

OBRAZOVNI MATERIJAL ZA STRUČNO USAVRŠAVANJE NASTAVNIKA STRUKOVNIH PREDMETA

Modul:

**USAVRŠAVANJE U PODRUČJU STRUKE:
NOVA DOSTIGNUĆA I PRAĆENJE PROMJENA
(MT 6)**

Autor

Neven Maleš, mag. ing. mech.

SADRŽAJ

SADRŽAJ	2
POPIS SLIKA	3
POPIS TABLICA	5
OPIS MODULA	6
RAZRADA OBRAZOVNOG MATERIJALA U OKVIRU MODULA	7
PNEUMATSKO I ELEKTROPNEUMATSKO UPRAVLJANJE	13
VDMA METODA	14
KASKADNA METODA TVRTKE MARTONAIR	17
TAKTNA METODA	21
KOMBINACIJA METODA	24
NASTAVNI MATERIJALI ZA UČENIKE	26
- VDMA metoda	26
MATERIJALI ZA NASTAVNIKE	28
- VDMA metoda	28
NASTAVNI MATERIJALI ZA UČENIKE.....	32
- Kaskadna metoda	32
MATERIJALI ZA NASTAVNIKE	34
- Kaskadna metoda	34
NASTAVNI MATERIJALI ZA UČENIKE	38
- Taktna metoda	38
MATERIJALI ZA NASTAVNIKE	40
- Taktna metoda	40
NASTAVNI MATERIJALI ZA UČENIKE.....	44
- Elektropneumatsko upravljanje - kombinacija metoda	44
MATERIJALI ZA NASTAVNIKE	46
- Elektropneumatsko upravljanje - kombinacija metoda	46
LITERATURA.....	50

POPIS SLIKA

Slika 1. Tok signala i komponente pneumatskog upravljačkog sustava	11
Slika 2. Tok signala i komponente elektropneumatskog sustava	12
Slika 3. Funkcionalni dijagrami	14
Slika 4. Funkcionalni dijagram blokirajući signal	15
Slika 5. Pneumatska shema VDMA-a metoda	16
Slika 6. Funkcijski krug Kaskadna metoda	18
Slika 7. Pneumatska shema Kaskadna metoda	19
Slika 8. Funkcijski krug	20
Slika 9. Pneumatska shema Kaskadna metoda.....	20
Slika 10. Električna shema kaskadna metoda.....	20
Slika 11. Taktni modul	20
Slika 12. Pneumatska shema taktna metoda	20
Slika 13. Položajna slika	24
Slika 14. Funkcionalni dijagram.....	24
Slika 15. Funkcijski krug	24
Slika 16. Pneumatska shema	25
Slika 17. Električna shema	25
Slika 18. Položajna slika i funkcionalni dijagram	26
Slika 19. Nedovršena pneumatska shema.....	27
Slika 20. Položajna slika i funkcionalni dijagram	28
Slika 21. Pneumatska shema VDMA metoda	29
Slika 22. FluidSIM-P provjera sheme.....	30
Slika 23. Spajanje komponenti na pneumatskoj didaktičkoj ploči.....	30
Slika 24. Položajna slika i funkcionalni dijagram	31
Slika 25. Nedovršena pneumatska shema i funkcijski krug	32
Slika 26. Položajna slika i funkcionalni dijagram	33
Slika 27. Pneumatska shema i funkcijski krug	34
Slika 28. Kaskadna metoda - FluidSIM –P provjera sheme.....	35

Slika 29. Spajanje komponenti na pneumatskoj didaktičkoj ploči.....	36
Slika 30. Položajna slika i funkcionalni dijagram	37
Slika 31. Nedovršena pneumatska shema za taktnu metodu.....	38
Slika 32. Položajna slika i funkcionalni dijagram.....	39
Slika 33. Pneumatska shema taktnu metodu	40
Slika 34. Taktna metoda - FluidSIM –P provjera sheme.....	41
Slika 35. Spajanje komponenti na pneumatskoj didaktičkoj ploči.....	42
Slika 36. Funkcionalni dijagram	43
Slika 36. Nedovršeni kaskadni krug.....	43
Slika 38. Nedovršena pneumatska shema.....	44
Slika 39. Nedovršena električna shema.....	44
Slika 40. Funkcionalni dijagram	45
Slika 41. Kaskadni krug kombinacija kaskadne i taktne metode	46
Slika 42. Pneumatska shema	46
Slika 43. Električna shema	47
Slika 44. Kombinacija metoda - FluidSIM –P provjera sheme.....	48
Slika 45. Spajanje komponenti na pneumatskoj didaktičkoj ploči.....	49

POPIS TABLICA

Tablica 1. Opis modula	6
Tablica 2. Usporedba upravljačkih medija	8
Tablica 3. Prednosti i karakteristike komprimiranog zraka	9
Tablica 4. Nedostatci područja primjene pneumatike	9
Tablica 5. Inženjerske metode	13
Tablica 6. Specifikacija elemenata.....	27

OPIS MODULA

Tablica 1. Opis modula

MT6 (S2)	
Naziv modula	Usavršavanje u području struke: nova dostignuća i praćenje promjena
CILJ MODULA	
Cilj modula je ojačati strukovne kompetencije nastavnika strukovnih predmeta.	
OPIS/ SADRŽAJI MODULA	
<p>Modul je generički namijenjen za predstavljanje novih dostignuća i promjena u struci i srodnim područjima i aspektima (npr. zakonska regulativa i sl.) nastavnicima koji bi ih trebali implementirati u vlastitoj praksi i nastavi.</p> <p>Preporučeni sadržaj/struktura modula:</p> <ul style="list-style-type: none"> • izazovi i iskustva u vlastitoj strukovnoj/stručnoj praksi • nova znanja, tehnologije i dobre prakse u struci • primjeri svladavanja izazova u strukovnoj/stručnoj praksi (rješavanje problema) uz pomoć novih znanja, tehnologije i dobre prakse u struci • implementacija novih znanja, tehnologija i dobre prakse u vlastitu strukovnu/stručnu i nastavnu praksu • vrednovanje primjene novih znanja, tehnologija i dobre prakse u struci • prijenos novih znanja, tehnologija i dobre prakse na učenike i suradnike. 	
ISHODI UČENJA ZA MODUL	
<p>Nakon uspješno završenog modula polaznik će moći:</p> <ul style="list-style-type: none"> • objasniti inovacije/novine i unapređenja u struci • integrirati nova znanja, tehnologije i dobre prakse u vlastitu strukovnu/stručnu i nastavnu praksu i rješavanje problema • vrednovati korisnost i učinkovitost primjene novih znanja, tehnologija i dobre prakse u struci • osmisliti prijenos novih znanja, tehnologija i dobre prakse na učenike i suradnike. 	

RAZRADA OBRAZOVNOG MATERIJALA U OKVIRU MODULA

Pneumatika

Pneumatika ima važnu ulogu u automatizaciji. Pneumatski elementi prisutni su u velikom broju pogona te je pneumatika nezaobilazni dio komadne proizvodnje.

Pneumatika koristi stlačeni zrak. Najčešće se taj stlačeni zrak koristi za obavljanje mehaničkog rada. Pneumatski pogon ima zadaću pretvaranja potencijalne energije spremljene u stlačenom zraku u kretanje izvršnih elemenata (aktuatora). Pod pojmom aktuatori podrazumijevaju se svi izvršni elementi koji izvode nekakvo gibanje translacijsko ili rotacijsko tj. vrše nekakav rad.

Elektropneumatski sustavi se sve više koriste u industriji jer se lakše može nadograditi nego pneumatski. U elektropneumatici su električne komponente upravljačke (releji, tipkala, senzori...), jednostavno ih je ugraditi, imaju relativno nisku tržišnu cijenu s obzirom na njihove performanse. Promjene u zahtjevima tržišta zajedno sa tehničkim poboljšanjima su imale velik utjecaj na izgled elektropneumatskih sustava. U dijelu sustava koji se bavi signalima, releji su sve češće zamijenjeni PLC-ovima (*Programmable Logic Controller*) kako bi se ispunili rastući zahtjevi za fleksibilnost sustava. Kao rezultat tih prednosti naveliko se koriste u industriji rukovanja materijalima: stezanje, premještanje, pozicioniranje, orijentacija i grananje toka materijala. Pneumatika i elektropneumatika koristi se za pakiranje, punjenje, premještanje materijala, okretanje dijelova, razvrstavanje dijelova, slaganje komponenata i označavanje komponenata. Faktori koji se moraju uzeti u obzir u razvoju elektropneumatskog sustava su: pouzdanost sustava, jednostavno održavanje, troškovi održavanja i popravaka, ekonomska isplativost itd.

Područja primjene pneumatike i hidraulike su:

- konstrukcija automobila
- konstrukcija strojeva
- konstrukcija zrakoplova
- u brodogradnji
- u građevinarstvu
- poljoprivredni strojevi
- željeznica, šinska vozila
- vojna industrija

Tablica 2. Usporedba upravljačkih medija [1]

	Elektrika	Hidraulika	Pneumatika
Propuštanje		Zagađivanje	Nije bitno osim zbog gubitka energije
Utjecaj na okoliš	Opasnost od eksplozije u pojedinim područjima, neosjetljivost na temperaturu	Osjetljivost u slučaju promjene temperature, opasnost od vatre u slučaju propuštanja	Sigurnost od eksplozije, neosjetljivost na temperaturu
Spremanje energije	Teško i samo u malim iznosima pomoću akumulatora	Ograničeno, pomoću plinova	Lako
Prijenos energije	Neograničen gubitak snage uz	Dobava do 100 m, $v = 2-6$ m/s, brzina signala do 1000 m/s	Dobava do 1000 m, $v = 20-40$ m/s, brzina signala 20-40 m/s
Radna brzina		$v = 0,5$ m/s	$v = 1,5$ m/s
Gubici snage	mali	veliki	vrlo veliki
	0,25	1	2,5
Gibanje po pravcu	Složeno i skupo, male sile, regulacija brzine moguća samo uz velike troškove	Jednostavno pomoću cilindara, dobra regulacija brzine, vrlo velike sile	Jednostavno pomoću cilindara, ograničene sile, brzina jako ovisi o opterećenju
Kružno gibanje	Jednostavno i velika snaga	Jednostavno, velik okretni moment, mala brzina	Jednostavno, neefikasno, velika brzina
Točnost pozicioniranja	Točnost do $\pm 1\mu\text{m}$ lako ostvariva	Točnost do $\pm 1\mu\text{m}$ ostvariva ovisno o troškovima	Uz jednoliko opterećenje moguća točnost do 1/10 mm
Stabilnost	Vrlo dobra uz mehaničke veze	Velika zbog toga što je ulje praktički nestlačivo uz veće tlakove nego kod pneumatike	Mala zbog stlačivosti zraka
Sile	Ne smije se preopteretiti. Mala efikasnost zbog mehaničkih uređaja koji slijede. Moguće ostvariti vrlo velike sile	Sigurno od preopterećenja. Uz tlakove u sustavu do 600 bara moguće postići sile do 3000 kN	Sigurno od preopterećenja, sile ograničene tlakom i promjerom cilindra na $F < 30$ kN pri 6 bara

Tablica 3. Prednosti i karakteristike komprimiranog zraka [1]

Dostupnost	Zrak je dostupan praktički svugdje u neograničenoj količini.
Prijenos	Zrak se lako prenosi cjevovodima, čak i na velike udaljenosti.
Brzina	Komprimirani zrak vrlo je brz radni medij. To omogućava postizanje velike radne brzine.
Skladištenje	Komprimirani zrak može se skladištiti u spremnicima i može se prema potrebi koristiti. Ako je potrebno, spremnici se mogu prenositi.
Temperatura	Temperaturne oscilacije nemaju veliki utjecaja na komprimirani zrak. To osigurava pouzdan rad, čak i pod ekstremnim uvjetima.
Čistoća	Nenauljeni ispušni zrak je čist. Nenauljeni zrak koji izlazi iz neispravnih cijevi ili komponenti ne uzrokuje onečišćenje.
Rizik eksplozije	Pri korištenju komprimiranog zraka nema rizika od eksplozije i vatre.
Komponente	Radne komponente jednostavne su konstrukcije i zbog toga su relativno jeftine.
Sigurno opterećenje	Pneumatski alati i radne komponente mogu biti opterećene do točke u kojoj će se zaustaviti i zbog toga su sigurne od preopterećenja.

Tablica 4. Nedostatci područja primjene pneumatike [1]

Priprema	Komprimirani zrak zahtijeva dobru pripremu. Prašina i kondenzat ne bi trebali biti prisutni.
Kompresija	Komprimiranim zrakom nije uvijek moguće postići stalnu brzinu kretanja klipa.
Potrebe za silom	Komprimirani zrak je ekonomičan samo do određenih potreba za silom. Pod normalnim radnim tlakom od 600 do 700 kPa (6–7 bara) i ovisno o putu i brzini, izlazna sila je otprilike između 40000 i 50000 njutna.
Razina buke	Ispušni zrak je bučan, ali je taj problem u posljednje vrijeme uglavnom riješen zahvaljujući razvoju zvučno izolacijskih materijala i prigušivača.

Prednosti pneumatike

- zrak je dostupan praktički svagdje u neograničenoj količini
- zrak se lako prenosi cjevovodima, čak i na velike udaljenosti.
- komprimirani zrak vrlo je brz radni medij.
- komprimirani zrak može se skladištiti u spremnicima
- temperaturne oscilacije nemaju veliki utjecaja na komprimirani zrak.
- nenauljeni ispušni zrak je čist
- pri korištenju komprimiranog zraka nema rizika od eksplozije i vatre
- radne komponente jednostavne su konstrukcije i zbog toga su relativno jeftine
- pneumatski alati i radne komponente su sigurne od preopterećenja

Nedostaci pneumatike

- komprimirani zrak zahtijeva dobru pripremu
- komprimiranim zrakom nije uvijek moguće postići stalnu brzinu kretanja klipa
- komprimirani zrak je ekonomičan samo do određenih potreba za silom
- ispušni zrak je bučan

Upravljački lanac

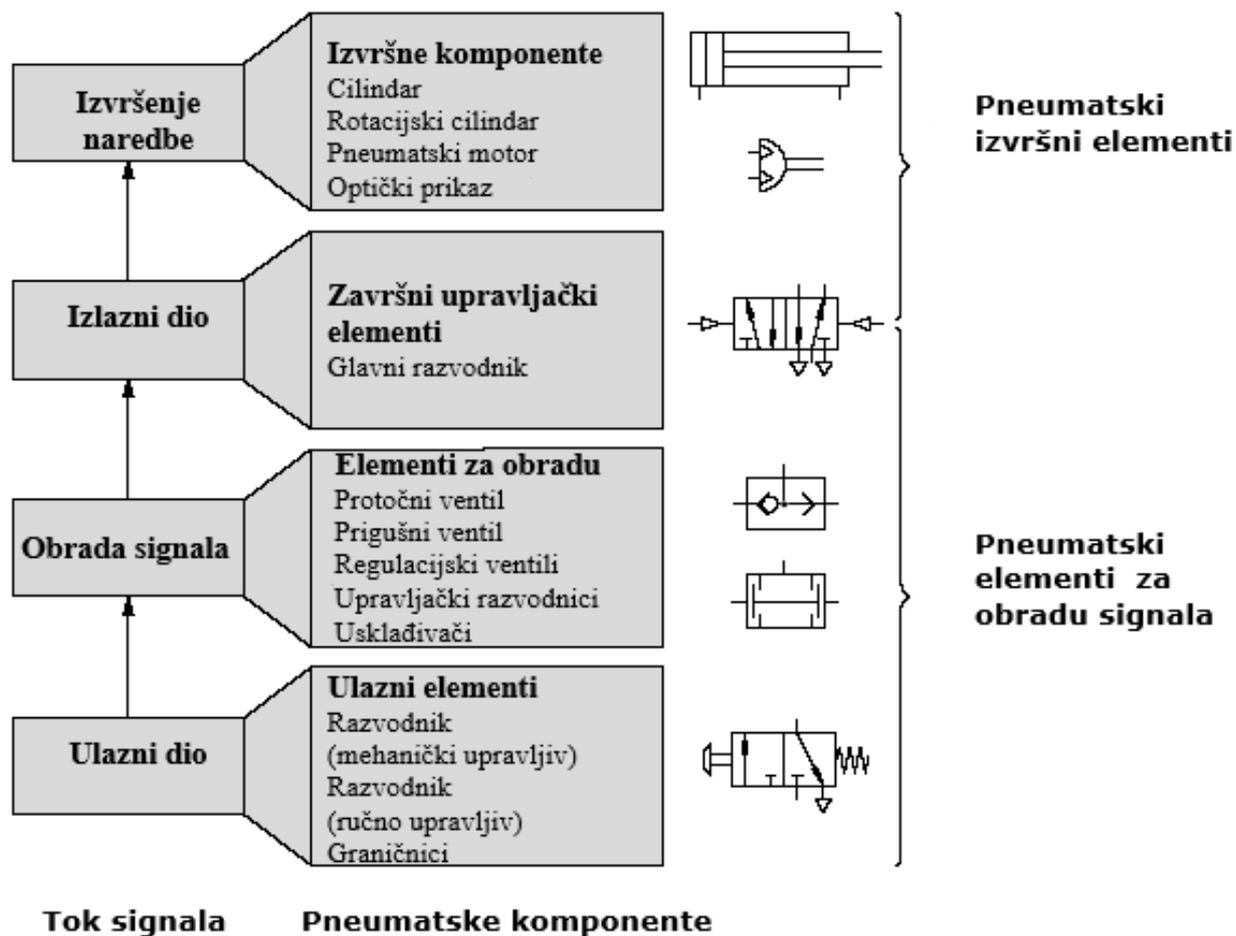
Upravljački je lanac kategorizirani prikaz upravljačkog sustava, iz kojeg se, između ostaloga, može vidjeti smjer signala. U praksi se odvajaju signali, upravljački dio je odvojen od izvršnih uređaja kako bi sustav bio pregledniji i jednostavniji za održavanje i uklanjanje kvara. Svaki upravljački sustav se dijeli na dva osnovna podsustava: upravljački i izvršni.

Upravljački (informacijski –električki) podsustav

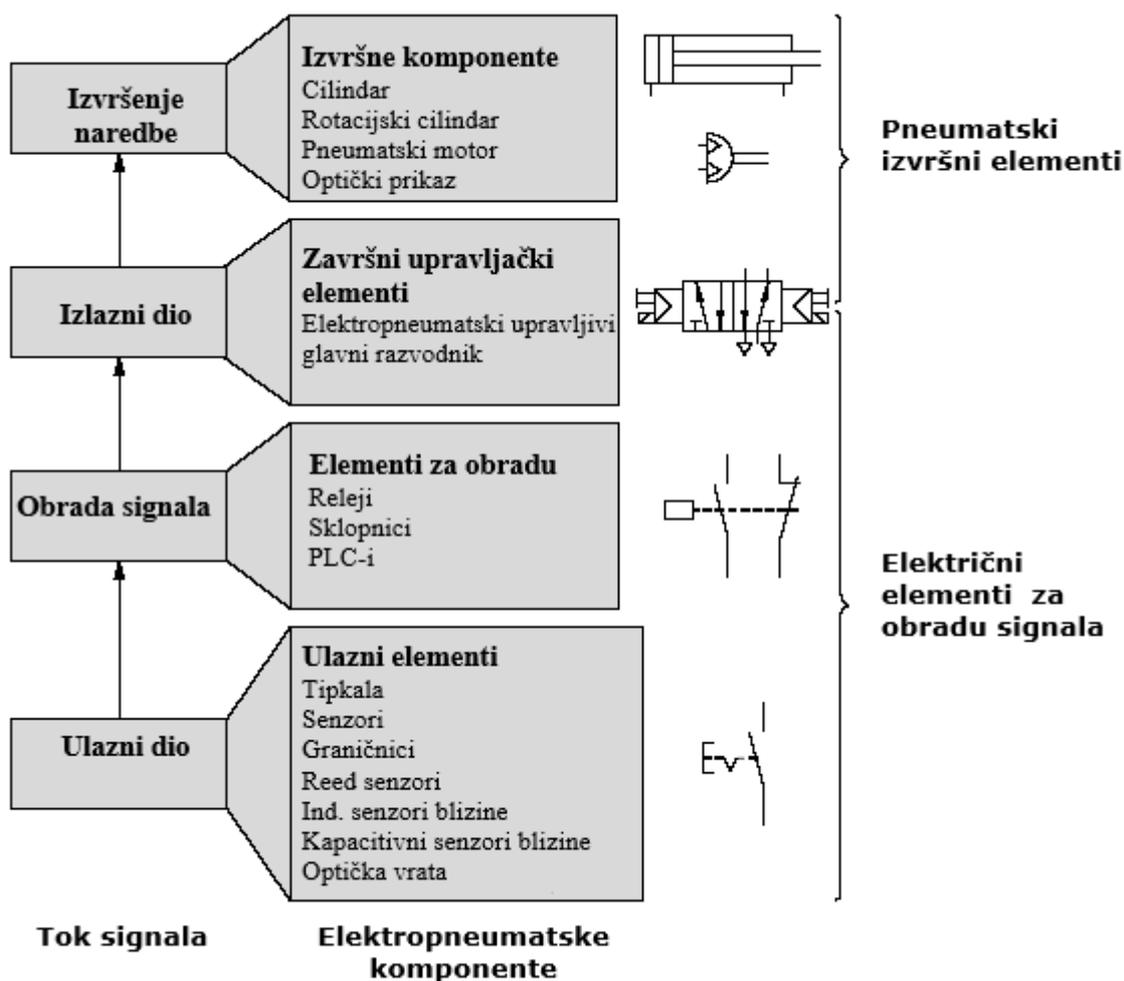
je dio upravljačkog lanca koji čini skup članova koji primaju, obrađuju i daju u prikladnom obliku nalog (informaciju) izvršnim članovima.

-Izvršni (energetski - pneumatski) podsustav

je cjelina upravljačkog lanca kojeg čine izvršni, radni članovi koji u skladu s dobivenim nalogom opskrbljuju komponente s medijem energetske razine.



Slika 1. Tok signala i komponente pneumatskog upravljačkog sustava [1]



Slika 2. Tok signala i komponente elektropneumatskog sustava [2]

U usporedbi s pneumatskim sustavom, elektropneumatski sustavi nisu prikazani u jednom cjelovitom dijagramu već u dva odvojena dijagrama:

- **električnom**
- **pneumatskom**

Zbog toga tok signala nije odmah jasan tj. uočljiv iz redoslijeda komponenti u cjelovitom dijagramu sustava. Moraju se poznavati simboli pneumatskih i električnih komponenti kako bi s razumijevanjem mogli povezati hibridni sustav u jednu cjelinu.

PNEUMATSKO I ELEKTROPNEUMATSKO UPRAVLJANJE

Kao i u pneumatici tako i u elektropneumatici pri radu s više cilindara (izvršnih uređaja) koriste se određena pravila kako bi nam olakšala rad pri projektiranju i održavanju sustava. Pridržavanjem redoslijeda projektiranja i pravila rada neće se zaboraviti niti jedan postavljeni zahtjev koji kasnije u radu može izazvati teškoće, a možda i ponovni proces projektiranja sustava.

Kod pneumatskog upravljanja složenijih sustava s dva ili više cilindara, koriste se metode pneumatskog upravljanja koje možemo primijeniti i u elektropneumatici. Korištenjem pravila i zakonitosti metoda na jednostavan način ćemo izbjeći preklapanje signala (blokirajući signal).

Blokirajući signal, koji se javlja u procesu upravljanja glavnog razvodnika, rješavamo s odgovarajućim metodama pneumatskog upravljanja. U elektropneumatici možemo preuzeti dio zakonitosti iz pneumatskog upravljanja jer zbog specifičnosti izrade električne sheme upravljanja dolazi do malih razlika u pravilima metoda (primjer – kaskadni razvodnik ne postoji u elektropneumatici, već je to kaskadni vod; taktni modul zamjenjujemo s krugom samodržanja itd...).

Tablica 5. Inženjerske metode

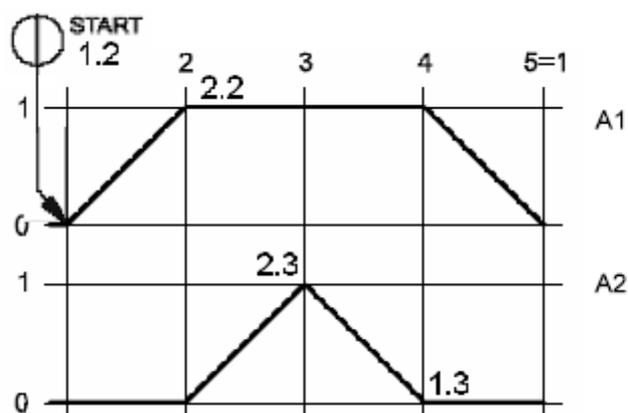


Funkcionalni principi koriste metode koje se, za otklanjanje blokirajućeg signala, oslanjaju na specifičnu funkciju rada korištenog pneumatskog elementa. To su pneumatski elementi koji, iako trajno aktivirani, na izlazu u sustav daju kratkotrajni signal, zbog specifičnog funkcioniranja mehanizma aktiviranja. Najtipičnija metoda za ovu grupu je VDMA (kratica od Verein Deutscher Maschinenbau Anstalten – Udruga njemačkih ustanova za strojogradnju).

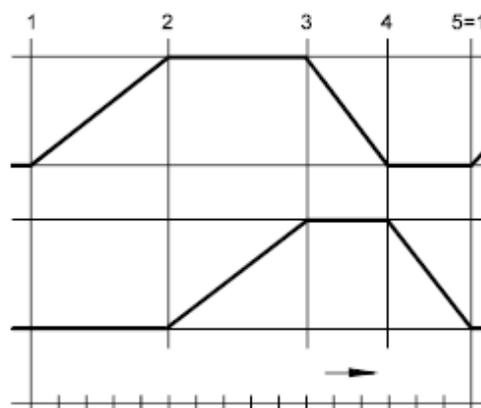
VDMA METODA

Iako se ova metoda u literaturi ne pojavljuje pod posebnim imenom, mnogi je prepoznaju po oznaci, koja je kratica Udruge njemačkih ustanova za strojogradnju, koja je metodu plasirala, a neke su je velike tvrtke (Festo) prihvatile i dalje razvijale.

Dijagram put - korak



Dijagram put – vrijeme



Slika 3. Funkcionalni dijagrami [3]

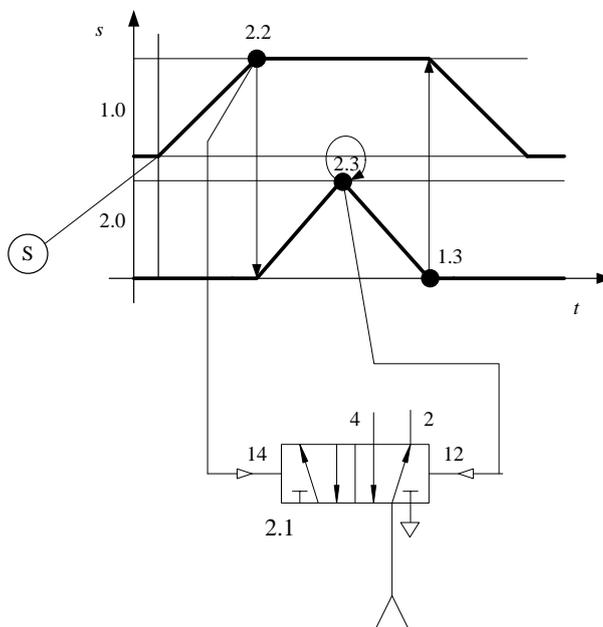
Rad cilindara prikazuje se dijagramom put-vrijeme. U njemu je pojednostavljeni prikaz brzine kretanja klipnjače cilindra, te međusobni odnos kretanja više cilindara. Pojednostavljenije crtanje dijagrama očituje se u nizu konvencija (dogovora) kojih se treba pridržavati kod crtanja:

- 1) Brzina kretanja klipnjače cilindra crta se kao da je konstantna od početka do kraja hoda na način da se:
 - "normalno" kretanje, tj. kretanje bez dodavanja elemenata za usporenje ili ubrzanje kretanja klipnjače, crta s nagibom od 45° ($\pi/4$ rad)
 - sporo kretanje klipnjače cilindra zbog dodavanja prigušenja na dovodima crta s nagibom od 30° ($\pi/6$ rad)
 - brzo kretanje klipnjače cilindra zbog priključenja brzoispusnog ventila crta s nagibom od 60° ($\pi/3$ rad)

- stajanje prikazuje horizontalnom crtom.
- 2) Dužine hodova, odnosno put klipnjače, za sve cilindre, crtaju se jednakima.
- 3) Svi su parametri u dijagramu neovisni o promjeru cilindra.
- 4) Kada je dijagramom obuhvaćen veći broj cilindara, dijagram svakog od njih crta se jedan iznad, ili jedan ispod drugog. Njihov međusobni utjecaji prikazuju se strelicama.
- 5) Sve veličine su u pravilu bezdimenzionalne, osim u slučajevima kad je to zbog određenog razloga potrebno.

Funkcionalni dijagram

Pitamo se kako unaprijed prepoznati gdje se pojavljuju blokirajući signali. To je moguće ako se analizira dijagram put – korak, put - vrijeme. Dijagram se promatra na mjestima gdje se na kosu liniju nastavlja horizontalna. Na tom mjestu aktivirani razvodnik ostaje uključen cijelo vrijeme mirovanja klipnjače, odnosno dužine horizontalne linije. Treba ustanoviti aktivira li se razvodnik, koji ima isti prvi broj (pripadnost istom i obrnuto), u vremenu trajanja tog mirovanja. Ako se ustanovi da postoji, tada taj razvodnik daje blokirajući signal. Svugdje gdje kosa linija prelazi u kosu liniju (vrhovi), signali su kratki, jer je samim načinom rada klipnjače razvodnik uključen i odmah isključen, budući da se klipnjača odmah vraća.

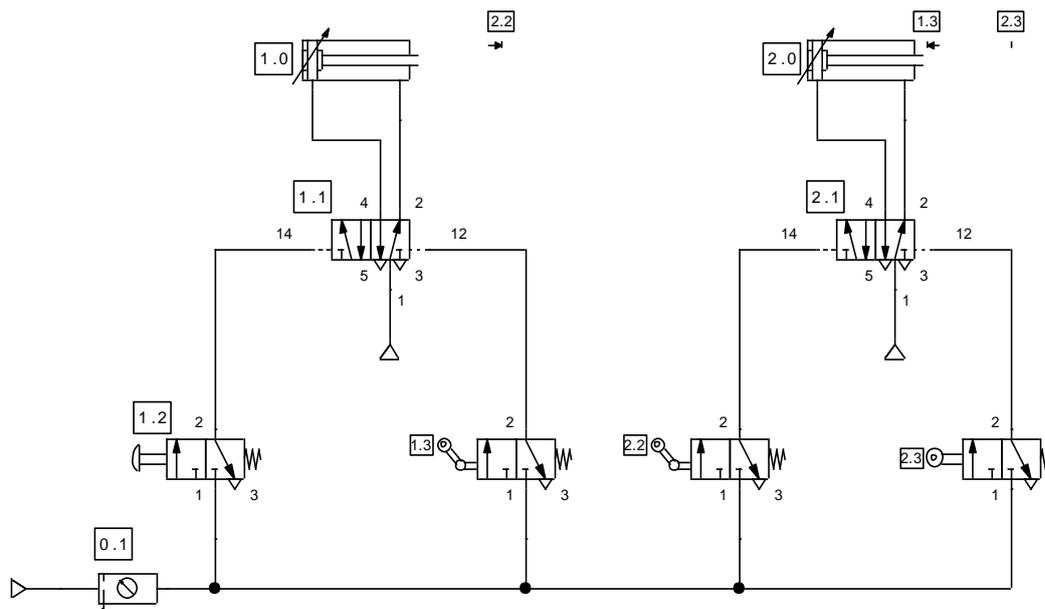


Slika 4. Funkcionalni dijagram blokirajući signal [3]

Na temelju prikaza iz funkcionalnog dijagrama možemo doći do slijedećih zaključaka u svezi s blokirajućim signalom. Granični prekidači (2.2 i 1.3) moraju biti kratko uključeni i odmah isključeni kako bi izbjegli blokirajući signal na glavnim razvodnicima. Zato ovu metodu

nazivamo metoda s kratkim izlaznim signalom. Kod složenijih sustava upravljanja ne preporučuje se koristiti jer lako se napravi pogreška ili previdi blokirajući signal. Poželjno je za prikaz u tehničkoj dokumentaciji napraviti dijagrame kretanja izvršnih elemenata kako bi se lakše dijagnosticirao kvar na proizvodnim sustavima. Iz dijagrama možemo lako utvrditi mjesto zastoja komponente koja nije izvršila svoju funkciju i ciljano tu komponentu popraviti ili zamijeniti.

VDMA - metoda



Slika 5. Pneumatska shema VDMA-a metoda [4]

KASKADNA METODA TVRTKE MARTONAIR

Kako je i bilo rečeno, to je jedna od najpoznatijih kaskadnih metoda. U prikazu koji slijedi neznatno je modificirana radi veće jasnoće i lakšeg pamćenja određenih pravila rada. Isto tako i praksa je nametnula neka pojednostavljenja u označavanju. Kretanje klipnjače cilindra prikazuje se alfa-numeričkim (slovno-brojčanim) oznakama, u horizontalnom ili vertikalnom zapisu.

Kaskadni princip označava segmentno (kaskadno) uključivanje dijela graničnih prekidača korištenjem dodatnog uvjeta (I funkcija - serijski spoj). Taj uvjet izveden jednim od načina ostvarivanja I funkcije, posebno je proizveden razvodnicima nazvanim kaskadnim razvodnicima u elektropneumatici kaskadni vodovi. Oni se uključuju u skladu sa slijedom odvijanja programa. Najpoznatija metoda je kaskadna metoda tvrtke Martonair, koja je značajnije od drugih rasprostranjena u praksi, te se često sve kaskadne metode poistovjećuju s njom.

Prepoznavanje postojanja blokirajućeg signala u procesu rada ustanovljuje se već u samom zapisu. Ako redosljed cilindra u izlasku zadržava isti redosljed u povratku, neće doći do pojave blokirajućeg signala.

Primjer za to je sljedeći zapis:

A+B+C+D+A-B-C-D-

Ako je taj redosljed poremećen dolazi do pojave blokirajućeg signala.

A+B+A-C+B-C-D+D-

Iz zapisa se ne vidi koji je taj signal, ali je to indikacija da se moraju koristiti pravila rada kaskadne metode.

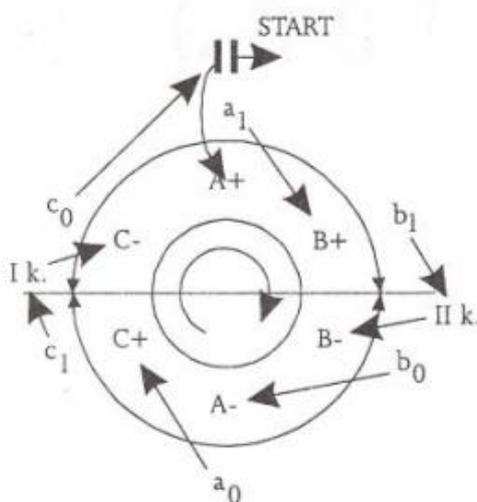
Pravila rada izrade funkcijskog kruga

- 1) Oko kruga, u smjeru kazaljke na satu ispiše se redoslijed rada cilindra. Uvijek treba vertikalnom crticom naznačiti mjesto gdje započinje ciklus.
- 2) Krug se razdjeli u kružne isječke, tako da se ni u jednom ne smije pojaviti oznaka istog cilindra dva puta. Svaki kružni isječak predstavlja jednu kaskadu.
- 3) Svaki cilindar u krajnjim hodovima uključuje po jedan granični prekidač.
- 4) Iznad oznake cilindra u krugu se upisuju oznake krajnjih razvodnika koje taj cilindar u naznačenom hodu uključuje.
- 5) Razvodnici unutar kaskade (kružnog segmenta) uključuju direktno kretanje klipnjača cilindra po sljedu.
- 6) Razvodnici koji je u kaskadi zadnji upisan ne uključuje sljedeći zapisani cilindar već sljedeću kaskadu.
- 7) Uključivanjem sljedeće kaskade prethodna se briše.
- 8) Kaskada direktno aktivira kretanje prvog upisanog cilindra u toj kaskadi.
- 9) Ako u prvoj i zadnjoj kaskadi nema istog cilindra te dvije kaskade možemo povezati.

Alfanumerički zapis

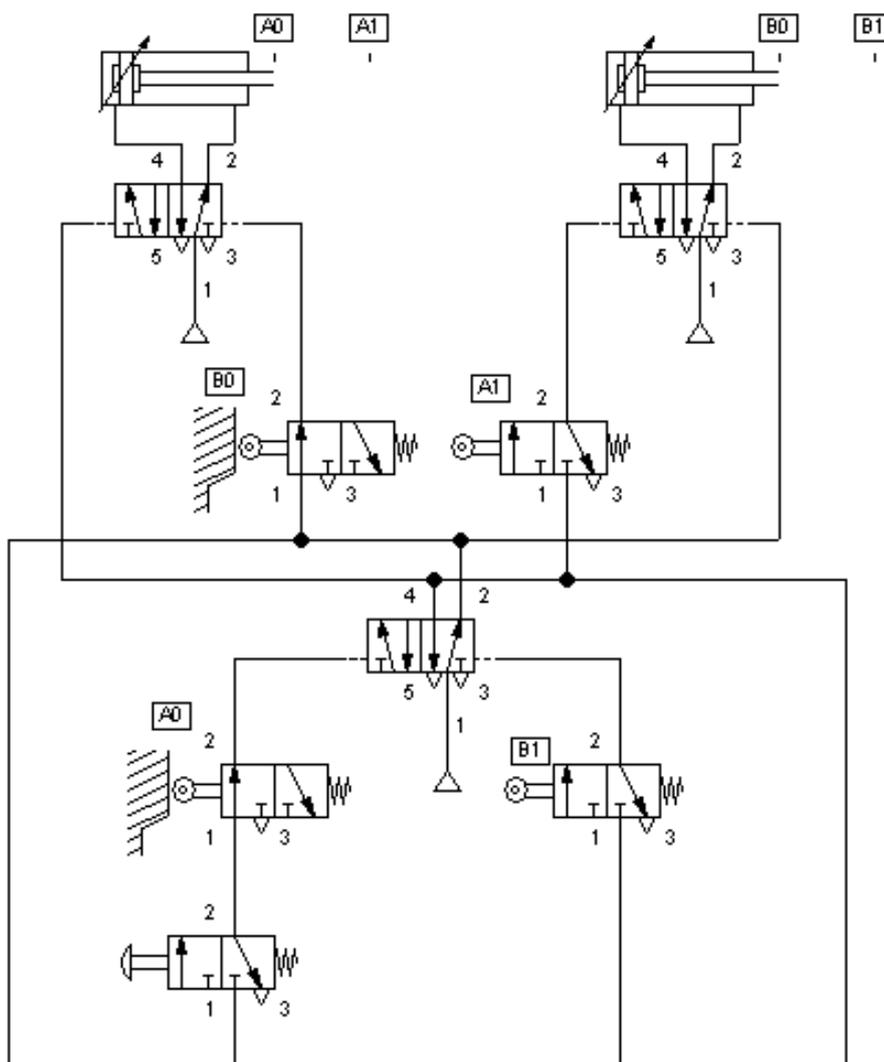
$$A+ B+ | B- A- C+ | C-$$

Funkcijski krug



Slika 6. Funkcijski krug Kaskadna metoda [4]

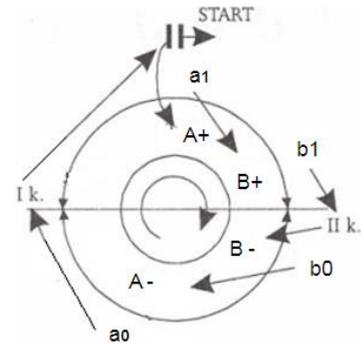
Pneumatska shema



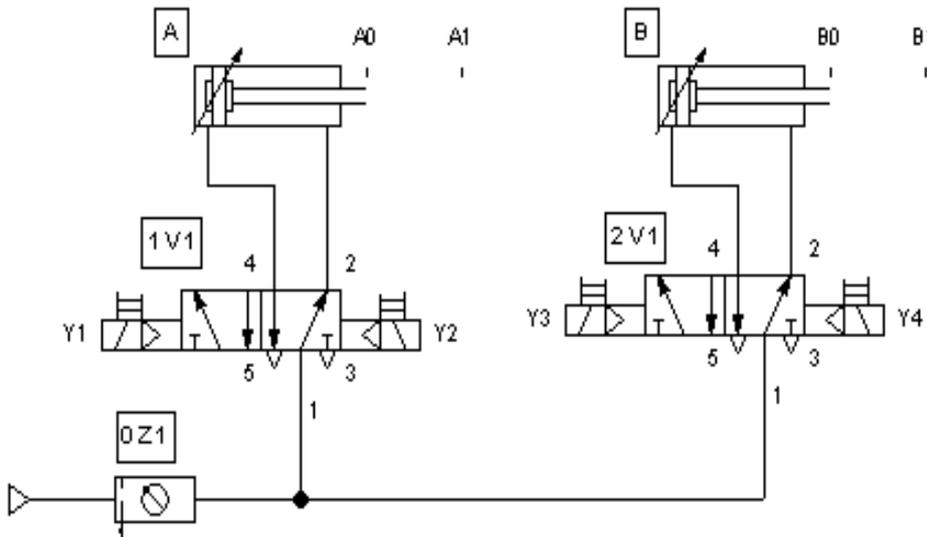
Slika 7. Pneumatska shema Kaskadna metoda [4]

Kaskadna metoda – elektropneumatika

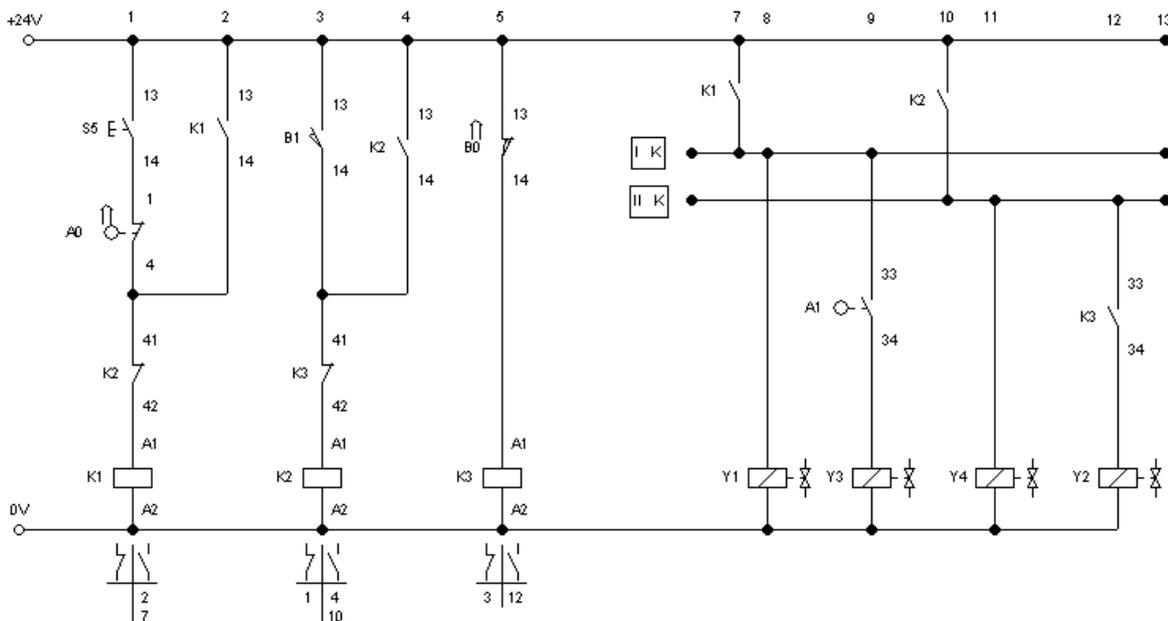
Alfanumerički zapis $A+B+B-A-$



Slika 8. Funkcijski krug



Slika 9. Pneumatska shema Kaskadna metoda

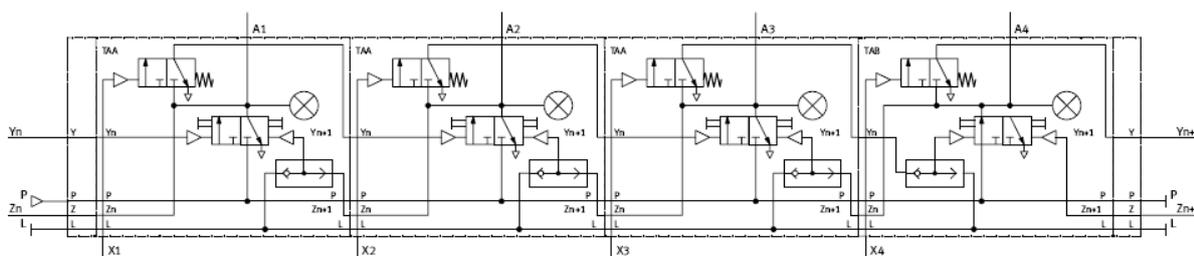
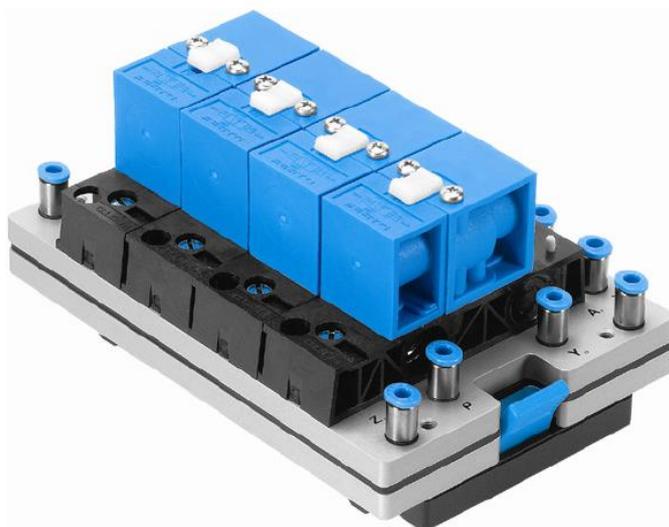


Slika 10. Električna shema kaskadna metoda

TAKTNA METODA

Taktna metoda je nastala iz metode korak po korak. Osnovna ideja taktne metode je da se svakim novim upravljačkim signalom postavlja novi izlaz. Izlaz upravlja kretanje u jednom koraku. Koračni princip je oblik programa ostvaren određenim načinom povezivanja pneumatskih elemenata.

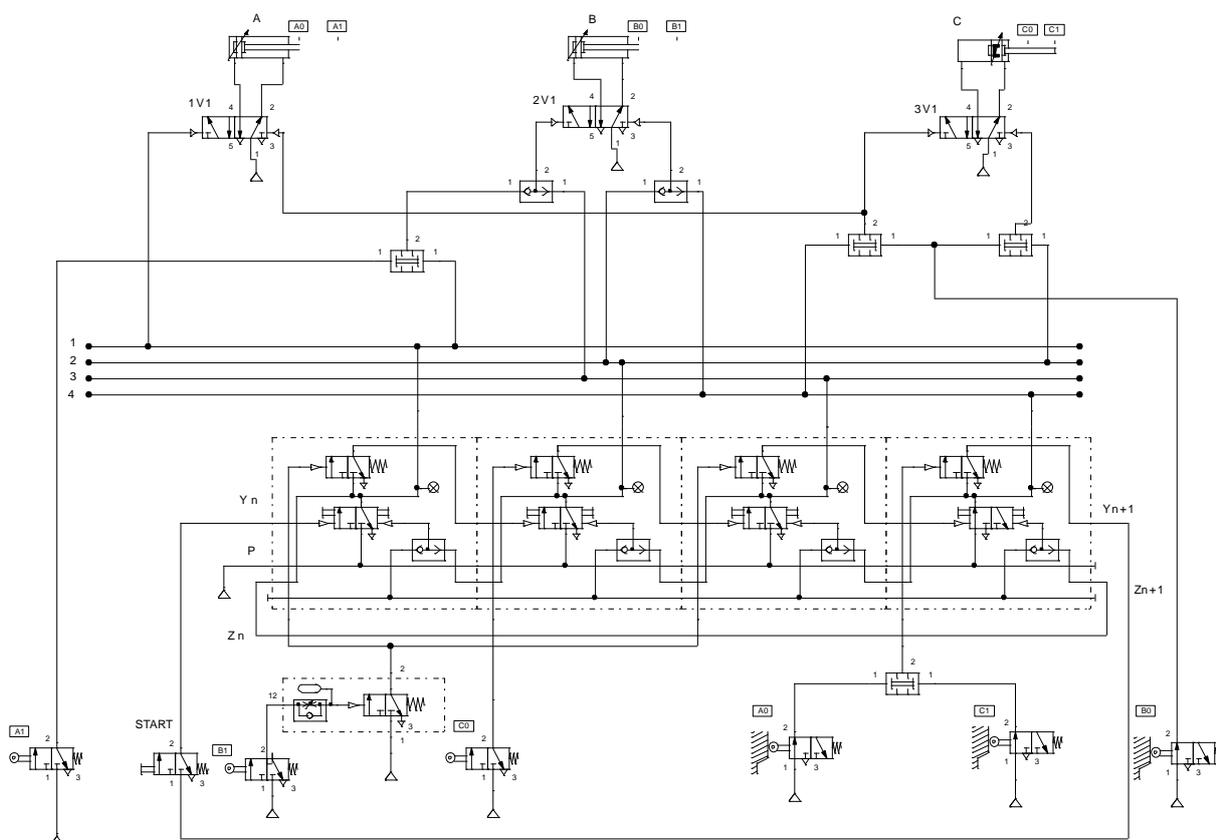
- Metoda korak po korak ili taktna metoda.
- Osnovna ideja je da se svakim novim upravljačkim signalom uspostavlja novi izlaz.
- Izlaz upravlja kretanjem cilindra u jednom koraku.
- Svaki radni korak zahtjeva jedan takti modul.
- Najmanje se tri modula mogu povezati u taktni lanac.
- Postoje tri tipa taktnih modula (memorijski član) TAA, TAB i TAC.



Slika 11. Takti modul [5]

Tablica 5. Spajanje taktnog modula

Connection		Connection
Y _n		Y _{n+1}
P	Compressed air	P
Z _n		Z _{n+1}
L	Not connected, open	L
X1		A1
X2		A2
X3		A3
X4		A4



Slika 12. Pneumatska shema taktna metoda [5]

U elektropneumatici način povezivanja graničnih prekidača s logičkom funkcijom I serijski spoj kontakata releja i kruga samodržanja, po kojem je slijed uključen uvijek samo izlaz za jedan korak. Svi ostali izlazi su isključeni. To je jedina sveobuhvatna metoda koja svojim pravilima rada rješava sve slučajeve odvijanja programa. Temeljna metoda ovog principa rada je metoda "korak po korak". Kako ona sadrži znatno više elemenata od prethodnih, znatno je skuplja. Da bi se to riješilo, razvijena je "takt" metoda integracijom elemenata u blokove. Ona postaje sve dominantnija u primjeni, jer je sveobuhvatna u načinu rada, a izvedbom blok elemenata postaje i jeftinija u pneumatici.

Kada imamo više puta ponavljanje izlaza i ulaza jednog te istog cilindra (A+A-A+A-B+B-) u proizvodnom ciklusu ova je metoda najbolji izbor za takvo rješenje. S drugim metodama je teško riješiti ovakav problem, izuzev ako ste jako dobar stručnjak i poznavatelj metoda. S ovom metodom je lako napraviti rješenje jer je isključivo jedan izlaz u svakom koraku aktivan pa se jedan te isti više puta ponavlja.

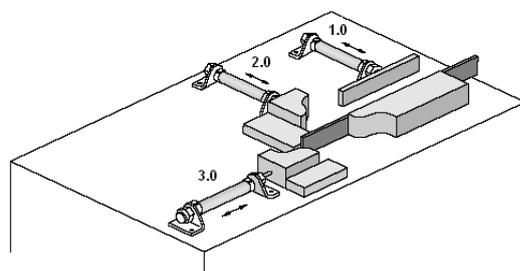
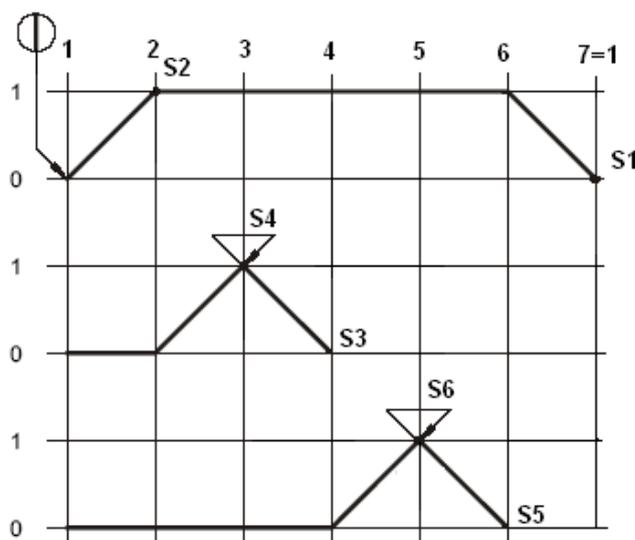
Kod taktne metode moramo paziti koji se glavni razvodnik koristi monostabil ili bistabil. Ako je bistabil onda ćemo morati postaviti dodatno tipkalo set na zadnjem krugu samodržanja, kako bi taj krug postavili pod napon pri prvom uključivanju napajanja. U cikličkom procesu taj se krug samostalno aktivira preko zadnjeg releja i kruga samodržanja. Kod monostabila ovo tipkalo nije potrebno postavljati.

Osim metoda postoji mogućnost korištenja kombinacija metoda, iz svake metode uzeti dio koji Vam odgovara i napraviti elektropneumatsku shemu sa što manje elemenata kako bi smanjili cijenu a zadržali funkcionalnost sustava. Često se može naći kombinacija taktne i kaskadne metode.

KOMBINACIJA METODA

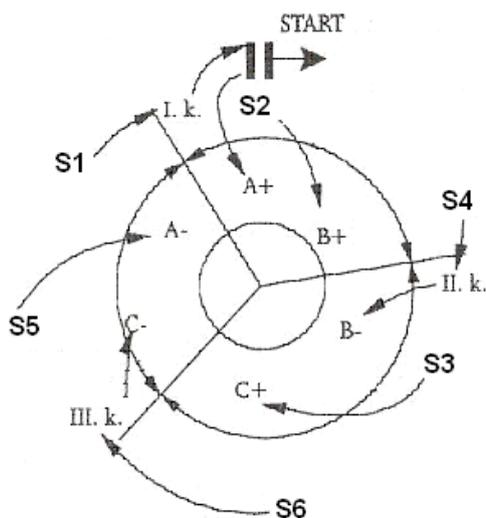
Po aktiviranju startnog tipkala klipnjača dvoradnog cilindra A steže izradak, nakon toga klipnjača dvoradnog cilindra B vrši prvo savijanje i vraća se natrag. Klipnjača dvoradnog cilindra C izlazi i savija lim do kraja. Nakon što je cilindar C u uvučenom položaju, cilindar A otpušta izradak.

Alfa numerički zapis: **A+B+B-C+C-A-**

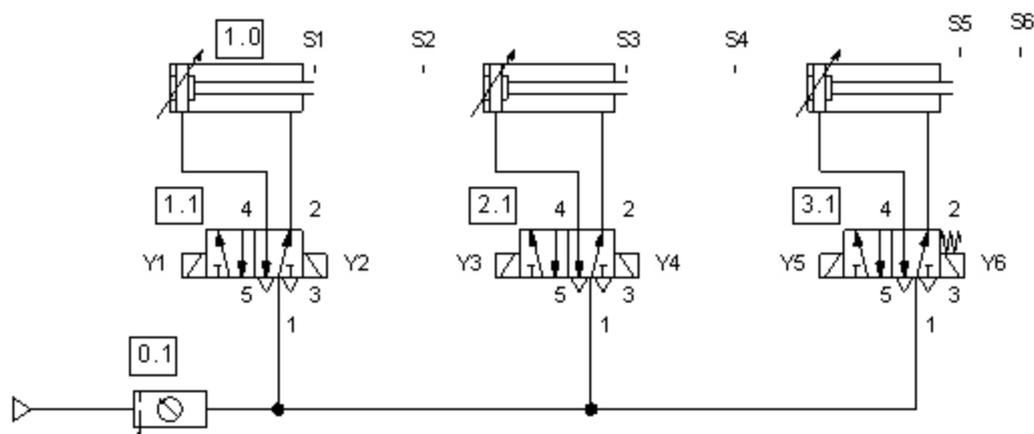


Slika 13. Položajna slika [6]

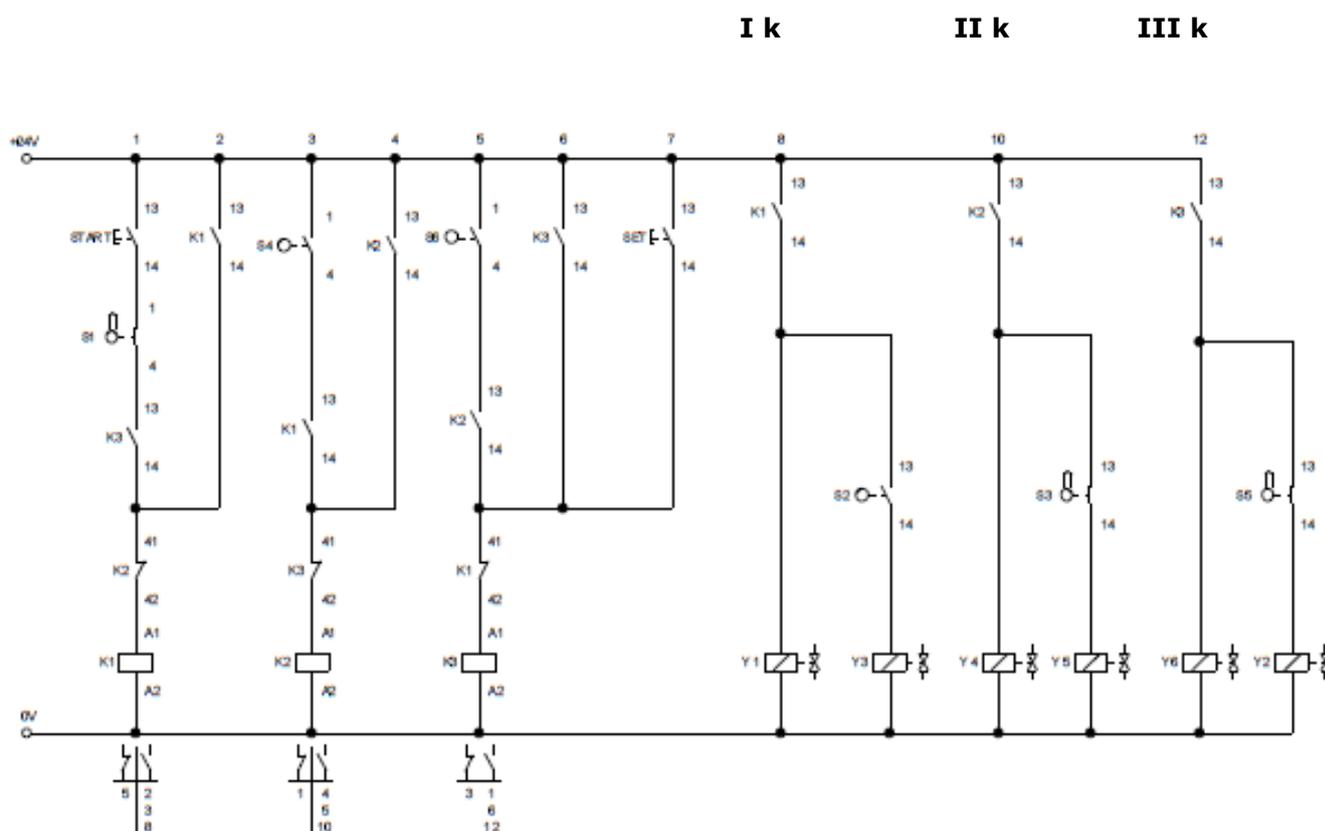
Slika 14. Funkcionalni dijagram



Slika 15. Funkcijski krug [6]



Slika 16. Pneumatska shema [6]



Slika 17. Električna shema [6]

NASTAVNI MATERIJALI ZA UČENIKE

VDMA metoda

Zadatci iz pneumatike i elektropneumatike

Projektne zadatke možemo podijeliti u dvije grupacije: pneumatske i elektropneumatske. Projektne zadatke integriraju sadržaje svih strukovnih jedinica modula, a izvodi se u nastavnim predmetima pneumatike i hidraulike. Iz tekstualnog dijela zadatka i položajne slike potrebno je nacrtati pneumatsku ili elektropneumatsku shemu. Kada se nacrtaju pneumatska ili elektropneumatska shema, provjerava se funkcionalnost iste pomoću računala koristeći programe za simulaciju FluidSIMP 4.2 za pneumatiku. Kada se provjeri i utvrdi da je shema ispravno nacrtana spaja se shema na didaktičke ploče i pušta se u pogon pneumatski ili elektropneumatski sustav.

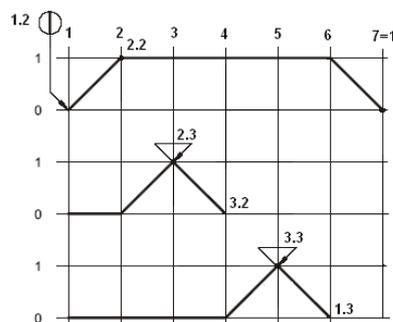
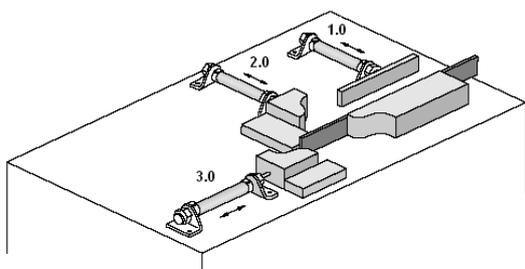
PNEUMATSKO UPRAVLJANJE VDMA METODOM

UREĐAJ ZA SAVIJANJE LIMA

U pneumatskom uređaju za savijanje lima klipnjača dvoradnog cilindra A steže izradak, nakon toga klipnjača dvoradnog cilindra B vrši prvo savijanje i vraća se u početni položaj. Klipnjača dvoradnog cilindra C izlazi i savija lim do kraja. Nakon što je cilindar C u uvučenom položaju, cilindar A otpušta izradak.

Na osnovu položajne skice i teksta zadatka potrebno je:

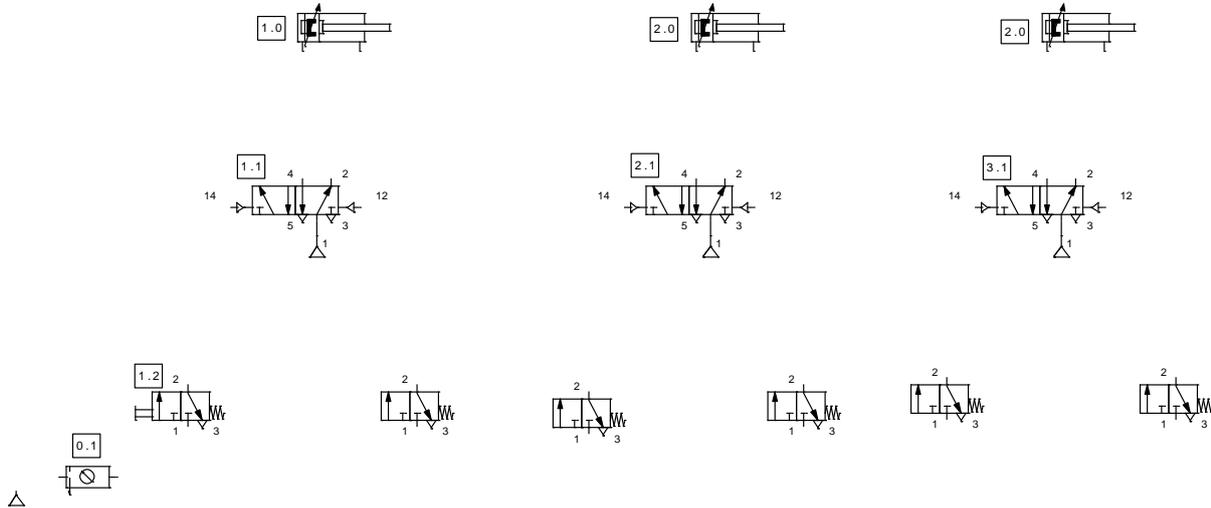
- *Nacrtati pneumatsku shemu upravljanja*
- *Označiti komponente i sastaviti listu komponenti*
- *Ispitati shemu na računaru programom FluidSIM-P*
- *Na pneumatskom stolu spojiti komponente i pustiti sustav u rad.*



Slika 18. Položajna slika i funkcionalni dijagram [3]

UREĐAJ ZA SAVIJANJE LIMA

VDMA metoda



Slika 19. Nedovršena pneumatska shema

Tablica 6. Specifikacija elemenata

Oznaka	Komada	Naziv komponente

MATERIJALI ZA NASTAVNIKE

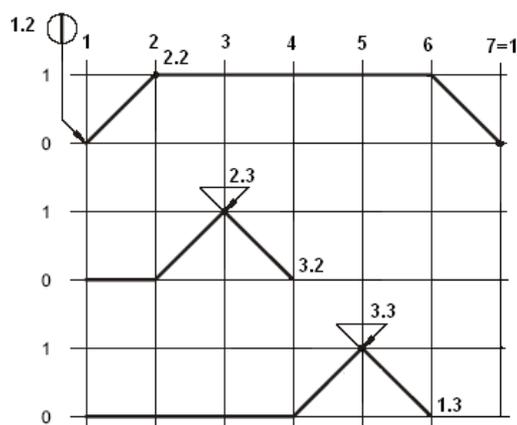
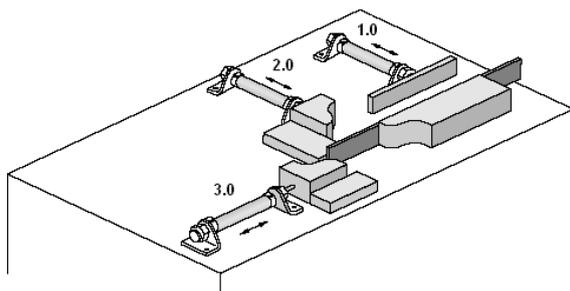
VDMA metoda

UREĐAJ ZA SAVIJANJE LIMA

U pneumatskom uređaju za savijanje lima klipnjača dvoradnog cilindra A steže izradak, nakon toga klipnjača dvoradnog cilindra B vrši prvo savijanje i vraća se u početni položaj. Klipnjača dvoradnog cilindra C izlazi i savija lim do kraja. Nakon što je cilindar C u uvučenom položaju, cilindar A otpušta izradak.

Na osnovu položajne skice i teksta zadatka potrebno je:

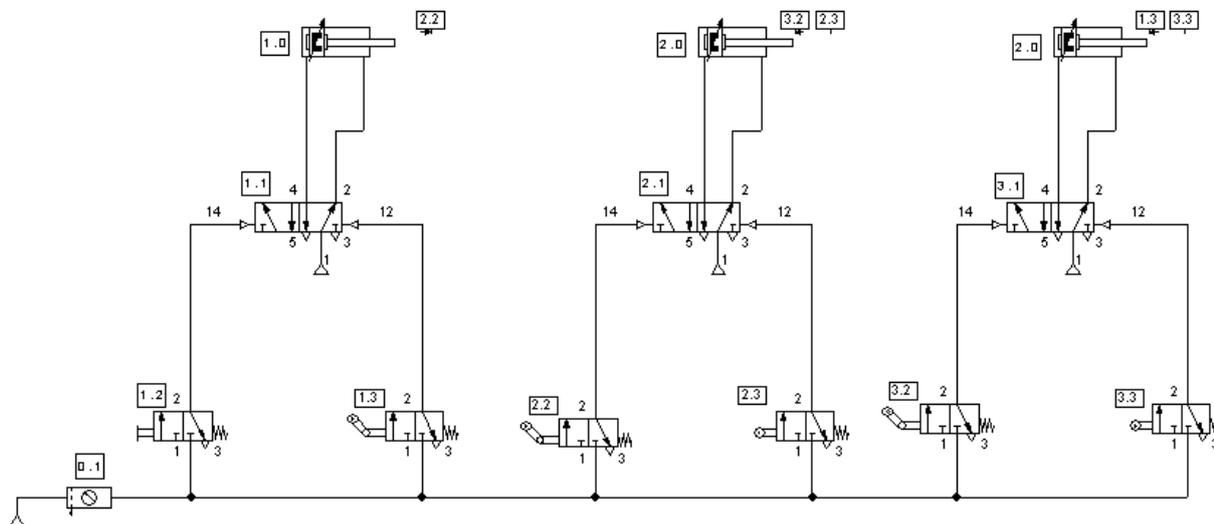
- *Nacrtati pneumatsku shemu upravljanja*
- *Označiti komponente i sastaviti listu komponenti*
- *Ispitati shemu na računalu programom FluidSIM-P*
- *Na pneumatskom stolu spojiti komponente i pustiti sustav u rad.*



Slika 20. Položajna slika i funkcionalni dijagram [3]

UREĐAJ ZA SAVIJANJE LIMA

VDMA metoda



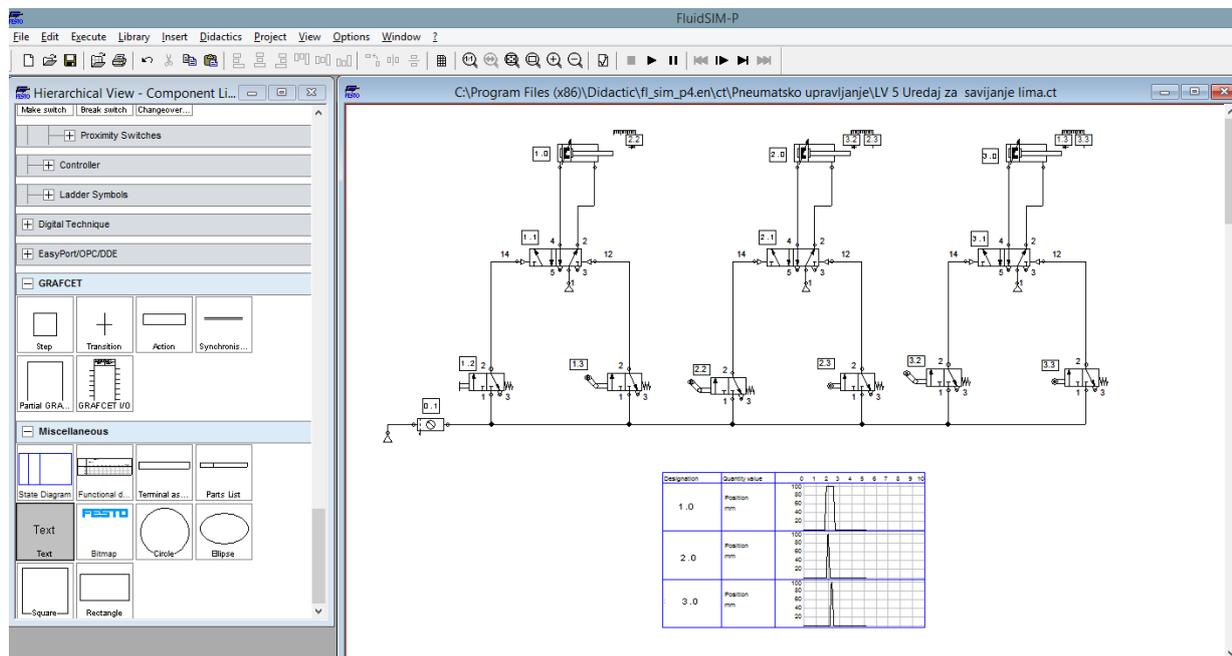
Slika 21. Pneumatska shema VDMA metoda [3]

Tablica 7. Specifikacija elemenata

Oznaka	Komada	Naziv komponente
1.0 ; 2.0	2	Pneumatski dvoradni cilindar
1.1 ; 2.1	2	Razvodnik 5/2 pneumatski aktiviran, bistabil
1.2	1	Razvodnik 3/2 ručno aktiviran povrat oprugom
1.3 ; 2.2 ; 3.2	3	Razvodnik 3/2 mehanički aktiviran zglobni
2.3 ; 3.3	2	Razvodnik 3/2 mehanički aktiviran
0.1	1	Priprema grupa elemenata
		Plastične cijevi promjera 4 mm

UREĐAJ ZA SAVIJANJE LIMA

VDMA metoda



Slika 22. FluidSIM-P provjera sheme



Slika 23. Spajanje komponenti na pneumatskoj didaktičkoj ploči

NASTAVNI MATERIJALI ZA UČENIKE

Kaskadna metoda

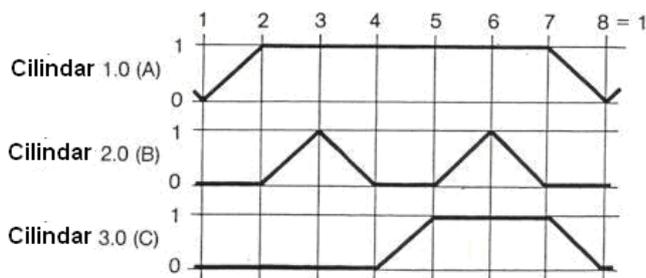
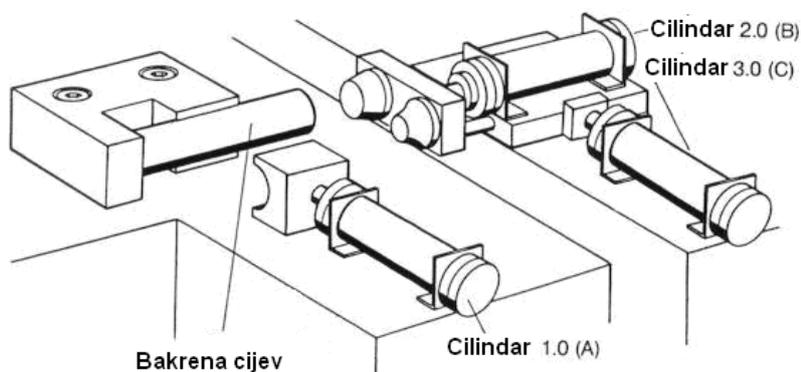
UREĐAJ ZA PROŠIRIVANJE RUBA CIJEVI

Uređaj se koristi za proširenje ruba bakrene cijevi. Nakon što cijev postavimo u uređaj i aktiviramo tipkalo START započinje ciklus. Cilindrom A stegne se cijev, nakon toga cilindar B preoblikuje otvor cijevi i vrati se natrag. Cilindrom C napravimo izmjenu alata i nakon toga ponovo cilindar B proširi ulazni dio cijevi. U zadnjem koraku istovremeno se otpušta cijev i vrši izmjena alata.

Na osnovu položajne skice i teksta zadatka potrebno je:

- *Nacrtati pneumatsku shemu upravljanja*
- *Označiti komponente i priključke ventila*
- *Ispitati shemu na računalu*
- *Na pneumatskom stolu spojiti komponente i pustiti sustav u rad.*

Položajna skica



Slika 24. Položajna slika i funkcionalni dijagram [4]

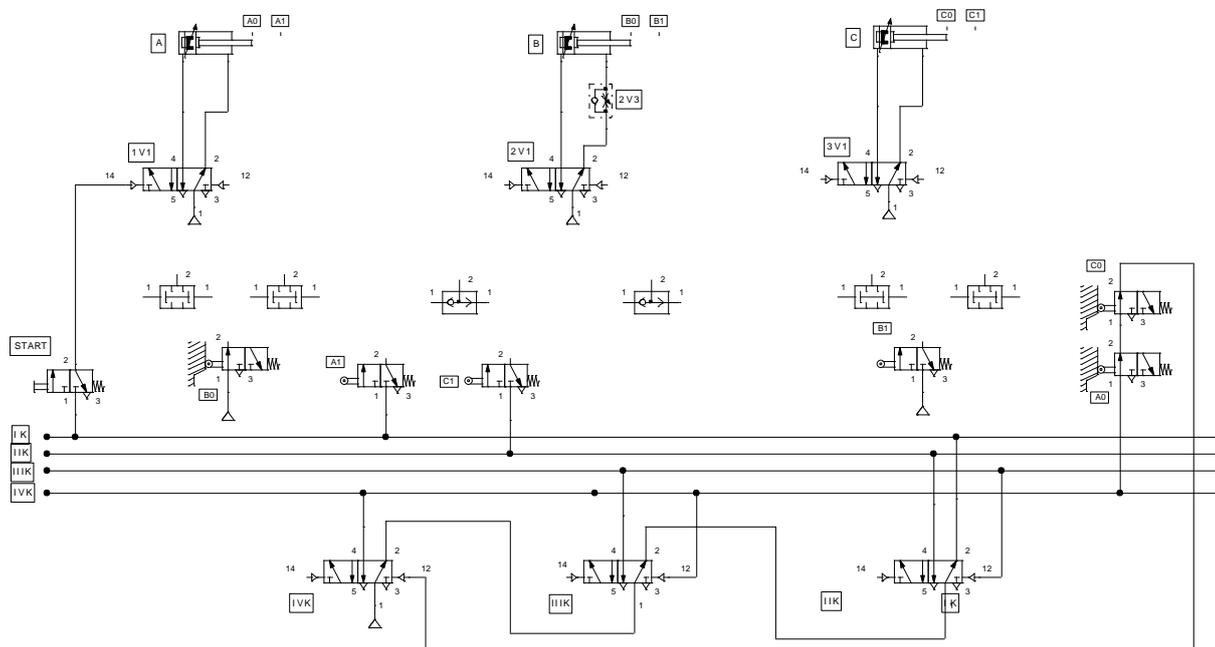
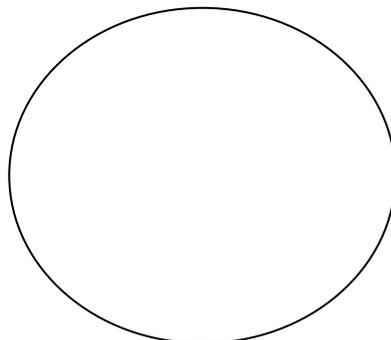
UREĐAJ ZA PROŠIRIVANJE RUBA CIJEVI

Kaskadna metoda

Alfanumerički zapis: **A+B+B-C+B+B-A-**

C-

Funkcijski krug



Slika 25. Nedovršena pneumatska shema i funkcijski krug

MATERIJALI ZA NASTAVNIKE

Kaskadna metoda

UREĐAJ ZA PROŠIRIVANJE RUBA CIJEVI

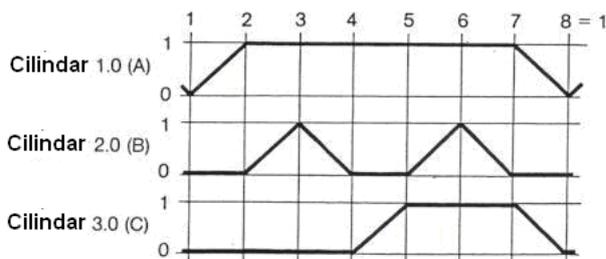
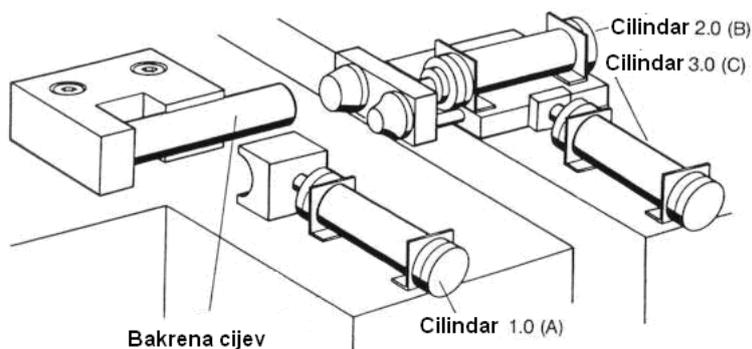
Kaskadna metoda – serijski spoj

Uređaj se koristi za proširenje ruba bakrene cijevi. Nakon što cijev postavimo u uređaj i aktiviramo tipkalo START započinje ciklus. Cilindrom A stegne se cijev, nakon toga cilindar B preoblikuje otvor cijevi i vrati se natrag. Cilindrom C napravimo izmjenu alata i nakon toga ponovo cilindar B proširi ulazni dio cijevi. U zadnjem koraku istovremeno se otpušta cijev i vrši izmjena alata.

Na osnovu položajne skice i teksta zadatka potrebno je:

- *Nacrtati pneumatsku shemu upravljanja*
- *Označiti komponente i priključke ventila*
- *Ispitati shemu na računalu*
- *Na pneumatskom stolu spojiti komponente i pustiti sustav u rad.*

Položajna skica

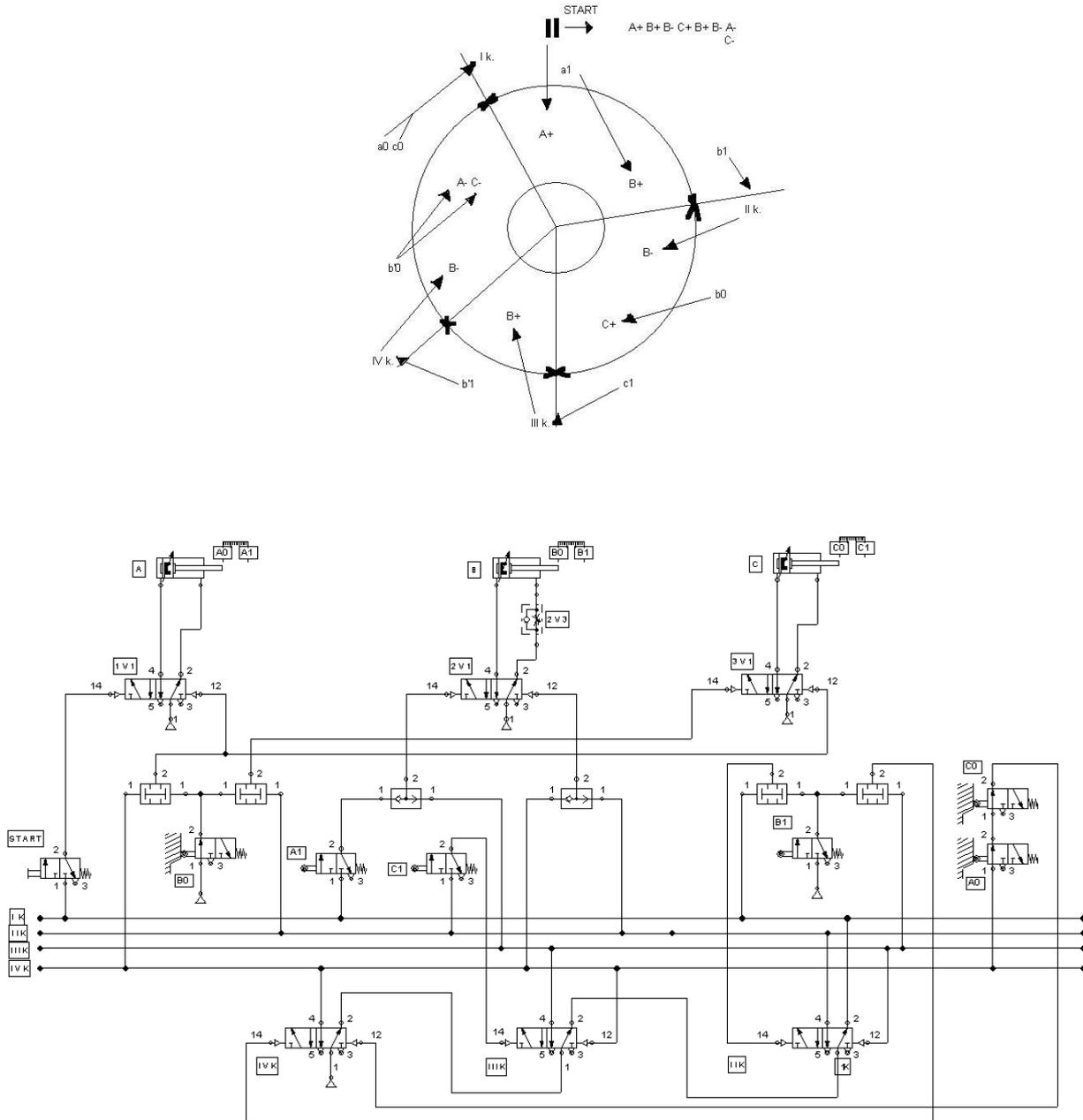


Slika 26. Položajna slika i funkcionalni dijagram [4]

UREĐAJ ZA PROŠIRIVANJE RUBA CIJEVI

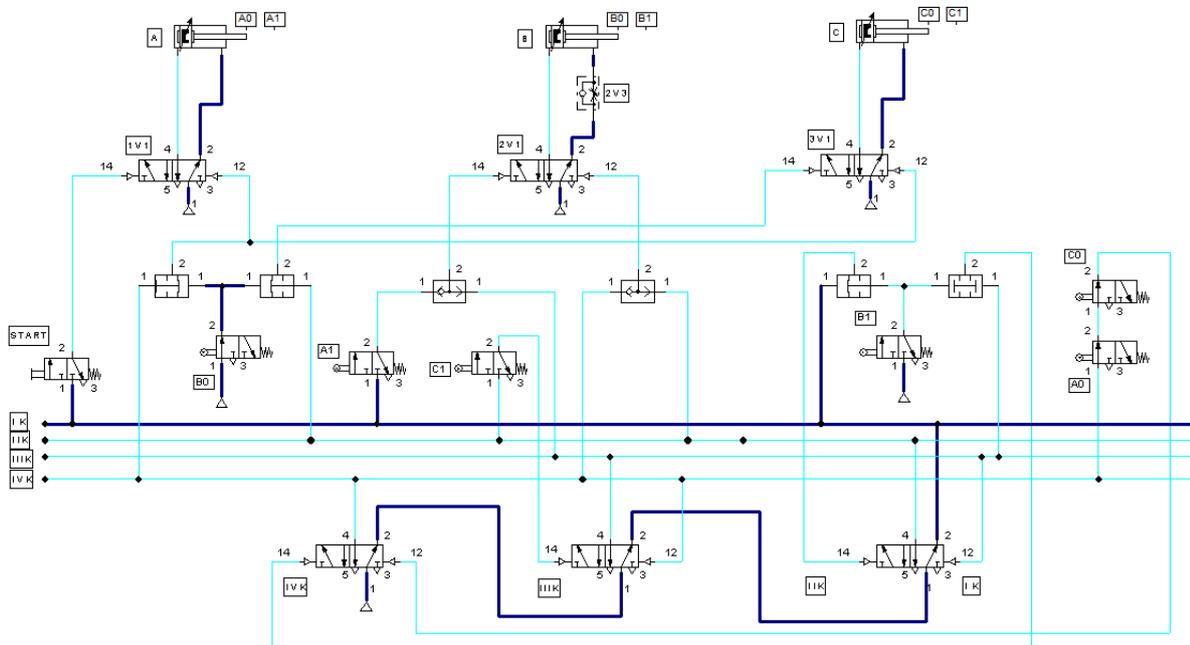
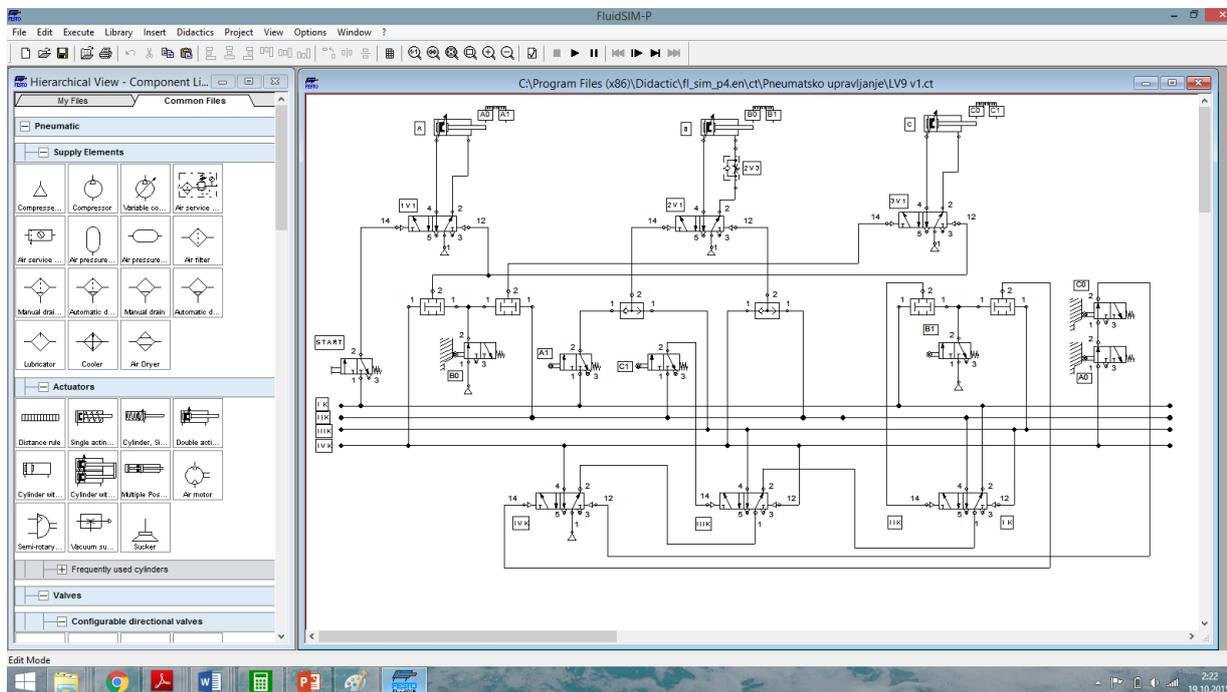
Kaskadna metoda

Funkcijski krug



Slika 27. Pneumatska shema i funkcijski krug [4]

UREĐAJ ZA PROŠIRIVANJE RUBA CIJEVI



Slika 28. Kaskadna metoda - FluidSIM -P provjera sheme

UREĐAJ ZA PROŠIRIVANJE RUBA CIJEVI

Kaskadna metoda



Slika 29. Spajanje komponenti na pneumatskoj didaktičkoj ploči

NASTAVNI MATERIJALI ZA UČENIKE

Taktna metoda

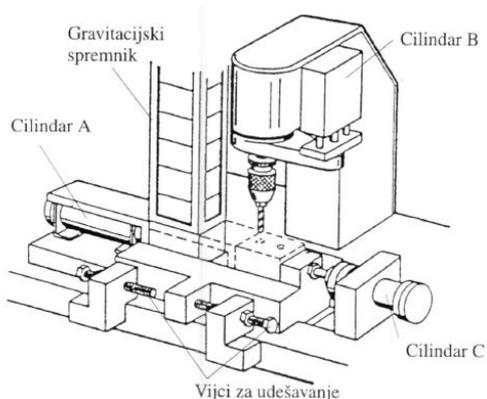
UREĐAJ ZA BUŠENJE

Na izratku na malom razmaku treba izbušiti dvije rupe istog promjera. Dvoradnim cilindrom A izbacimo izradak iz gravitacijskog spremnika i dovodimo ga na mjesto bušenja. Posmak bušenog vretena izvodi cilindar B. Dovođenje izratka u drugu poziciju za bušenje ostvaruje se pomicanjem stola dvoradnim cilindrom C. Točnu poziciju bušenja osiguramo namještanjem graničnih vijaka. Povratkom cilindra A u početnu poziciju, oslobodimo izradak i ručno ga izvadimo iz uređaja.

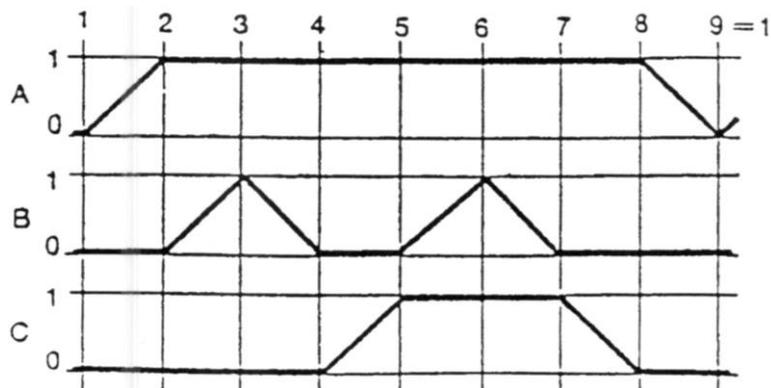
Na osnovu položajne skice i teksta zadatka potrebno je:

- *Nacrtati pneumatsku shemu upravljanja*
- *Označiti komponente i priključke ventila*
- *Ispitati shemu na računalu*
- *Na pneumatskom stolu spojiti komponente i pustiti sustav u rad.*

Položajna skica



Funkcionalni dijagram

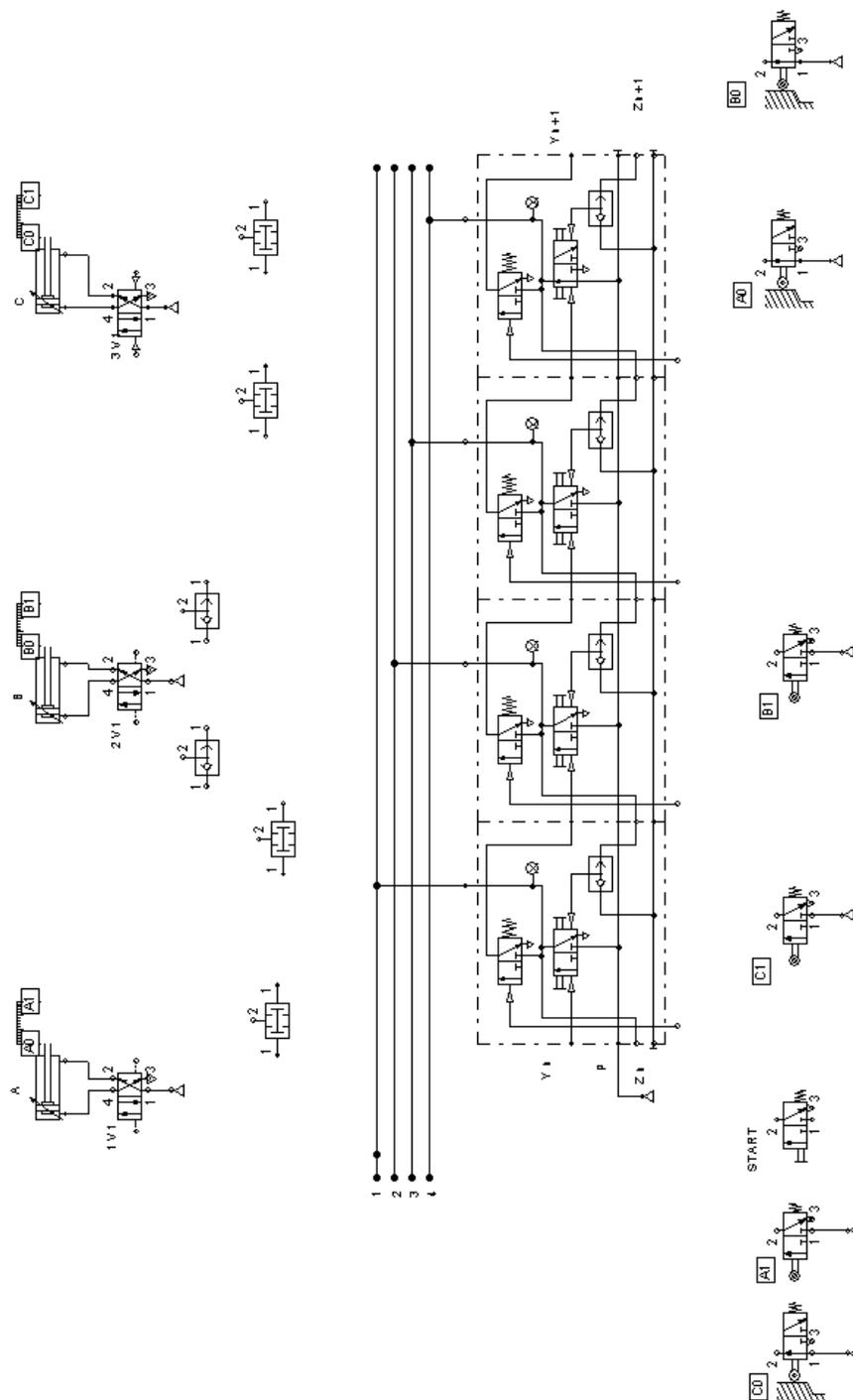


Slika 30. Položajna slika i funkcionalni dijagram [4]

Alfanumerički zapis: A+B+B-C+B+B-C- A-

UREĐAJ ZA BUŠENJE

Taktna metoda



Slika 31. Nedovršena pneumatska shema za taktnu metodu

MATERIJALI ZA NASTAVNIKE

Taktna metoda

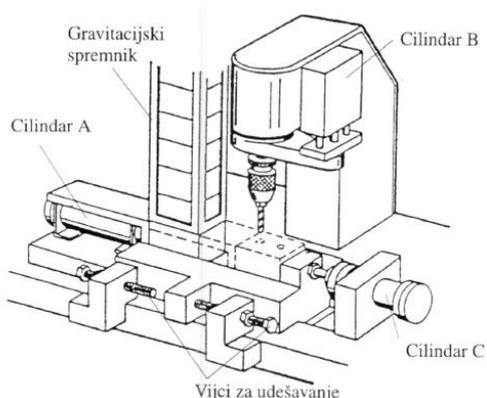
UREĐAJ ZA BUŠENJE

Na izratku na malom razmaku treba izbušiti dvije rupe istog promjera. Dvoradnim cilindrom A izbacimo izradak iz gravitacijskog spremnika i dovodimo ga na mjesto bušenja. Posmak bušenog vretena izvodi cilindar B. Dovođenje izradka u drugu poziciju za bušenje ostvari se pomicanjem stola dvoradnim cilindrom C. Točnu poziciju bušenja osiguramo namještanjem graničnih vijaka. Povratkom cilindra A u početnu poziciju oslobodimo izradak i ručno ga izvadimo iz uređaja.

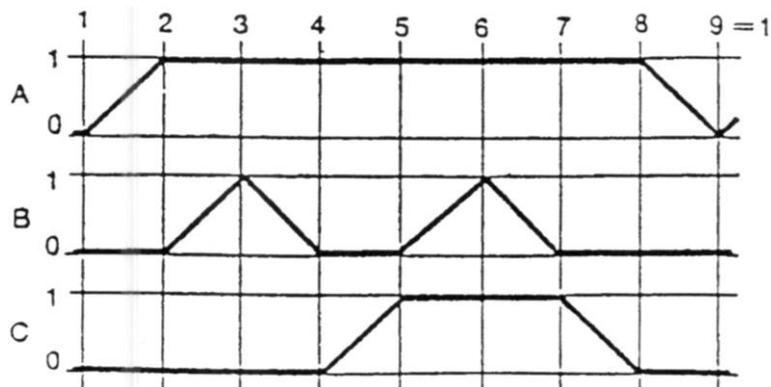
Na osnovu položajne skice i teksta zadatka potrebno je:

- *Nacrtati pneumatsku shemu upravljanja*
- *Označiti komponente i priključke ventila*
- *Ispitati shemu na računalu*
- *Na pneumatskom stolu spojiti komponente i pustiti sustav u rad.*

Položajna skica



Funkcionalni dijagram

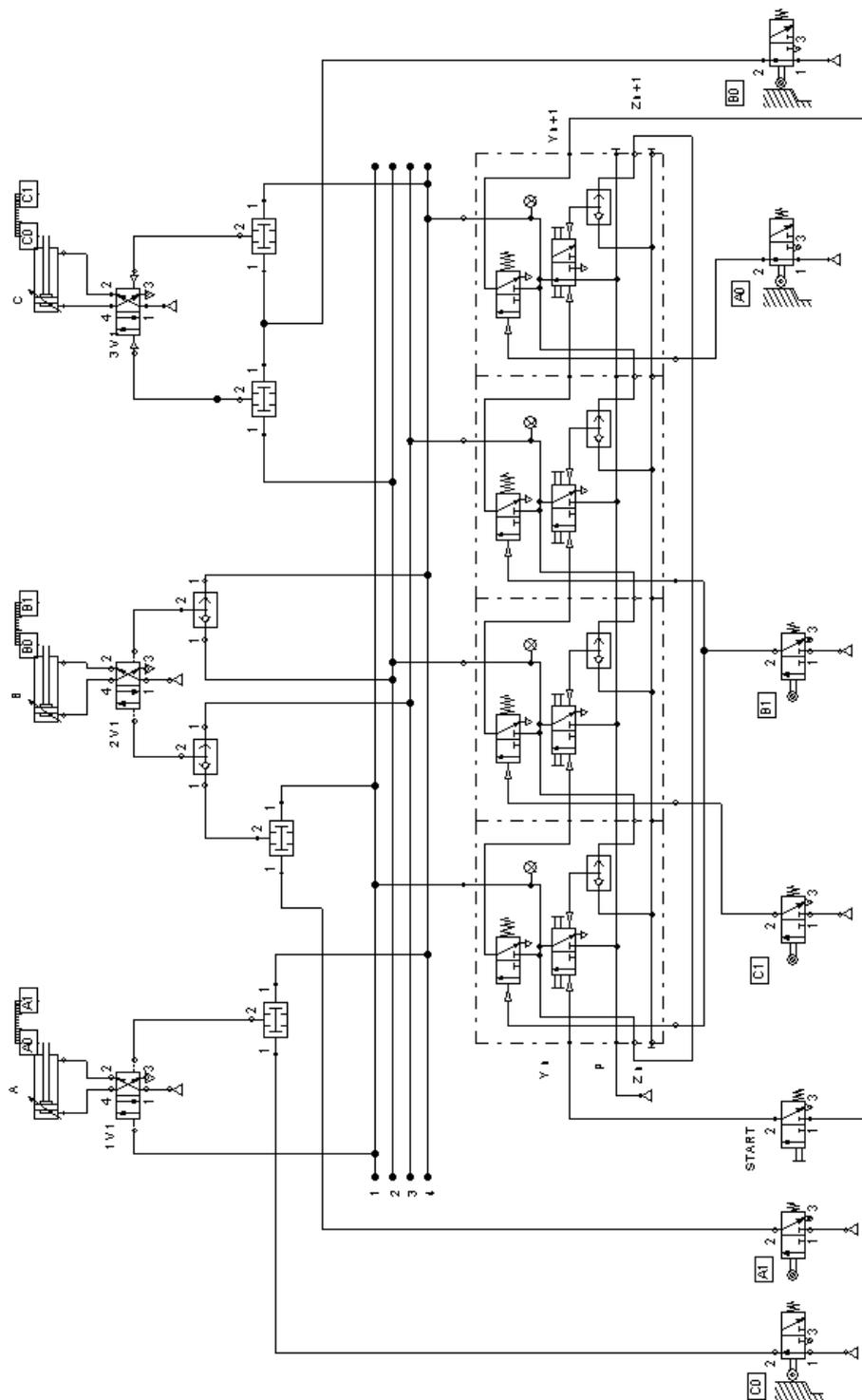


Slika 32. Položajna slika i funkcionalni dijagram [4]

Alfanumerički zapis: A+B+B-C+B+B-C- A-

UREĐAJ ZA BUŠENJE

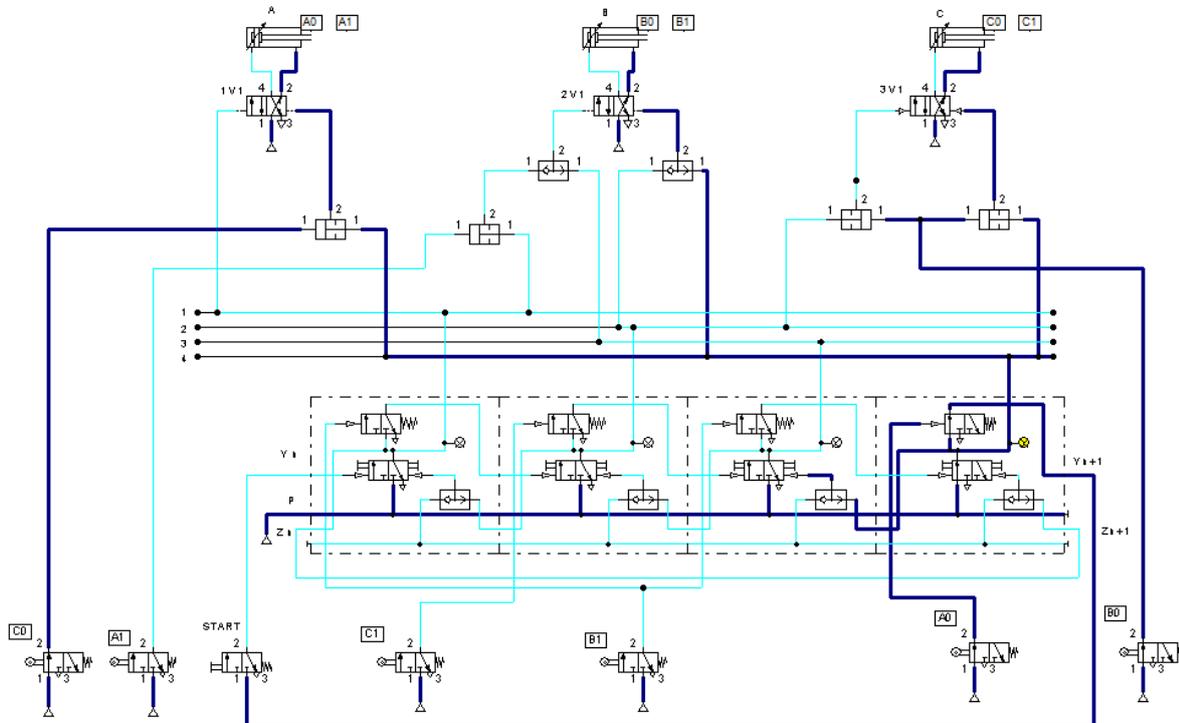
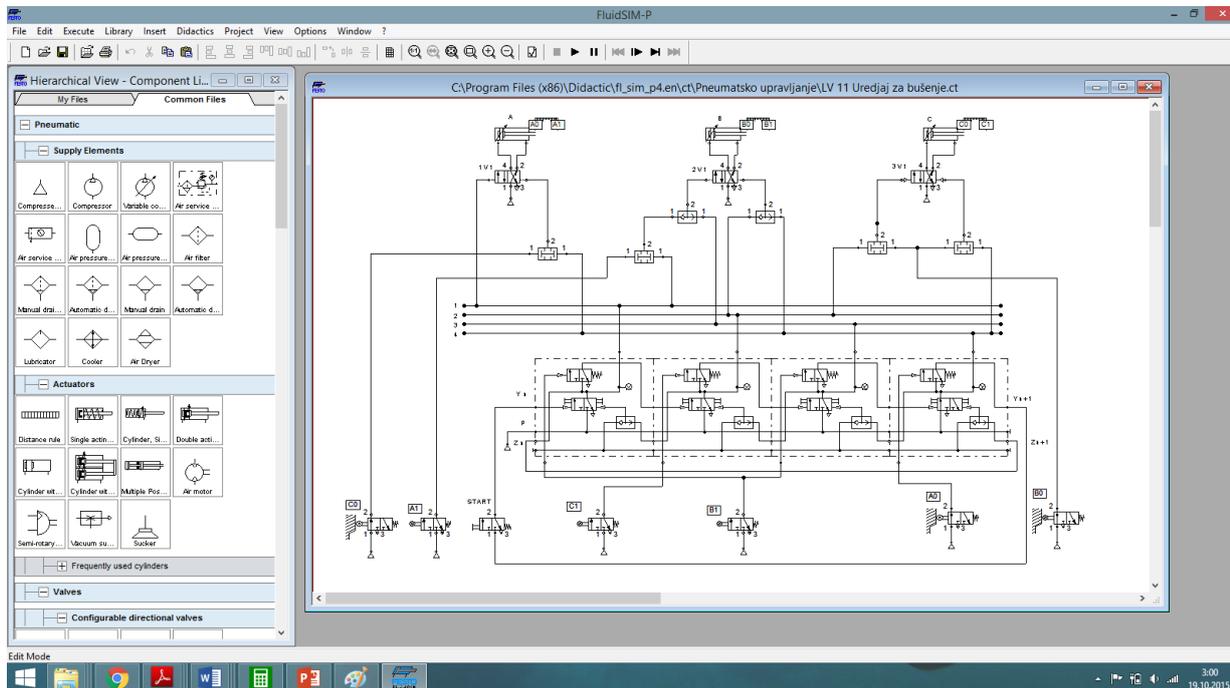
Pneumatska shema



Slika 33. Pneumatska shema taktnu metodu [4]

UREĐAJ ZA BUŠENJE

Taktna metoda



Slika 34. Taktna metoda - FluidSIM –P provjera sheme

UREĐAJ ZA BUŠENJE

Taktna metoda



Slika 35. Spajanje komponenti na pneumatskoj didaktičkoj ploči

NASTAVNI MATERIJALI ZA UČENIKE

Elektropneumatsko upravljanje - kombinacija metoda

UREĐAJ ZA SAVIJANJE

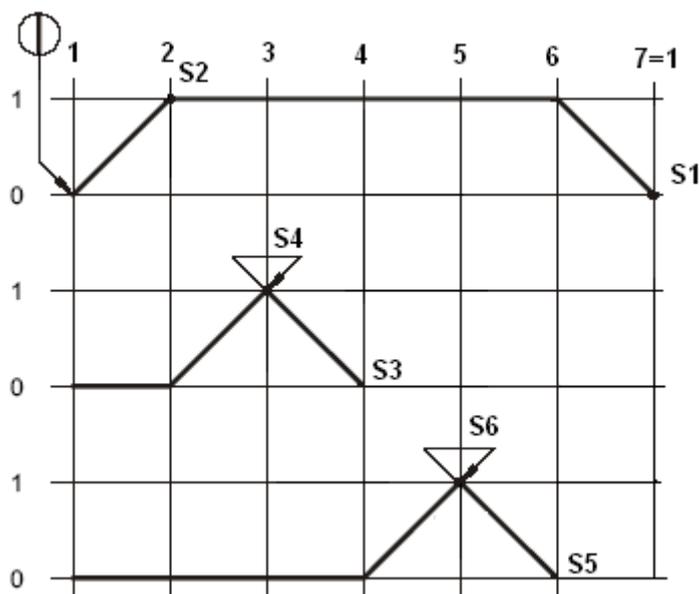
Kombinacija kaskadne i taktne metode u elektropneumatskom upravljanju

Po aktiviranju startnog tipkala klipnjača dvoradnog cilindra A steže izradak, nakon toga klipnjača dvoradnog cilindra B vrši prvo savijanje i vraća se natrag. Klipnjača dvoradnog cilindra C izlazi i savija lim do kraja. Nakon što je cilindar C u uvučenom položaju, cilindar A otpušta izradak.

Na osnovu položajne skice i teksta zadatka potrebno je:

- *Nacrtati pneumatsku i električnu shemu upravljanja*
- *Ispitati shemu na računalu*
- *Na didaktičkom stolu spojiti komponente i pustiti sustav u rad.*

Alfa numerički zapis: A+B+B-C+C-A-

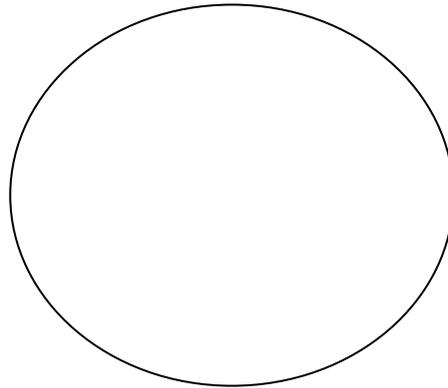


Slika 36. Funkcionalni dijagram [5]

UREĐAJ ZA SAVIJANJE

Kombinacija kaskadne i taktne metode u elektropneumatskom upravljanju

Alfa numerički zapis: **A+B+B-C+C-A-**



Slika 37. Nedovršeni kaskadni krug

MATERIJALI ZA NASTAVNIKE

Elektropneumatsko upravljanje - kombinacija metoda

UREĐAJ ZA SAVIJANJE

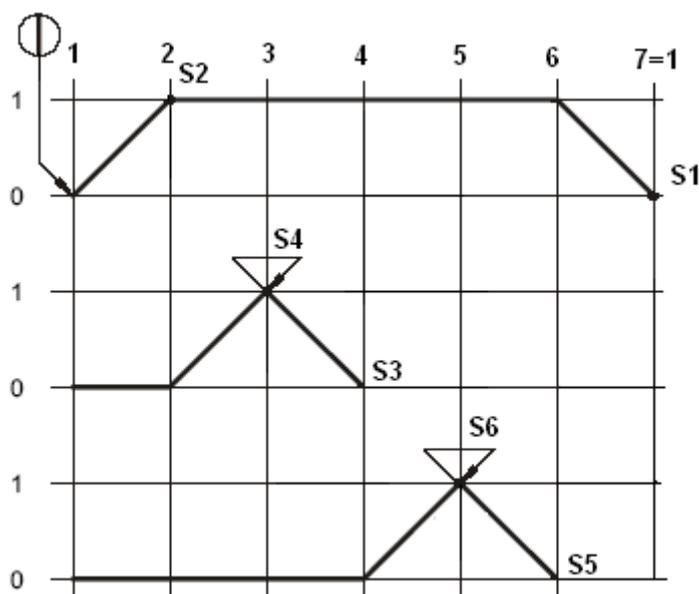
Kombinacija kaskadne i taktne metode u elektropneumatskom upravljanju

Po aktiviranju startnog tipkala klipnjača dvoradnog cilindra A steže izradak, nakon toga klipnjača dvoradnog cilindra B vrši prvo savijanje i vraća se natrag. Klipnjača dvoradnog cilindra C izlazi i savija lim do kraja. Nakon što je cilindar C u uvučenom položaju, cilindar A otpušta izradak.

Na osnovu položajne skice i teksta zadatka potrebno je:

- *Nacrtati pneumatsku i električnu shemu upravljanja*
- *Ispitati shemu na računalu*
- *Na didaktičkom stolu spojiti komponente i pustiti sustav u rad.*

Alfa numerički zapis: A+B+B-C+C-A-

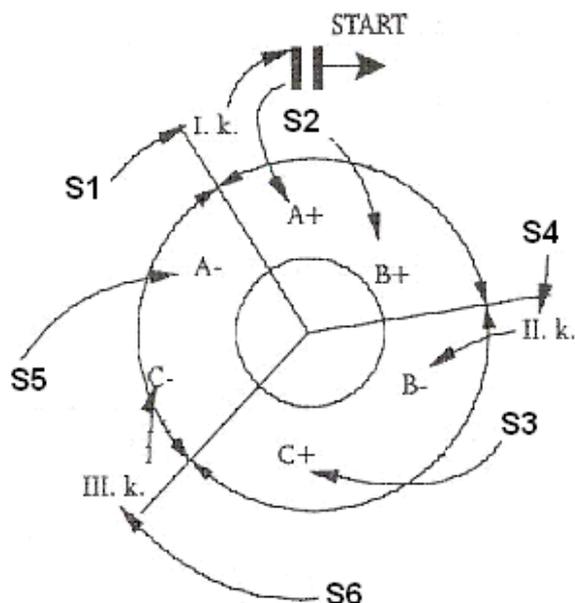


Slika 40. Funkcionalni dijagram [5]

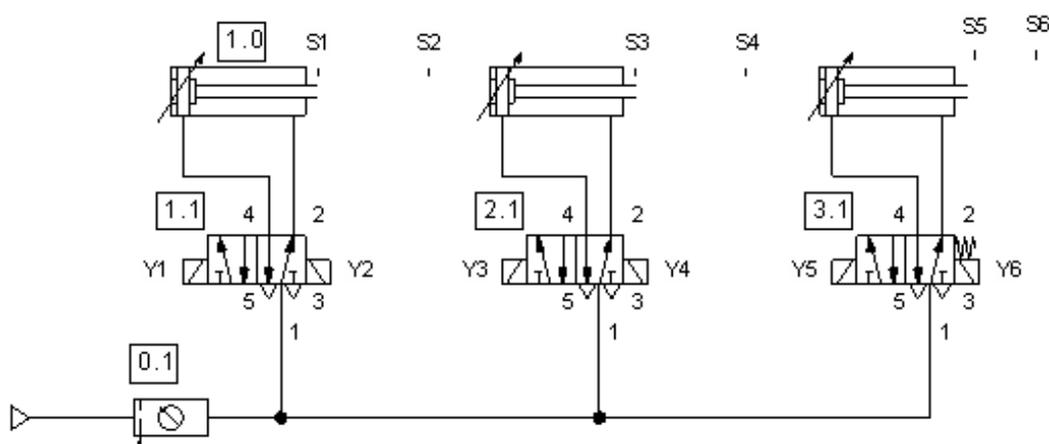
UREĐAJ ZA SAVIJANJE

Alfa numerički zapis: **A+B+ | B-C+ | C-A-**

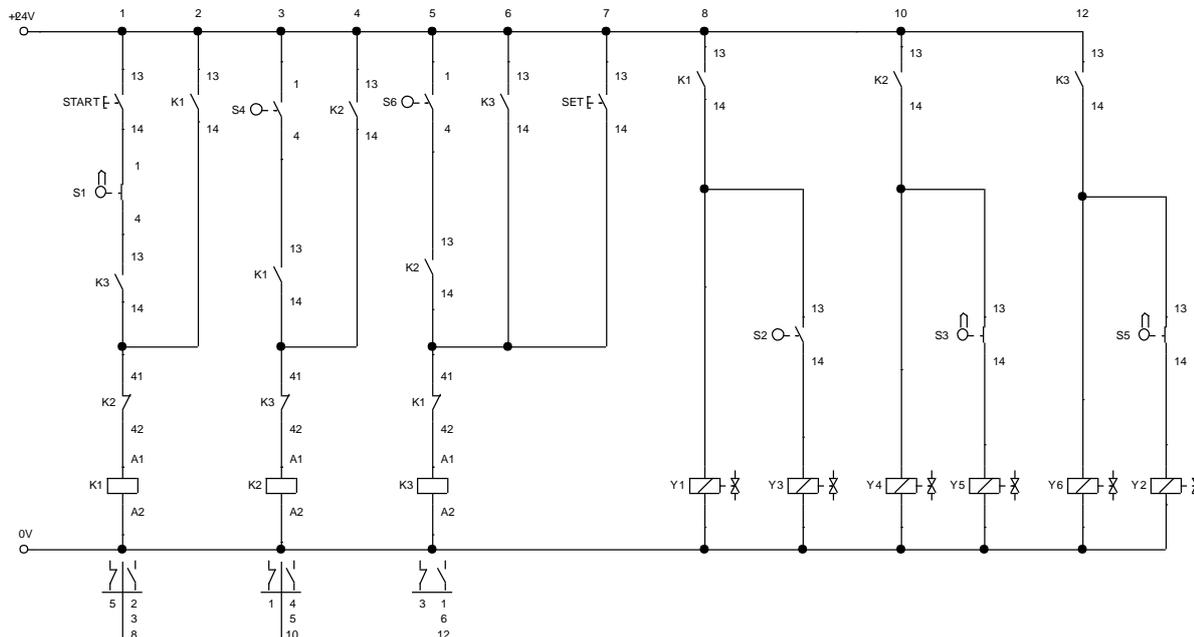
I K II K III K



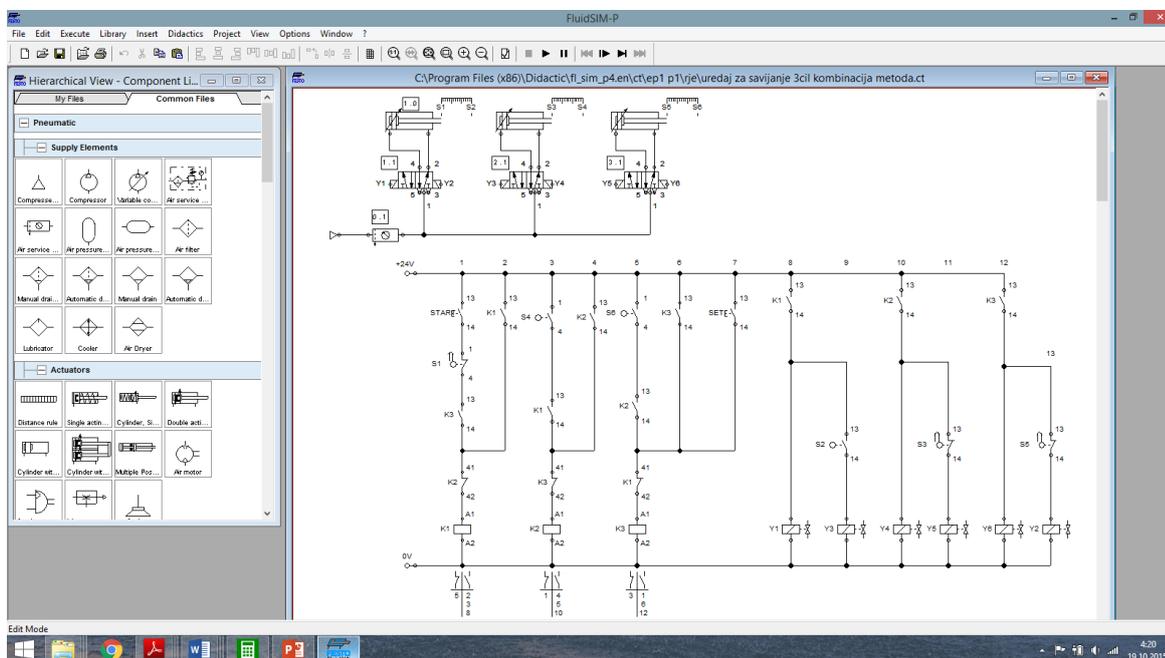
Slika 41. Kaskadni krug kombinacija kaskadne i taktne metode [5]



Slika 42. Pneumatska shema [5]



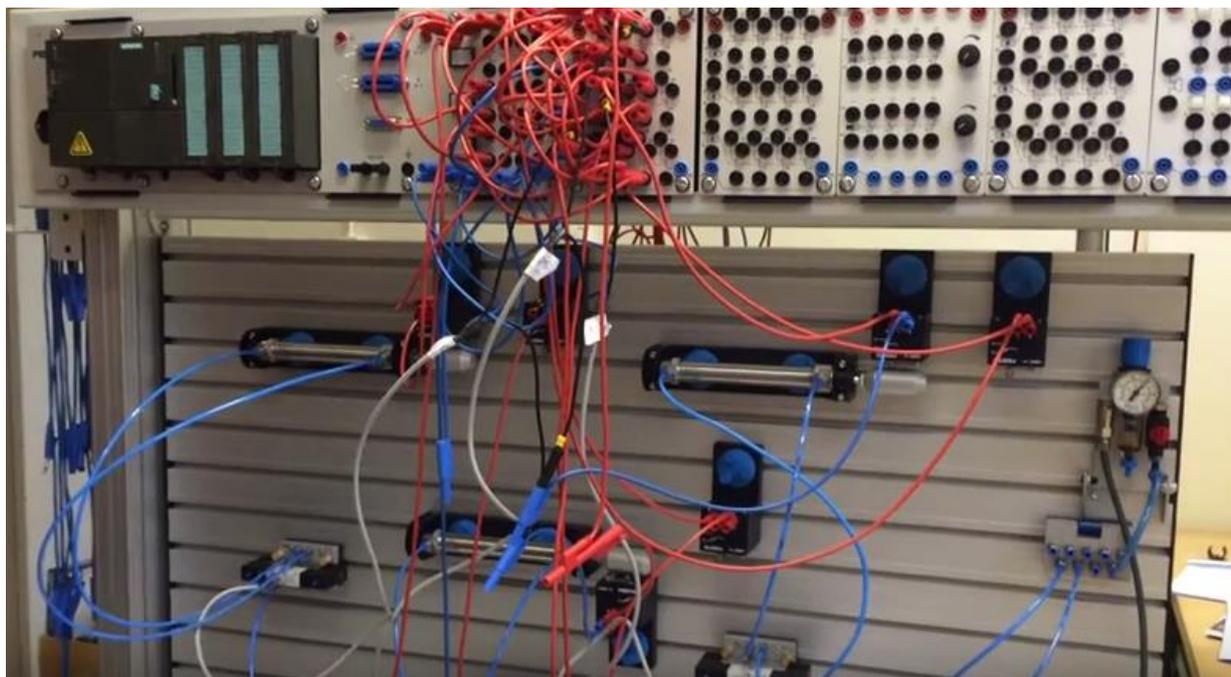
Slika 43. Električna shema [5]



Slika 44. Kombinacija metoda - FluidSIM –P provjera sheme

UREĐAJ ZA SAVIJANJE

Kombinacija kaskadne i taktne metode u elektropneumatskom upravljanju



Slika 45. Spajanje komponenti na pneumatskoj didaktičkoj ploči

LITERATURA

1. **FESTO:** *Pneumatika priručnik i vježbe*, Festo Didactic GmbH, Esslingen, 1988.
2. **FESTO:** *Elektropneumatika priručnik i vježbe*, Festo Didactic GmbH, Esslingen.
3. **NIKOLIĆ G.:** *Pneumatsko upravljanje III izdanje*, sveučilišni udžbenik, Sveučilišna naklada d.o.o., Zagreb 1990.
4. **NIKOLIĆ G.:** *Zbirka zadataka iz pneumatskog upravljanja*, II izdanje, sveučilišna skripta, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb 1988.
MALEŠ N.: *Elektropneumatika*, skripta, I izdanje Centar za nove tehnologije, Zagreb 2010.
5. **MALEŠ N.:** *Predavanja i vježbe Pneumatike s Veleučilišta Bjelovar*, 2020.