel, 1994

Kapacitivni senzorji so konstruirani podobno kot induktivni. Osnovna razlika je RC oscilator, ki seva skozi aktivno ploskev električno polje. Ko približamo aktivni ploskvi poljuben predmet, ki ima dielektrično konstanto občutno večjo od zraka, se kapacitivnost oscilatorja spremeni, kar izzove osciliranje oscilatorja. To zazna stikalna stopnja, ki izvede prekllop na izhodu senzorja. Vsi kapacitivni senzorji imajo vgrajen potenciometer, s katerim lahko spreminjamo občutljivost senzorja. Kapacitivni senzorji so občutljivi na kovine in nekovine ter na vse snovi, ki lahko v dielektričnem polju povzročajo spremembe (prah). Zgradbo kapacitivnega senzorja prikazuje spodnja slika 95.

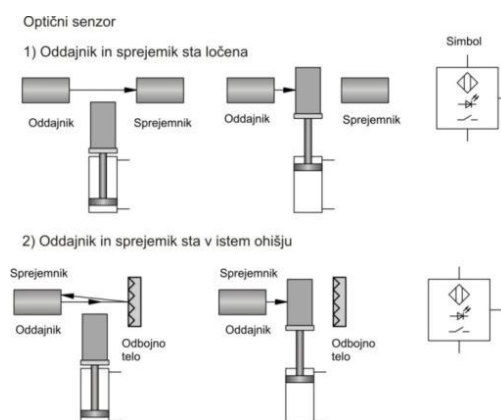


Slika 26: Kapacitivni senzor

Vir: Croser in Ebel, 1994

Optični senzorji reagirajo na spremembo količine sprejete svetlobe. Senzor sestavlja oddajnik in sprejemnik svetlobe, ki sta lahko združena v enem ohišju ali pa ločena, kot je prikazano na sliki 96. Oddajnik svetlobe odda vidno ali nevidno svetlobo in v primeru, da pride v polje svetlobe predmet, se svetloba odbije, zazna pa jo fotocelica v sprejemniku.

V primeru, ko sta sprejemnik in oddajnik ločena in je žarek prekinjen zaradi ovire, fotocelica zazna izgubo signala in odda izhodni signal. Za natančno delovanje senzorja mora vedno prispeti zadosti svetlobe od oddajnika k sprejemniku. Optični senzorji so primerni za uporabo v različnih industrijskih, komercialnih in hišnih aplikacijah.



Slika 27: Optični senzor

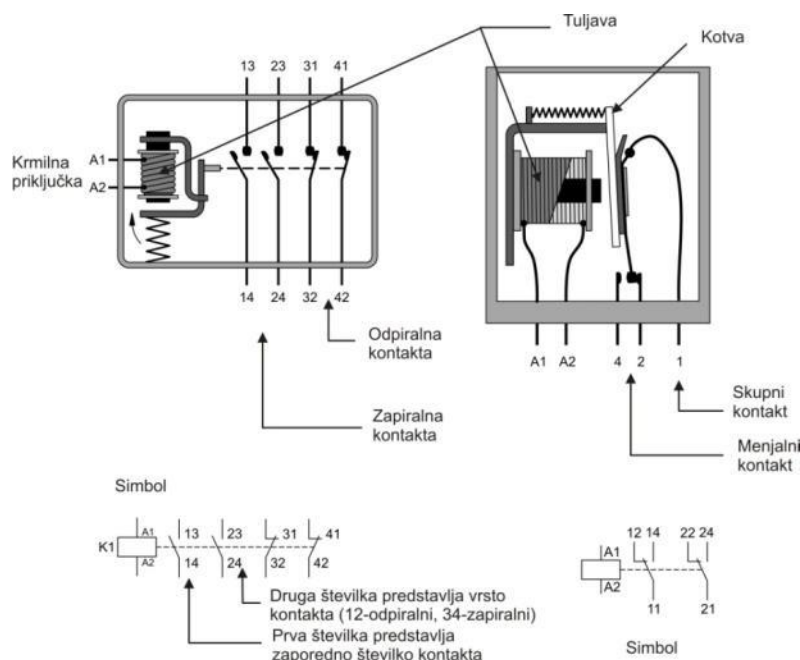
Vir: Croser in Ebel, 1994



3.4 Električne naprave za obdelavo signalov

Releji so stikala z elektromagnetnim aktiviranjem, ki jih uporabljamo za obdelavo signalov. Releji imajo galvansko ločen krmilni tokokrog od delovnih kontaktov. Princip delovanja releja: pri dovodu napetosti na tuljavo steče po navitju električni tok, zgradi se magnetno polje, ki pritegne kotvo v jedru tuljave in na ta način preklaplja med zapiralnim in odpiralnim kontaktom. Stikalno stanje se obdrži toliko časa, dokler je na tuljavi napetost. Po odvzemu napetosti vrne povratna vzmet kotvo v izhodiščni položaj.

Za prikaz releja uporabljamo simbole, ki olajšujejo branje vezalne sheme. Releji se označujejo z oznakami K1, K2, K3 itd. Priključka za aktiviranje sta označena z oznakami A1 in A2. Kontakti relejev pa so označeni s številkami. Z releji vklapljamo bremena do moči 1kW.

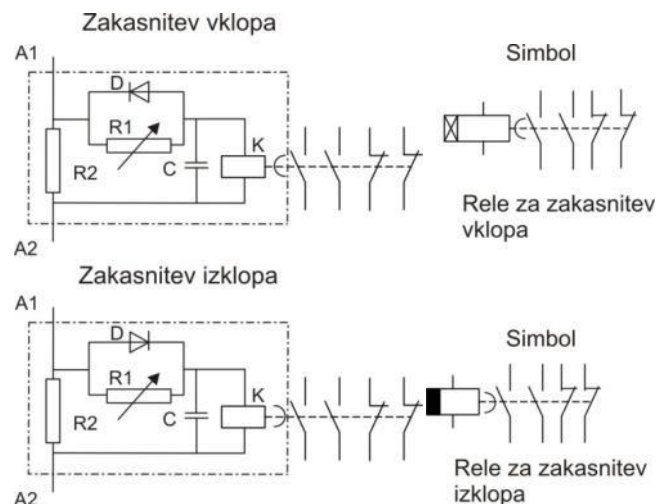


Slika 28: Rele

Vir: Croser in Ebel, 1994

Za realizacijo časovnih funkcij uporabljamo **časovne releje** z zakasnitvijo vklopa ali zakasnitvijo izklopa. Pri zakasnitvi vklopa teče tok skozi nastavljen upor R1 in polni kondenzator C. Ko na njem doseže napetost preklopno vrednost, se rele vklopi. Ker dioda zapira le v eni smeri, teče tok od A1 preko R1. Čas, ki je potreben, da se kondenzator napolni do preklopne napetosti, nastavimo z uporom R1, s čimer realiziramo zakasnitev vklopa.

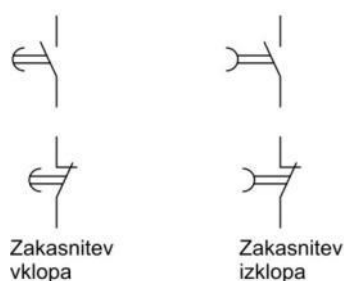
Pri zakasnitvi izklopa dioda zapira v nasprotni smeri. Zato se rele takoj vklopi, kondenzator se napolni. Po prekinitvi tokokroga se kondenzator prazni preko nastavljivega upora R1 in s tem določen čas vzdrži magnetno polje v tuljavi.



Slika 29: Časovni rele

Vir: Croser in Ebel, 1994

Posebno skupino kontaktov predstavljajo **časovni kontakti**, prikazani na sliki 99, s pomočjo katerih lahko izvedemo zakasnitev vklopa ali izklopa oziroma kombinacijo z zakasnitvijo vklopa in izklopa.



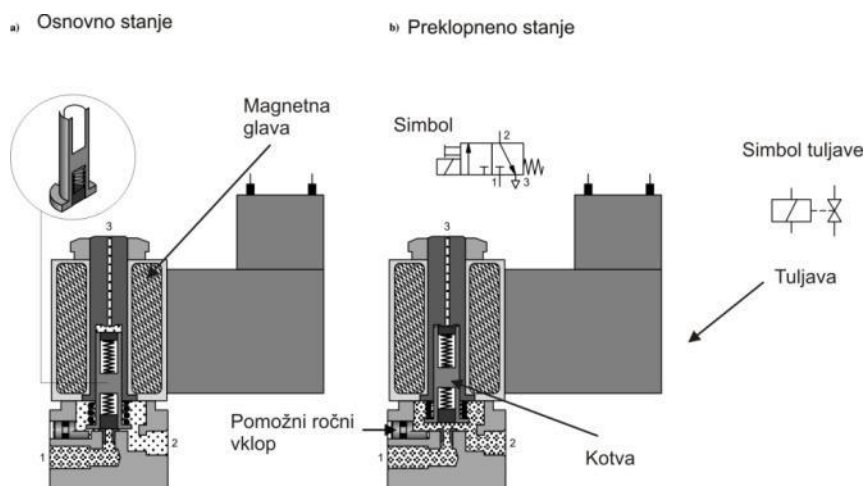
Slika 30: Simboli časovnih kontaktov

Vir: Croser in Ebel, 1994

3.5 Elektromagnetni ventili

Elektromagnetni ventili predstavljajo povezovalni element med električno in pnevmatsko energijo. Sestavljeni so iz električnega dela, ki ga predstavlja magnetna tuljava in iz pnevmatskega ventila, ki služi za pretok delovnega medija.

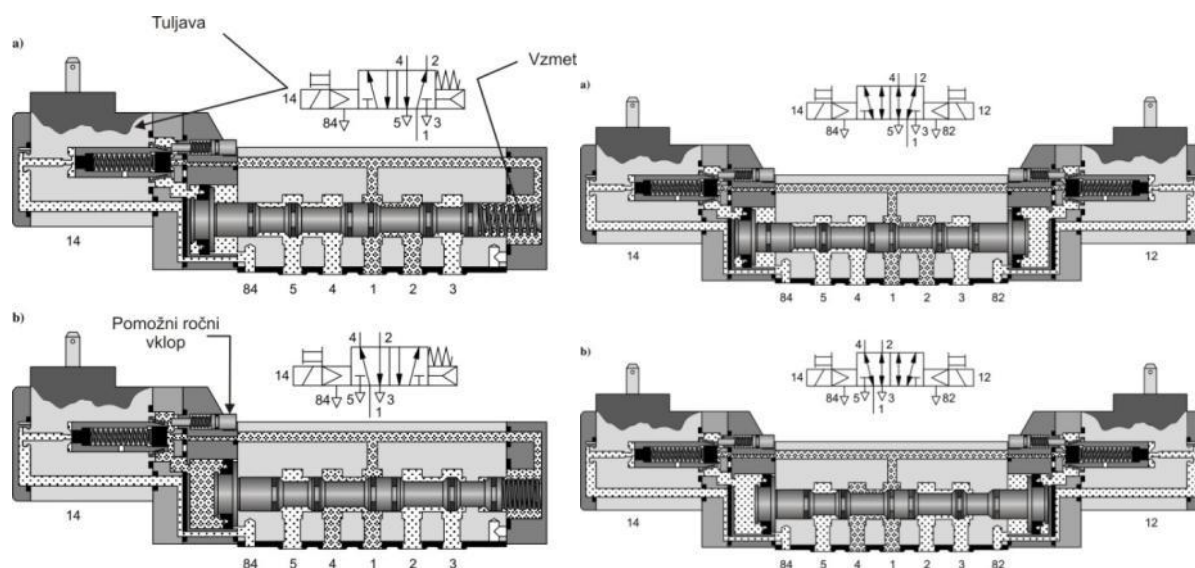
Ko steče skozi tuljavo električni tok, nastane elektromagnetno polje, ki premakne kotvo tuljave in na ta način omogoči pretok zraka v smeri priključka 1 in 2. Ko se tokokrog prekine, se kotva premakne navzdol in zapre pretok od priključka 1 proti priključku 2. Omenjeno delovanje prikazuje slika 100.



Slika 31: 3/2 elektromagnetni ventil v osnovnem stanju, zaprt

Vir: Prirejeno po: Croser in Ebel, 1994

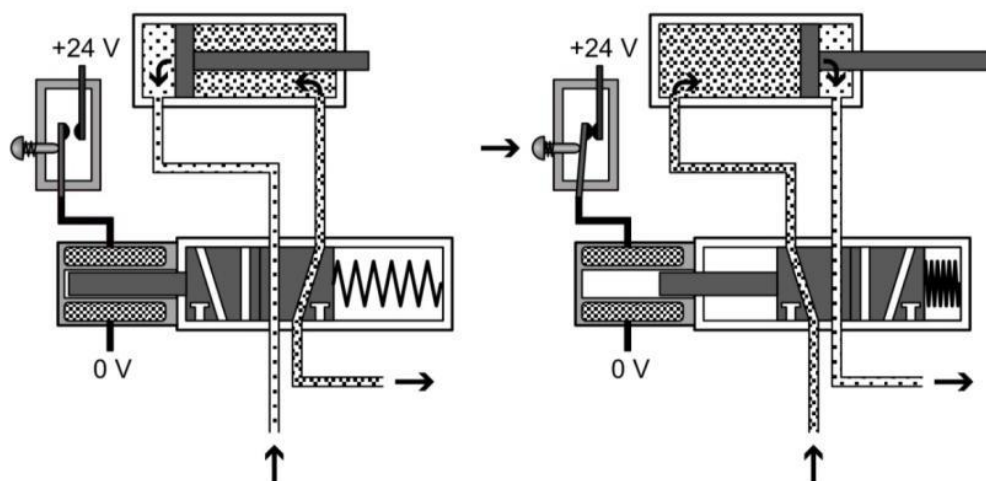
Primer 5/2 posredno krmiljenega monostabilnega in bistabilnega ventila prikazuje spodnja slika 101.



Slika 32: 5/2 monostabilni in bistabilni elektromagnetni ventil v drsni izvedbi

Vir: Croser in Ebel, 1994

Primer osnovnega vezja, kjer krmilimo dvosmerne cilindre s pomočjo 5/2 monostabilnega ventila v elektropnevmatiki, prikazuje slika 102.

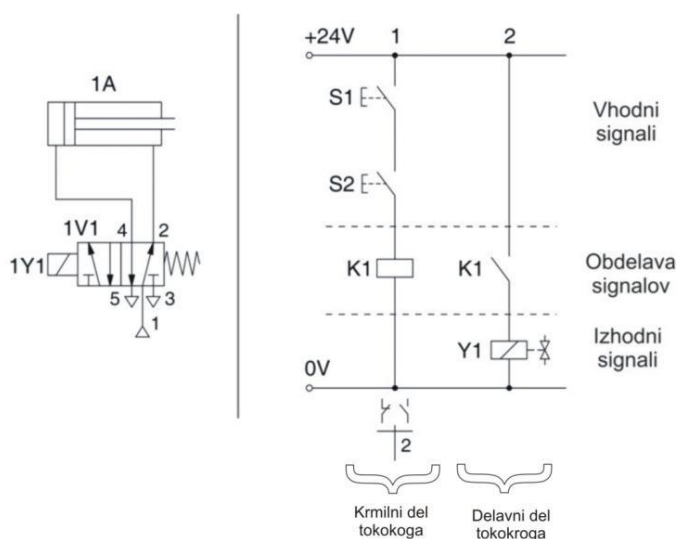


Slika 33: Krmiljenje dvosmernega cilindra

Vir: Croser in Ebel, 1994

Za označevanje predstavljenih električnih elementov uporabljamo v vezalni shemi na sliki 103 sledeče oznake:

Način aktiviranja	oznaka
fizični način aktiviranja stikala	S1, S2
mehanski način aktiviranja stikala	1S1, 1S2
senzorji, tlačna stikala	1B1, 1B2, 2B1
releji	K1, K2, K3
tuljave	1Y1, 1Y2, 2Y1



Slika 34: Primer označevanja vezalne sheme



Vir: Croser in Ebel, 1994

3.6 Vaje iz elektropnevmatike

Naziv naloge: Pnevmatika vaja 1

CILJ NALOGE

Razumeti delovanje 5/2 monostabilnega ventila, ki je enostavno krmiljen s eno samo tipko (N.O. - normally open). Premisli o delovanju enosmernega in dvosmernega cilindra.

OPIS

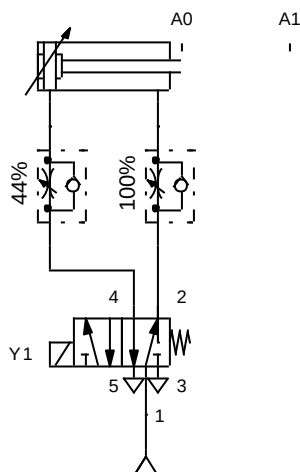
Dvosmerni cilinder mora dobiti zrak za gibanje naprej takrat, ko pritisnemo na tipko M in se začne premikati nazaj takrat, ko tipko spustimo.

NARIŠI DIAGRAM KORAK-POT:

DELO NALOGE:

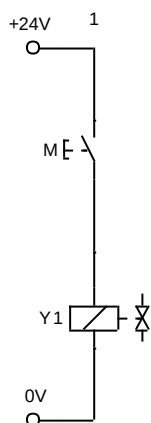
Priprava vaje:

1. Narišite vezalno pnevmatsko shemo s standardiziranimi simboli



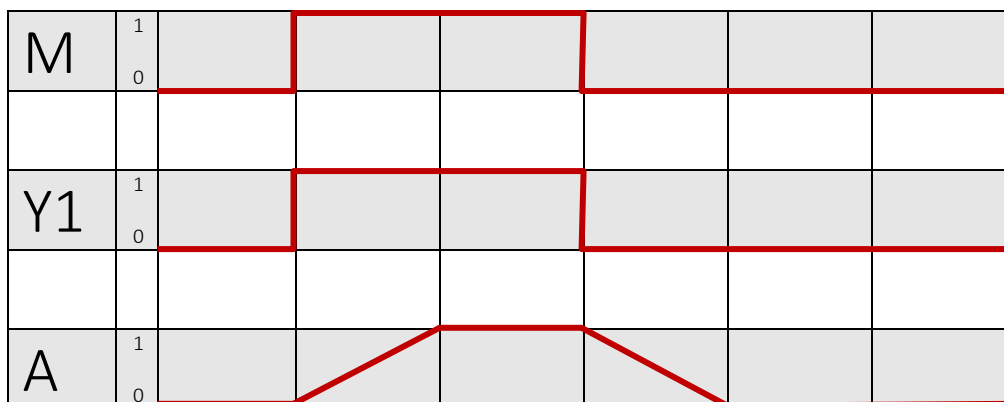
Uporabljeni pnevmatski elementi:

2. Narišite vezalno električno shemo s standardiziranimi simboli



Uporabljeni električni elementi:

3. Nariši diagram poteka (korak – pot)



4. Kaj se zgodi, če zamenjamo tipko N.O. s tipko N.C. (normally closed)?

Izvedba vaje

- Sestavite potrebne pnevmatske in električne sklope po narisani pnevmatski in električni shemi
- Preizkusite delovanje in ga primerjajte z diagramom KORAK-POT
- Sestavite popis elementov (kosovnica)

Naziv naloge: Pnevmatika vaja 2

CILJ NALOGE

Razumeti razliko delovanja med monostabilnim in bistabilnim ventilom. Razumeti delovanje bistabilnega ventila in njegovo spominsko funkcijo.

Premisli o delovanju enosmernega in dvosmernega cilindra.

OPIS

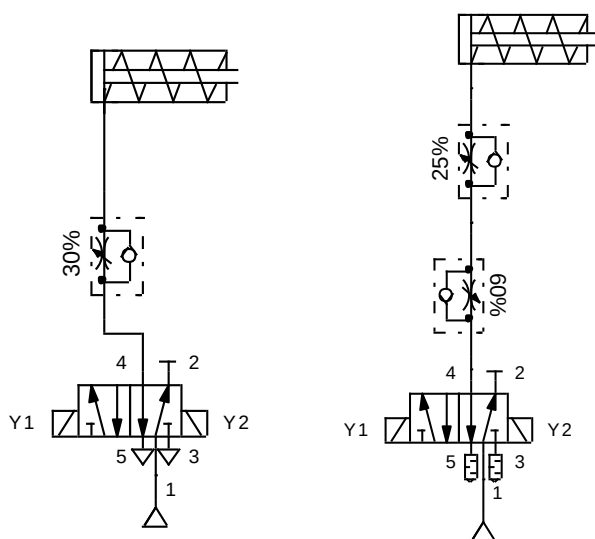
Enosmerni cilinder bomo krmilili z 3/2 ventilom (**prilagodi ventil 5/2**). S pritiskom na tipki M1 in M2 bomo električno krmilili bistabilni ventil in posredno krmilili cilinder.

Cilinder se bo začel premikati naprej, ko bomo pritisnili tipko M1 in nazaj, ko bomo pritisnili tipko M2.

DELO NALOGE:

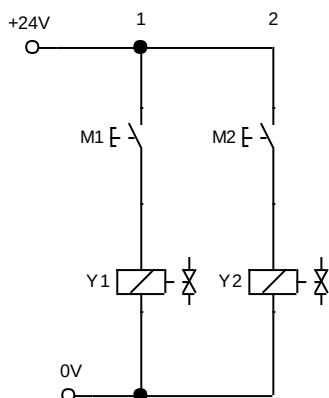
Priprava vaje:

1. Narišite vezalno pnevmatsko shemo s standardiziranimi simboli



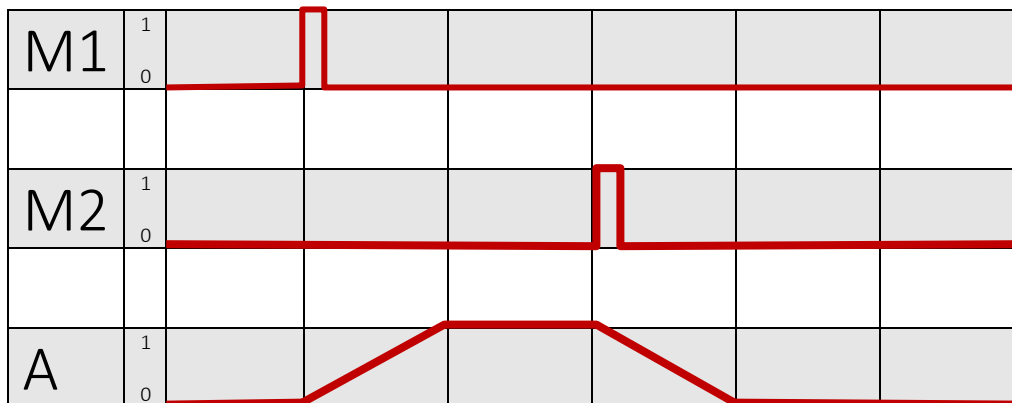
Uporabljeni **pnevmatski** elementi:

2. Narišite vezalno električno shemo s standardiziranimi simboli



Uporabljeni električni elementi:

3. Nariši diagram poteka (korak – pot)



Izvedba vaje

- Sestavite potrebne pnevmatske in električne sklope po narisani pnevmatski in električni shemi
- Preizkusite delovanje in ga primerjajte z diagramom KORAK-POT
- Kako se sistem obnaša, če istočasno pritisnemo obe tipki?
- Sestavite popis elementov (kosovnica)

Naziv naloge: Pnevmatika vaja 3

CILJ NALOGE

Realizacija spominske funkcije z krmiljenjem monostabilnega ventila.

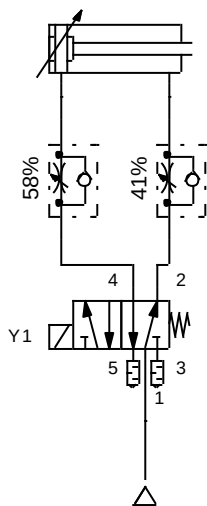
OPIS

Z dvema tipkama **N. O.** in **N.C.** in relejem (vsaj 2 kontakta) je možno realizirati bistabilno delovanje z krmiljenjem monostabilnega 5/2 ventila.

DELO NALOGE:

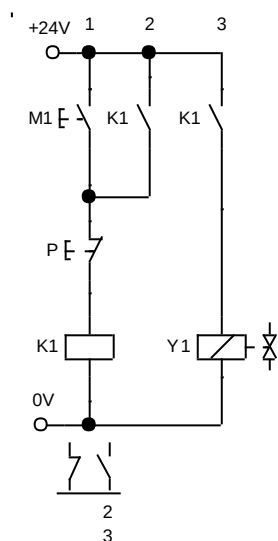
Priprava vaje:

1. Narišite vezalno pnevmatsko shemo s standardiziranimi simboli



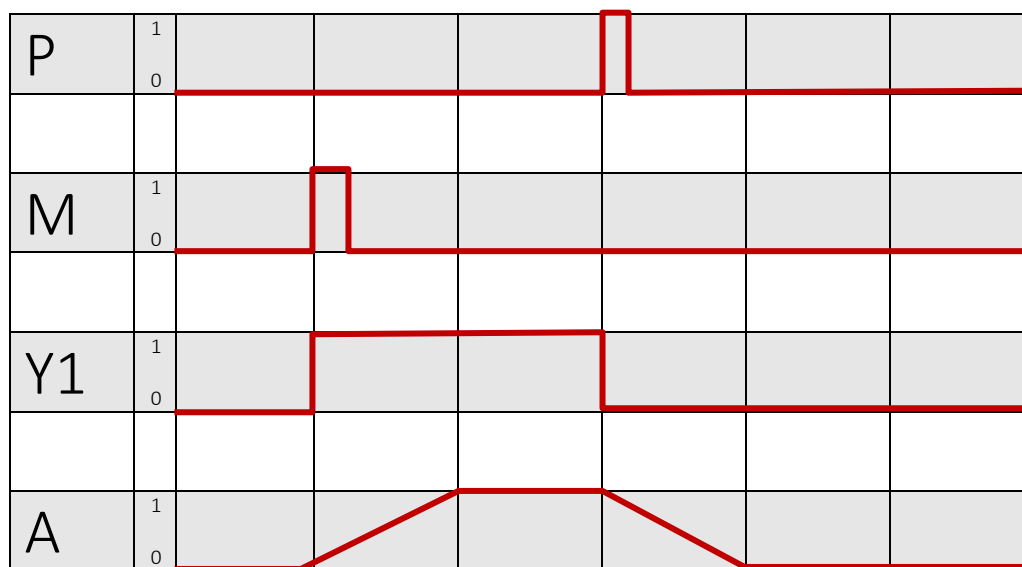
Uporabljeni pnevmatski elementi:

2. Narišite vezalno električno shemo s standardiziranimi simboli za prisilni izklop in prisilni vklop.



Uporabljeni električni elementi:

3. Nariši diagram poteka (korak – pot)



Izvedba vaje

- Sestavite potrebne pnevmatske in električne sklope po narisani pnevmatski in električni shemi
- Preizkusite delovanje in ga primerjajte z diagramom KORAK-POT
- Sestavite popis elementov (kosovnica)

Naziv naloge: Pnevmatika vaja 4

CILJ NALOGE

Spoznati možnosti uporabe končnih stikal za kontrolo položaja cilindra in jih uporabiti za aktiviranje ter deaktiviranje cilindra.

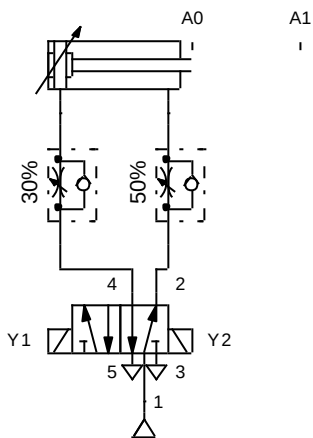
OPIS

Elektično krmiljenje je podobno kot pri vaji št. 2 s dodatnim upoštevanjem končnih stikal. Dvosmerni cilinder bomo krmilili z 5/2 ventilom. S pritiskom na tipko MS ob pogoju, da je cilinder v skrajno levem položaju (PNP končno stikalo a_0 je aktivno), bo cilinder potoval desno (aktivna tuljava Y1). V položaju cilindra skrajno **desno**, bo aktivno končno stikalo a_1 , ki hkrati z tipko ME predstavlja pogoj za aktiviranje tuljave Y2.

DELO NALOGE:

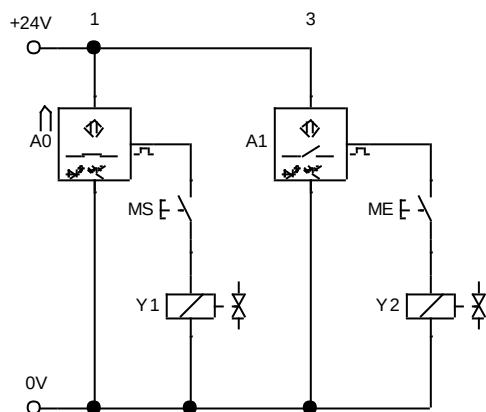
Priprava vaje:

1. Narišite vezalno pnevmatsko shemo s standardiziranimi simboli



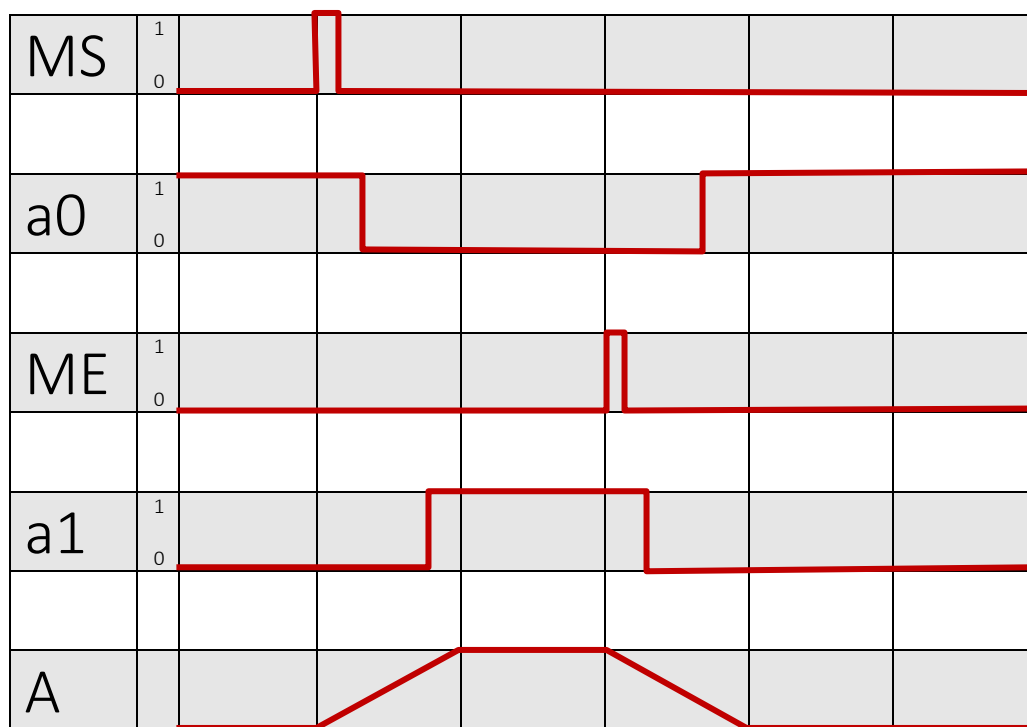
Uporabljeni pnevmatski elementi:

2. Narišite vezalno električno shemo s standardiziranimi simboli



Uporabljeni električni elementi:

Nariši diagram poteka (korak – pot)



Izvedba vaje

3. Sestavite potrebne pnevmatske in električne sklope po narisani pnevmatski in električni shemi
4. Preizkusite delovanje in ga primerjajte z diagramom KORAK-POT
5. Sestavite popis elementov (kosovnica)

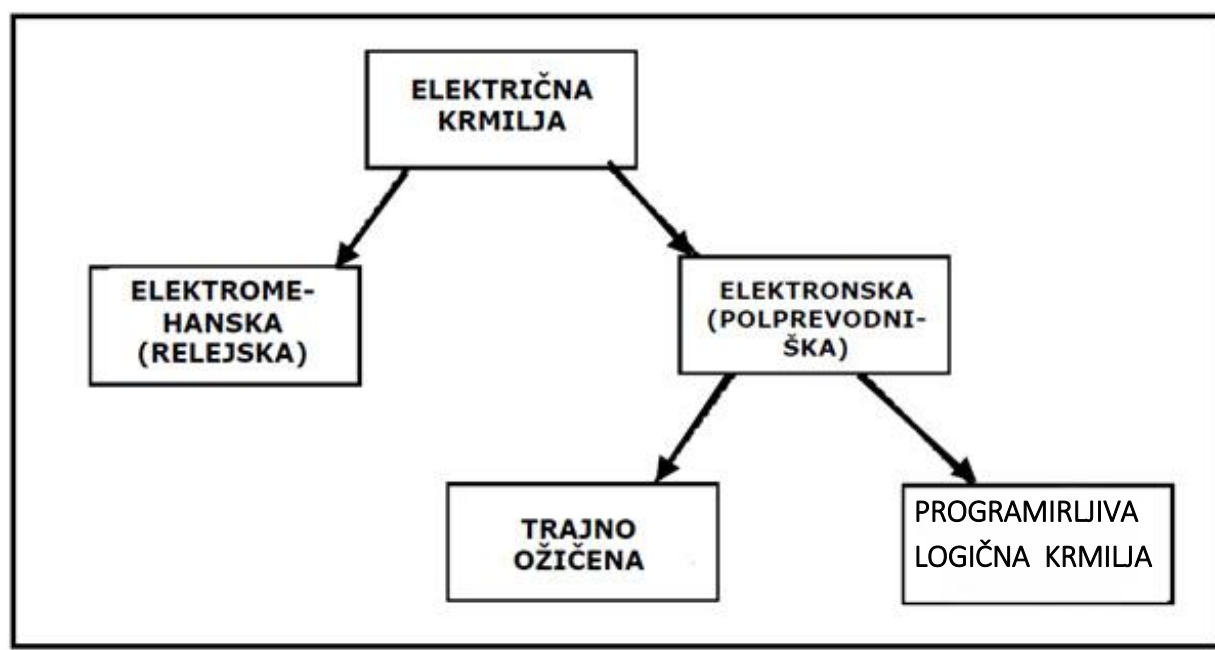
4. OSNOVE DIGITALNE TEHNIKE

4.1 Krmilja v digitalni tehniki

Pri digitalni tehniki obravnavamo vrste signalov in njihovo obdelavo. Signal je funkcija, ki prenaša informacije o stanju in obnašanju fizičnih sistemov. Matematično tako funkcijo predstavimo kot zvezo neodvisnih spremenljivk, stvarno pa signali pomenijo niz časovnih sprememb neke veličine ali pa sprememb stanj (položaja) v prostoru. Pri krmilnik signale opazujemo in spremljamo v realnem času.

Obravnavamo dve vrsti krmilji:

- kontaktna ali relejna krmilja
- brezkontaktna ali polprevodniška krmilja, ki pa jih delimo na ožičena in programirana (PLK)



Slika 35: Vrste električnih krmilj

Vir: Lasten

4.2 Oblike signalov v krmilni tehniki

V krmilni tehniki poznamo tri vrste signalov:

- **Analogni signali**

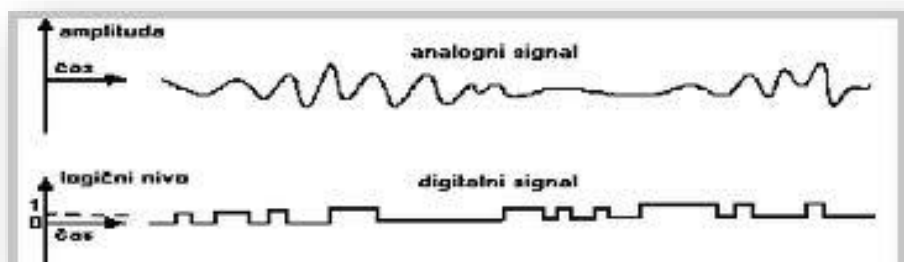
Analogni signali lahko zavzemajo različne vrednosti napetosti. Vrednost analognega signala je lahko katerakoli vmesna napetost v nekem napetostnem območju in je zvezno spremenljiva.

- **Digitalni signali**

Digitalni signali skokovito spreminjajo svojo vrednost napetosti. Digitalni signal se razlikuje od binarnega, da ima več napetostnih stanj in je stopničasto spremenljiv.

- **Binarni signali**

Binarni signali so lahko samo v dveh napetostnih stanjih. Binarni signal je lahko sestavljen iz dveh definiranih napetostnih nivojev. Podatek imenujemo logična »1« ali »0« (podatek enega bita).

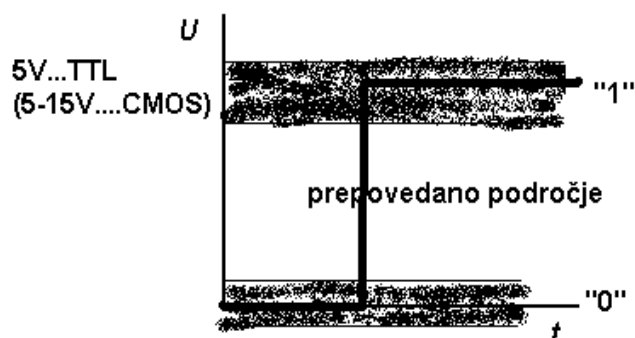


Slika 36: Analogni in digitalni signali

Vir: Lasten

4.3 Integrirana logična vezja

Pri integriranih logičnih vezjih ločimo signal, ki pomeni logično »1«, signal, ki pomeni logično »0« in prepovedano območje. Signal v digitalni logiki prikazuje spodnja slika.

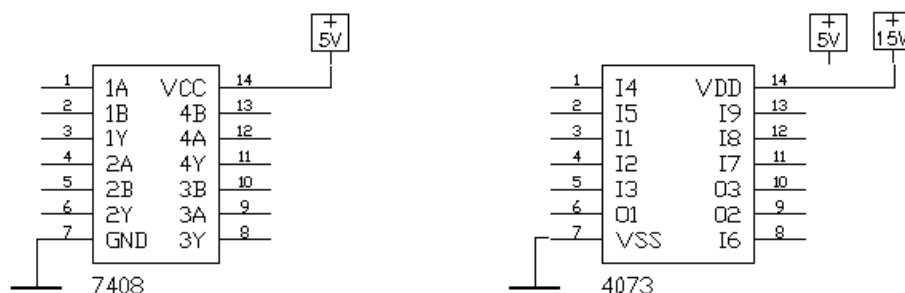


Slika 37: Signal v digitalni logiki

Vir: Lasten



Primer integriranega logičnega vezja prikazuje spodnja slika:

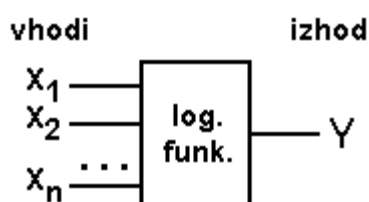


Slika 38: TTL in CMOS integrirano vezje

Vir: Lasten

4.4 Logične funkcije

Logična vrata (slika 153) so digitalno elektronsko vezje, ki opravljajo določeno logično funkcijo. Logičnim stanjem na vhodu priredijo logično stanje na izhodu. Zvezo, ki povezuje vhodna in izhodna stanja imenujemo logična funkcija.



Osnovne logične funkcije vrat so naslednje:

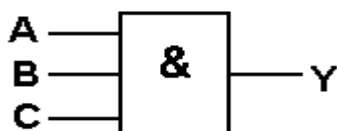
- **negacija** (NE, angl. NOT)
- **konjunkcija** (IN, angl. AND) in
- **disjunkcija** (ALI, angl. OR).

Pogosto pa se uporabljajo še nekatere druge vrste vrat:

- izključujoči ALI (XOR)
- NE-IN (NAND)
- NE-ALI (NOR).

Besedni opis predstavimo bolj skrženo z logično funkcijo in logičnim vezjem.

- Logično funkcijo za opisano zvezo zapišemo takole: $Y = A \text{ IN } B \text{ IN } C$
- Grafično pa jo prikažemo z ustreznim simbolom za vrata IN:



Vse logične funkcije in rezultati logične operacije so opisani v spodnji tabeli.

4.5 Tabela z opisom logičnih funkcij

Za vsaka logična vrata sta narisana evropski (IEC) in ameriški simbol. Sledi opis in pravilnostna tabela, ki za vsako stanje na vhodu prikazuje rezultat na izhodu vrat.

Tabela 3: Logične funkcije

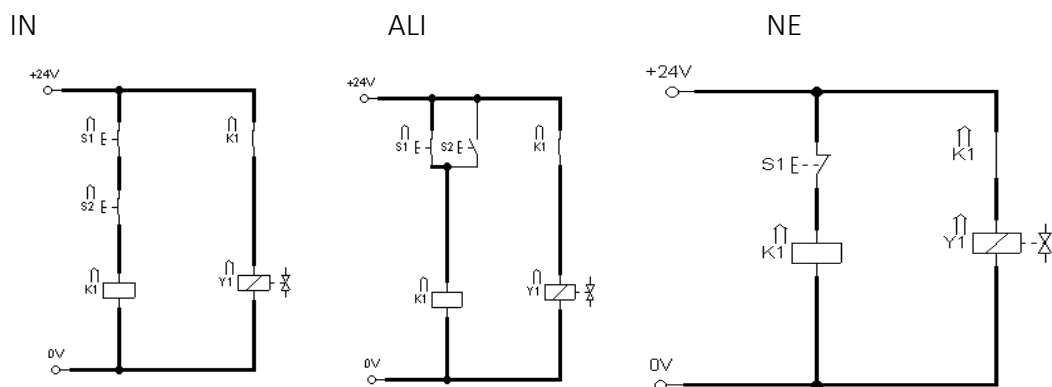
IME VRAT	IEC SIMBOL VRAT	AMERIŠKI SIMBOL	OPIS	PRAVILNOSTNA TABELA																		
IN, AND			Y = A AND B Izhod je 1, če sta oba vhoda 1.	<table><tr><th colspan="2">VHOD</th><th>IZHOD</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>A AND B</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	VHOD		IZHOD	A	B	A AND B	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
				VHOD		IZHOD																
				A	B	A AND B																
				0	0	0																
				0	1	0																
1	0	0																				
1	1	1																				
ALI, OR			Y = A OR B Izhod je 1, če je vsaj eden od vhodov 1.	<table><tr><th colspan="2">VHOD</th><th>IZHOD</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>A OR B</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	VHOD		IZHOD	A	B	A OR B	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
				VHOD		IZHOD																
				A	B	A OR B																
				0	0	0																
				0	1	1																
1	0	1																				
1	1	1																				
NE, NOT, negator			Y = NOT A (ali: Y = /A) Izhod je 1, če je vhod = 0 in obratno. Izhod je negirana vrednost vhoda.	<table><tr><th colspan="2">VHOD</th><th>IZHOD</th></tr><tr><th>A</th><th>NOT A</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	VHOD		IZHOD	A	NOT A	0	1	1	0									
				VHOD		IZHOD																
				A	NOT A																	
				0	1																	
				1	0																	
izključujoči ALI, XOR			Y = A XOR B Izhod je 1, če je natanko eden izmed vhodov =1.	<table><tr><th colspan="2">VHOD</th><th>IZHOD</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>A XOR B</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	VHOD		IZHOD	A	B	A XOR B	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
				VHOD		IZHOD																
				A	B	A XOR B																
				0	0	0																
				0	1	1																
1	0	1																				
1	1	0																				
NE-IN, NAND			Y = NOT (A AND B) Izhod je 0 (!), če sta oba vhoda 1. (Ali: Izhod je 1, če je vsaj eden od vhodov 0.)	<table><tr><th colspan="2">VHOD</th><th>IZHOD</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>A NAND B</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	VHOD		IZHOD	A	B	A NAND B	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
				VHOD		IZHOD																
				A	B	A NAND B																
				0	0	1																
				0	1	1																
1	0	1																				
1	1	0																				
NE-ALI, NOR			Y = NOT (A OR B) Izhod je 0 (!), če je vsaj eden od vhodov 1. (Ali: Izhod je 1, če so vsi vhodi 0.)	<table><tr><th colspan="2">VHOD</th><th>IZHOD</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>A NOR B</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	VHOD		IZHOD	A	B	A NOR B	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
				VHOD		IZHOD																
				A	B	A NOR B																
				0	0	1																
				0	1	0																
1	0	0																				
1	1	0																				

Vir: Lasten

Iz samih negiranih IN vrat (NE-IN oz. NAND) lahko sestavimo vse ostale logične funkcije. Prav tako velja tudi za negirana vrata ALI (NOR). Logična vrata so po zgradbi preprosta vezja iz nekaj tranzistorjev.



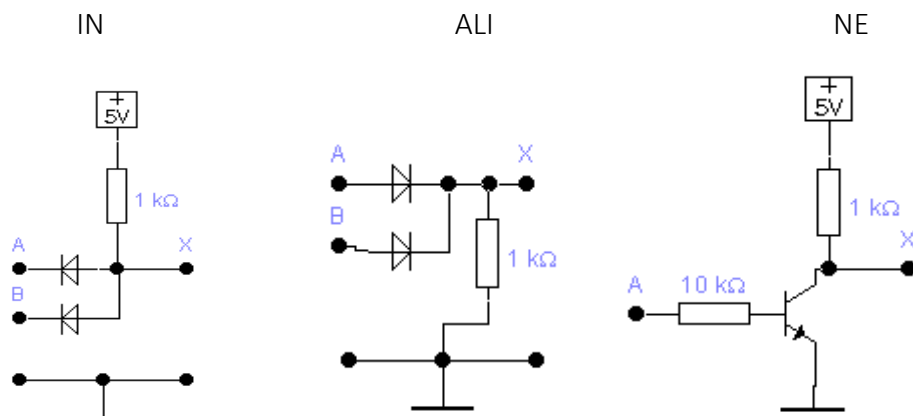
Izvedba osnovnih logičnih funkcij z stikali in releji



Slika 39: Izvedba logičnih funkcij z stikali in releji

Vir: Lasten

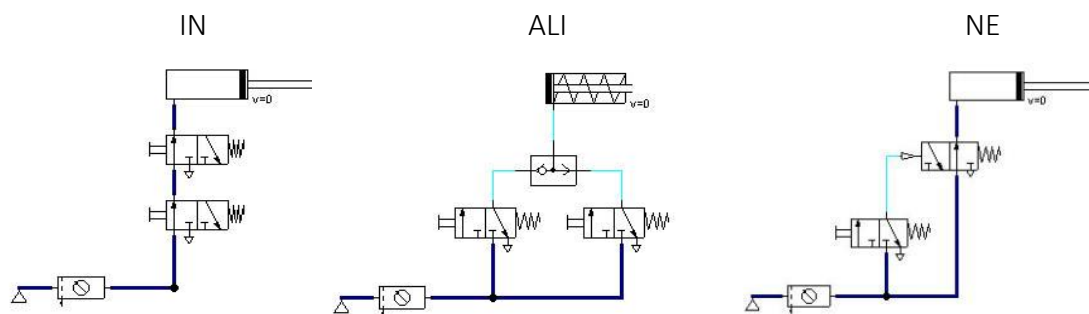
Izvedba osnovnih logičnih funkcij s polprevodniki



Slika 40: Izvedba logičnih funkcij s polprevodniki

Vir: Lasten

Izvedba osnovnih logičnih funkcij s pnevmatiko



Slika 41: Izvedba logičnih funkcij s pnevmatiko

Vir: Lasten

4.6 Povezava na spletno stran z osnovami elektrotehnike:

<http://eoet1.tsckr.si/plus/>



5. SISTEMI VODENJA V AVTOMATIZACIJI

5.1 analiza sistemov vodenja

Za analizo sistemov vodenja je pomembno, da definiramo, kaj je znotraj sistema in kaj je zunaj in opredelimo mejo sistema.

Meja sistema loči sistem od okolja.

Odnosom iz okolja, ki imajo vpliv na posamezne komponente sistema, pravimo vhodi v sistem $x(t)$, ang. input, odnosom, ki vplivajo na okolje, pa pravimo izhodi $y(t)$, ang. output.

Teoretični model sistema imamo prikazan na sliki 4.



Slika 42: Teoretični model sistema

Vir: L Pintarič, T., Hočevár, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011)

Za vsak sistem, ki ga analiziramo, moramo definirati stanje tega sistema. Stanje sistema je množica veličin, ki določajo njegovo obnašanje. Te veličine nam omogočajo primerjanje stanj posameznih sistemov ali stanje istega sistema v različnih trenutkih.

Stanje sistema lahko prikažemo z različnimi veličinami, ki se jih pa mora dati meriti in zapisati teoretično ali grafično.

Bolnik v bolnišnici predstavlja osnovni sistem, ki ga mora analizirati zdravnik. Da bo lahko zdravnik kaj vedel o tem sistemu, ga lahko opišemo z veličinama kot sta telesna temperatura in krvni tlak. Ti dve veličini stalno merimo in s tem prikazujemo stanje sistema. To seveda niso vse veličine, ki bi prikazovale stanje tega sistema

5.2 Vstopne in izstopne veličine

Na vsak sistem deluje množica različnih zunanjih delovanj, vendar niso vsa bistvena. Iz množice vseh delovanj izberemo samo tista, ki bistveno vplivajo na stanje sistema pri reševanju nalog. Ta zunanja delovanja imenujemo vstopna veličina ali vstopno delovanje, elemente sistema, na katerega delujejo vstopna delovanja, pa vhod sistema (slika 5).

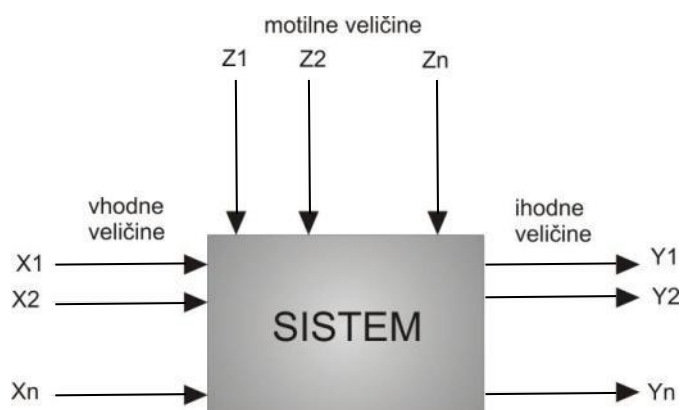
Delovanje sistema na okolico označujejo vrednosti njegovih izstopnih veličin. Množica izstopnih veličin in njegovih sprememb kaže vedenje sistema (zunanjemu opazovalcu omogoča, da ocenjuje skladnost gibanja sistema s cilji vodenja).

Spremembe vstopnih veličin praviloma povzročajo spremembe izstopnih veličin. Vendar se izstopne veličine ne spremenijo vedno takoj, včasih se spremenijo celo z zamudo. V nobenem primeru pa ne morejo prehiteti sprememb vstopnih veličin. Te so namreč vzrok, izstopne veličine pa posledica gibanja sistema.

Pri analizi sistemov vodenja razlikujemo dve vrsti vstopnih veličin:

upravljalne veličine

motilna delovanja (motnje).



Slika 43: Vstopne in izstopne veličine

Vir: Pintarič, T., Hočevnar, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011)

Med upravljalne veličine štejemo tiste, ki jih izbiramo glede na gibanje sistema, ki ga vodimo. Motilna delovanja pa so druga delovanja na sistem.

Vhodne veličine INPUT $x(t)$ zaznamujejo vpliv okolice na sistem. Izhodne veličine OUTPUT $y(t)$ zaznamujejo vpliv sistema na okolico. Motnje $Z(t)$ so nepredvideni vplivi okolice na sistem.

5.3 Informacije in signali

Informacija je neko spoznanje, pojasnilo ali sporočilo, ki se oblikuje na osnovi nekih podatkov in določenega znanja, ki ga imamo o teh podatkih. Informacijo do uporabnika prenašamo s signali (npr. zvok, svetloba, elektromagnetno valovanje, električna napetost ...).

Če si za sistem vodenja predstavljamo sobo, v kateri pišemo nalogo, je lahko informacija za vodenje te sobe osvetljenost prostora. Ko osvetljenost zaradi nastopa noči ni več ustrezna, se oblikuje sporočilo, da je treba prižgati svetilko. Signal, ki prenese to sporočilo, je v tem primeru električna napetost.

Signal je fizikalna upodobitev nekega sporočila in je nosilec informacije, ki gre v obdelavo. Signale lahko prenašamo na razdalje. Lahko pa jih shranjujemo in jih prenašamo s časom.

Pri človeku posredujejo informacije o vhodnih veličinah čutila, pri tehničnih sistemih vodenja pa posredujejo informacije dajalniki signalov. To so lahko: končno stikalo, fotocelica, termometer, manometer ... Vsi zajemajo informacijo o neki fizikalni večini, s katero merimo stanje sistema (lega, temperatura, hitrost, svetlobni tok ...) in jo v obliki ustreznega signala posredujejo sistemu, ki ga vodimo.

Pri sistemih vodenja ločimo tri osnovne postopke (slika 6):

- meritev vhodnih veličin (x) z namenom pridobitve informacije o stanju teh veličin;
- obdelava informacij z namenom pridobitve ustrezne odločitve;
- izhod ukazov (y) za delovanje na sistem vodenja z namenom nekaj doseči.
-



Zgradba krmilja:

X-vhodne veličine
y-izhodne veličine
D-dajalnik signalov
O-ojačevalnik

Slika 44: Informacije in signali v sistemih vodenja

Vir: Pintarič, T., Hočevlar, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011)

5.4 Pomnilnik

Ker moramo pogosto povezovati časovno ločene sisteme, moramo imeti v kanalih zvez rezervoarje – pomnilnike, kjer lahko shranimo sporočila (informacijo ali signal).

Če želimo ohraniti sporočilo, moramo realne signale, ki se menjujejo glede na prostor in čas na nek način ohraniti. Zato potrebujejo sistem (nosilec) sporočil, ki mora dano informacijo vzdrževati poljubno dolgo, ne glede na to, da je zunanji signal že izginil.

Take sisteme imenujemo pomnilnik (npr. magnetni trak, fotografska plošča, kartice, trakovi, integrirana spominska vezja).

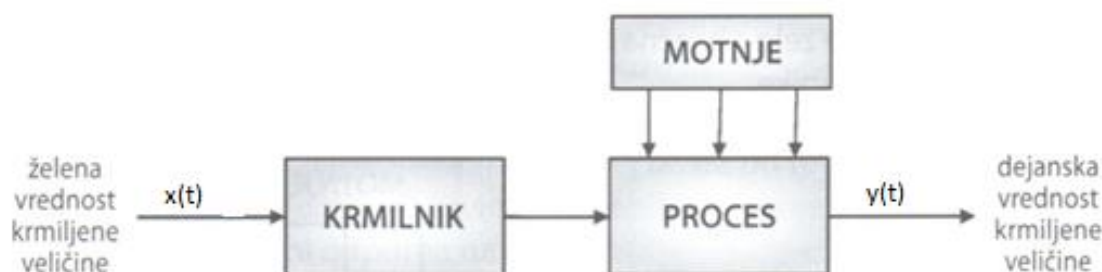
5.5 Odprt sistem vodenja

Pri odprtem sistemu vodenja sprejema krmilni sistem želene vhodne vrednosti veličin, na svojem izhodu pa daje krmilne signale za vplivanje na proces (slika 7).

Na izhodne veličine vplivajo vhodne veličine in motilne veličine.

Motnje vnašajo v krmilni sistem napake, ki se kažejo kot odstopanje dejanske vrednosti krmiljene veličine od želene vrednosti.

Če se v danem trenutku pojavi motnja, njen vpliv izničimo tako, da ustrezno popravimo želeno vrednost krmiljene veličine. Odprte sisteme vodenja imenujemo tudi krmilni sistemi.



Slika 45: Odprt sistem vodenja – krmilni sistem

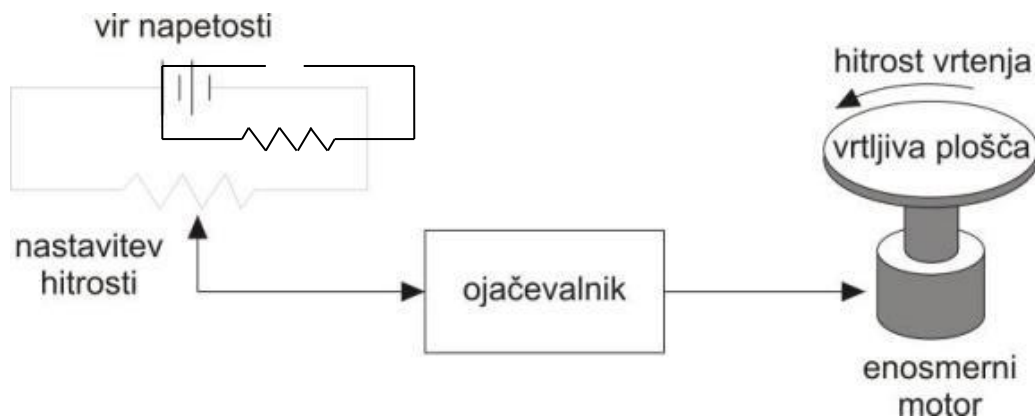
Vir: Vir: Pintarič, T., Hočevar, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011)

Na sliki 8 je prikazan sistem vodenja – krmiljenja, pri katerem krmilimo hitrost vrtljive plošče (npr. akumulatorska brusilka). Želeno vrednost hitrosti vrtenja določa napetost, ki jo na ojačevalnik pripeljemo iz spremenljivega vira napetosti. Na primer: napetost od 0V do 10 določa želeno vrednost kotne hitrosti ob 0 vrt./min do 1000 vrt./min.

Če vrtljivo ploščo obremenimo (začnemo rezati pločevino), ob tem pa ostane želena vrednost nespremenjena, se kotna hitrost plošče zmanjša. V tem primeru nam motnjo predstavlja obremenitev.



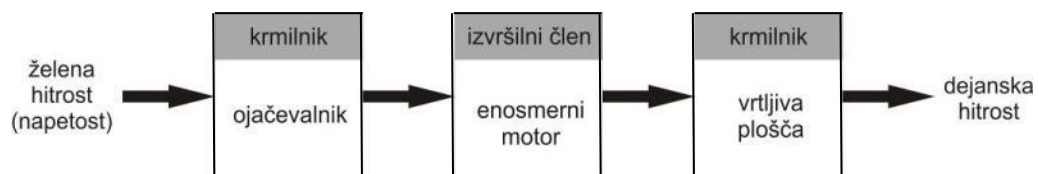
Če bi želeli, da se plošča vrti z enako kotno hitrostjo tudi po obremenitvi, bi morali povečati želeno vrednost na vходу, s katero bi nadomestili (kompenzirali) zmanjšanje kotne hitrosti zaradi obremenitve.



Slika 46: Primer krmiljenja vrtljive plošče

Vir: Pintarič, T., Hočevlar, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011)

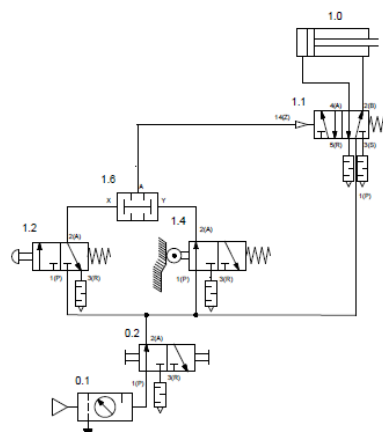
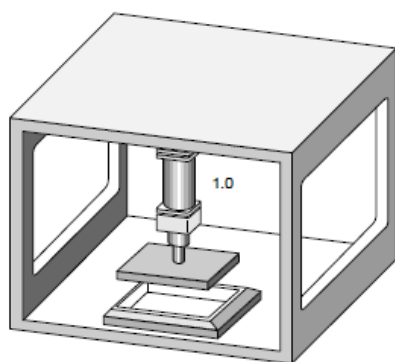
Na sliki 9 je prikazan teoretični model krmiljenja vrtljive plošče. Na sliki vidimo, da krmilni sistem nima zaključene povratne zanke, s katero bi dobival informacije o tem, kaj se dogaja na izhodu. Pri odprtih sistemih vodenja – krmilnih sistemih nastavimo želeno vrednost, ne moremo pa vedeti, ali je izhodna vrednost pravilna, ker je ne merimo in je zato ne moremo popraviti. Iz tega izhaja, da če se v sistemu pojavijo motnje, le ta ni sposoben samodejno vzdrževati nastavljenе želene vrednosti.



Slika 47: Primer odprtega sistema vodenja

Vir: L Pintarič, T., Hočevlar, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011)

Odpрте sisteme vodenja uporabljamo, kjer krmilne zahteve niso velike, ni velikih zahtev po natančnem vodenju in ni prisotnih večjih motenj. Vsi enostavni sistemi vodenja v pnevmatiki, elektropnevmatiki in hidravliki so običajno narejeni kot odprti sistemi vodenja. Ustrezne krmilne signale posredujemo izvršnim elementom, ki nato izvedejo želeno delovanje.

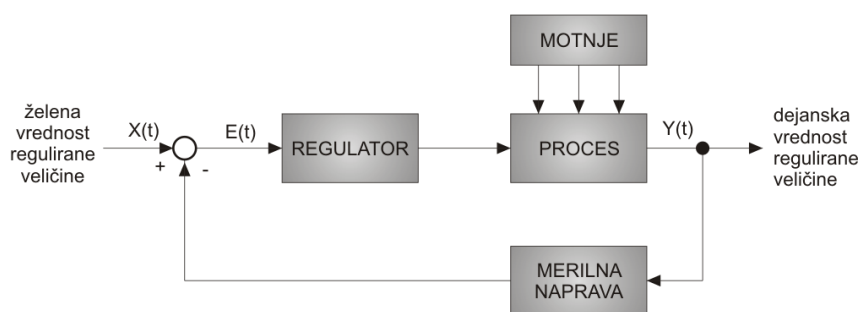


Slika 48: Vtiskovalna priprava – odprt sistem vodenja

Vir: Croser in Ebel, 1994

5.6 Zaprt sistem vodenja

Zaprt sistem vodenja imenujemo regulacijski sistem. Na sliki 11 je prikazana zgradba zaprtega sistema vodenja. Ta se od odprtega sistema vodenja razlikuje v tem, da dejansko vrednost regulirane veličine merimo in jo posredujemo na vhod sistema. Vrednost odstopanja $E(t)$ (regulacijski pogrešek) dejanske vrednosti regulirane veličine $Y(t)$ od želene vrednosti $X(t)$ posredujemo regulatorju. Ta ima nalogo, da tvori takšen signal, da bo dejanska vrednost regulirane veličine čim prej in s čim manj odstopanji dosegla želeno vrednost regulirane veličine.



Slika 49: Zaprt sistema vodenja – regulacijski sistem

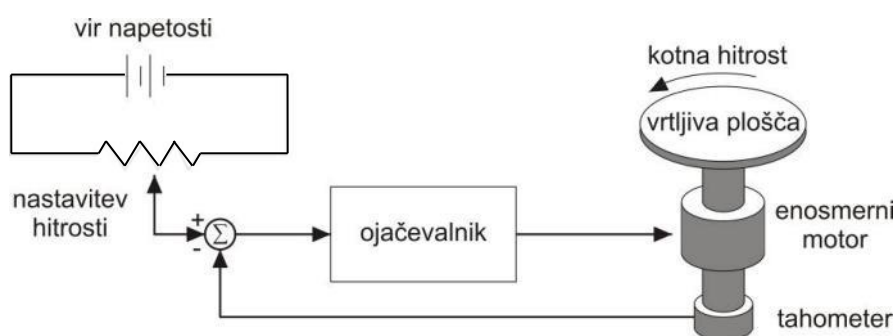
Vir: Pintarič, T., Hočevlar, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011)

Poznamo več tipov regulatorjev. Kateri tip izberemo, je odvisno od vrste procesa, ki ga želimo avtomatizirati in od tega, kako hitro in s kakšno natančnostjo je treba doseči želeno vrednost. Teorija regulacij – zaprtih sistemov vodenja je zelo zahtevna, zato se bomo v tem učbeniku seznanili samo z osnovami, tako da bomo sposobni take sisteme v praksi prepoznati in jih vzdrževati po potrebi. Na tej osnovi delujejo vsi sodobni avtomatizacijski sistemi vodenja, kajti sposobnost prilagajanja krmilnih sistemov je možnost, da taki sistemi delujejo samodejno ob nenehno spremljajočih pogojih (proporcionalna pnevmatika in hidravlika).

Za primer zaprtega sistema vodenja – regulacijskega sistema imamo na sliki 12 prikazan sistem vodenja brusne plošče. Brusno ploščo vrti enosmerni motor. Kotno hitrost brusne plošče merimo s tahometrom. Želeno kotno hitrost brusne plošče nastavimo s tem, da nastavimo električno napetost. V primeru obremenitve na brusni plošči se kotna hitrost zniža. To zazna tahometer, ki posreduje signal o številu vrtljajev.

Ko ojačevalnik, ki v našem primeru predstavlja regulator, to zazna, poveča napetost, kar omogoča povečanje števila vrtljajev in s tem odpravo motnje.

Da bo regulacijski sistem ustrezno deloval, moramo ustrezno izbrati ojačitev ojačevalca. Če bo ojačitev premajhna, regulator ne bo sposoben odpraviti motenj in nenadnih sprememb dejanske vrednosti, če pa je ojačitev prevelika, pa postane sistem nestabilen – v našem primeru bi to pomenilo nihanje vrednosti kotne hitrosti.



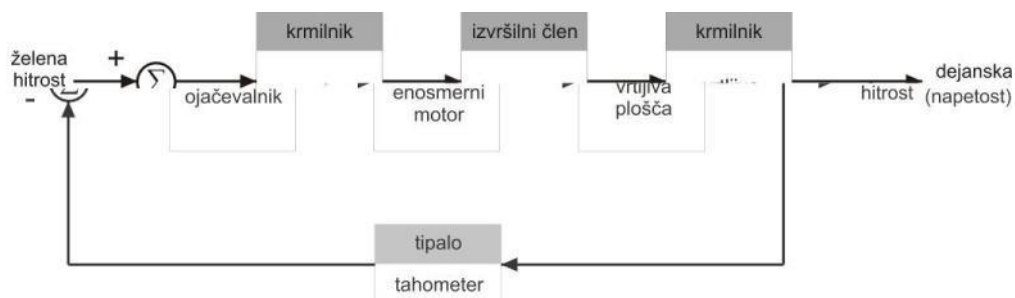
Slika 50: Primer regulacije vrtljive plošče

Vir: Pintarič, T., Hočevnar, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011)

Razlika med odprtim sistemom vodenja – krmilnim sistemom in zaprtim sistemom vodenja – regulacijskim sistemom je, da pri regulacijskih sistemih vodenja izhodne vrednosti merimo in z njihovo pomočjo odpravimo morebitne motnje v sistemu. Pri krmilnih sistemih jih ne merimo, zato krmilni sistemi niso sposobni kompenzirati motnje. Klasični zavorni sistem pri avtomobilu je primer krmilnega sistema, sistem zaviranja ABS pa je regulacijski sistem.

Tudi pri klimi v avtomobilu imamo lahko enostaven krmilni sistem, ki ga ročno vključujemo in izključujemo ali pa imamo samodejno klimo – regulacijski sistem, kjer samo nastavimo želeno temperaturo v prostoru. Na sliki 13 je prikazana shema zaprtega sistema vodenja – regulacijskega sistema.





Slika 51: Shema zaprtega sistema vodenja – regulacijski sistem

Vir: Pintarič, T., Hočevnar, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011)

Na sliki 14 je prikazan primer zaprtega sistema vodenja v hidravliki. Kot smo že omenili, to področje imenujemo proporcionalna hidravlika, ki je sposobna regulirati določene krmilne veličine in se je sposobna prilagoditi na spreminjanje krmilnih veličin. Večino avtomatiziranih sistemov z roboti izvedemo kot zaprte sisteme vodenja.

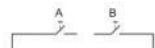
5.7 Osnove teoretične obdelave signalov za vodenje

Sisteme za vodenje obvladujemo z digitalnimi signali. Različni dajalniki signalov nam morajo dati signal, ki ima eno od dveh možnih stanj. Stanje signala je lahko ENA (1), imenujemo ga tudi »je« ali pa rečemo »da«, »obstaja« ali pa je NIČ (0), kar imenujemo »ni«, »ne obstaja«. Te osnovne signale, ki zaznavajo stanje, lahko medsebojno povežemo ali sestavimo, tako da nam lahko izvedejo določeno logiko delovanja. Osnovno logiko delovanja zgradimo iz osnovnih logičnih funkcij. V logično obdelavo krmilnih signalov lahko vključimo tudi časovne člene, ki nam skrajšajo, podaljšajo ali premaknejo določene signale. Več kot je sestavljenih logičnih funkcij, bolj zahtevno logiko lahko izvede sistem vodenja. Vso logiko, ki jo mora sistem vodenja izvesti, mu jo moramo vgraditi. To lahko izvedemo z različnimi logičnimi povezavami signalov in elementov, ki realizirajo določene logične funkcije. Lahko pa enostavno tudi vso logiko sprogramiramo v krmilnikih, ki nato na izvršnih elementih izvedejo določeno logično delovanje. Včasih se zgodi, da imamo za avtomatizacijo praktični primer z zelo zahtevnim logičnim delovanjem več povezanih signalov, ki se nam pojavljajo večkrat. V teh primerih lahko uporabimo teoretično obdelavo logike. Logične funkcije pred realizacijo bistveno poenostavimo in s tem prihranimo pri izvedbi avtomatizacijskega procesa. Zato imamo tako imenovano stikalno ali Boolovo algebro. S pravili te algebre lahko enostavno zapišemo logične povezave signalov in jih tudi minimiziramo.

Logična funkcija IN (AND)

Funkcija IN ima na izhodu logično stanje 1, če so vsi vhodi 1. Funkcija ponazarja matematično enačbo množenja ($1 \times 1 = 1$, $1 \times 0 = 0$). V primeru, ki je v tabeli 1, je $X = 1$, če sta vhod $A = 1$ in vhod $B = 1$ (tabela 1).

Tabela 4: Logična funkcija IN

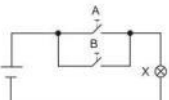
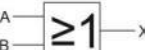
Izvedba s stikali	Simbol	Algebrična logična enačba	Kombinacijsko-izjavnostna tabela															
		$X=A\wedge B$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	X	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
A	B	X																
0	0	0																
1	0	0																
0	1	0																
1	1	1																

Vir: Lasten

Logična funkcija ALI (OR)

Logična funkcija ALI ima na izhodu logično stanje 1, če je vsaj ena izmed vhodnih spremenljivk v stanju 1. Ta funkcija ponazarja matematično operacijo seštevanja ($1 + 0 = 1$, $0 + 0 = 0$). Izhod $X = 1$, če je $A = 1$ ali $B = 1$ (tabela 2).

Tabela 5: Logična funkcija ALI

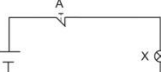
Izvedba s stikali	Simbol	Algebrična logična enačba	Kombinacijsko-izjavnostna tabela															
		$X = A \vee B$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
A	B	X																
0	0	0																
1	0	1																
0	1	1																
1	1	1																

Vir: Lasten

Logična funkcija NE (NOT)

Logična funkcija NE (tabela3) ima na izhodu logično stanje 1, če je na vhodu logično stanje 0, in obratno. Logična funkcija NE vedno povzroči nasprotno stanje.

Tabela 6: Logična funkcija NE

Izvedba s stikali	Simbol	Algebrična logična enačba	Kombinacijsko-izjavnostna tabela						
		$X = \bar{A}$	<table><tr><th>A</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	X	0	1	1	0
A	X								
0	1								
1	0								

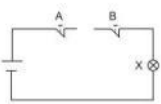
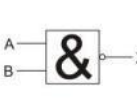
Vir: Lasten



Logična funkcija NIN (NAND) – kombinacija funkcij IN in NE

Logično funkcijo NIN (tabela 4) bi lahko sestavili iz logične funkcije IN in logične funkcije NE. Če bi jih sestavljali, bi prišlo do večjih zakasnitev, cena logičnega vezja pa bi se povečala. S to funkcijo lahko realiziramo obe logični funkciji.

Tabela 7: Logična funkcija NIN

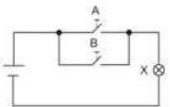
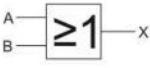
Izvedba s stikali	Simbol	Algebrična logična enačba	Kombinacijsko-izjavnostna tabela															
		$X = \overline{A} \overline{B}$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	X	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
A	B	X																
0	0	1																
1	0	0																
0	1	0																
1	1	0																

Vir: Lasten

Logična funkcija NALI (NOR) – kombinacija funkcij ALI in NE

Logično funkcijo NALI (tabela 5) bi lahko sestavili iz logične funkcije ALI in logične funkcije NE. Tudi v primeru te funkcije gre za poenostavitev izvedbe določenih logičnih primerov, ko s pomočjo ene funkcije lahko realiziramo dve.

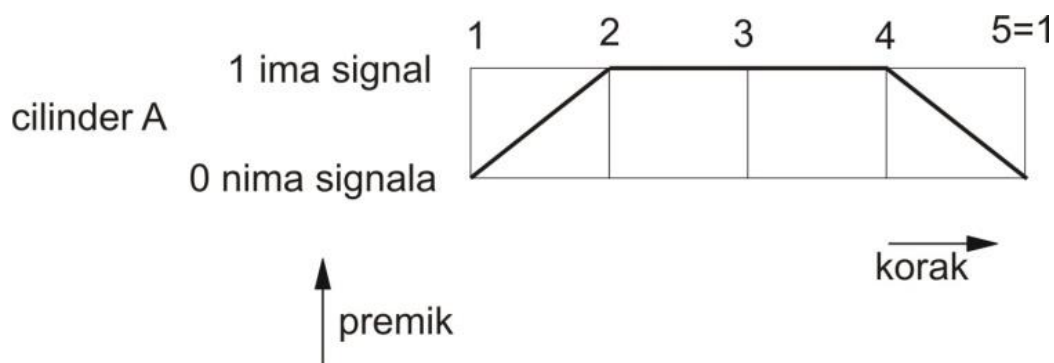
Tabela 8: Logična funkcija NALI

Izvedba s stikali	Simbol	Algebrična logična enačba	Kombinacijsko-izjavnostna tabela															
		$X=A \vee B$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
A	B	X																
0	0	0																
1	0	1																
0	1	1																
1	1	1																

Vir: Lasten

5.8 Funkcijski diagram

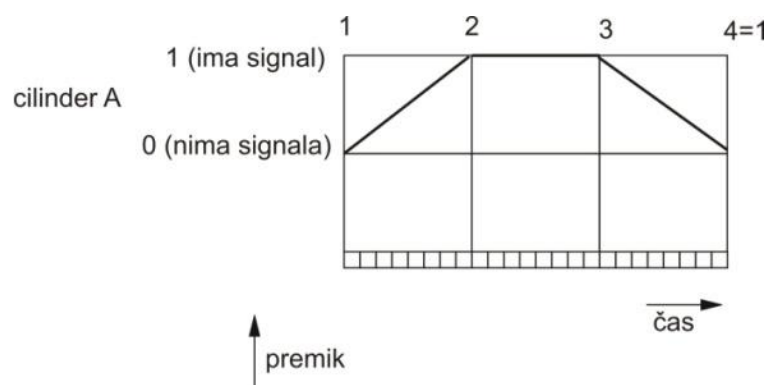
S funkcijskim diagramom prikažemo zaporedje delovanja pnevmatičnih hidravličnih in električnih komponent krmilja. Največkrat prikazujemo delovanje posamezne komponente v odvisnosti od poti. Funkcijski diagram razdelimo na posamezne korake v delovanju komponente, kar imamo prikazano na sliki 21.



Slika 52: Funkcijski diagram pot-korak

Vir: Lasten

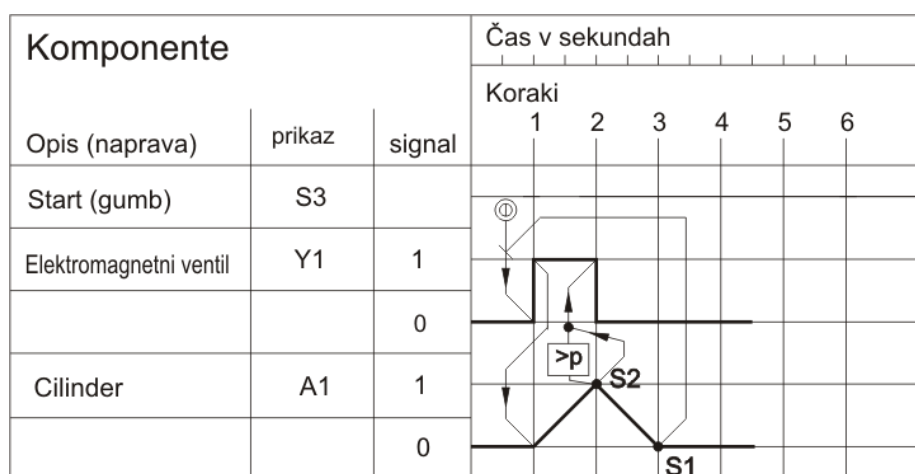
Funkcijo delovanja posamezne komponente lahko prikažemo tudi s časovnim funkcijskim diagramom (slika 22). V nasprotju od pot-korak diagrama je v časovnem diagramu čas prikazan v merilu. To pomeni, da lahko čas določenega stanja komponente neposredno odčitamo iz diagrama.



Slika 53: Časovni funkcijski diagram

Vir: Lasten

Funkcijski diagram je definiran s standardom VDI 3260. V funkcijskem diagramu prikažemo delovanje vseh komponent krmilnega sistema. Na sliki 23 imamo del funkcijskega diagrama za elektrohidravlično krmilje.



Slika 54: Funkcijski diagram elektrohidravličnega krmilja

Vir: Merkle, Schrader in Thomes, 1994

Na sliki 23 lahko iz funkcijskega diagrama preberemo delovanje krmilja. Batnica cilindra A1 je na začetku v osnovnem (uvlečenem) položaju.

Za začetek je potrebno pritisniti tipko S1.

Signal pritiska na tipko S1 aktivira elektromagnetni ventil Y1.

Elektromagnetni ventil se preklopi in povzroči, da se batnica cilindra premakne v iztegnjeni položaj.

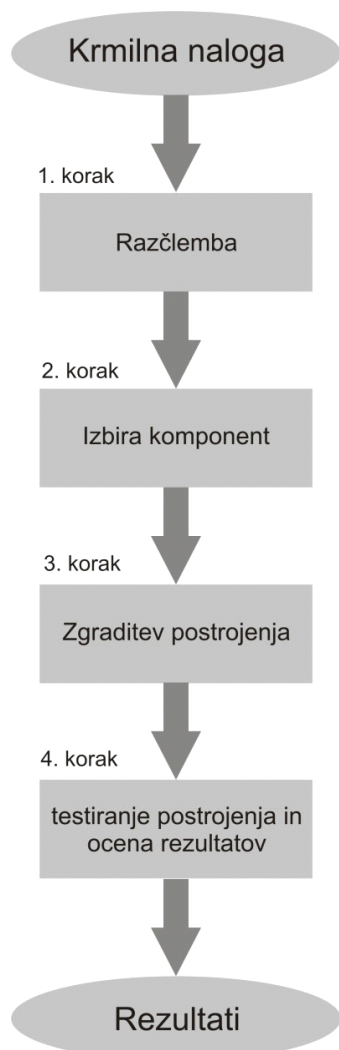
Tlačno stikalo ali signal pozicije iztegnjene lege cilindra S2 da signal za prekop elektromagnetnega ventila Y1.

Ta da signal za vrnitev cilindra v izhodiščno pozicijo.

Če ponovno pritisnemo tipko S1, se krmilje ponovi.

V funkcijskem diagramu prikažemo tudi posamezne signale za krmiljenje. Signali so medsebojno odvisni in jih lahko povezujemo. Lahko imajo različne pomene. Povezovanje posameznih signalov in način opisa pomena oziroma funkcije signalov je tudi opredeljeno v standardu VDI 3260.

5.9 NAČRTOVANJE SISTEMOV VODENJA



Prvi korak je določitev želenega cilja z nedvoumnim in jasnim opisom problema. Razvoj ali načrtovanje rešitev ne spada v fazo analize. Lahko pa izdelamo diagram izvajanja postopkov za izdelavo projekta.

Drugi korak je splošno sistemsko načrtovanje, kjer gre za določitev sistemskih komponent in krmilnega medija. Dodatno lahko pripravimo tudi alternativne rešitve.

Tretji korak obsega:

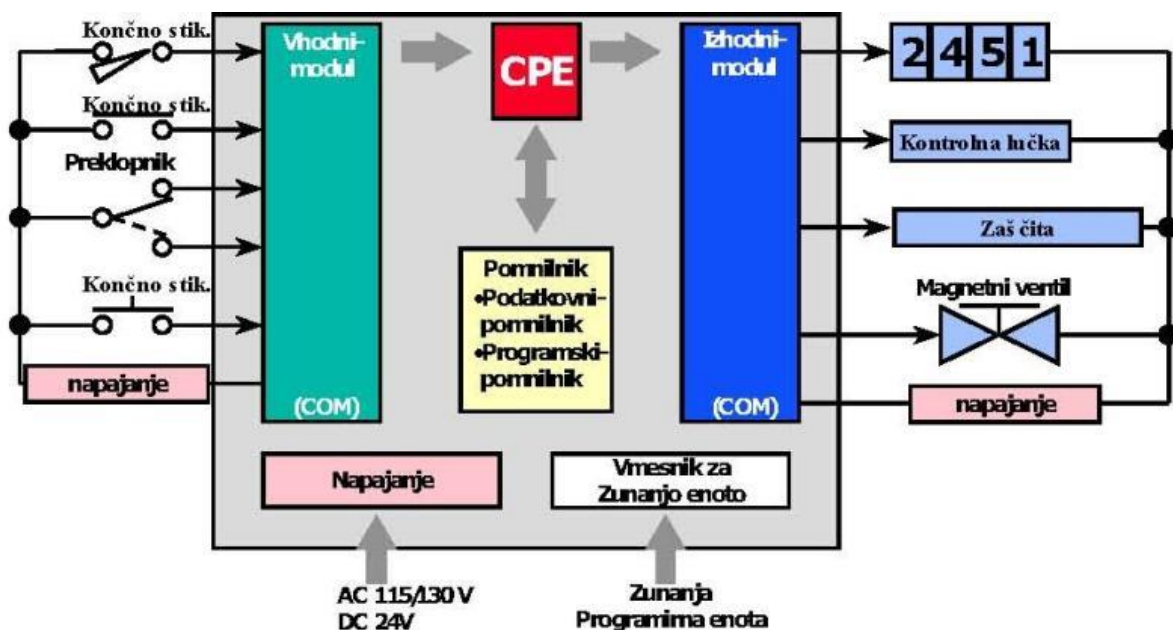
- načrtovanje krmilnega sistema
- izdelava dokumentacije
- definiranje dodatnih zahtev
- določitev časovnega plana projekta
- izdelava kosovnice
- izračun stroškov.

V četrtem koraku moramo pred začetkom vgraditve kontrolirati vse vezalne plane, če so res zagotovljene vse predvidene funkcije na pravilen način. Po dokončni vgraditvi moramo s preizkušanjem ugotoviti dejansko funkcionalnost sistema, in če so izpolnjeni pričakovani obratovalni pogoji, kot n. pr. enojni cikel, avtomatični cikel, NOT-STOP, blokade itd.

Ko zaključimo s prevzemnih preizkušanjem, primerjamo rezultate ugotovitev z zahtevami, ki so bile podane ob začetku projektiranja sistema. Če je potrebno, se lahko izvede še izboljšave.

6. ZGRADBA IN DELOVANJE PLK

PLK je digitalno delujoča elektronska naprava, ki na podlagi ukazov, shranjenih v programirljivem pomnilniku, izvaja logične, sekvenčne, časovne in aritmetične operacije ter s tem vodi različne naprave in procese preko digitalnih in analognih vhodov in izhodov. Zgrajeni (slika 157) so iz centralne procesne enote, vhodne enote, izhodne enote in napajalnega dela.



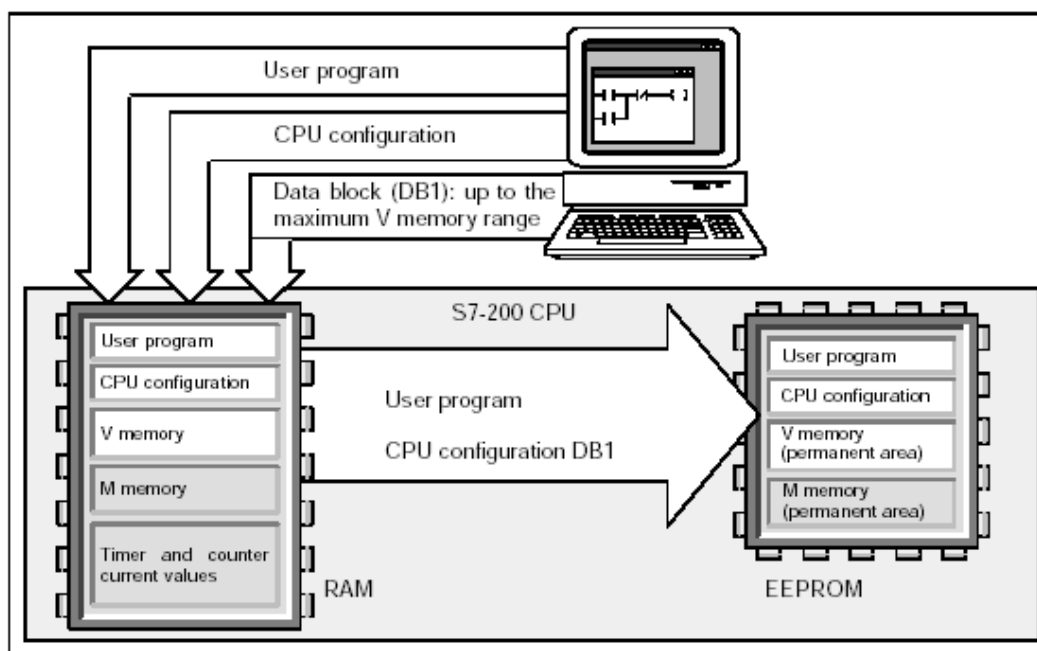
Slika 55: Zgradba krmilnika

Vir: Kamin, 2010

6.1 Centralna procesorska enota (CPU)

V centralno procesni enoti (slika 158) se nahajajo:

- mikroprocesor, ki izvaja ukaze in nadzira delovanje;
- pomožni pomnilniki, akumulatorji, enobitni vmesni pomnilniki;
- časovniki (timer – T), števcji (counter – C), računske enote, enote za primerjalne funkcije, funkcije za pomik podatkovnih blokov, pomnilne funkcije, enote za nadzor, komunikacijske enote, regulacijske enote.

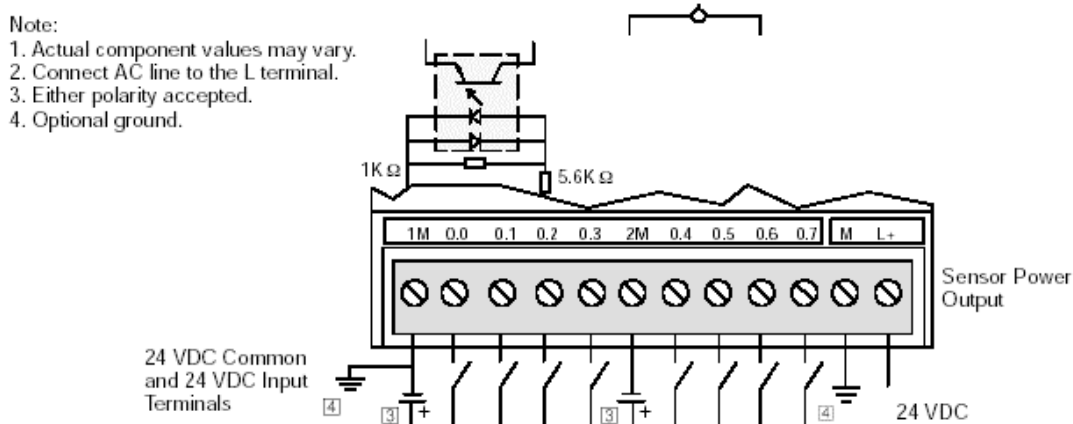


Slika 56: Skica delovanja CPU

Vir: <http://automation.siemens.com/mcms/> (11. 3. 2017)

6.2 Vhodni modul

Vhodni modul (slika 159) spreminja signale iz procesa v interne binarne signale, ki jih PPK obdeluje. Signale iz procesa posredujejo različni senzorji in dajalniki, kot so tipkala, končna stikala, kontakti in releji. Napetosti, ki pridejo iz teh dajalnikov, so lahko različne.



Slika 57: Povezava vhodov na PLK

Vir: <http://automation.siemens.com/mcms/> (11. 3. 2017)

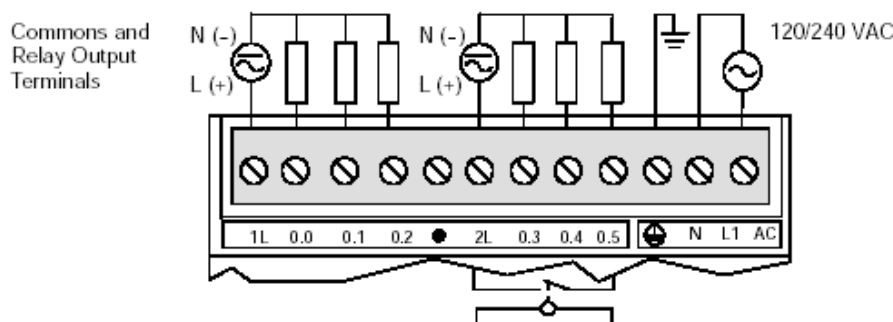


6.3 Izhodni modul

Digitalni izhodi so namenjeni za prenos in oblikovanje signala, ki ga posreduje centralna enota krmilnika. Signali iz centralno procesne enote so navadno TTL-nivoja (5 V napajanje).

Energijsko višji nivoji signalov dosežemo s tranzistorskim ojačevalnikom, pomožnimi releji ali s triaki. Tokovne obremenitve so v območju od nekaj mA do nekaj A.

Analogni izhodi so namenjeni za posredovanje analognih signalov v proces. To dosežemo z D/A-pretvorniki. Primer izhodnega modula prikazuje slika 160.



Slika 58: Povezava izhodov na PLK

Vir: <http://automation.siemens.com/mcms/> (11. 3. 2017)

6.4 Povezave na spletne strani, kjer dobimo testne programe za Siemensove krmilnike:

<https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/systems/industrial/plc.htm>
!

<https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/systems/industrial/plc.htm>
!

<http://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/step7-tia-portal/Pages/default.aspx>

<http://w3.siemens.com/mcms/industrial-controls/en/industrial-communication/as-interface/as-interface/Pages/simatic-s7-200.aspx>

6.5 Različne izvedbe krmilnikov

V praksi srečujemo različne izvedbe logičnih krmilnikov. Omejili se bomo na primere krmilnikov Siemens.

Kompaktni krmilniki (Compact PLC)

O kompaktnih krmilnikih govorimo kadar je vse v enem ohišju: napajalnik, procesorska enota, vhodne in izhodne enote (slika 161). Ti krmilniki so uporabni pri majhnih sistemih, saj jih odlikuje nizka cena in možnost nadgradnje. Kot primere lahko omenimo: Siemens S7-200, Logo, Moeller – Easy, Mitsubishi Alfa.



Slika 59: Kompaktni PLC

Vir: <http://www.ingemaq.com.ar/ingenieria.html/> (10. 3. 2017)

Sestavljeni ali modularni krmilniki ali (Modular PLC)

Sestavljeni krmilnik je sestavljen iz posameznih modulov. Na okvir s konektorji priključimo napajalnik, procesni in pomnilniški del ter poljubno število vhodnih in izhodnih modulov, analogne vhode in izhode, regulacijski modul in druge module. Sistem lahko razširimo in nadgradimo. Kot primere, ki so na sliki 162 lahko omenimo: Siemens S7-300, S7-400, Mitsubishi AnSH.



Slika 60: Modularni PLC

Vir: <http://automation.siemens.com/mcms/> (11. 3. 2011)

6.6 Načini programiranja PLK-jev

Najbolj pogosti način programiranja je lestvični diagram (angl. Ladder diagram). Izhaja neposredno iz postopka vezave relejev, ki so jih za krmiljenje uporabljali v preteklosti.

Proizvajalci ponujajo tudi druge načine podajanja krmilne kode.

Programski jeziki različnih proizvajalcev običajno niso združljivi.

Programski jezik FBD (Function Block Diagram) je grafični jezik, v katerem pri programiranju sestavljamo programske gradnike v celoto.

V programskem jeziku STL (Statement list) programiramo opisno.

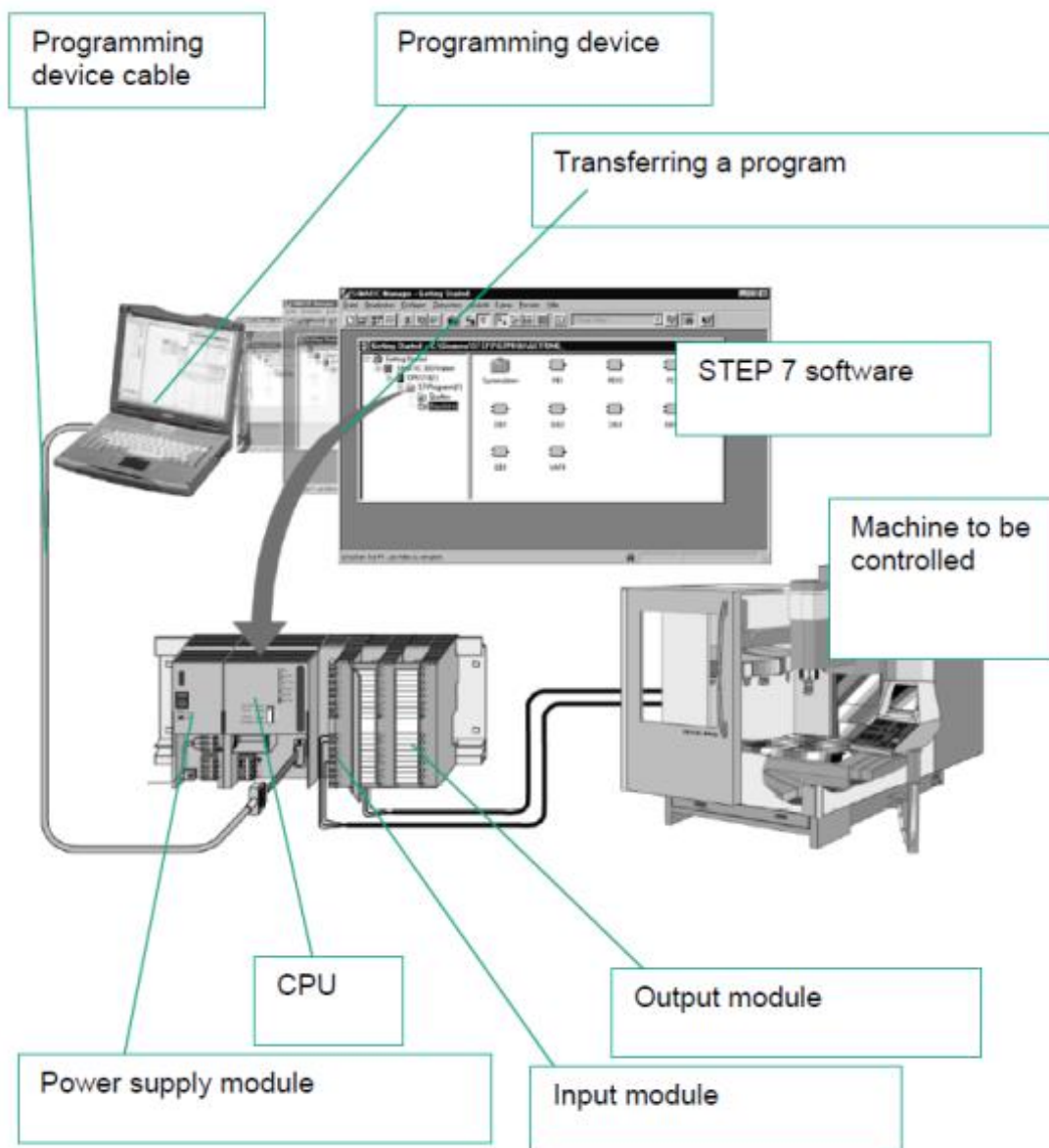
Po standardu IEC 61131-3 poznamo naslednje programske jezike za programiranje PLC:

- IL seznam ukazov (Instruction List)
- ST strukturiran tekst (Structured Text)
- LD lestvični diagram (Ladder Diagram)
- FBD funkcijski blokovni diagram (Function Block Diagram)
- SFC sekvenčni funkcijski diagram (Sequential Function Chart)

Tabela 9: Načini programiranja

PREDSTAVITEV	OPIS
Lestvični diagram (ladder diagram)	Grafična predstavitev
Instruction list (IL)	Podajanje krmilne kode je podobno programiranju v zbirniku na običajnih računalnikih
Sekvenčni pretočni diagram (sequential flow-chart ali SFC)	Grafična predstavitev (temelji na načelu binarnih petrijevih mrež)
Funkcijskobločni diagram (function block diagram ali FBD)	Grafična predstavitev
Structured text (ST)	Podajanje kode v jeziku, ki spominja na jezik Pascal

Vir: <http://automation.siemens.com/mcms/> (11. 3. 2017)



Slika 61: Kombinacija strojne in programske opreme

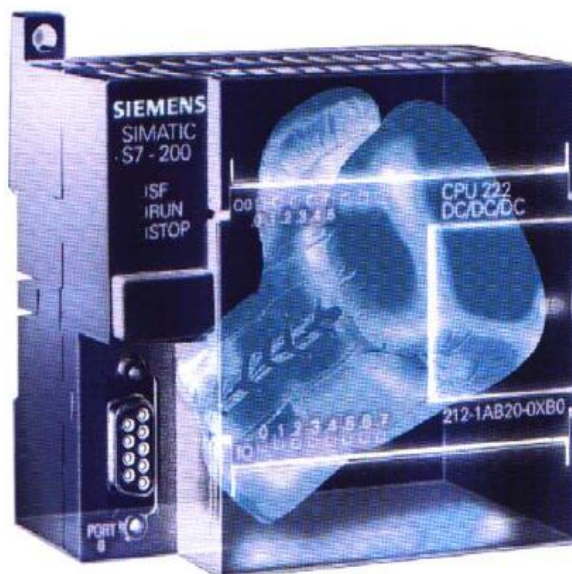
Vir: <http://automation.siemens.com/mcms/> (11. 3. 2017)

6.7 Predstavitev krmilnika Siemens S-200

Krmilniki družine SIMATIC S7-200 (slika 164) predstavljajo spodnji zmogljivostni razred. Uporabni so za avtomatizacijo enostavnejših sistemov kot so: krmiljenje strojev, hidravličnih dvigal, procesov v živilski industriji, krmiljenje v elektroinstalacijah, daljinsko krmiljenje.

Družino SIMATIC S7-200 predstavljajo krmilniki za različno zmogljivimi centralno procesnimi enotami: CPU 212, 214, 215, 216, 221, 222, 224 in 226 ter z različnimi izvedbami izhodnih enot.





Slika 62: Krmilnik S7-200

Vir: <http://automation.siemens.com/mcms/> (11. 3. 2017)

Krmilnik, ki ga bomo spoznali in ga uporabljamo pri vajah na večini slovenskih srednjih in višjih šolah, ima:

- 8 digitalnih vhodov/6 digitalnih izhodov
- 4 hitre števec
- 2 impulzna izhoda 2
- 1 analogno nastavljiv vhod preko potenciometra
- komunicira preko RS-485
- ima širok razpon različnih pomnilniških lokacij, 256 časovnikov s tremi časovnimi bazami, 256 števecv tipa UP, DOWN ali UP/DOWN.

Krmilnik omogoča izbiro programiranja med SIMATIC-ovim naborom inštrukcij (STL, LAD in FBD) ter IEC-inštrukcijami.

Tabela 10: Programski jeziki

SIMATIC Instruction Set	IEC 1131-3 Instruction Set
Statement List (STL) Editor	STL not available
Ladder Logic (LAD) Editor	Ladder Logic (LAD) Editor
Function Block Diagram (FBD) Editor	Function Block Diagram (FBD) Editor

Vir: <http://automation.siemens.com/mcms/> (11. 3. 2017)

Nabor ukazov v IEC je bistveno manjši kot pri SIMATIC-u. Če napišemo program v univerzalnem jeziku IEC, je uporaben pri vseh proizvajalcih. Program IEC je standardni programski jezik za PLK krmilnike. V programu IEC je potrebno za vsako spremenljivko definirati tip podatka, kajti inštrukcije so definirane za širok nabor različnih podatkovnih tipov.

Prednosti programiranja s SIMATIC so:

- hitrost izvajanja SIMATIC programa je praviloma večja
- nekatere IEC-inštrukcije (časovniki, števcji, množilniki...) delujejo nekoliko drugače kot SIMATIC-inštrukcije
- kadarkoli lahko preklopimo iz enega programskega jezika v drugega (STL, LAD ali FBD).

6.8 Programiranje krmilnika S STEP 7 programom

Spoznali bomo Siemensov programirljivi logični krmilnik Simatic S7-222 in programski paket STEP 7 Micro/Win 32. Naučili se bomo osnovnih korakov programiranja, prenosa uporabniškega programa v krmilnik in spoznali način preizkusa delovanja.

Napisali bomo osnovne programe v lestvični shemi (LD-ladder diagram). Prikazali bomo kako program prenese v krmilnik in kako se preizkusi njegovo delovanje.

Prvi in osnovni koraki, ki so potrebni, da napišemo preprost program, ga prevedemo, naložimo v krmilnik in preizkusimo delovanje, so:

1. Zagon izvedemo s klikom na ikono

ali v meniju Start, Programi.



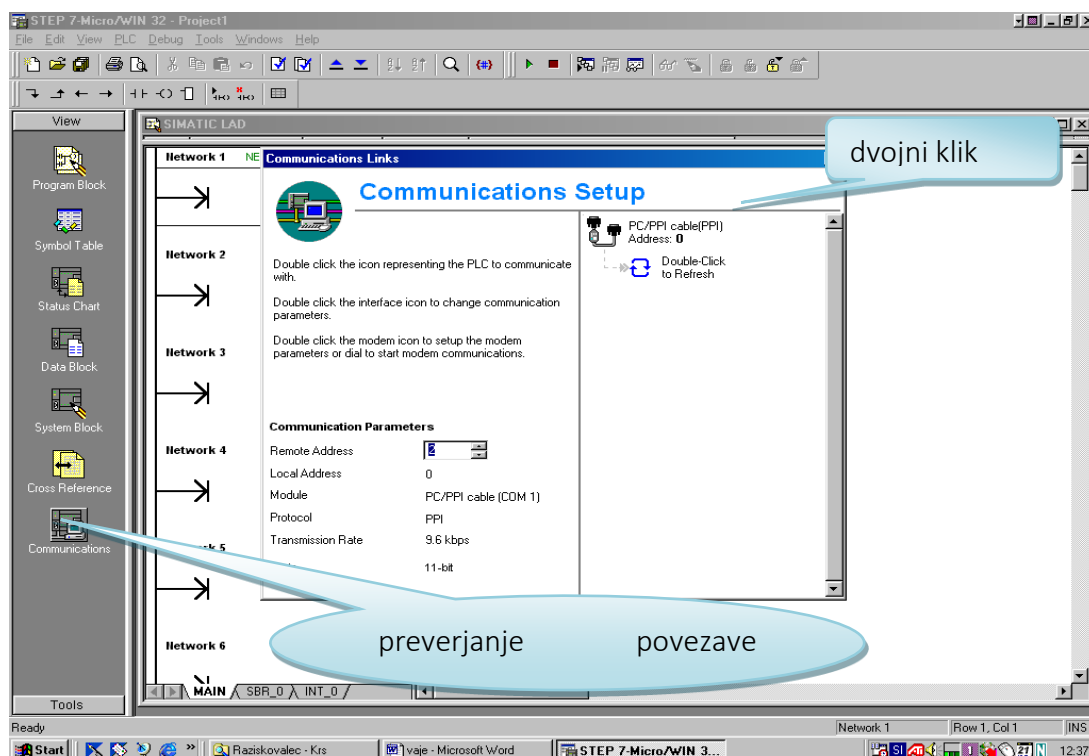
STEP 7 MicroWin 32.Ink

Slika 63: Ikona za zagon programa

Vir: Lasten

2. Preizkus komunikacije krmilnik - računalnik

Preizkus komunikacije (slika 166) računalnik-krmilnik izvedemo s klikom na ikono Communications in nato Double Click to refresh. Če komunikacija deluje, računalnik najde krmilnik, mu določi naslov in tudi prepozna tip krmilnika.

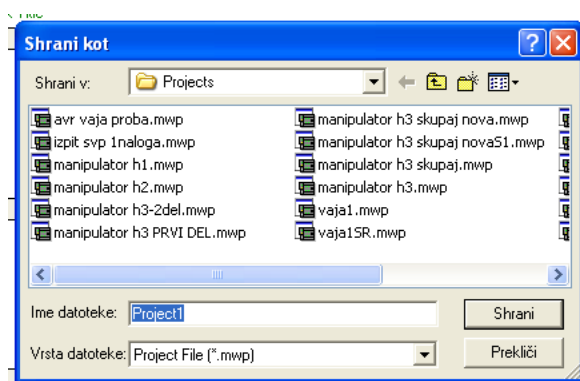


Slika 64: Preizkus komunikacije računalnik – krmilnik

Vir: Lasten

3. Shranjevanje in poimenovanje projekta

Standarden postopek, znan v vseh Windows aplikacijah.



Slika 65: Okno za shranjevanje

Vir: Lasten

4. Programiranje

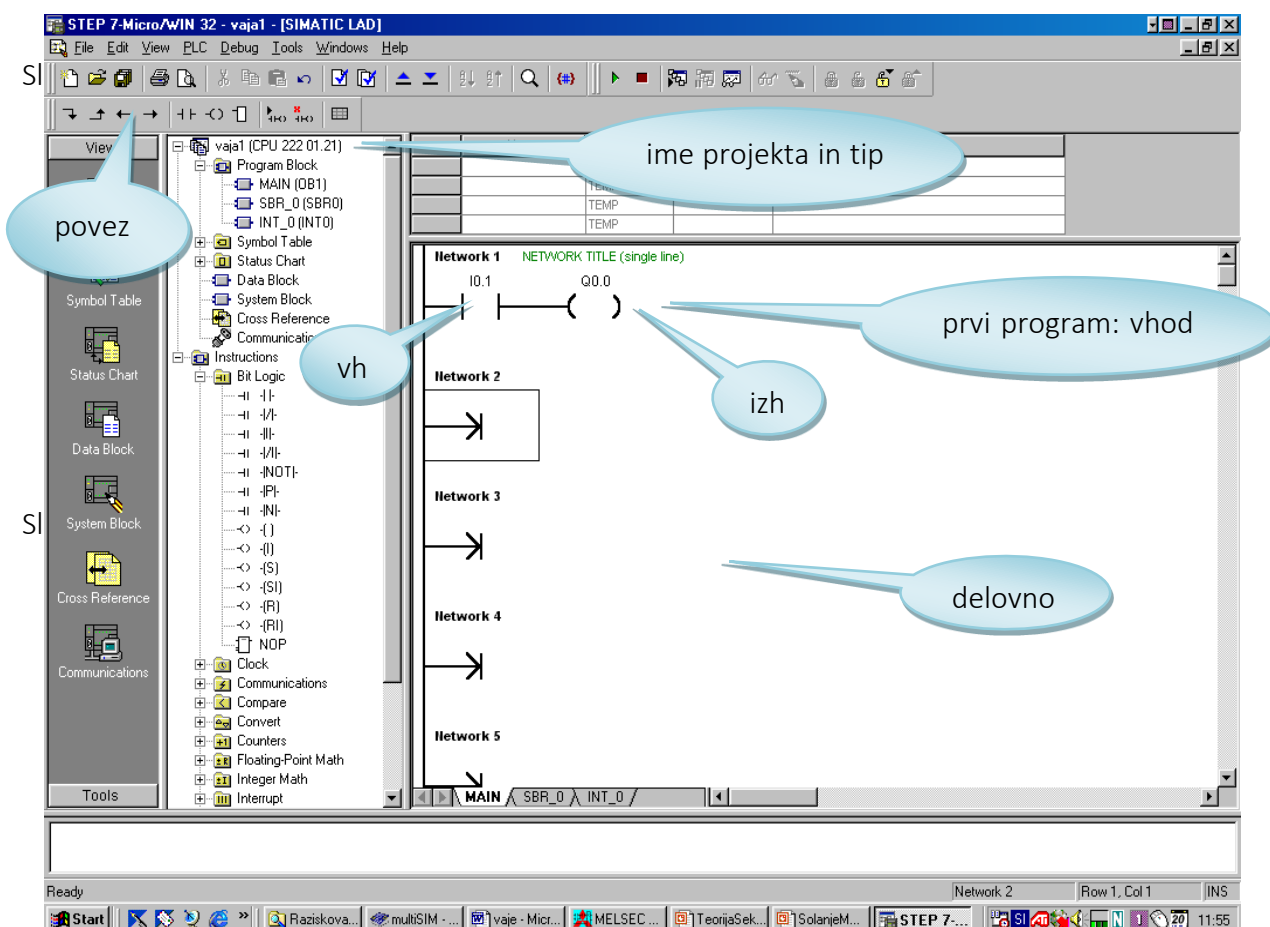
Primer naloge:

Tipka na vhodu I 0.1 aktivira prvi digitalni izhod Q 0.0.

Krmilnik ima osem vhodov in šest izhodov.

Vsak Simaticov naslov je določen z vrsto pomnilne enote (I, Q, M, S, V, AI, ...) in tipom oz. dolžino podatka (bit-0.1, B-byte, W-word, I-integer, D-double word ...).

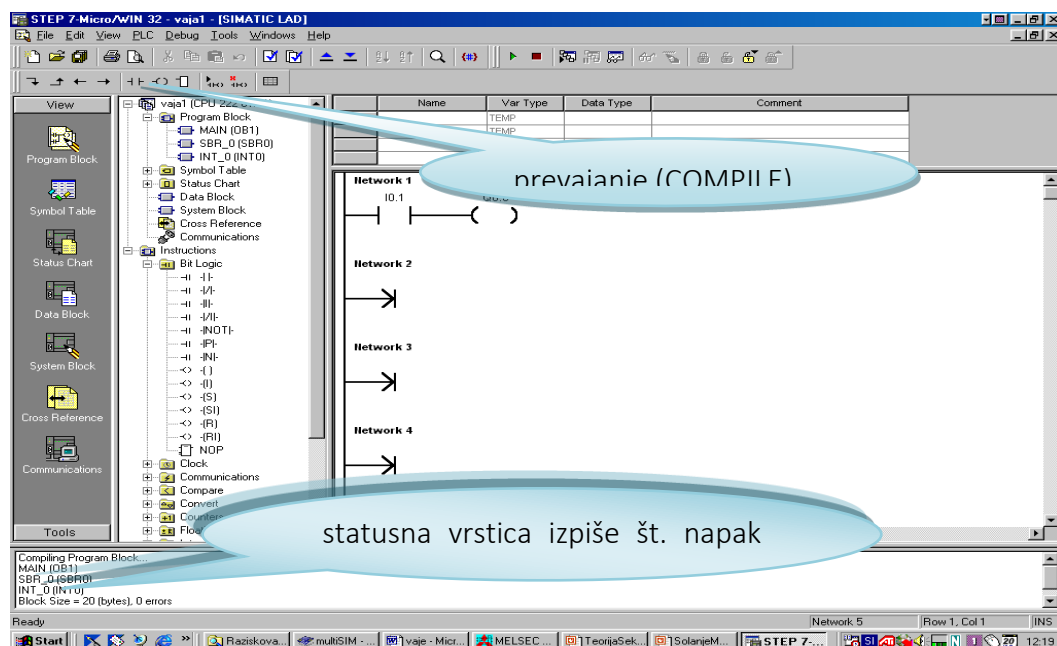
Digitalne vhode označujemo z I (Input). Ker gre za spremenljivke tipa BOOL oz. bitne spremenljivke, jih označujemo od I 0.0 do I 0.7 (bitno naslavljanje). Podobno velja za izhode, le da jih označujemo s Q, od Q 0.0 do Q 0.5.



Slika 66: Delovno polje

Vir: Lasten

5. **Prevajanje programa:** preden program prenesemo v krmilnik, ga moramo obvezno prevesti (slika 169).

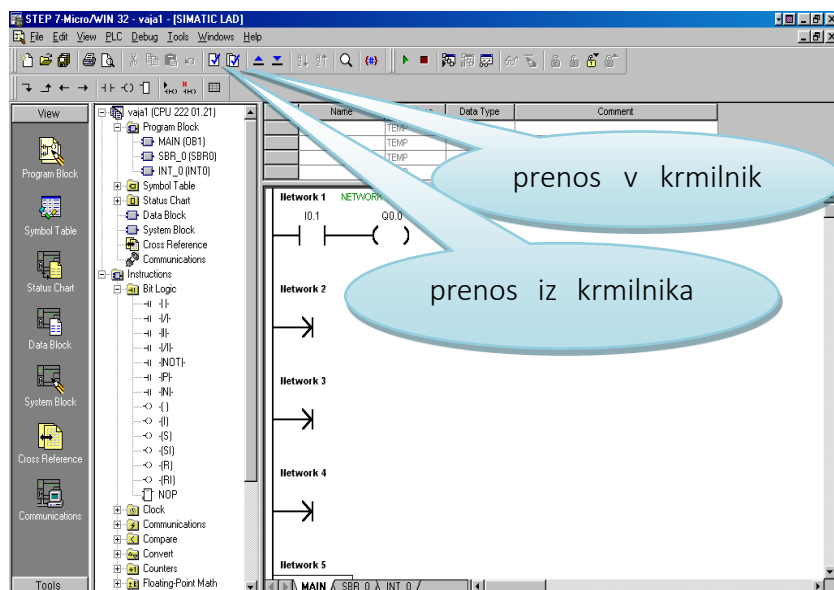


Slika 67: Prevajanje programa

Vir: Lasten

6. **Prenos programa v krmilnik (download):** če prevajalnik ni javil nobene napake, lahko program preko ikone za prenos prenesemo in naložimo v krmilnik. Pri tem mora biti krmilnik v stanju zaustavitve (stop mode).

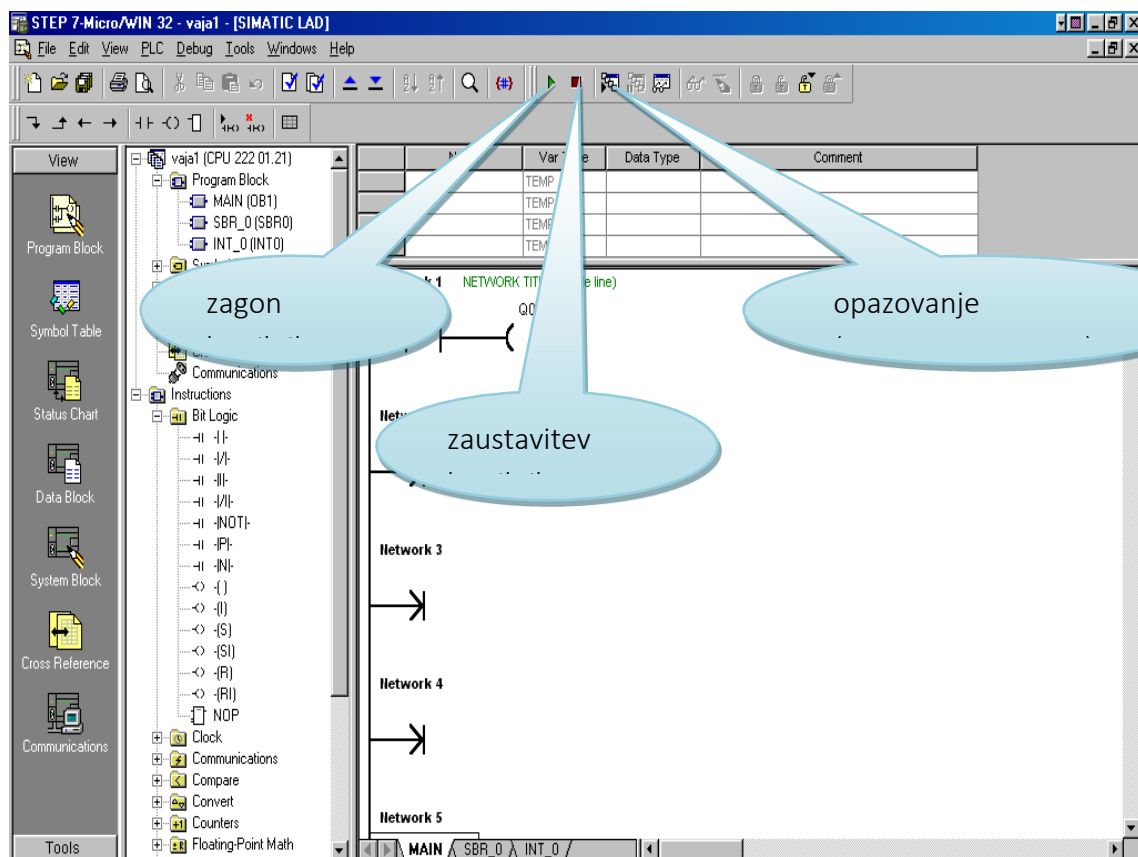
Program lahko tudi naložimo iz krmilnika v računalnik (upload).



Slika 68: Prenos v krmilnik (DOWNLOAD) in iz krmilnika (UPLOAD)

Vir: Lasten

7. **Zagon programa in opazovanje:** krmilnik lahko zaganjamo in ustavljamo programsko (slika 171), prav tako lahko trenutno stanje v programu in stanje spremenljivk v krmilniku tudi opazujemo (Program Status in Status Chart).



Slika 69: Zagon krmilnika in opazovanje delovanja programa

Vir: Lasten

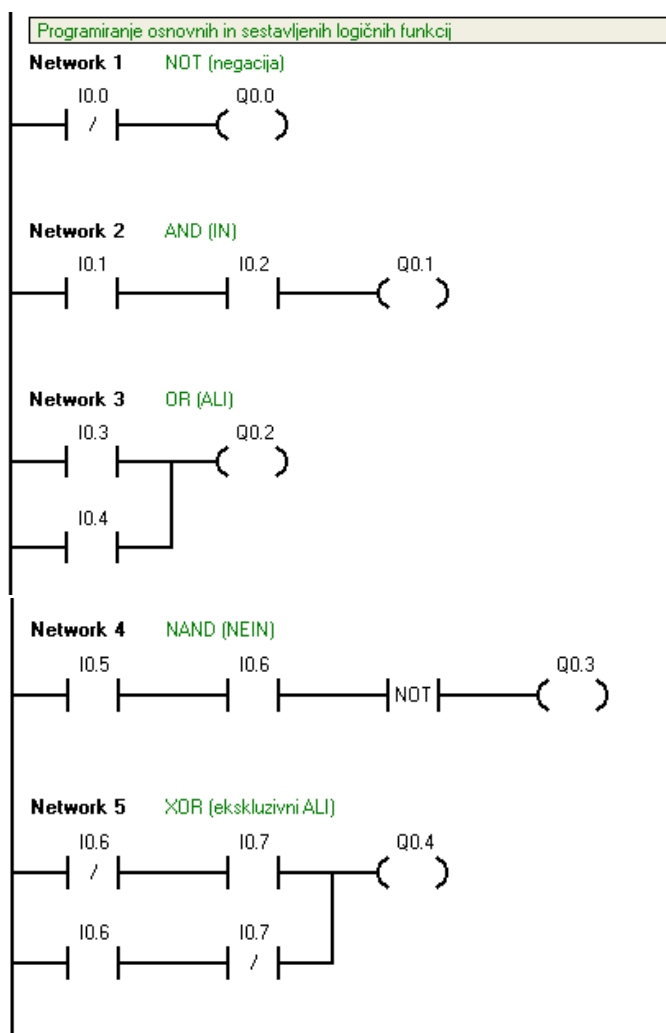
Prva dva koraka sta potrebna, ko prvič zaženemo program.

Nadaljnji koraki so bolj ali manj povsod enaki, razen četrtega, v katerem pišemo program.

6.9 Program v ladder diagramu (LAD)

Da lažje razumemo delovanje programov, moramo poznati delovanje programa v STL-programskem jeziku, kajti vsak LAD- ali FBD-program se najprej prevede v programsko kodo in kasneje v strojno kodo.

Pisanje programov v STL je seveda hitrejšo, z njim lahko realiziramo praktično poljubno zahteven problem. Potrebno pa je poznati ukaze (mnemonično kodo) oz. sintakso jezika. Simatic se pri tem, kot vsi ostali proizvajalci in tipi krmilnikov, razlikuje od IEC oz. standardnega programskega jezika.



Slika 70: Realizacija osnovnih in sestavljenih logičnih funkcij v ladder diagramu

Vir: Lasten

V meniju View lahko kadarkoli preklopimo iz enega jezika oz. načina programiranja v drugega. Izbiramo lahko med: STL (statement list – instrukcije), Ladder (lestvični diagram) ali FBD (funkcijska bločna shema). Kaj izberemo, je odvisno od izkušenj in znanja. Vsekakor pa sta za začetek bolj primerna načina Ladder ali FBD.

6.10 Izdelava programa za manipulator – koračno krmiljenje

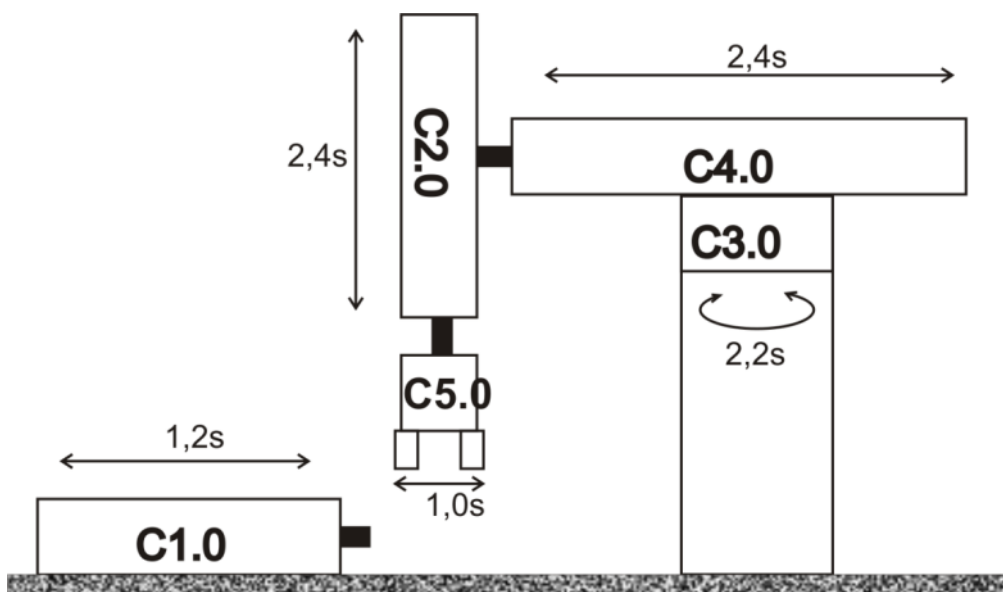
Izdelali bomo program za manipulator, ki podaja kose iz zalgovnika na drčo. Program Bomo naredili z koračnim (sekvenčnim) programiranjem manipulatorja (programiramo po korakih – ko sprogramiramo korak, ga zaključimo in programiramo naslednji korak).

Besedni opis zahtev krmilja

Krmilje mora po pritisku na tipko start izvajati naslednje korake:

1. korak: podamo polizdelek z dodajalnim cilindrom (cilinder C 1.0, ventil Y1B, čas koraka 1.3 s).
2. korak: obrnemo glavo manipulatorja z zasučno enoto (zasušna enota C 3.0; ventil Y3B, čas koraka 2,4 s) in postavimo dodajalni cilindri v začetni položaj (cilinder C 1.0 ventil Y1A, čas koraka 2.4 s).
3. korak: horizontalna translacija - premaknemo prijemalo manipulatorja v levo stran (cilinder C 4.0, ventil Y4B). čas koraka 2,4 s).
4. korak: vertikalna translacija – premaknemo prijemalo dol (cilinder C 2.0, ventil Y2B; čas koraka 2,4 s).
5. korak: z prijemalom primemo polizdelek (prijemalo C 5.0, ventil Y5B; čas koraka 1 s)
6. korak: vertikalna translacija – premaknemo prijemalo gor (cilinder C 2.0, ventil Y2A; čas koraka 2,4 s).
7. korak: horizontalna translacija - premaknemo prijemalo manipulatorja nazaj v desno (cilinder C 4.0, ventil Y4A). čas koraka 2,4 s).
8. korak: obrnemo glavo manipulatorja z zasučno enoto nazaj (zasušna enota C 3.0; ventil Y3A, čas koraka 2,4 s).
9. korak: vertikalna translacija – premaknemo prijemalo dol (cilinder C 2.0, ventil Y2B; čas koraka 2,4 s).
10. korak: spustimo polizdelek iz prijemala (prijemalo C 5.0, ventil Y5A; čas koraka 1 s Y5A; 1 sekunde).
11. korak: vertikalna translacija – premaknemo prijemalo gor (cilinder C 2.0, ventil Y2A; čas koraka 2,4 s).

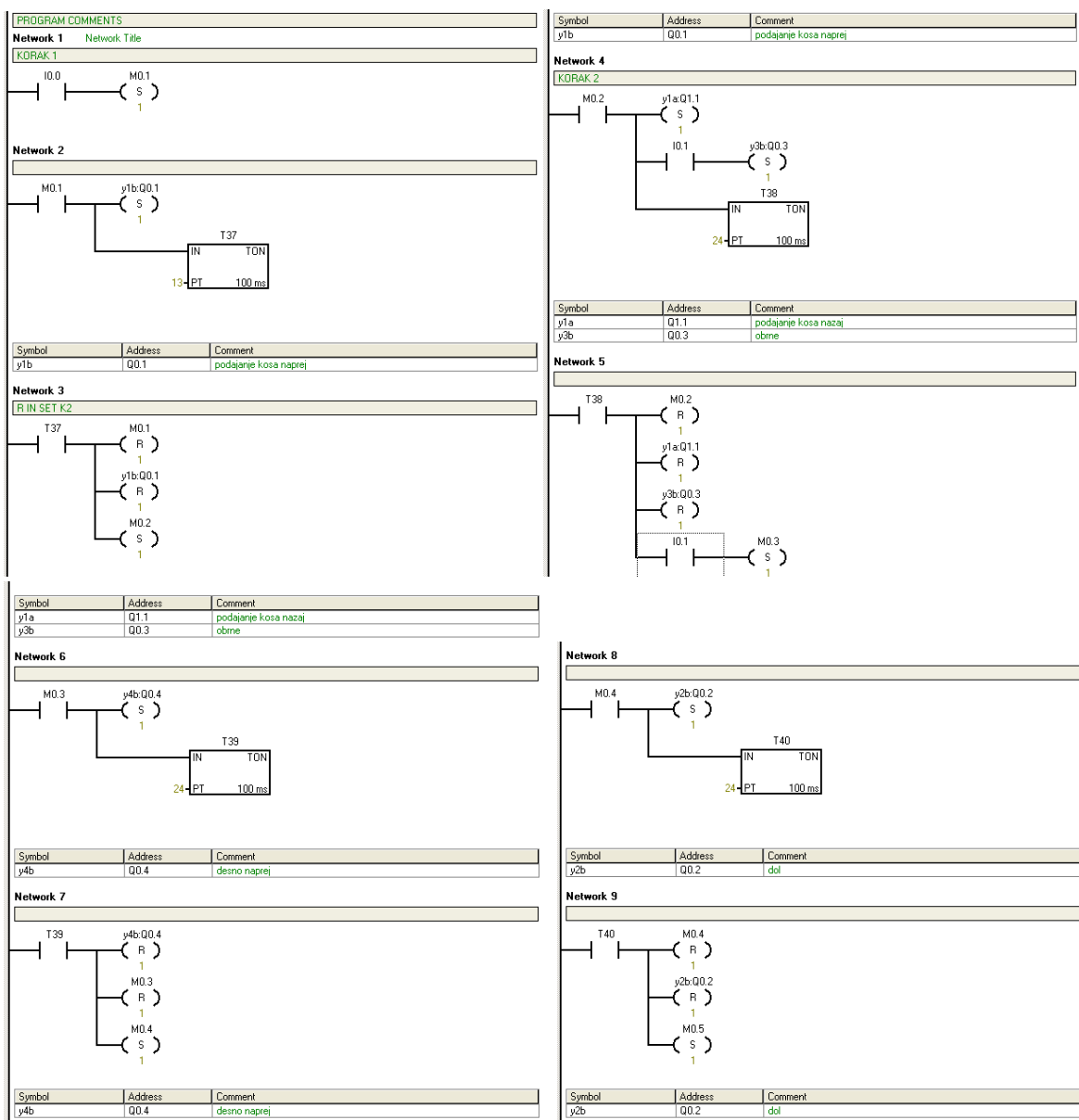
Delovna skica manipulatorja z napisanimi časi za pomik cilindrov v obe strani je prikazana na sliki 173.

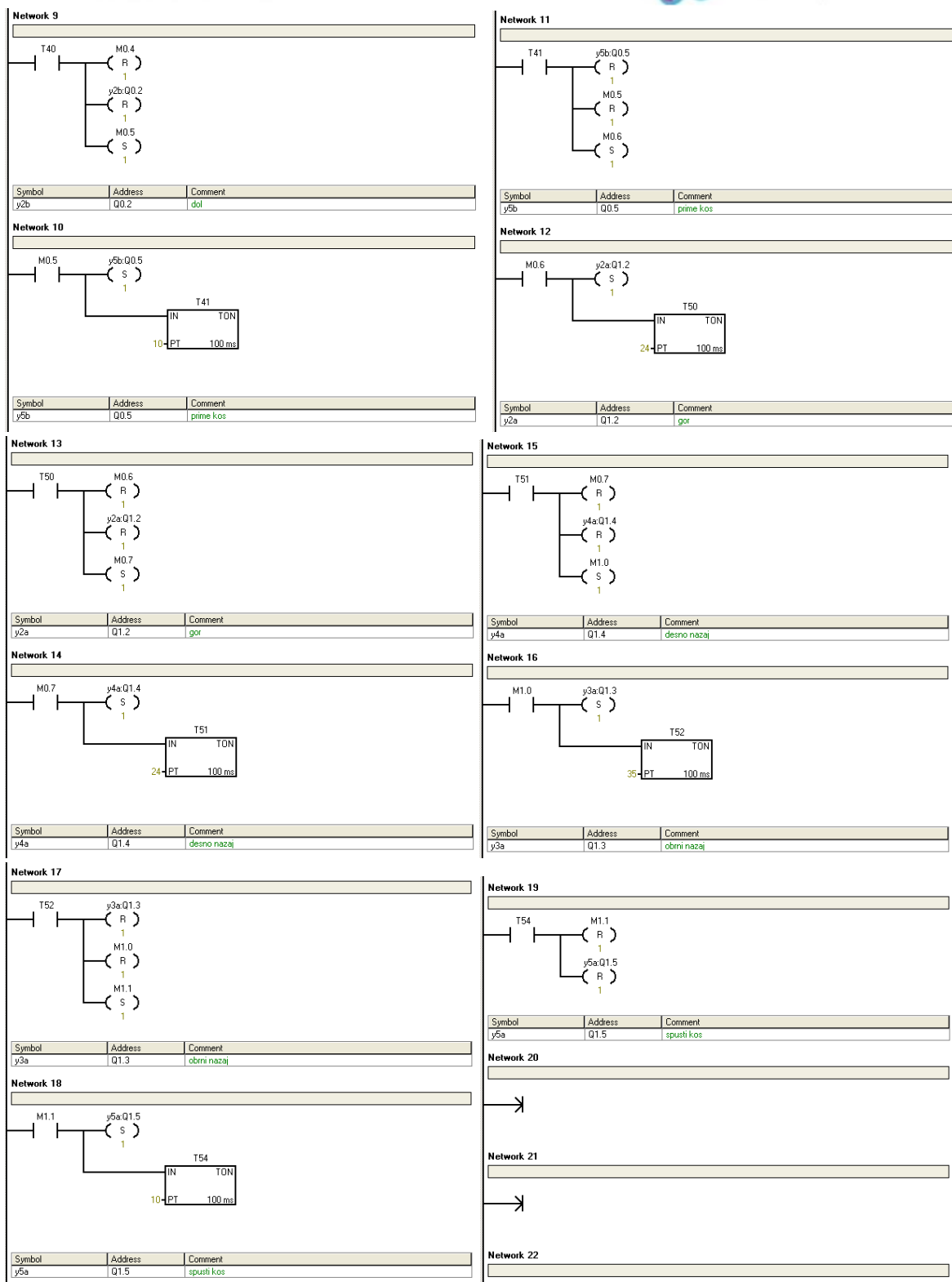


Slika 71: Manipulator - časi pomikov

Vir: Lasten

6.11 Rešitev naloge – program v ladder diagramu:





Slika 72: Program za manipulator

Vir: Lasten

Rešitev naloge – simbolna tabela (symbol table):

Tabela 11: Simbolna tabela za manipulator



			Symbol	Address	Comment
1			y1b	Q0.1	podajanje kosa naprej
2			y2b	Q0.2	dol
3			y3b	Q0.3	obrne
4			y4b	Q0.4	desno naprej
5			y5b	Q0.5	prime kos
6			y1a	Q1.1	podajanje kosa nazaj
7			y2a	Q1.2	gor
8			y3a	Q1.3	obrni nazaj
9			y4a	Q1.4	desno nazaj
10			y5a	Q1.5	spusti kos
11			S1	I0.0	Vklop naprave

Vir: Lasten

7. POVZETEK

V učbeniku smo spoznali osnove računalniških krmilj, njihovo zgradbo in delovanje.

Spoznali smo pnevmatske in elektropnevmatske komponente ter njihovo uporabo v industriji in šolstvu. Naredili smo vaje iz elektropnevmatike.

Za uspešno delo v avtomatizaciji smo predelali vodenje procesov v industriji.

Naučili smo se osnov digitalne tehnike. Spoznali smo vrste električnih krmilj, oblike signalov v krmilni tehniki in integrirana logična vezja.

Našteli smo logične funkcije, se naučili njihovo delovanje, pogledali simbole in različne izvedbe logičnih funkcij z stikali, polprevodniki in pnevmatiko.

Pri zgradbi PLC-ja smo pogledali način delovanja centralne procesorske enote (CPU) in opisali njene funkcijske enote. Prav tako smo spoznali delovanje vhodnega in izhodnega modula in način priključitve vhodov in izhodov.

Spoznali smo različne izvedbe krmilnikov kot so kompaktni krmilniki in sestavljivi ali modularni krmilniki.

Predstavljen je bil krmilnik Siemens S-200. Spoznali smo njegove sestavne dele in način delovanja krmilnika. Naučili smo se delovanje programa STEP 7, s katerim programiramo Siemensov krmilnik. Naučili smo se osnov programiranja v ladder diagramu in sprogramirali osnovne logične funkcije ter jih preizkusili z delovanjem krmilnika CPU 222 DC/DC/DC.

Naredili smo vajo pri kateri smo naredili program za manipulator kateri je podajal kose. Program smo napisali z orodjem za programiranje STEP 7 in ga vnesli v krmilnik. Preizkusili smo delovanje programa in ga vnesli v krmilnik. Naredili smo pnevmatske in električne povezave za manipulator.

7.1 Vprašanja in naloge:

1. Katere vrste električnih krmilj poznamo?
2. Delovanje elektropnevmatskega bistabilnega ventila?
3. Naštejte osnovne logične funkcije in njihove izpeljanke.
4. Narišite skico krmilnika in naštejte dele PLC-ja.
5. Katere načine programiranja poznamo po standardu IEC?
6. Ali lahko pri Siemens serije 200 preklopimo v različne programske jezike? Katere?
7. Opišite naslavljanje bita I 3.4 (I=?, 3=?, 4=?).
8. Katere ventile uporabimo pri krmiljenju manipulatorja? Napišite njihovo oznako.
9. Katere časovnike (timerje) smo uporabili pri vaji (TON, TOF)?

8. LITERATURA IN VIRI

- Pintarič, T., Hočevar, M., Čurk, J. Gorenc, A. (2011). Avtomatika in robotika. Ljubljana:Zavod IRC.
- Croser, P., in Ebel, F. (1994) *Pnevmatik*. Esslingen: Festo Didactic.
- Čeh, M. (2009) *Mehatronika*. Ljubljana: Pasadena.
- Haring, W., Metzger, M. in Weber, R. C. (2009). *Pneumatics Basic level*. Esslingen: Festo Didactic.
- Kamin, M. (2010)*Gradiva za predavanja SVP*. Novo mesto: Višja strokovna šola.
- Meixner, H. in Sauer, E. (1983). *Uvod v elektropnevmatiko*. Esslingen: Festo Didactic.
- Merkle, D., Rupp, K. in Scholz, D. (1994). *Electro-hydraulics*. Esslingen: Festo Diddactic.
- Merkle, D., Schrader, B. in Thomes, M. (1994). *Electro-hydraulics*. Festo Didactic GmbH.
- ABB Slovenija, *ABB novice* (Citirano 12. 9. 2017). Dostopno na naslovu: <http://www.abb.si/>
- <http://www.ingemaq.com.ar/ingenieria.html/> (10. 9. 2017)
- *Automation Technology*. (Citirano 21. 2. 2011). Dostopno na naslovu <http://automation.siemens.com/mcms/>

