

Primjena metoda pneumatskog upravljanja pri programiranju PLC-a

Telišman, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Bjelovar University of Applied Sciences / Veleučilište u Bjelovaru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:839846>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



VELEUČILIŠTE U BJELOVARU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

**PRIMJENA METODA PNEUMATSKOG
UPRAVLJANJA PRI PROGRAMIRANJU PLC-a**

Završni rad br. 20/MEH/2019

Nikola Telišman

Bjelovar, rujan 2020.



Veleučilište u Bjelovaru
Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Telišman Nikola** Datum: 23.12.2019.

Matični broj: 001320

JMBAG: 0314012734

Kolegij: **PNEUMATIKA I HIDRAULIKA**

Naslov rada (tema): **Primjena metoda pneumatskog upravljanja pri programiranju PLC-a**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Strojarstvo**

Grana: **Mehatronika**

Mentor: **Neven Maleš, mag.ing.mech.**

zvanje: **predavač**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

1. dr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik
2. Neven Maleš, mag.ing.mech., mentor
3. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., član

2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 20/MEH/2019

U radu je potrebno:

- Opisati metode pneumatskog upravljanja kaskadnu i taktnu
- Razraditi elektropneumatsku shemu kaskadnom i taktnom metodom na sustavu za savijanje
- Sustav za savijanje ima tri cilindra, alfaumerički zapis cilindara je (A+B+B-C+C-A-)
- Napravite i elektropneumatsku shemu kombinacijom metoda kaskadne i taktne
- Programirati PLC koristeći gotova rješenja koje ste napravili iz elektropneumatike
- Na didaktičkoj ploči spojite i pustite u pogon sustav za savijanje

Zadatak uručen: 23.12.2019.

Mentor: **Neven Maleš, mag.ing.mech.**



Zahvala

Želim se zahvaliti svojim roditeljima, braći i djevojci na pomoći i podršci tokom studija.

Sadržaj

UVOD	1
1. OPĆI DIO	2
1.1 <i>Pneumatika</i>	2
1.2 <i>Elektropneumatika</i>	4
1.3 <i>Električne komponente</i>	4
1.3.1 <i>Prekidači</i>	4
1.3.2 <i>Releji</i>	5
1.3.3 <i>Senzori</i>	6
1.4 <i>Programabilni logički kontroler (PLC)</i>	7
2. UPRAVLJANJE I METODE ELEKTROPNEUMATSKOG UPRAVLJANJA	11
2.1 <i>Kaskadna metoda</i>	15
2.2 <i>Taktna metoda</i>	17
2.3 <i>Kombinacija kaskadne i taktne metode</i>	19
3. SUSTAV ZA SAVIJANJE	20
3.1 <i>Rješenje zadatka kaskadnom metodom sa sensorima</i>	22
3.1.1 <i>PLC shema spajanja kaskadne metode sa sensorima</i>	24
3.1.2 <i>GRAF CET</i>	26
3.1.3 <i>PLC program kaskadne metode sa sensorima</i>	27
3.2 <i>Rješenje zadatka kaskadnom metodom i vremenskim članom</i>	29
3.2.1 <i>PLC program kaskadne metode s vremenskim članom</i>	30
3.3 <i>Rješenje zadatka kaskadnom metodom sa sensorima i graničnim prekidačima</i>	32
3.3.1 <i>PLC shema spajanja kaskadne metode sa sensorima i graničnim prekidačima</i>	33
3.3.2 <i>PLC program kaskadne metode sa sensorima i graničnim prekidačima</i>	34
3.4 <i>Rješenje zadatka kaskadnom metodom i graničnim prekidačima</i>	36
3.4.1 <i>PLC shema spajanja kaskadne metode s graničnim prekidačima</i>	37
3.4.2 <i>PLC program kaskadne metode s graničnim prekidačima</i>	38
3.5 <i>Rješenje zadatka taktnom metodom sa sensorima</i>	40
3.5.1 <i>PLC shema spajanja taktne metode sa sensorima</i>	41
3.5.2 <i>GRAF CET taktne metode</i>	43
3.5.3 <i>PLC program taktne metode sa sensorima</i>	44
3.6 <i>Rješenje zadatka taktnom metodom sa sensorima i graničnim prekidačima</i>	46
3.6.1 <i>PLC shema spajanja taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima</i>	47
3.6.2 <i>PLC program taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima</i>	48
3.7 <i>Rješenje zadatka taktnom metodom i graničnim prekidačima</i>	50
3.7.1 <i>PLC shema spajanja taktne metode s graničnim prekidačima</i>	51
3.7.2 <i>PLC program taktne metode s graničnim prekidačima</i>	52
3.8 <i>Rješenje zadatka kombinacijom kaskadne i taktne metode sa sensorima</i>	54
3.8.1 <i>PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode sa sensorima</i>	55
3.9 <i>Rješenje zadatka kaskadnom i taktnom metodom sa sensorima i graničnim prekidačima</i>	57
3.9.1 <i>PLC program kaskadne i taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima</i>	58
3.10 <i>Rješenje zadatka kombinacijom kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima</i>	59
3.10.1 <i>PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima</i>	60
4. ZAKLJUČAK	62

5. LITERATURA	63
SAŽETAK	64
ABSTRACT.....	65
POPIS SLIKA	66
PRILOZI	68

UVOD

Tema ovog završnog rada je primjena metoda elektropneumatskog upravljanja kod programiranja PLC-a. U radu će se koristiti dvije metode, kaskadna i taktna metoda te kombinacija te dvije metode.

Zadatak završnog rada je projektirati sustav za savijanje s tri cilindra kod čega se cilindri trebaju kretati po određenom redoslijedu. Cijeli proces se treba ponavljati ciklički, na zahtjev. U svakoj metodi su korišteni senzori, granični prekidači ili oboje za praćenje kretanja i položaja klipa u cilindru.

Za izradu pneumatskih i elektropneumatskih rješenja korišten je program FluidSIM Pneumatics, a za izradu PLC programa korišten je LOGO!Soft Comfort softver pisan u ljestvičastom (eng. *ladder*) dijagramu (LD). U radu je prikazano deset rješenja čime se željela prikazati jednostavnost i mogućnost prilagodbe elektropneumatike svakom problemu.

1. OPĆI DIO

U današnje vrijeme industrijske automatizacije, kada se konstantno gleda na uštedu vremena i novca, elektropneumatika je odlično rješenje. Takav spoj pneumatskih i električnih komponenti nam daje puno izbora pri prilagodbi određenim zahtjevima u proizvodnji, pogotovo ako je električni (upravljački) dio sustava riješen preko PLC-a jer time sustav postaje još fleksibilniji. Upravljanje preko PLC-a je, u današnje vrijeme, standard jer omogućava prilagodbu novim zahtjevima u proizvodnji bez nekih velikih ulaganja, izuzev vremena kojeg inženjer mora uložiti za programiranje PLC-a.

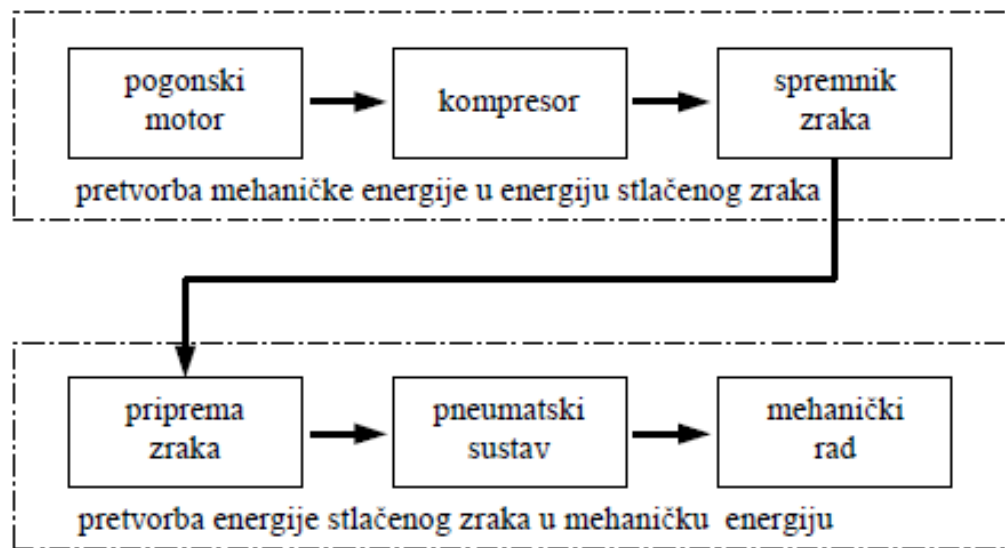
Pneumatski (izvršni) dio čine aktuatori, a to su svi izvršni elementi koji izvode nekakvo gibanje bilo translacijsko ili rotacijsko tj. vrše nekakav rad. U ovom slučaju su to dvoradni cilindri s prigušenjem u krajnjim položajima kojima se upravlja razvodnicima. U ovom radu su korišteni razvodnici 5/2 bistabili. Za detektiranje krajnjih položaja cilindra korišteni su senzori i granični prekidači ili kombinacija to dvoje. U praksi se, iz praktičnih ili nekih drugih razloga, možda ne mogu postaviti granični prekidači ili je bolje rješenje postaviti senzore, stoga su u završnom radu predstavljena rješenja sa svim opcijama. Senzora ima više vrsta, ovisno o potrebi, te u završnom radu nije konkretno predviđeno koja vrsta senzora bi se trebala koristiti makar bi možda, za rješenje ovog sustava, bila najbolja opcija koristiti reed senzore koji se montiraju na sami cilindar te će samim time biti zaštićeni od slučajnih udaraca ili neželjenih pomaka tokom rada sustava.

Električni (upravljački) dio čine releji, tipkala, senzori i slično. Jednostavno ih je ugraditi, imaju relativno nisku tržišnu cijenu s obzirom na njihove performanse te se zbog tih prednosti naveliko koriste u industriji [1].

1.1 Pneumatika

Riječ pneumatika nosi korijenje iz grčke riječi *pneumatikos*, što znači vjetar, zrak. To je tehnička grana koja se bavi korištenjem energije komprimiranoga zraka za obavljanje nekog rada pomoću mehaničkih (pneumatskih) uređaja. Komprimirani zrak se dobiva pretvorbom mehaničke energije pomoću kompresora u energiju stlačenog

zraka koji se pohranjuje u spremniku zraka. Takav stlačeni zrak se u pneumatskom sustavu pretvara u koristan mehanički rad [2].



Slika 1.1. Princip rada pneumatskog sustava [3]

Takav stlačeni zrak se upotrebljava u industrijskim postrojenjima, za pogon pneumatskih čekića, bušilica, za pneumatski transport, za miješanje i raspršivanje kapljevine, filtriranje pod tlakom, za pogon metalurških peći za proizvodnju sirovog željeza, čelika i ostalih metala i slično. Stlačeni zrak kao radni medij ima i dosta prednosti. Sirovina (okolni zrak) je uvijek na raspolaganju u neograničenim količinama, jednostavno ga je skladištiti, nije osjetljiv na promjene temperature, nije zapaljiv, siguran, nije osjetljiv na radijaciju, magnetska i električna polja, jednostavna izvedba i jednostavno održavanje uređaja, ne zagađuje okolinu te se njime mogu postići velike brzine rada. Uz prednosti dolaze i neki nedostaci kao što je ostvarivost relativno malih sila, energija stlačenog zraka ima višu cijenu nego električna energija, buka prilikom ekspanzije te se pneumatski signali prenose samo na male udaljenosti zbog otpora. Kod stlačivanja zraka javlja se, kao posljedica, kondenzacija vlage te se ona treba izdvajati u sušilima kako kondenzat ne bi došao u upravljačke i izvršne pneumatske dijelove. Upravljanje izvršnim dijelovima ostvaruje se pneumatski pomoću različitih ventila (razvodnika, zapornih, protočnih ventila...) ili, u današnje vrijeme sve češće, elektronički [3].

1.2 Elektropneumatika

Elektropneumatika je hibridni sustav koji je izgrađen kombinacijom pneumatskih i električnih komponenti. Takav sustav radi s dva energetska nivoa. Jedan je električni (upravljajući), a drugi pneumatski (izvršni) [4]. U ovom završnom radu je kao električni (upravljajući) element korišten programabilni logički kontroler (PLC).

Elektropneumatski sustav ima mnogo prednosti kao što je velika pouzdanost sustava zbog manje pokretnih dijelova koji su s vremenom podložni trošenju. Ima manje planiranja i napora kod puštanja u rad, a i programiranje je lakše kada se izvodi pomoću PLC-a. Samo upravljanje električnim signalom je lakše kao i nadogradnja sustava i održavanja te se iz tih razloga elektropneumatski sustavi sve više koriste u modernoj industriji.

1.3 Električne komponente

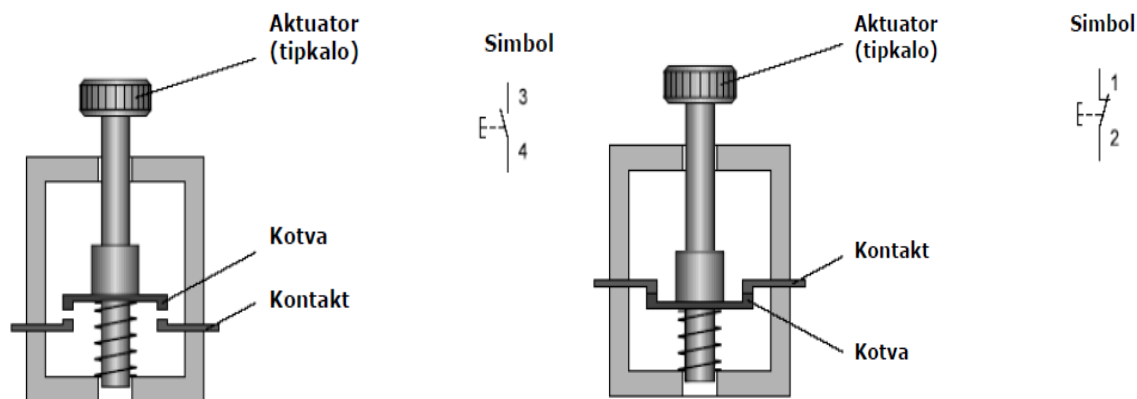
Za rad sustava projektiranog u ovom radu korišteno je nekoliko raznih električnih komponenta. Neke komponente su korištene za davanje signala, a neke za obradu signala.

1.3.1 *Prekidači*

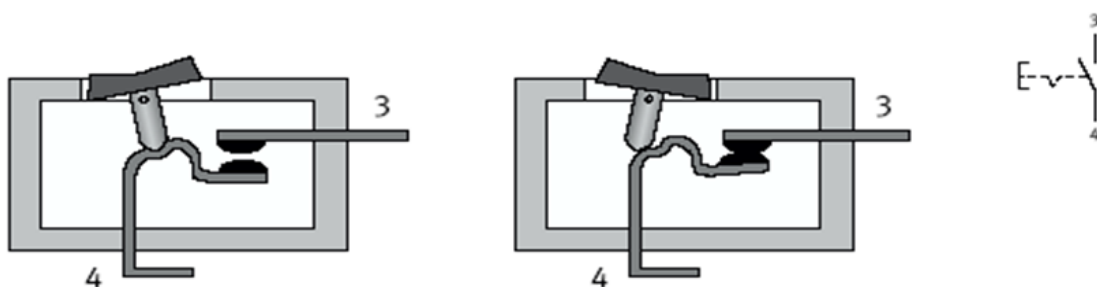
Prekidači se dijele na tipkala i sklopke. Oboje služi za davanje signala. Postoje u dvije izvedbe kao normalno otvoreni (radni kontakt) i normalno zatvoreni (mirni kontakt). Kada je kontakt normalno otvoren (eng. *normally open* - *NO*) uzima se da je normalno stanje kada struja ne teče kroz spoj, dok je situacija obrnuta kod kontakata koji nose naziv normalno zatvoreni (eng. *normally closed* – *NC*).

Tipkalo je prekidač koji zadržava određeni sklopni položaj samo dok je aktivirano tj. pritisnuto, a čim se otpusti vraća se u prvobitni položaj.

Sklopka je kontrolni prekidač mehanički izveden tako da zadrži odabrani položaj nakon aktiviranja i ostaje u tom položaju dok ju ponovo ne aktiviramo [1].



Slika 1.2. Tipkala NO (lijevo) i NC (desno) [1]

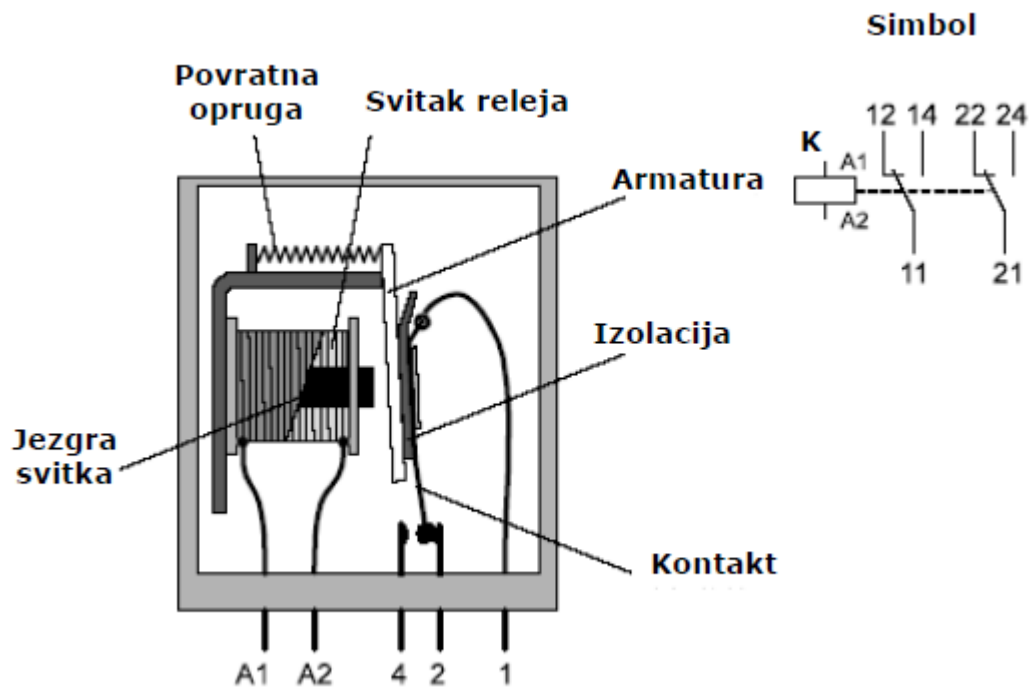


Slika 1.3. Sklopka [1]

1.3.2 *Releji*

Releji su elementi koji rade kao sklopke pokretane elektromagnetom. To su jedno od najčešće korištenih električnih komponenta u današnjoj industriji. Imaju niz pogodnosti koje utječu na njihovu čestu primjenu, a jedna od njih je rad na opsegu temperatura od -40°C do $+80^{\circ}\text{C}$ kao i lako održavanje.

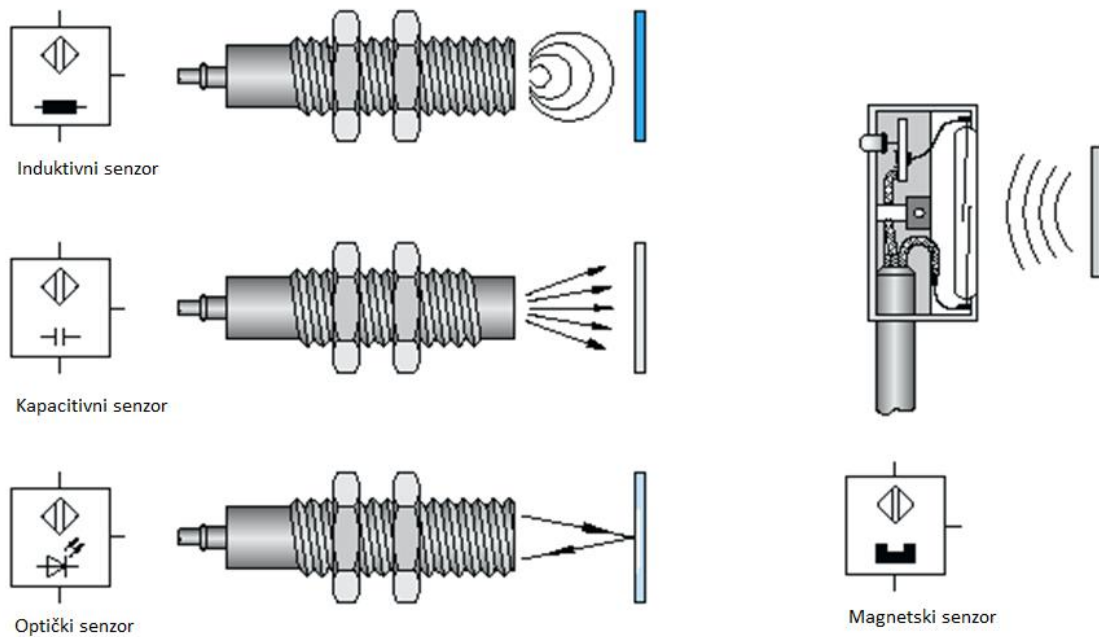
Relaj prekida ili uspostavlja strujni krug putem elektromagneta koji otvara ili zatvara strujne kontakte. Elektromagnet se obično sastoji od mnogobrojnih namotaja bakrene žice oko željezne jezgre. Kada struja teče kroz žicu, elektromagnet stvara magnetno polje koje privuče željeznu kotvu koja potom prekida ili spaja električne kontakte. Postoji i vremenski relaj koji nakon određenog vremena spaja ili odspaja kontakte [1].



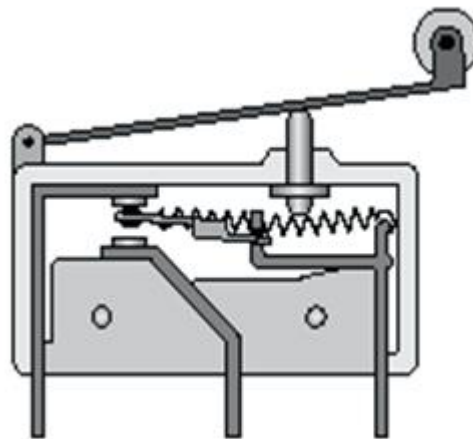
Slika 1.4. Relej [1]

1.3.3 Senzori

Senzor je uređaj tj. tehnički pretvornik koji na određenu pobudu odgovara električnim signalom. Ta pobuda je obično neka fizička veličina kao npr. temperatura, tlak, udaljenost itd.[5]. U elektropneumatskom upravljanju senzori se koriste za praćenje pokretanja i položaja klipa u cilindru, za praćenje prisustva i položaja obrađivanog radnog dijela, za mjerenje i nadzor tlaka itd... Postoje razne vrste senzora, ovisno o namjeni kao što su induktivni (reagira na prisustvo metala), kapacitivni (reagira na bilo koji materijal visoke dielektrične konstante), optički (reagira na svjetlost), reed senzor (reagira na magnetsko polje). U praksi se, uz senzore, koriste i mehanički preklopnici položaja tzv. granični prekidači ili mikroprekidači. Oni služe za utvrđivanje pomaka nekog izvršnog elementa (aktuatora). U ovom radu senzori i granični prekidači su korišteni za praćenje kretanja klipa u pneumatskom cilindru [4].



Slika 1.5. Razne vrste senzora [4]



Slika 1.6. Granični prekidač [4]

1.4 Programabilni logički kontroler (PLC)

PLC (eng. *programmable logic controller*) je digitalno industrijsko računalo sastavljeno od memorije, procesora, industrijskih ulaza i izlaza. Ulazi nisu standardna tipkovnica i miš, nego tipkala i sklopke ili razne vrste senzora ili pretvornika. PLC se koristi kao osnovni dio automatskih upravljačkih sustava u industriji. Dio je mnogobrojnih strojeva i procesa. Njegov program se može mijenjati te je pogodan za brzo rješavanje problematike u proizvodnji.

Program se izvršava ciklično i sastoji se od nekoliko faza:

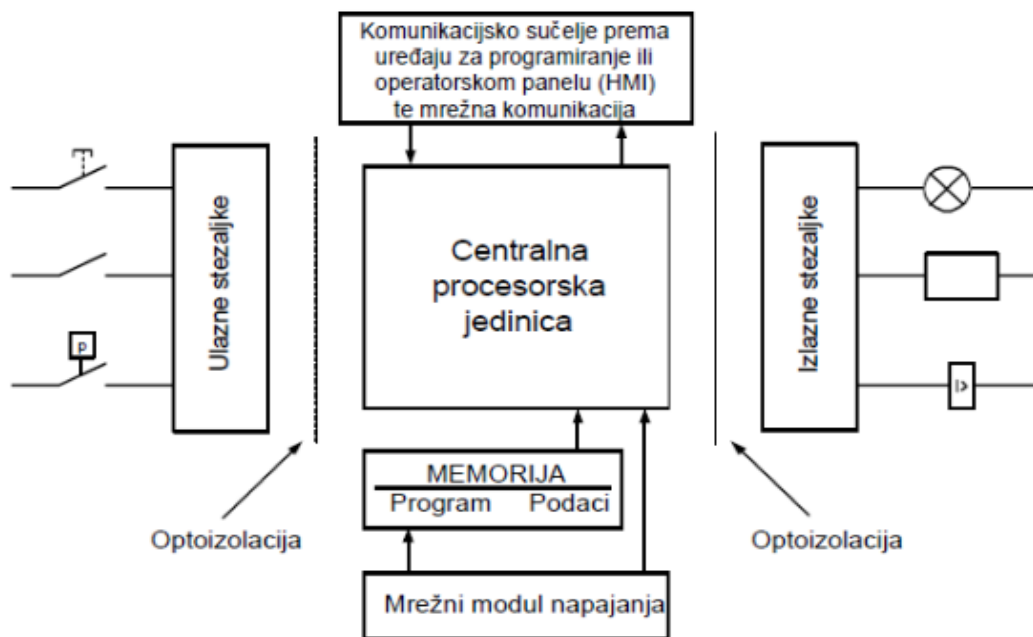
- čitanje ulaza
- izvršavanje programskog koda
- ispisivanja rezultata na izlaze

U njegovoj unutarnjoj memoriji program ostaje zapisan čak i onda kada PLC ostane bez napajanja. Projektiran je za teške uvjete rada te je otporan na vibracije, električne smetnje i temperaturne promjene. Za razliku od starih sustava upravljanja koji su radili na principu releja spojenih žicom, kod kojeg bi i neka sasvim manja promjena u proizvodnom procesu značila trošenje puno vremena za preslagivanje i prespajanje releja u funkcionalnu cjelinu, program PLC-a je puno jednostavnije promjeniti. Zato je danas moderna industrija nezamisliva bez automatike i automatizacije, tj. bez PLC-a bez kojeg to ne bi moglo funkcionirati [6].



Slika 1.7. PLC Siemens LOGO! [7]

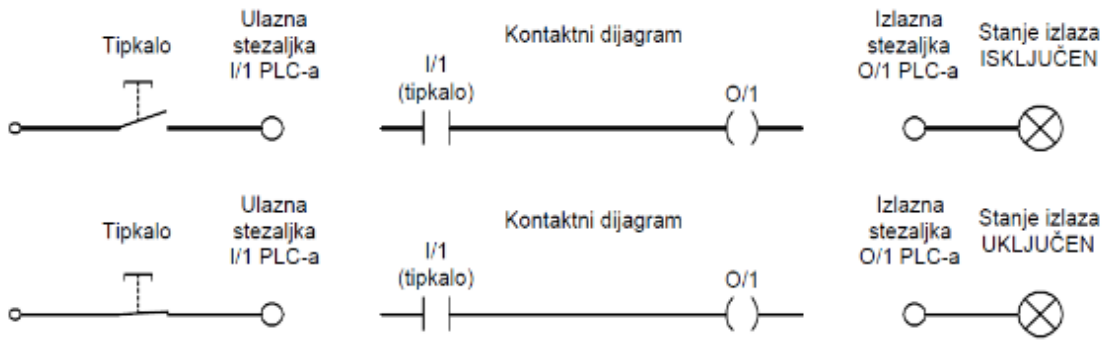
Na tržištu postoje razni proizvođači PLC-a, ali hardverska struktura im je uglavnom ista. Obično se razlikuju u broju ulaza/izlaza, brzini obrade podataka i veličini memorije. Najbitniji dio PLC-a je CPU iliti centralna procesorska jedinica. Sastavljena je od tri komponente: memorije, mikroprocesora i napajanja koje su zajedno u međudjelovanju. Na slici 1.8. prikazana je shema PLC uređaja [8].



Slika 1.8. Shema PLC uređaja [8]

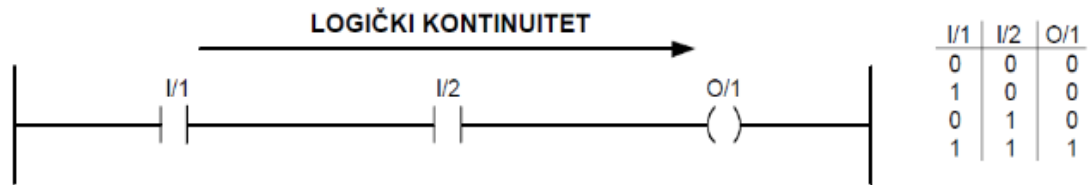
Uz CPU bitan dio je i memorija gdje su pohranjeni svi programi i instrukcije bez kojih PLC ne bi mogao funkcionirati. Ulazi i izlazi mogu biti digitalni i analogni. Na ulaz, digitalni signal može doći sa sklopke ili tipkala, a analogni u obliku naponskog signala s nekog senzora, dok će na izlazu digitalni signal poslužiti kao prekidač, a s analognim signalom je npr. moguće upravljati brzinom nekog motora. Između ulaza i izlaza se nalazi CPU koji je zaštićen optoizolacijom čija je svrha galvanski odvojiti strujne krugove kako bi se spriječile smetnje uslijed potencijalnih razlika strujnih krugova.

Postoji mnogo programskih jezika koji se koriste za programiranje PLC-a. Najčešće upotrebljavani je tzv. ljestvičasti (*ladder*) dijagram (LD) jer se temelji na prilagodbi relejnih shema, a time olakšava posao inženjerima koji su upoznati s tim načinom upravljanja. Logika *ladder* dijagrama se temelji na logičkoj "1" što znači istinu (true) i logičkoj "0" što znači neistinu (false). Da bi se neka naredba u *ladder* dijagramu izvršila, treba biti zadovoljen jedan ili više uvjeta koji se pojavljuju kao signali na ulazu PLC-a. Proces odvijanja programa se odvija s lijeva na desno gdje su na lijevoj strani prikazani uvjeti tj. ulazi, a na desnoj izlazi i odozgo prema dolje, od prvog logičkog kruga prema najzadnjem. Na sljedećoj slici je prikazan primjer *ladder* dijagrama gdje je prikazan ulaz u obliku tipkala i izlaz u obliku trošila [8].



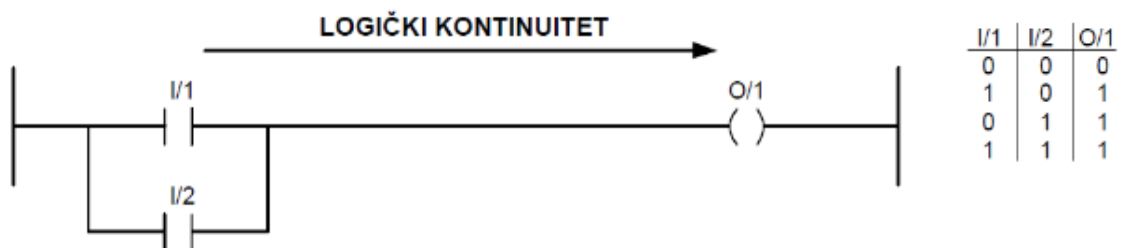
Slika 1.9. Primjer *ladder* dijagrama [8]

Izrada programa u *ladder* dijagramu se može prikazati s dvije osnovne logičke funkcije "I" i "ILI" te njihovim kombinacijama. Na sljedećoj slici prikazan je primjer logičke funkcije "I". U ovom slučaju izlaz neće biti aktiviran ako jedan ili oba uvjeta nisu ispunjena.



Slika 1.10. Logička funkcija "I" [8]

U slučaju da paralelno spojimo dvije naredbe, dobijemo logičku funkciju "ILI" kod koje je dovoljno da je samo jedan uvjet ispunjen da bi se izlaz aktivirao.



Slika 1.11. Logička funkcija "ILI" [8]

2. UPRAVLJANJE I METODE ELEKTROPNEUMATSKOG UPRAVLJANJA

Upravljanje je (prema definiciji DIN 19 226) proces u nekom sustavu u kojem jedan ili više parametara, u skladu sa zakonitostima tog sustava, utječe na druge parametre kao izlazne veličine. Karakteristika upravljanja je otvoreni tok odvijanja procesa preko pojedinih prijenosnih elemenata ili preko upravljačkog lanca.

Elektropneumatsko upravljanje (eng. *open loop control*) je proces u kojem jedna ili više varijabli u obliku ulaza (inputa) (tipkala, senzora...) električnog signala vrše utjecaj na komponente za procesiranje signala (releja, upravljačkih elemenata...) koji daju nalog izlaznim komponentama (outputima) (pneumatskim cilindrima, motorima...) za rad. To znači da je elektropneumatsko upravljanje kombinacija pneumatskog i električnog upravljanja.

Ovakav upravljački sustav se dijeli na dva osnovna dijela:

- upravljački (informacijski – električni)
- izvršni (energetski – pneumatski)

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

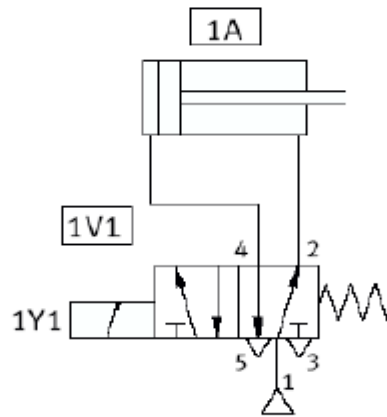
Izvršni dio je cjelina koju čine izvršni, radni članovi koji u skladu s dobivenim nalogom opskrbljuju komponente s medijem energetske razine [1].

Dijagram na slici 2.1. ilustrira primjere smještaja komponenata prema smjeru toka signala.

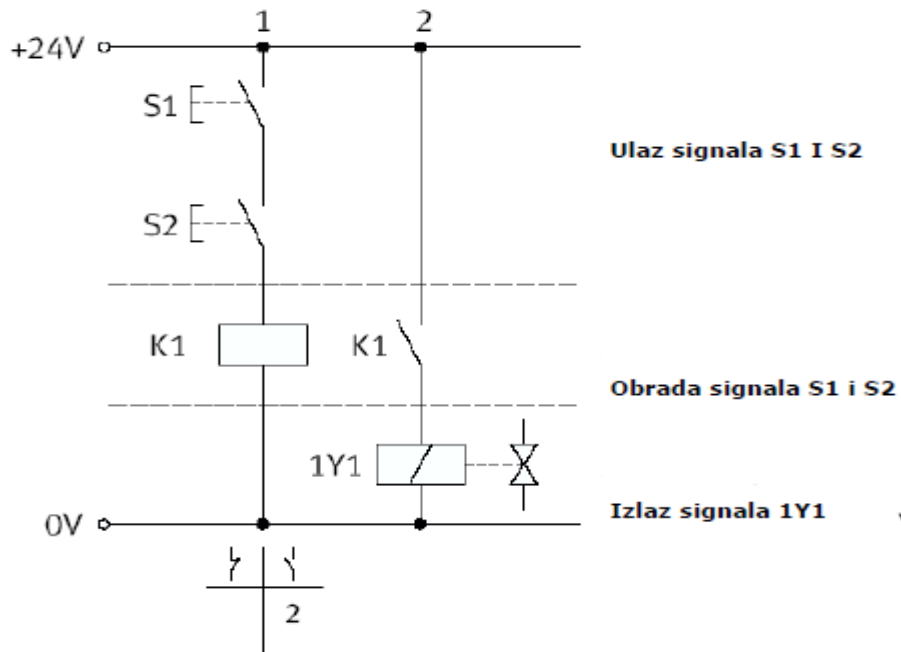
Pneumatski

Izlaz signala u pneumatskom obliku cilindar

1Y1 – pretvornik signala



Električni



Slika 2.2. Pneumatska i električna upravljačka shema jednog jednostavnijeg sustava [1]

Pneumatske upravljačke sheme su funkcionalne sheme tj. prikazuju način funkcioniranja sustava i veze među elementima, a ne njihov fizički smještaj. Tako se npr. cilindri i razvodnici prikazuju uvijek u horizontalnom položaju. U shemama su jasno određeni i prepoznatljivi vrste i tipovi korištenih pneumatskih elemenata [1].

U pneumatskim upravljačkim shemama crtaju se, odozgo prema dolje, grupe elemenata poštujući sljedeći redoslijed:

- izvršni elementi (cilindri, motori)
- dodatni elementi (npr. prigušnice za usporavanje)
- energetski upravljački elementi (glavni razvodnici)
- informacijski upravljački elementi (razvodnici, ventili)
- elementi za pripremu i dovod zraka

U električnim upravljačkim shemama crtaju se, također odozgo prema dolje, grupe elemenata po sljedećem rasporedu:

- ulaz signala (tipkala, sklopke)
- obrada signala (releji, sklopnici, kontakti)
- izlaz signala (svitci)

Projektiranje elektropneumatske sheme upravljanja potrebno je izvesti sustavnim redoslijedom. Za početak treba prikazati odvijanje radnog procesa putem funkcijskog dijagrama, alfanumeričkog zapisa, graficeta ili funkcijskog kruga. Ovisno kojom metodom projektiramo shemu upravljanja. Osnovni problem kod upravljanja je pojava blokirajućeg signala. To je signal koji drži razvodnik u jednom razvodnom položaju pa time onemogućava promjenu položaja u trenu kada je ona potrebna u radnom procesu. Iz tog razloga su nam jako bitne i potrebne metode projektiranja shema upravljanja [1].

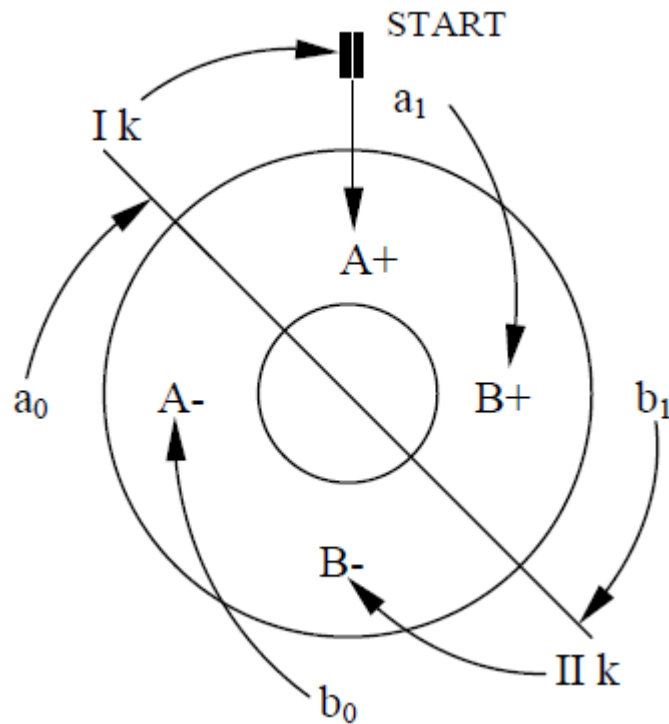
Postoje matematičke i inženjerske metode projektiranja shema upravljanja. Matematičke metode koriste se za kompleksne probleme upravljanja. One se baziraju na kombinatorici i matematičkoj logici (Booleova algebra). Sustav za savijanje koji je prikazan u ovom radu je riješen inženjerskim metodama kaskadnom i taktinom te kombinacijom te dvije metode.

2.1 Kaskadna metoda

Kod kaskadne metode obustavlja se napajanje razvodnika kod kojih se pojavljuje blokirajući signal. Pravila projektiranja pomoću kaskadne metode:

1. Ispisuje se redosljed kretanja cilindra pri čemu se izvlačenje cilindra označava s "+", a uvlačenje s "-". Ako se cilindri gibaju istovremeno moraju se zapisati jedan ispod drugog i označavaju se velikim slovima npr. A+B+A-B- (alfanumerički zapis).
2. Redosljed odvijanja programa odvija se oko funkcijskog kruga u smjeru gibanja kazaljke na satu. Start se označava s dvije vertikalne linije (II), a strelicom se pokaže na prvo (početno) kretanje cilindra.
3. Svaki cilindar (osim onih koji rade istovremeno) u hodu prema naprijed aktivira jedan granični prekidač, a jedan u hodu prema natrag. Granični prekidač se označava istim slovom kao i cilindar koji ga kretanjem aktivira, ali se koriste mala slova abecede. Ako se granični prekidač aktivira uvlačenjem klipnjače dobiva index 0, a pri izvlačenju index 1. Tako će granični prekidači koje aktivira cilindar A nositi oznake a_1 i a_0 . Iznad oznaka cilindra u funkcijskom krugu upisuje se odgovarajuća oznaka graničnog prekidača npr. a_1 iznad A+.
4. Krug se zatim razdijeli na isječke u kojima se isti cilindar smije pojaviti samo jednom. Svaki isječak predstavlja jednu kaskadu koja se mora označiti npr. I.k., II.k. itd.
5. Svaki granični prekidač unutar kaskade direktno uključuje gibanje klipnjače odgovarajućeg cilindra prema redosljedu odvijanja. To se prikazuje povlačenjem strelica od graničnog prekidača do odgovarajućeg cilindra u funkcijskom krugu.
6. Posljedni granični prekidač u kaskadi aktivira sljedeću kaskadu. To se u funkcijskom krugu označava strelicom od posljednjeg graničnog prekidača do početka nove kaskade koja direktno aktivira kretanje prvog zapisanog cilindra u toj kaskadi. Istovremeno se isključuje prethodna kaskada [3].

7. Početno aktiviranje kretanja cilindra označava se strelicom od starta prema cilindru koji slijedi prema redoslijedu odvijanja [3].



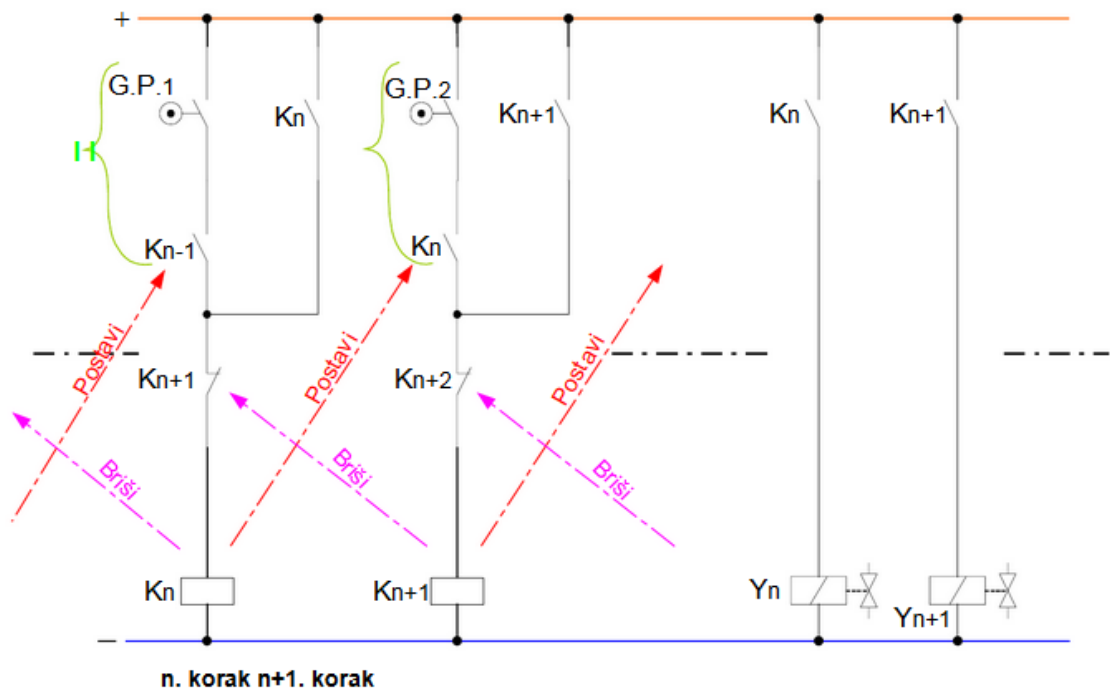
Slika 2.3. Primjer funkcijskog kruga A+B+B-A- [3]

Prednosti kaskadne metode su jednostavna izrada sheme te lako detektiranje kvara preko funkcijskog kruga i alfanumeričkog zapisa. Za neke probleme upravljanja gdje imamo više puta ponavljanje izlaza i ulaza istog cilindra kaskadna metoda nije najjednostavnije rješenje npr. A+A-A+A-A+A-. Ako je granični prekidač aktiviran pod nekom vanjskom silom neovisno o samom krugu i ako je zadržan tijekom cijelog ciklusa, stvoriti će probleme tokom izrade sheme [1].

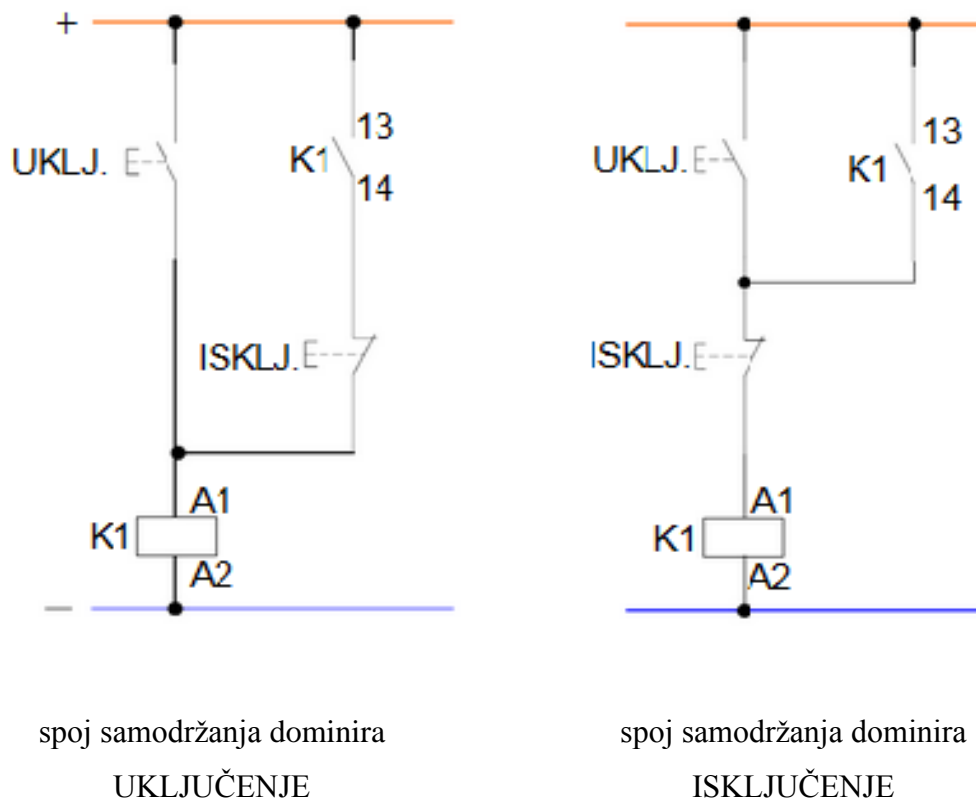
2.2 Taktna metoda

Taktna metoda nastala je iz metode korak po korak. Osnovna ideja taktne metode je da se svakim novim upravljačkim signalom postavlja novi izlaz koji upravlja kretanjem cilindra u jednom koraku. Koračni princip temelji se na odvijanju programa ostvarenog određenim načinom povezivanja pneumatskih elemenata po kojem je u slijed uključen uvijek samo izlaz za jedan korak dok su svi ostali izlazi isključeni. To je jedina sveobuhvatna metoda koja svojim pravilima rada rješava sve slučajeve odvijanja programa. Temeljna metoda ovog principa rada je "korak po korak". Ona sadrži znatno više elemenata od drugih metoda pa je samim time i 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 jeftinija.

U elektropneumatskom upravljanju najčešće se koristi ova metoda zbog svoje jednostavnosti. Aktualni korak uspostavlja uvjet za sljedeći korak, a ukida prethodni. Koristi se spoj samodržanja. Dodatni signal dolazi do graničnog prekidača ili nekog drugog elementa, preko serijskog spoja (I logika) [1].



Slika 2.4. Elektropneumatska taktna metoda [9]



Slika 2.5. Spoj samodržanja [9]

Spojevi samodržanja potrebni su u elektropneumatskom upravljanju kada električni signali moraju biti memorirani. U tehnici upravljanja govori se o dva spoja samodržanja, dominirajući uključeni i dominirajući isključeni.

Tipkalom "UKLJ." pobuđuje se relej K1 koji preklapa kontakte. Da bi po otpuštanju tipkala "UKLJ." relej K1 ostao uključen, paralelno tipkalu "UKLJ." spaja se radni kontakt releja K1. Ovim paralelnim spojem postiže se držanje releja K1 nakon otpuštanja tipkala "UKLJ." Da bi se spoj mogao srušiti, ugrađuje se tipkalo "ISKLJ."

Kod spoja dominirajuće UKLJUČENO, tipkalo "ISKLJ." ugrađuje se u serijskom spoju na paralelnoj grani s kontaktom releja K1. Kod spoja samodržanja dominirajuće ISKLJUČENO, tipkalo se nalazi u serijskom spoju sa svitkom releja K1 i tipkalom "UKLJ.". Za dominantnost signala tipkala "UKLJ." i "ISKLJ." odlučujući je položaj tipkala "ISKLJ.". Ako se tipkalo "ISKLJ." nalazi u serijskom spoju s radnim

kontaktom onda uvijek dominira uključenje, a ako se tipkalo "ISKLJ." nalazi u serijskom spoju s tipkalom "UKLJ.", tada dominira isključenje.

Taktna metoda je najbolji izbor u slučajevima kada imamo uzastopno ponavljanje izlaza i ulaza jedno te istog cilindra u proizvodnom ciklusu (npr. A+A-A+A-A+A-). S ovom metodom je rješenje lako izraditi jer je uvijek jedan izlaz u svakom koraku aktivan te se on više puta ponavlja. Također treba obratiti pozornost na glavni razvodnik. Da li je on monostabil ili bistabil. Ako koristimo bistabil morati ćemo postaviti dodatno tipkalo "SET" u 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 [1].

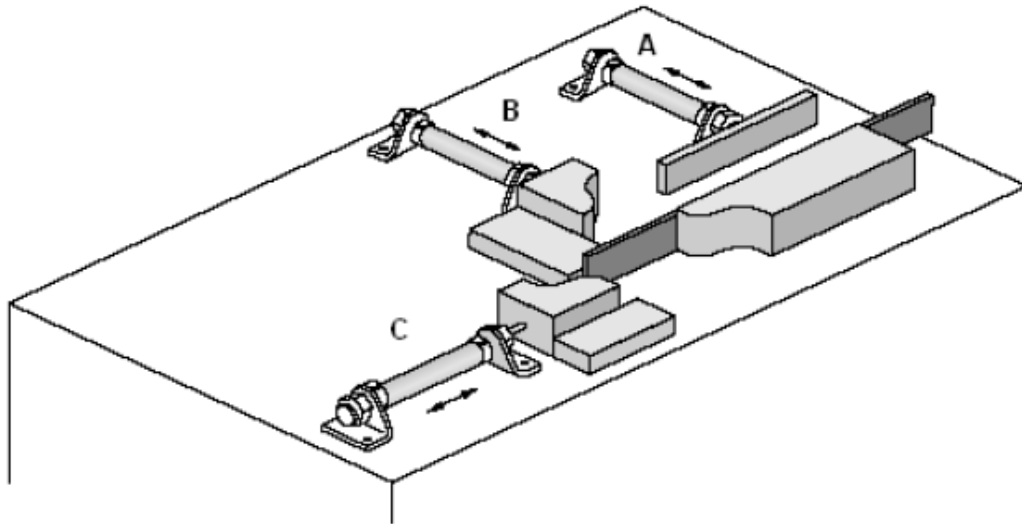
2.3 Kombinacija kaskadne i taktne metode

Postoji mogućnost korištenja kombinacije kaskadne i taktne metode. Iz svake metode uzmemo dio koji nam najbolje odgovara i napravimo elektropneumatsku shemu sa što manje elemenata kako bi smanjili cijenu, a zadržali funkcionalnost sustava. Kombinacija metoda se obično koristi kod složenijih shema. Svaku kaskadu aktivira jedan relej, a broj kaskada odgovara broju krugova samodržanja [1].

U ovom radu zadani zadatak je riješen sa sve tri metode te ispada da je za ovaj konkretan zadatak u sustavu za savijanje s tri cilindra taktna metoda najkompliciranija, dok je kombinacija metoda kaskadne i taktne najjednostavnija što će biti detaljnije prikazano u sljedećem poglavlju.

3. SUSTAV ZA SAVIJANJE

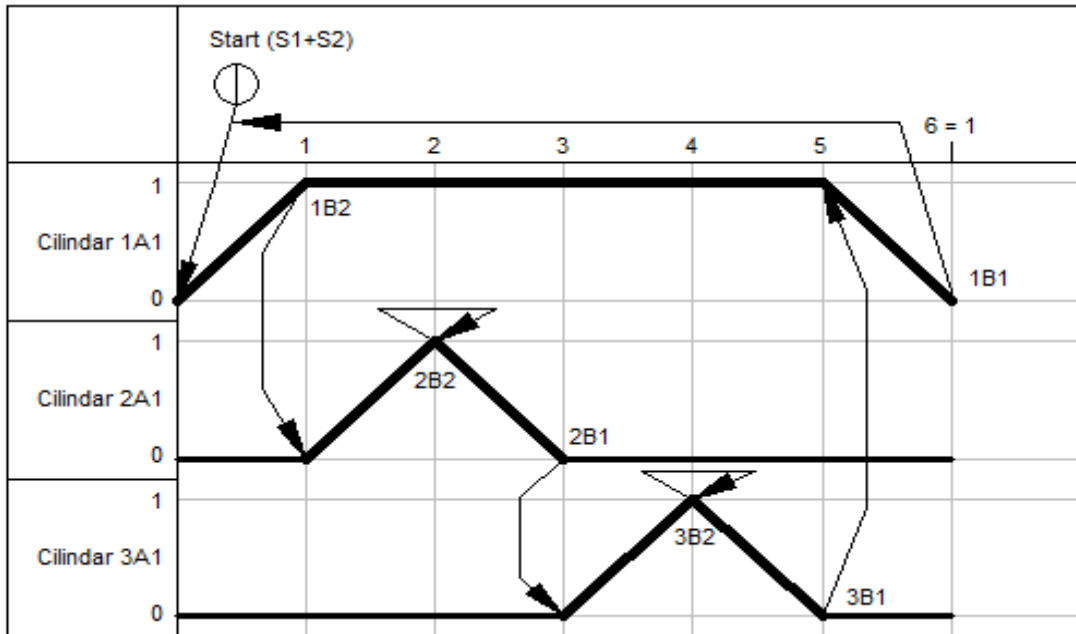
Sustav za savijanje ima tri cilindra.



Slika 3.1. Sustav za savijanje [1]

Alfanumerički zapis kretanja cilindara je $A+B+B-C+C-A-$. Po aktiviranju startnog tipkala klipnjača dvoradnog cilindra A steže izradak, nakon toga klipnjača dvoradnog cilindra B vrši prvo savijanje te se vraća u početni položaj. Zatim klipnjača dvoradnog cilindra C vrši drugo savijanje te savija lim do kraja. Nakon što se klipnjača cilindra C vrati nazad, klipnjača cilindra A otpušta izradak i vraća se u svoj početni položaj.

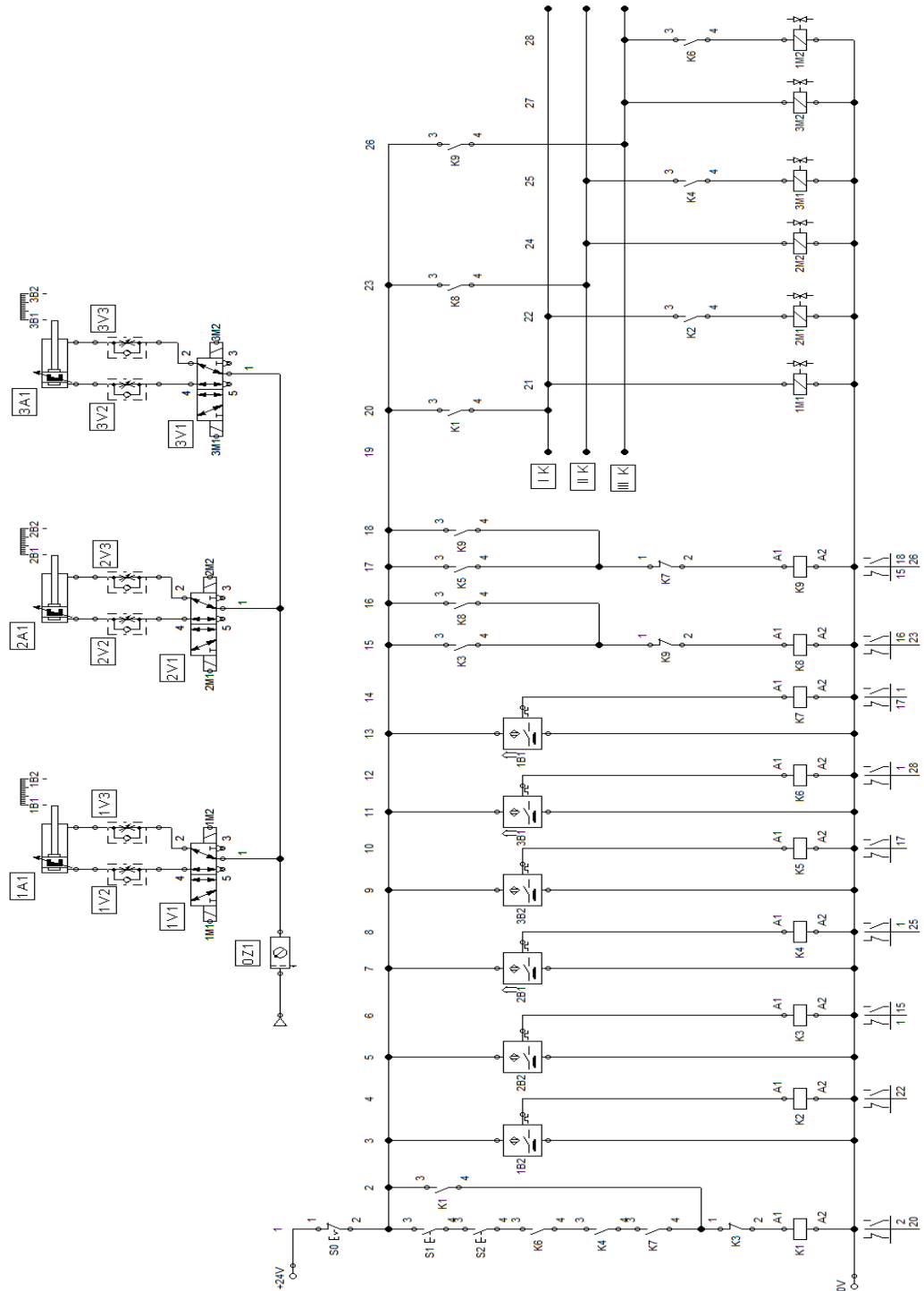
Danas je sigurnost na radu jako bitna i zaštita radnika treba biti na prvom mjestu, a iz prakse je poznato kako lako dođe do nezgode na radu, stoga je riješeno da se ovaj sustav za savijanje aktivira s obje ruke tj. dva tipkala. U slučaju potrebe za hitnim zaustavljanjem, radnik će moći pritisnuti tzv. "not aus" sklopku koja će istog trenu prekinuti napon i zaustaviti stroj. Također će biti prikazane sheme koje će prikazivati način upravljanja sa sensorima, graničnim prekidačima i kombinacijom jednog i drugog.



Slika 3.2. Funkcionalni dijagram sustava za savijanje

Na slici 3.2. prikazan je funkcionalni dijagram sustava za savijanje koji jasno prikazuje tijek odvijanja programa. Tipkom "Start", koja u ovom slučaju znači serijski spoj tipkala S1 i S2, pokreće se cilindar 1A1 koji u svom krajnjem položaju aktivira senzor 1B2. Taj senzor aktivira izvlačenje cilindra 2A1 koji posljedično aktivira senzor 2B2 i odmah se vraća u početni položaj gdje aktivira senzor 2B1 koji daje signal cilindru 3A1 za izvlačenje. Taj cilindar u svom maksimalnom položaju aktivira senzor 3B2 koji ga odmah vraća nazad te aktivira senzor 3B1 koji daje nalog cilindru 1A1 da se vrati na početni položaj. U tom položaju cilindar aktivira senzor 1B1 koji daje signal da je program završen i time spreman za novi početak savijanja.

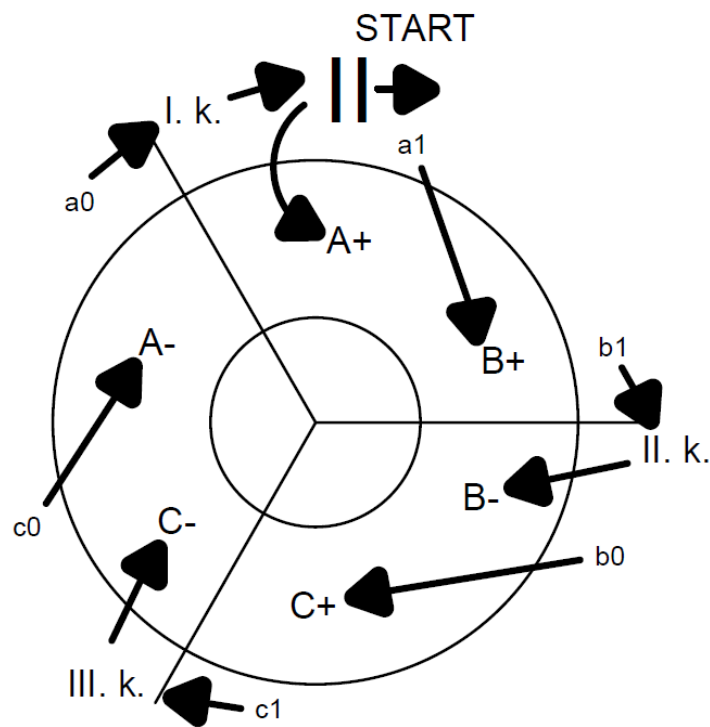
3.1 Rješenje zadatka kaskadnom metodom sa sensorima



Slika 3.3. Pneumatska i električna shema kaskadne metode sa sensorima

A+B+	B-C+	C-A-
I.k.	II.k.	III.k.

Iz alfanumeričkog zapisa su određene kaskade držeći se pravila da se u svakoj kaskadi smije pojaviti samo jedan cilindar.



Slika 3.4. Funkcijski krug

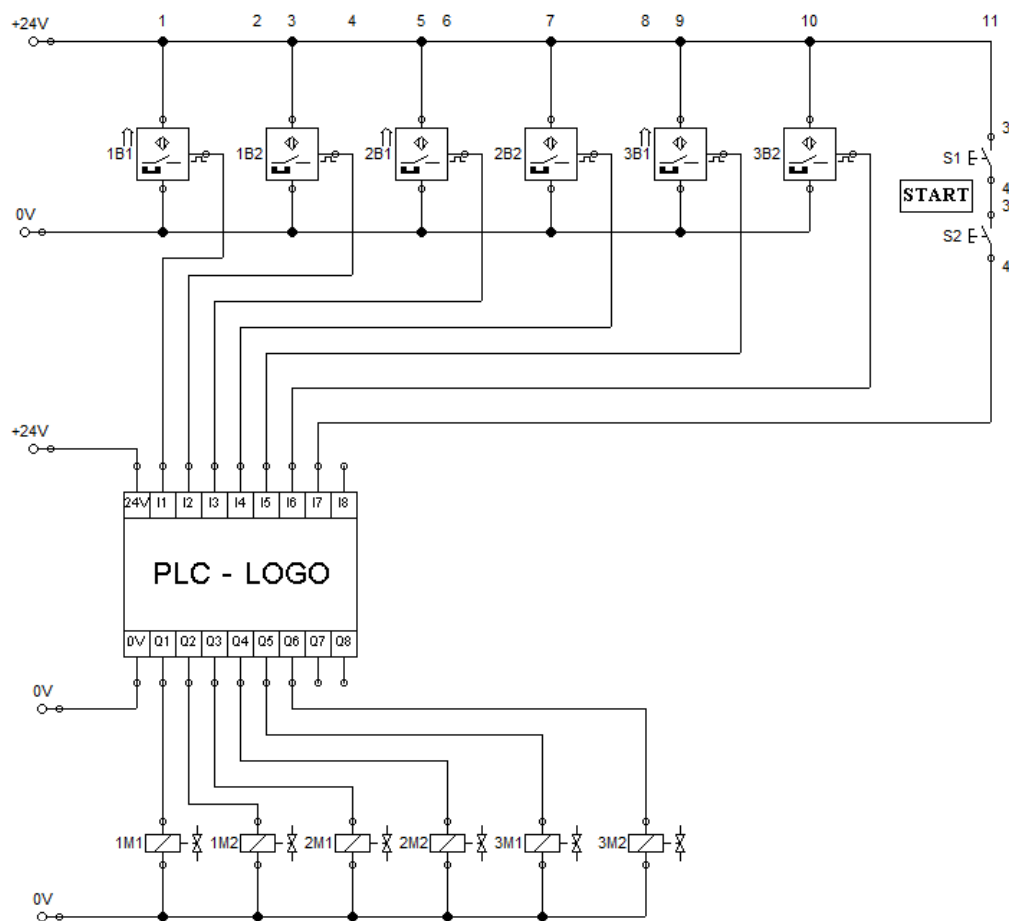
Pneumatska shema se sastoji od tri 5/2 razvodnika bistabila od kojih je svaki zadužen za pokretanje jednog cilindra. Svaki cilindar ima dva jednosmjerno prigušna ventila. Po jedan na dolaznom vodu i jedan na odlaznom. Senzori su smješteni na početnom i krajnjem položaju cilindra. Pneumatska shema je ista za svaku metodu spajanja. Mijenja se samo električna shema.

U električnoj shemi je odmah vidljivo da svaki senzor pali jedan relej koji ima zadaću, u određenim uvjetima, spajati ili odspajati neke kontakte potrebne za željeni rad ovog sustava za savijanje. Za pokretanje sustava potrebno je pritisnuti "Start" tj. tipkala S1 i S2 istodobno (I spoj). Sklopka S0 služi da, u slučaju opasnosti za radnika ili neželjenog rada sustava za savijanje, prekine napon i tako zaustavi rad stroja. U shemi

su jasno označene kaskade i elektromagneti koje svaka kaskada pali. Za rad sustava potrebno je devet releja u ovakvoj shemi kaskadne metode.

3.1.1 PLC shema spajanja kaskadne metode sa sensorima

Na slici 3.5. prikazana je PLC shema spajanja kaskadne metode sa sensorima. Koristi se sedam ulaza, od kojih su šest rezervirani za senzore i jedan za pokretanje sustava, i šest izlaza.



Slika 3.5. PLC shema spajanja kaskadne metode sa sensorima

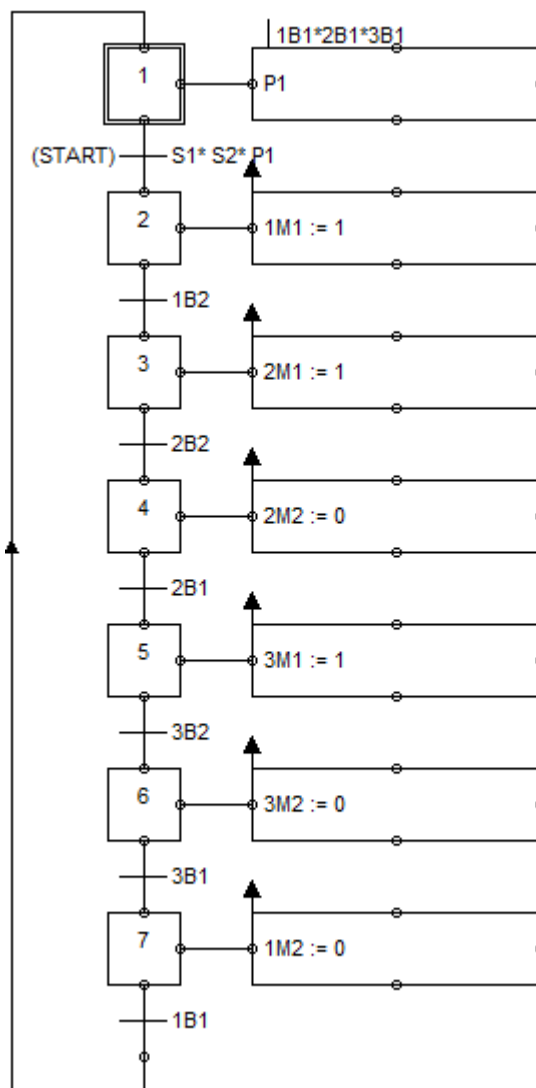
Naziv komponente	PLC adresa	Oznaka u shemi spajanja
Senzor	I1	1B1
Senzor	I2	1B2
Senzor	I3	2B1
Senzor	I4	2B2
Senzor	I5	3B1
Senzor	I6	3B2
Tipkala	I7	S1 + S2
Razvodnik 5/2 1V1	Q1	1M1
	Q2	1M2
Razvodnik 5/2 2V1	Q3	2M1
	Q4	2M2
Razvodnik 5/2 3V1	Q5	3M1
	Q6	3M2

Slika 3.6. Tablica PLC adresa

Na gornjoj tablici se nalazi popis komponenata i njima pripadajuće PLC adrese koje olakšavaju posao inženjeru kod spajanja komponenata na PLC i kod eventualnih popravaka u budućnosti.

3.1.2 GRAFCET

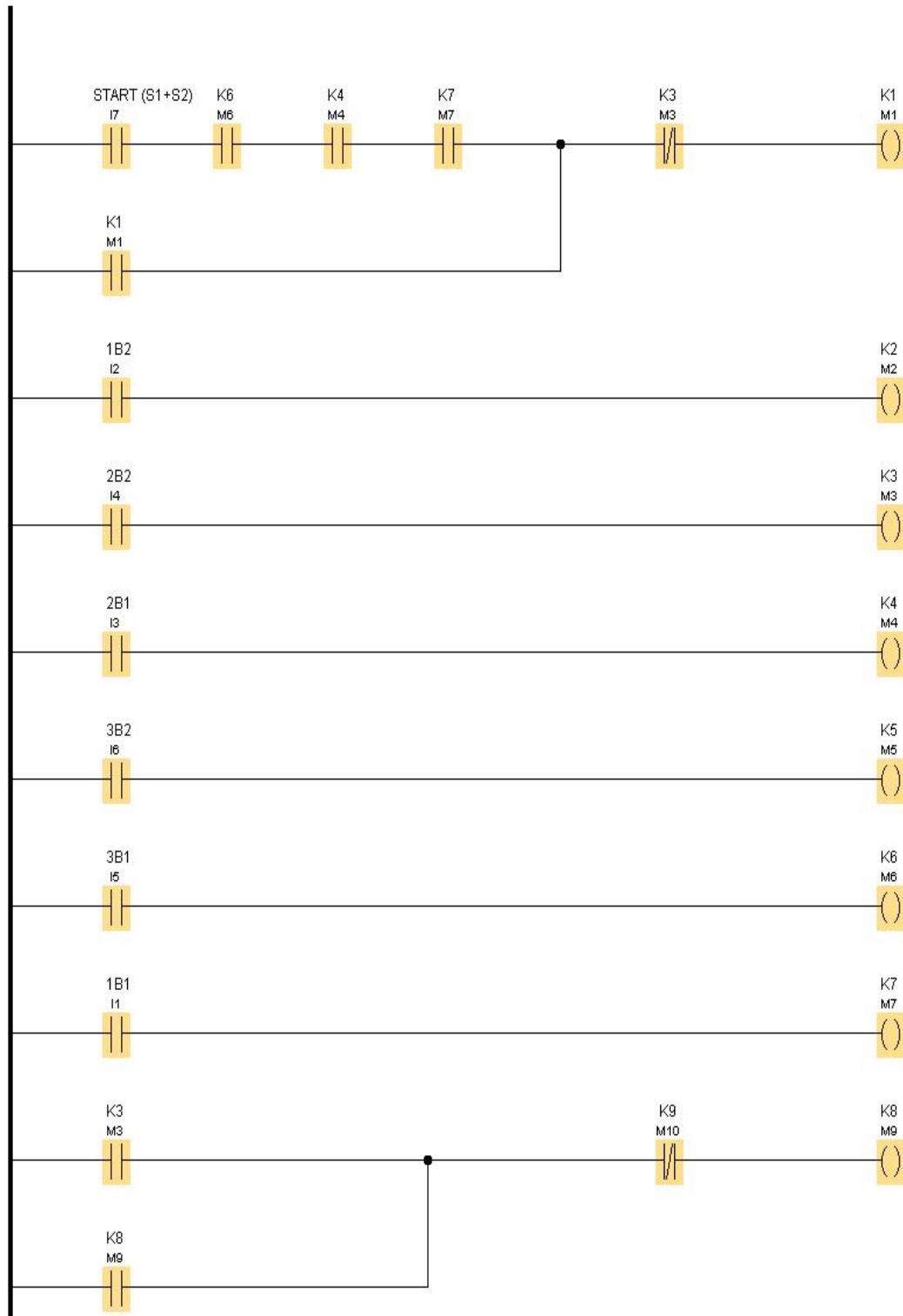
Na slici 3.7. je prikazan GRAFCET. To je novi standard, nasljednik funkcijskog plana, a prihvaćen je u cijeloj Europi. Razvijen je u Francuskoj zbog potrebe za unificiranim i jednostavnijim načinom prikazivanja radnji u nekom procesu. GRAFCET je skraćenica od francuskih riječi **GRA**phe **F**onctionnel de **CO**mmande **E**tape **T**ransition. U prijevodu bi to značilo koračno tranzicijska funkcija jer je svaki korak programa prikazan u bloku i postavljen jedan ispod drugog, a koraci su međusobno povezani tranzicijskim uvjetima [10].

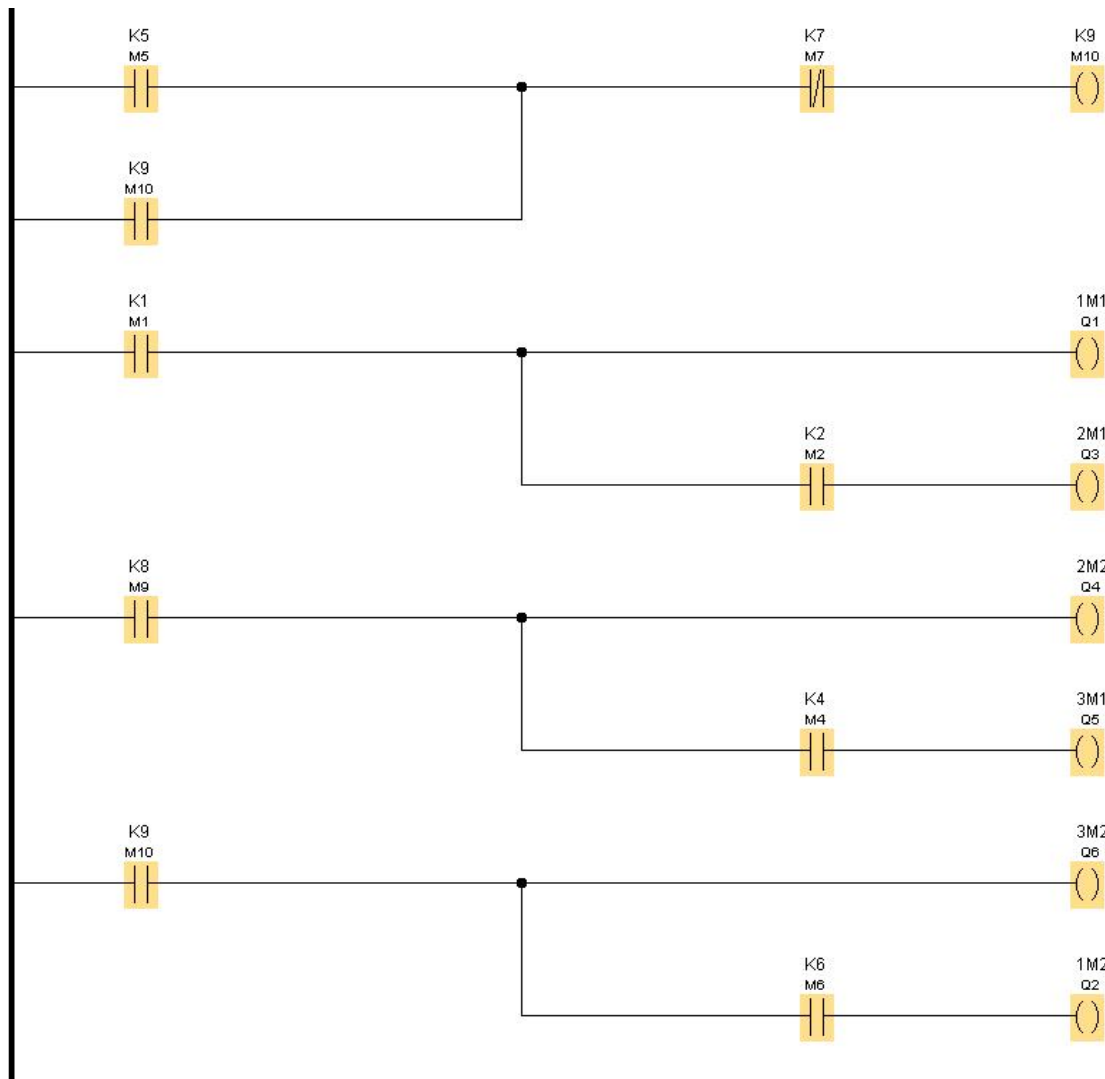


Slika 3.7. GRAFCET kaskadne metode

3.1.3 PLC program kaskadne metode sa senzorima

Program je izrađen u LOGO!Soft software-u i korišten je *ladder* diagram (LAD) za izradu programa. Zakretanjem relejne sheme za 90 stupnjeva dobije se algoritam po kojem se može napisati program za PLC. *Ladder* diagram je pogodan za inženjere koji poznaju relejnu tehniku upravljanja [1].

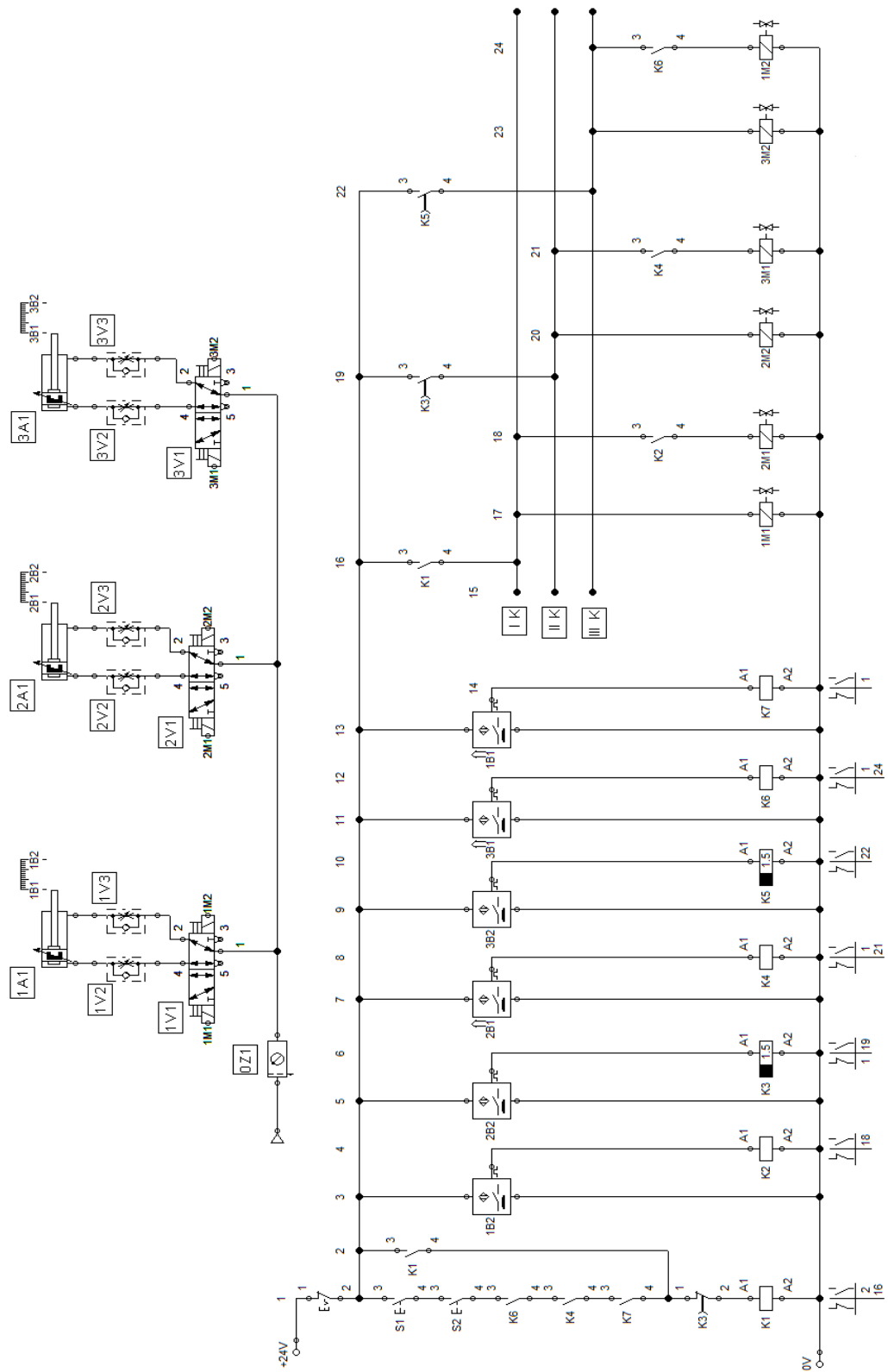




Slika 3.8. PLC program kaskadne metode sa sensorima

Na slici 3.8. prikazan je PLC program kaskadne metode sa sensorima. Program se pokreće istovremenim pritiskom na tipkala S1 i S2 uz uvjete da su radni kontakti K6, K4 i K7 aktivirani, a to je jedino moguće ako su sva tri cilindra u početnim položajima. Pokretanjem programa pali se prvi relej u nizu, a to je K1, koji automatski preklapa radni kontakt K1 u slijedećoj grani i time omogućuje spoj samodržanja. Mirni kontakt K3 je aktiviran dokle god ga senzor 2B2 (ulaz I4) u četvrtoj grani ne deaktivira i time onemogućuje rad releja K1. U narednim granama svaki senzor pali po jedan relej. 1B2 pali relej K2, 2B2 pali relej K3 i tako dalje redom te se time omogućuje automatsko izvršavanje programa. Zadnje tri grane programa prikazuju izlaze iz PLC-a tj. kaskade, koje aktiviraju radni kontakti K1, K8 i K9 te K2, K4 i K6 u paralelnim granama.

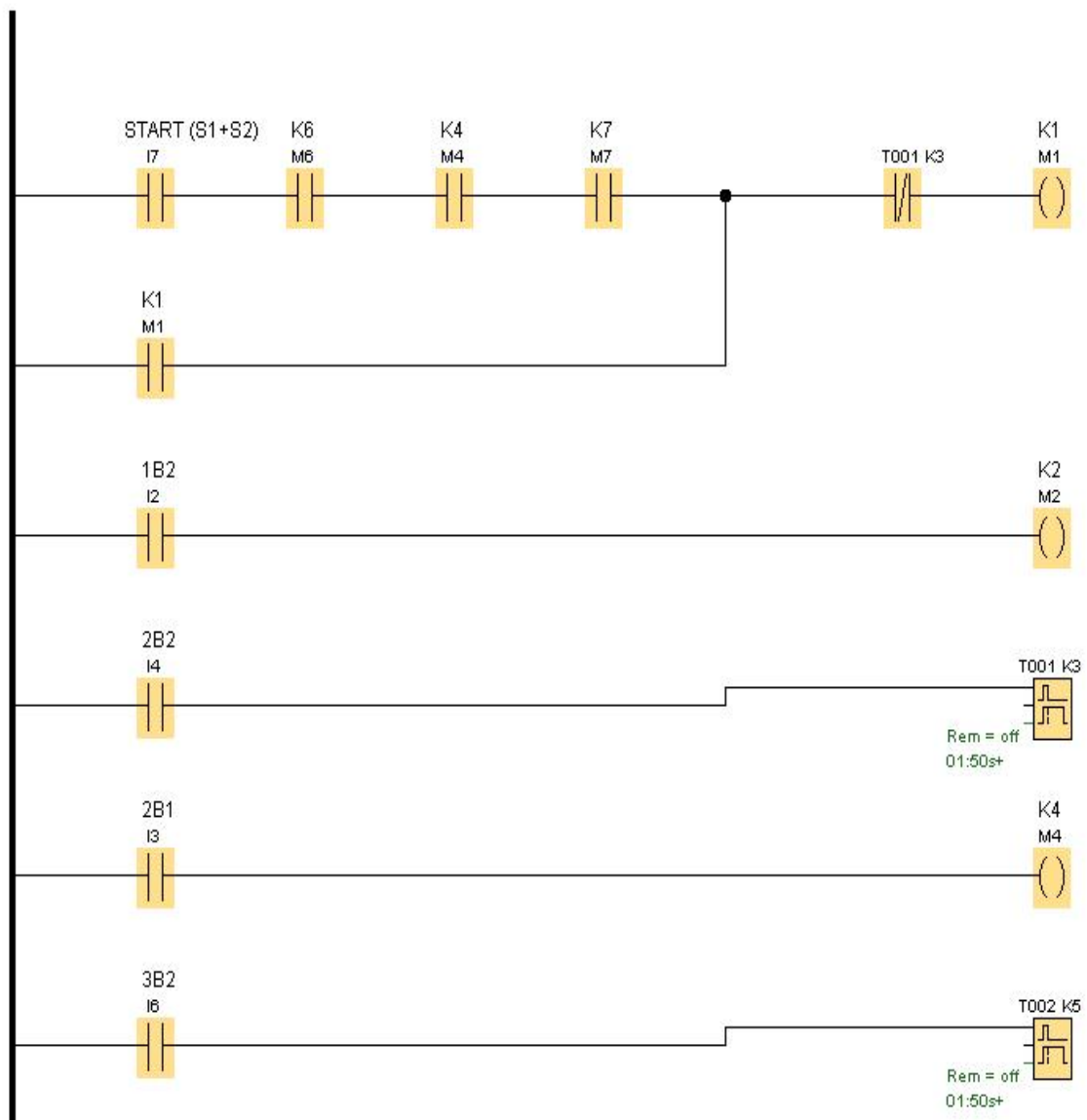
3.2 Rješenje zadatka kaskadnom metodom i vremenskim članom

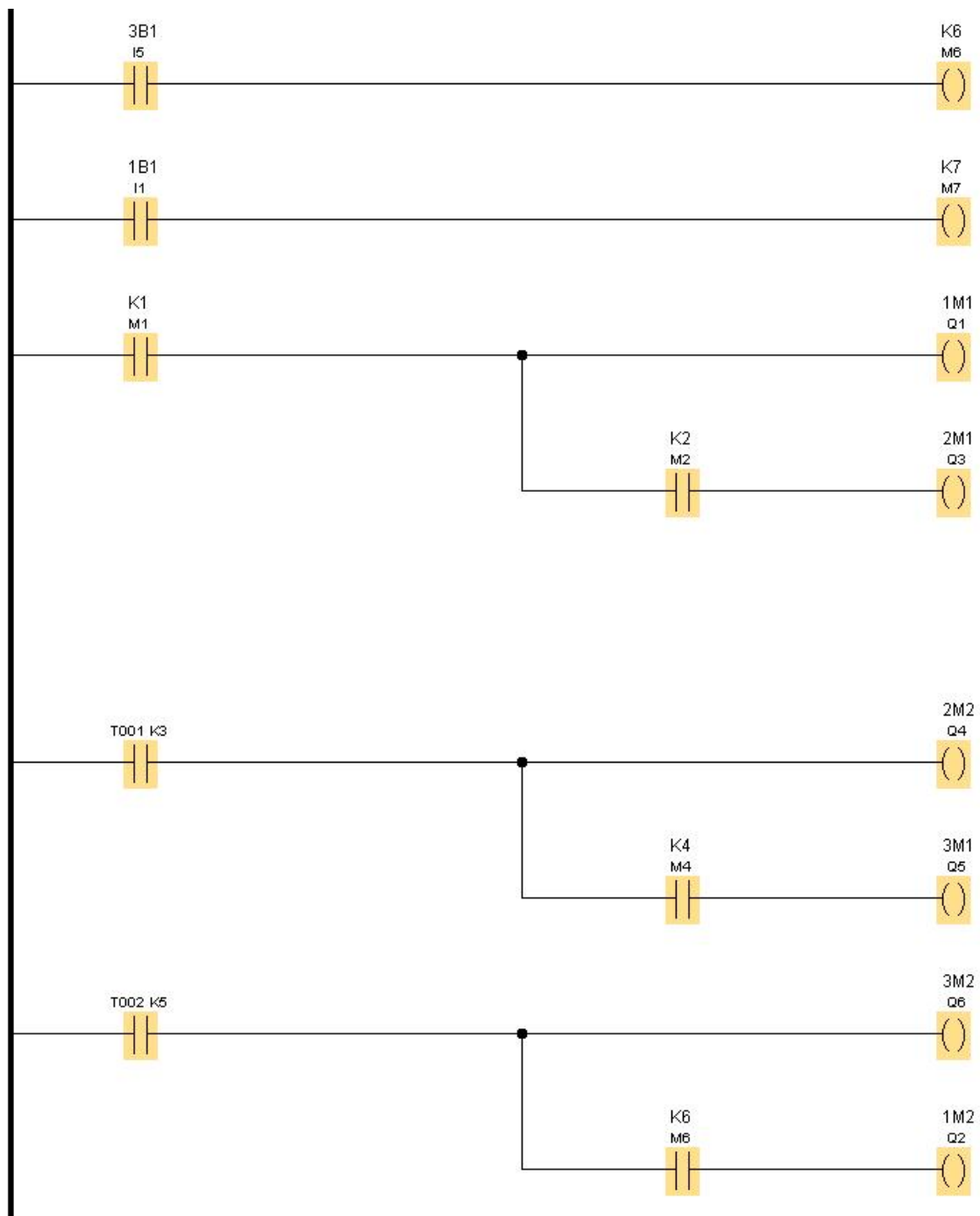


Slika 3.9. Pneumatska i električna shema rješenja kaskadne metode s vremenskim članom

Na slici 3.9. prikazano je rješenje električne sheme s vremenskim članom. Pneumatska shema je identična kao i u prvom rješenju. Kao vremenski član je korišten relej s kašnjenjem iskapčanja u granama 6 i 10. Vrijeme iskapčanja je podešeno na 1,5 sekundi, odnosno onoliko vremena koliko je potrebno da se steknu uvjeti za uključivanjem sljedeće kaskade i isključivanjem prethodne. Za ovo rješenje koristi se sedam releja umjesto potrebnih devet kako je prikazano na prvobitnoj električnoj shemi na slici 3.3. PLC shema spajanja i tablica PLC adresa se nisu mijenjale.

3.2.1 PLC program kaskadne metode s vremenskim članom

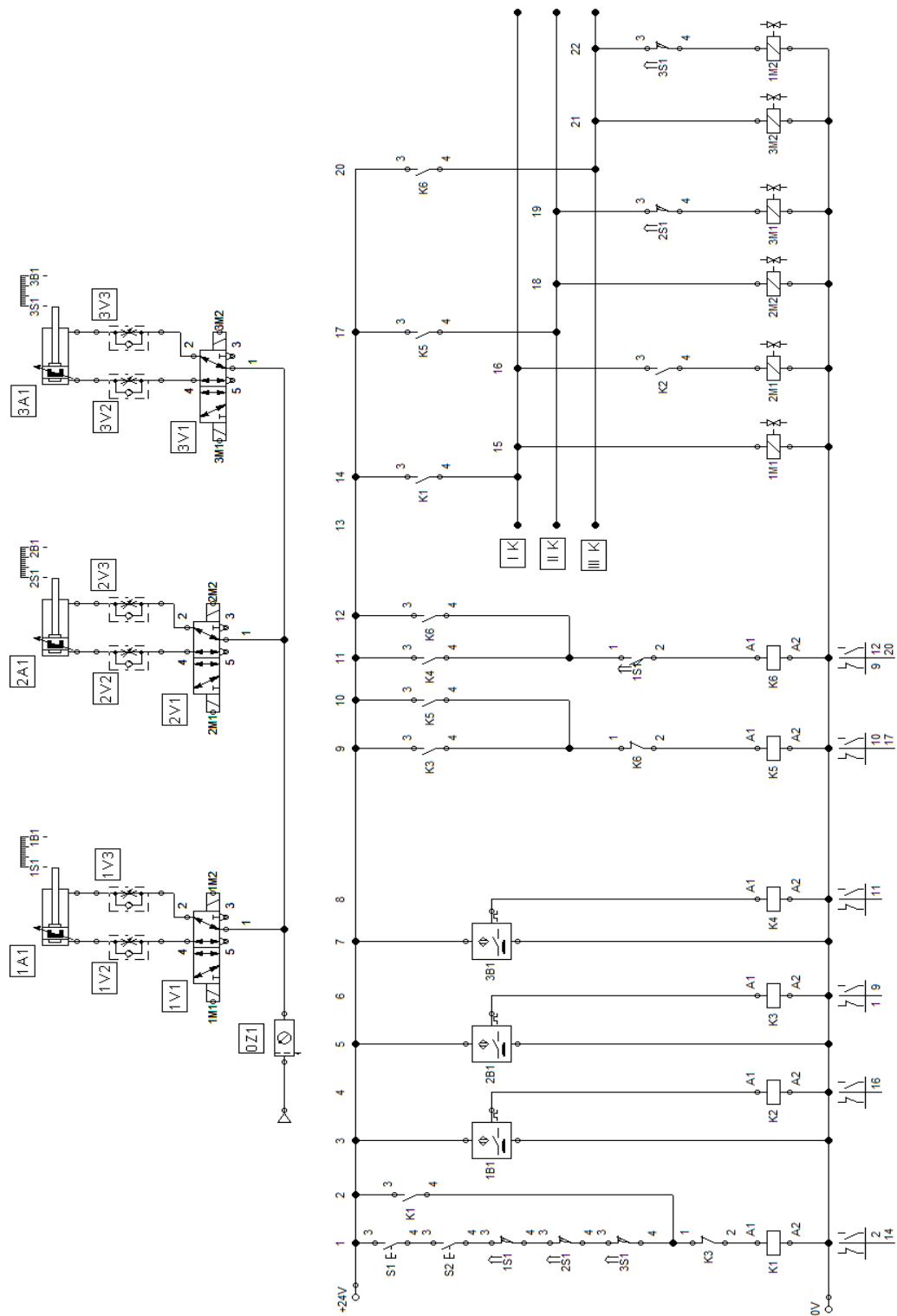




Slika 3.10. PLC program kaskadne metode s vremenskim članom

Na slici 3.10. prikazan je PLC program kaskadne metode s vremenskim članom. Početni uvjeti su isti kao i na prethodnoj metodi. Razlika je u korištenju releja s kašnjenjem iskapčanja T001 K3 i T002 K5 kojeg aktiviraju senzori 2B2 (ulaz I4) i 3B2 (ulaz I6). Releji imaju mogućnost podešavanja trajanja vremena iskapčanja.

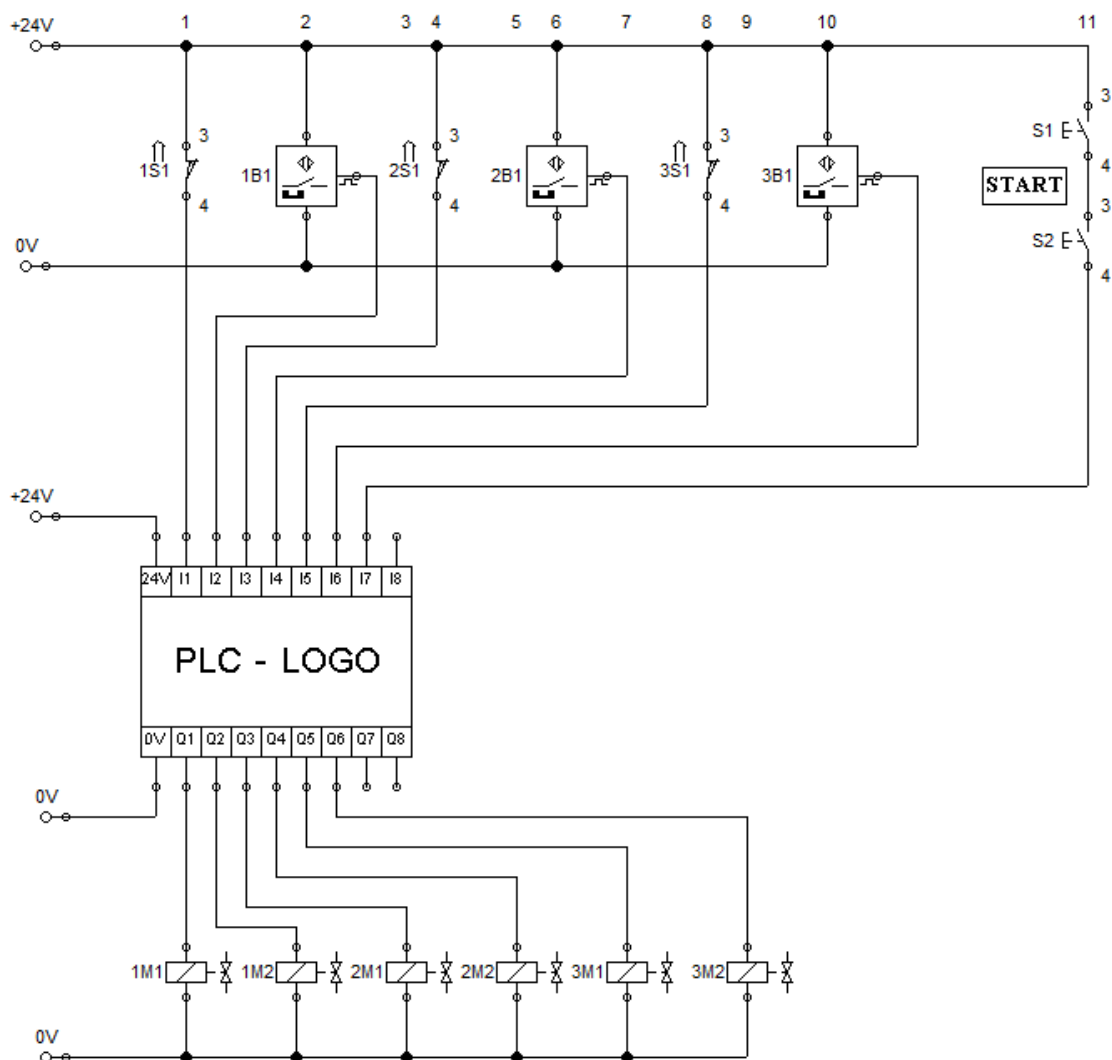
3.3 Rješenje zadatka kaskadnom metodom sa sensorima i graničnim prekidačima



Slika 3.11. Pneumatska i električna shema rješenja kaskadne metode sa sensorima i graničnim prekidačima

Na slici 3.11. prikazano je rješenje zadatka sa sensorima i graničnim prekidačima. Korištena su tri senzora zadužena za detektiranje krajnjih položaja cilindra s oznakama 1B1, 2B1 i 3B1. Isto tako su bila potrebna i tri granična prekidača postavljena na početnim položajima cilindra s oznakama 1S1, 2S1 i 3S1. Ovakvo rješenje, uz upotrebu šest releja, je jednostavnije od prijašnja dva.

3.3.1 PLC shema spajanja kaskadne metode sa sensorima i graničnim prekidačima



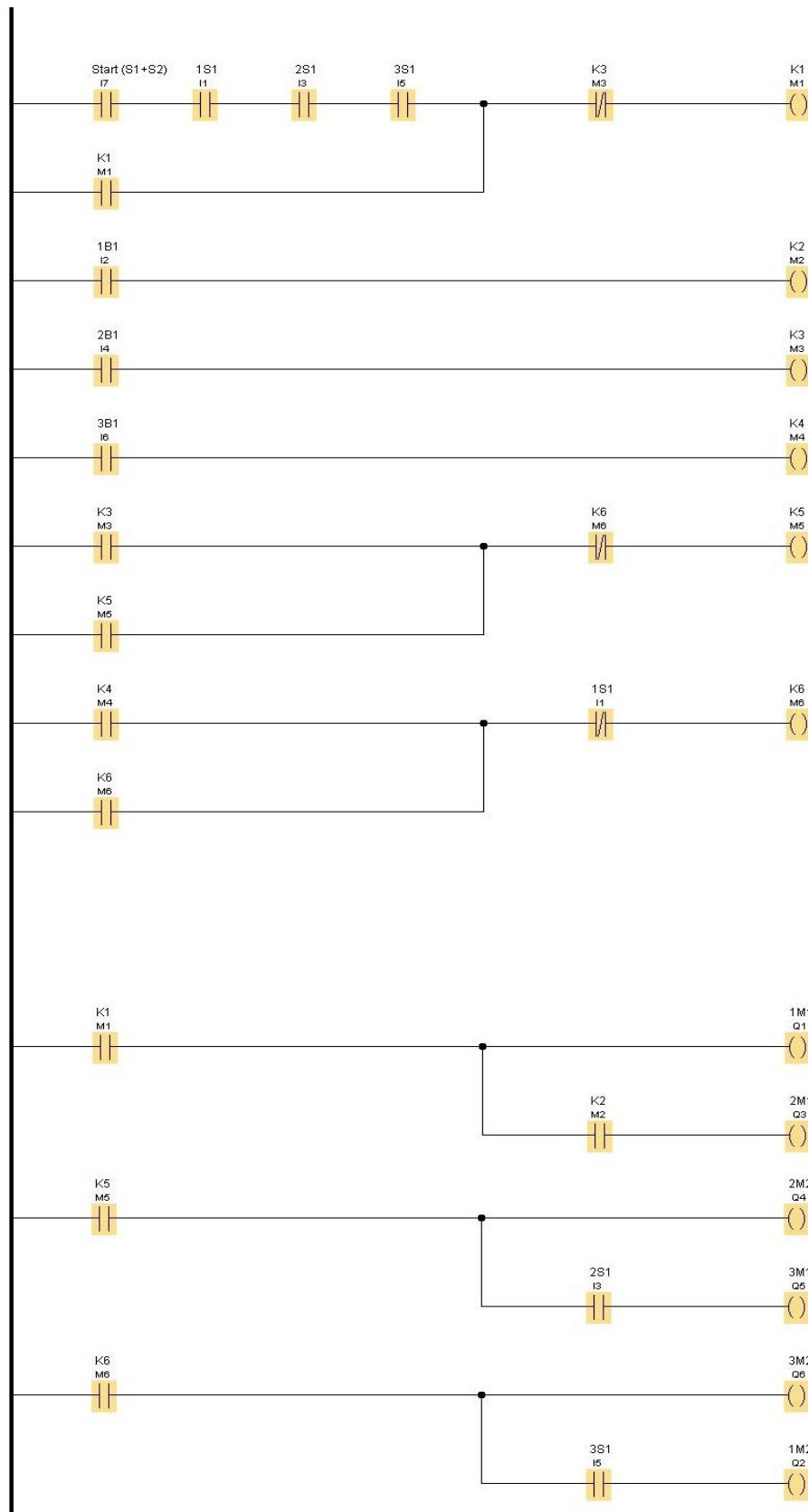
Slika 3.12. PLC shema spajanja sa sensorima i graničnim prekidačima

Naziv komponente	PLC adresa	Oznaka u shemi spajanja
Granični prekidač	I1	1S1
Senzor	I2	1B1
Granični prekidač	I3	2S1
Senzor	I4	2B1
Granični prekidač	I5	3S1
Senzor	I6	3B1
Tipkala	I7	S1 + S2
Razvodnik 5/2 1V1	Q1	1M1
	Q2	1M2
Razvodnik 5/2 2V1	Q3	2M1
	Q4	2M2
Razvodnik 5/2 3V1	Q5	3M1
	Q6	3M2

Slika 3.13. Tablica PLC adresa

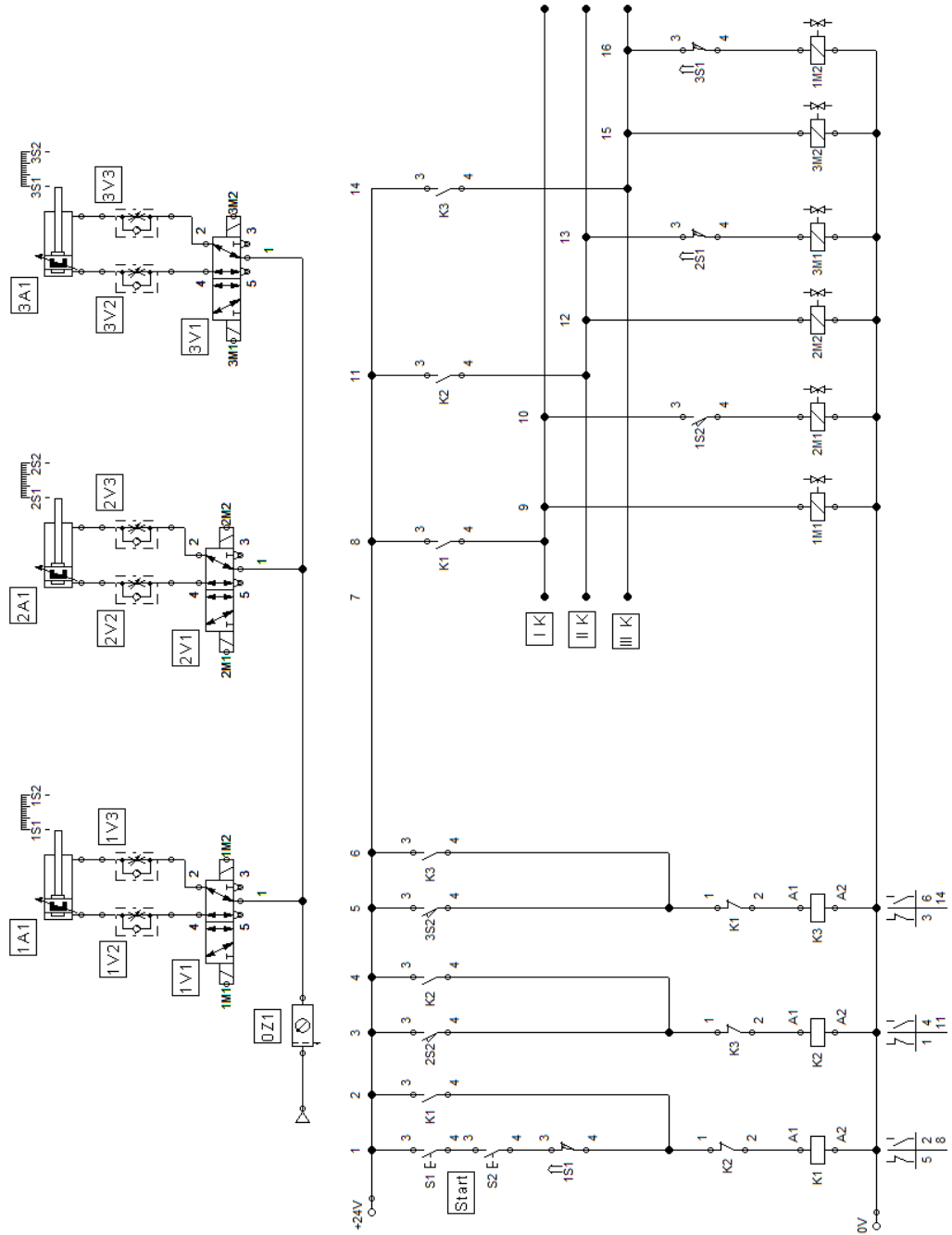
3.3.2 *PLC program kaskadne metode sa senzorima i graničnim prekidačima*

Na slici 3.14. prikazan je PLC program kaskadne metode sa senzorima i graničnim prekidačima. Početne uvjete osiguravaju granični prekidači 1S1, 2S1 i 3S1. Istovremenom aktivacijom tipkala S1 i S2 pokreće se program i aktivira se relej K1 i njegov spoj samodržanja u slijedećoj grani. Senzori 1B1, 2B1 i 3B1 aktiviraju releje K2, K3 i K4. Posljednje tri grane predstavljaju kaskade koje se aktiviraju relejima K1, K5 i K6 te njihove paralelne grane sa relejem K2 i graničnim prekidačima 2S1 i 3S1.



Slika 3.14. PLC program kaskadne metode sa senzorida i graničnim prekidačima

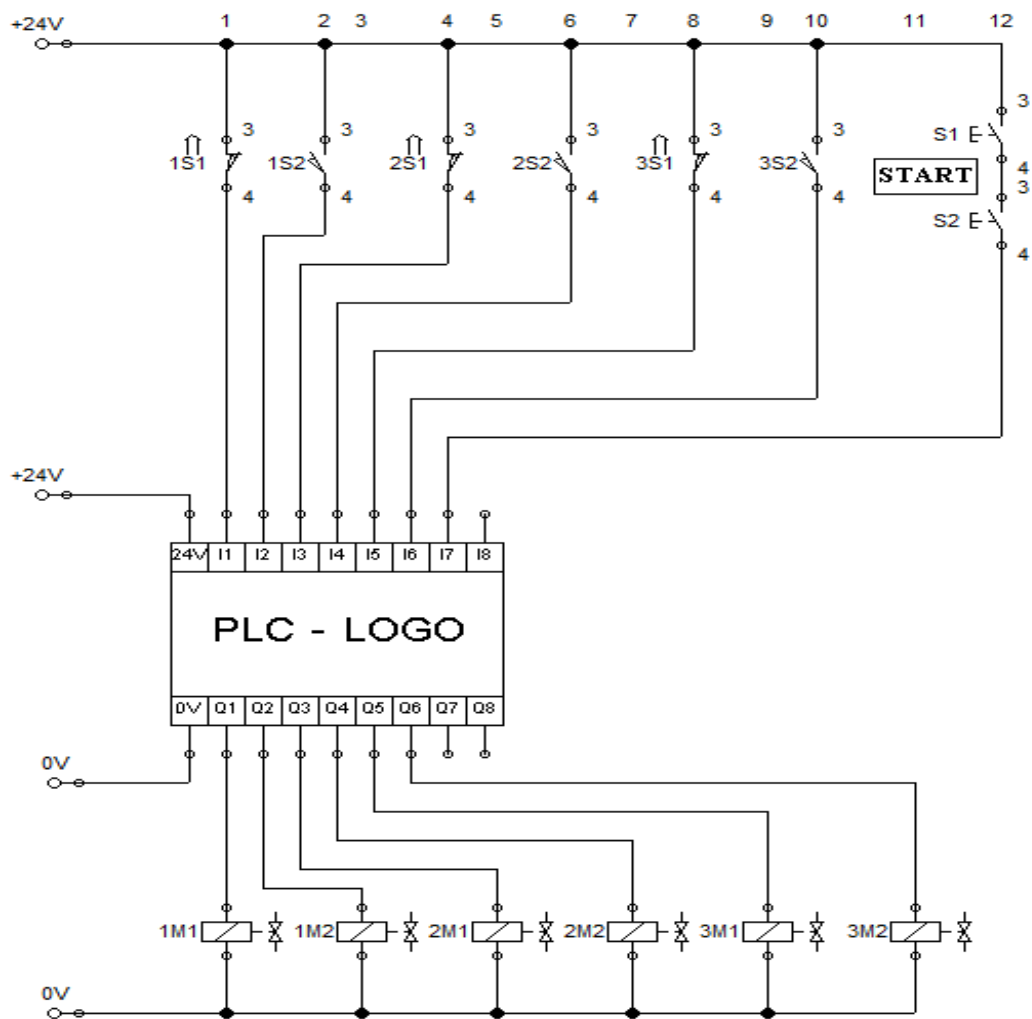
3.4 Rješenje zadatka kaskadnom metodom i graničnim prekidačima



Slika 3.15. Pneumatska i električna shema rješenja kaskadne metode s graničnim prekidačima

Na slici 3.15. prikazano je rješenje zadatka kaskadnom metodom s graničnim prekidačima. Na prvi pogled je vidljivo da je ova električna shema najjednostavnija od ove četiri prikazane. Potrebna su samo tri releja da bi shema funkcionirala. U prvju grani granični prekidač aktivira mirni kontakt 1S1 zbog početnog položaja cilindra 1A1. Time omogućuje pokretanje sustava nakon istovremenog aktiviranja tipkala S1 i S2 koji aktiviraju relej K1, a posljedično time i prvu kaskadu. Granični prekidač 2S2 u grani tri, aktivira relej K2 i drugu kaskadu, a isključuje prvu. Releji K2 i K3 se aktiviraju graničnim prekidačima 2S1 i 3S1 u grani pet i aktiviraju kaskadu broj tri, a gasi kaskadu broj dva. Zadnja kaskada ostaje pod naponom do ponovne aktivacije prve kaskade.

3.4.1 PLC shema spajanja kaskadne metode s graničnim prekidačima



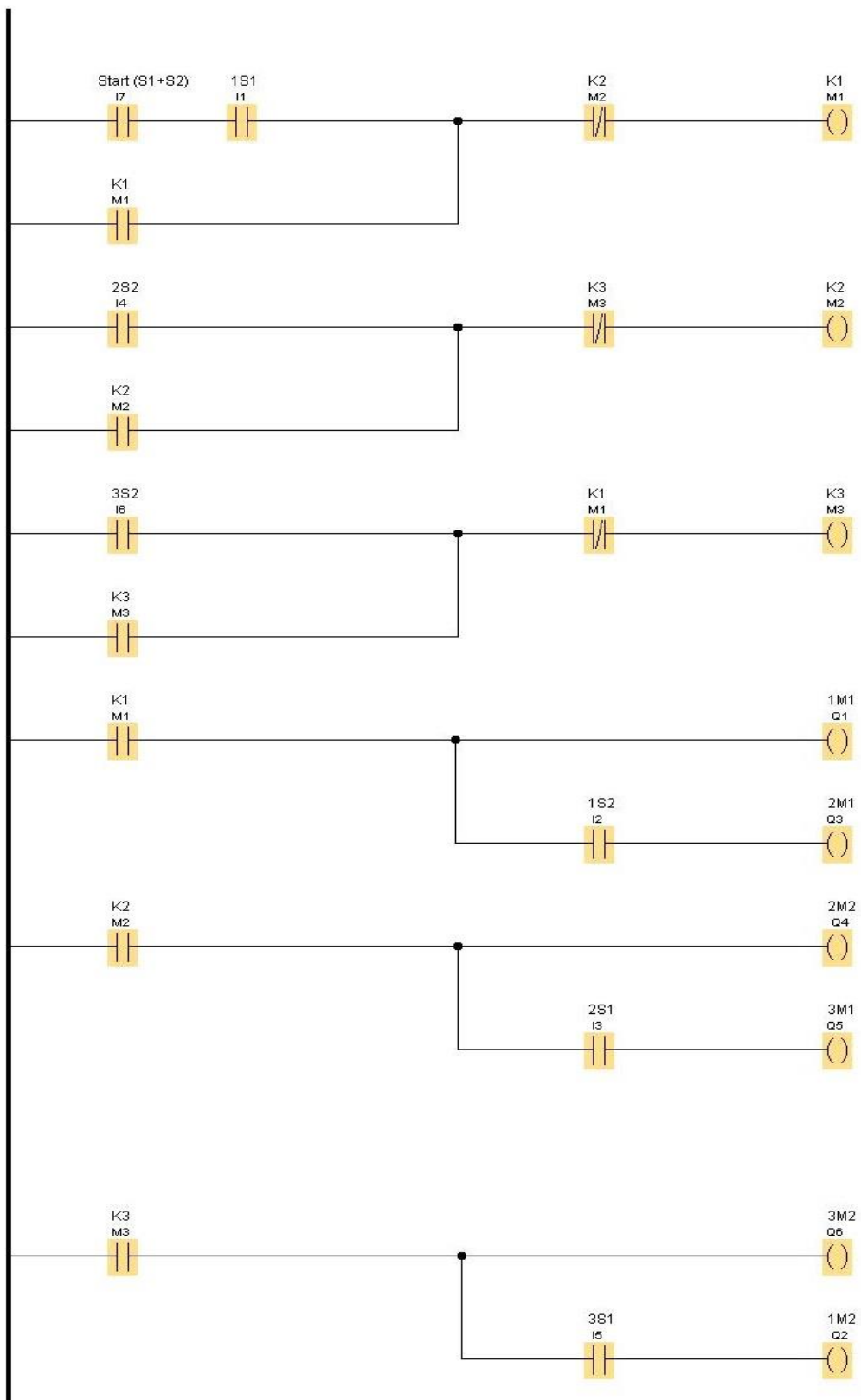
Slika 3.16. PLC shema spajanja kaskadne metode s graničnim prekidačima

Naziv komponente	PLC adresa	Oznaka u shemi spajanja
Granični prekidač	I1	1S1
Granični prekidač	I2	1S2
Granični prekidač	I3	2S1
Granični prekidač	I4	2S2
Granični prekidač	I5	3S1
Granični prekidač	I6	3S2
Tipkala	I7	S1 + S2
Razvodnik 5/2 1V1	Q1	1M1
	Q2	1M2
Razvodnik 5/2 2V1	Q3	2M1
	Q4	2M2
Razvodnik 5/2 3V1	Q5	3M1
	Q6	3M2

Slika 3.17. Tablica PLC adresa

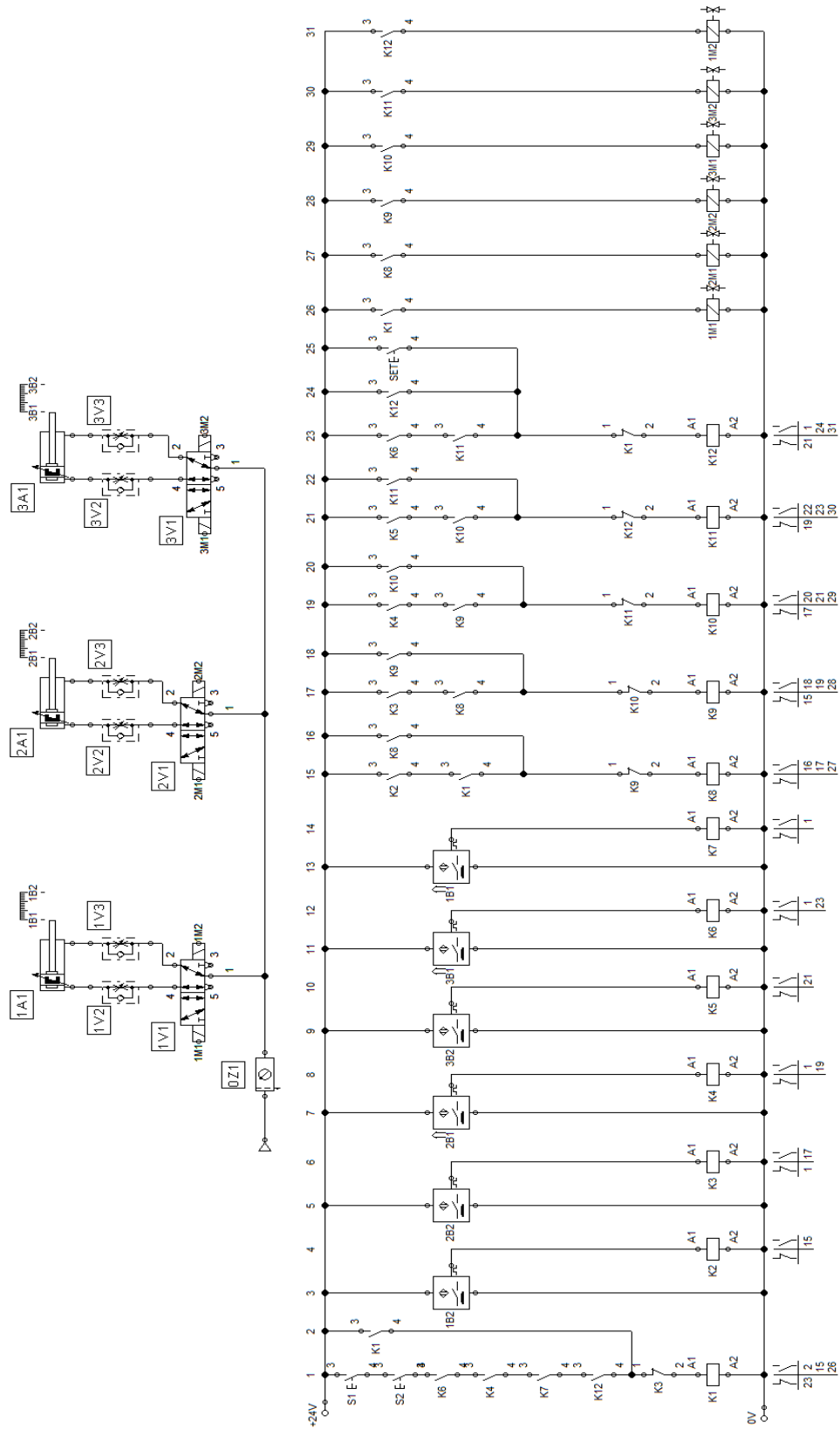
3.4.2 PLC program kaskadne metode s graničnim prekidačima

Na slici 3.18. prikazan je PLC program kaskadne metode s graničnim prekidačima. To je najjednostavniji program kaskadne metode od sva četiri prikazana u ovom radu. Glavni razlog tome je jednostavniji način spajanja graničnih prekidača naspram senzora. Početni uvjet je osiguran sa graničnim prekidačem 1S1 koji šalje signal u ulaz PLC-a I1. Nakon istovremenog aktiviranja tipkala S1 i S2 aktivira se relej K1 i njegov spoj samodržanja te time započinje automatsko izvršavanje programa. Granični prekidač 2S2 (ulaz I4) aktivira relej K2, a 3S2 (ulaz I6) aktivira K3. Zadnje tri grane su kaskade koje aktiviraju releji K1, K2 i K3, a njihove paralelne grane aktiviraju granični prekidači 1S2 (ulaz I2), 2S1 (ulaz I3) i 3S1 (ulaz I5).



Slika 3.18. PLC program kaskadne metode s graničnim prekidačima

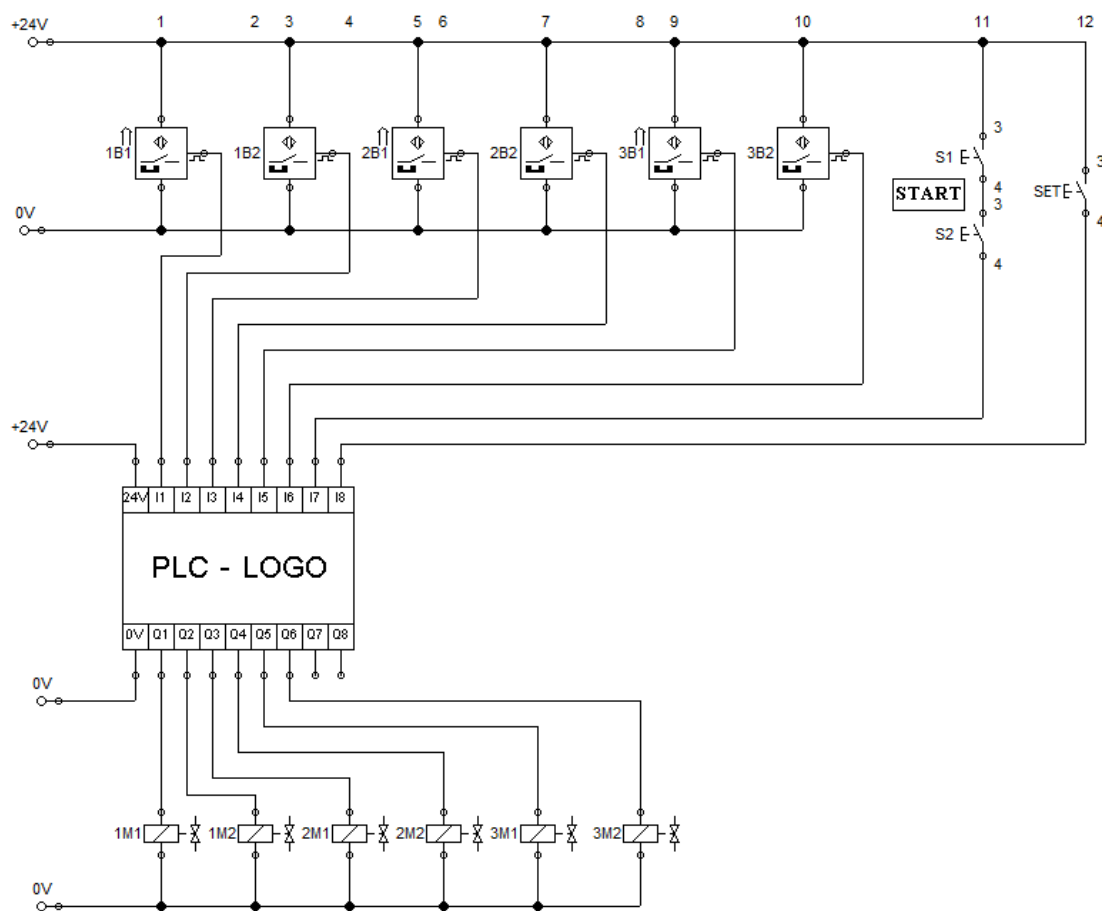
3.5 Rješenje zadatka taktnom metodom sa sensorima



Slika 3.19. Pneumatska i električna shema rješenja taktne metode sa sensorima

Kod ovog rješenja metodom taktne metode, zbog korištenja razvodnika bistabila, potrebno je kod prvog pokretanja sustava, pritisnuti tipkalo "SET" koje je postavljeno u zadnjem krugu samodrzanja (grana 25). Tako će taj krug biti pod naponom. Kasnije tokom rada u cikličkom procesu, taj krug će se sam aktivirati pomoću zadnjeg releja i kruga samodrzanja.

3.5.1 PLC shema spajanja taktne metode sa senzovima



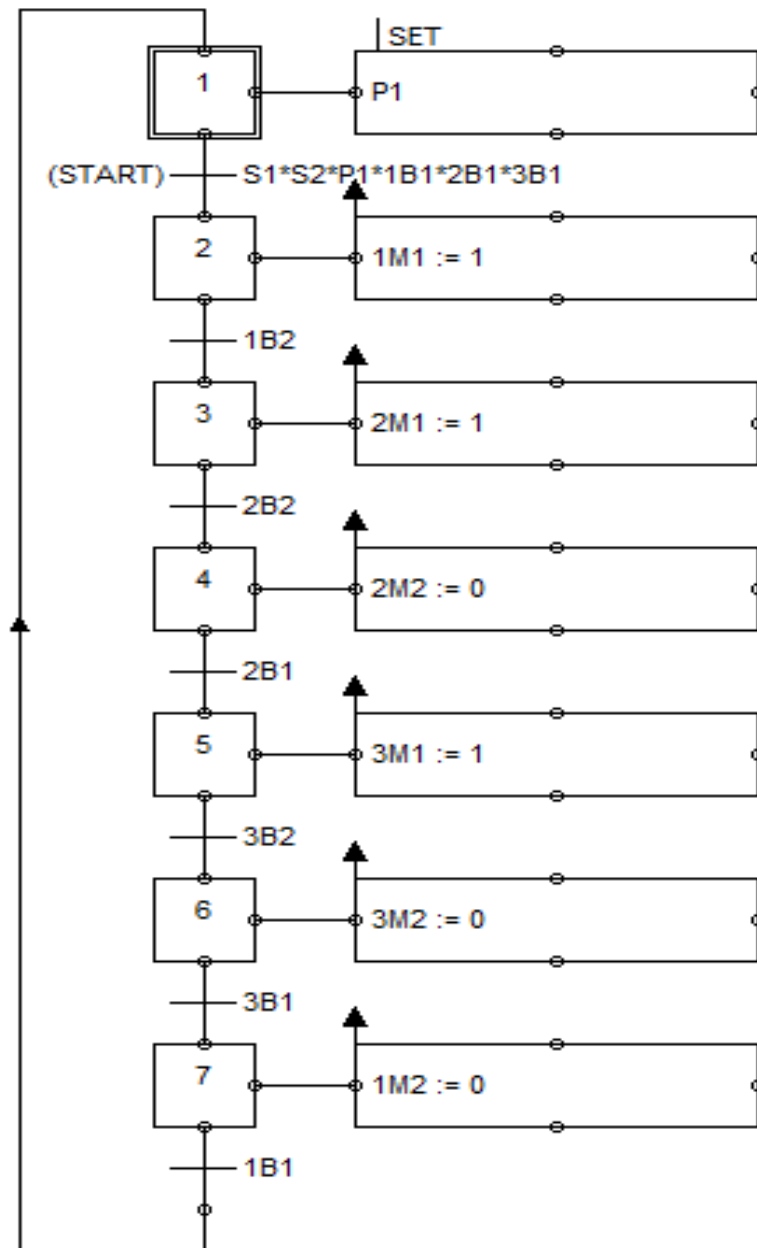
Slika 3.20. PLC shema spajanja taktne metode sa senzovima

Razlika u PLC shemi spajanja taktne i kaskadne metode je u korištenju dodatnog ulaza (I8) za tipkalo "SET".

Naziv komponente	PLC adresa	Oznaka u shemi spajanja
Senzor	I1	1B1
Senzor	I2	1B2
Senzor	I3	2B1
Senzor	I4	2B2
Senzor	I5	3B1
Senzor	I6	3B2
Tipkala	I7	START (S1 + S2)
Tipkalo	I8	SET
Razvodnik 5/2 1V1	Q1	1M1
	Q2	1M2
Razvodnik 5/2 2V1	Q3	2M1
	Q4	2M2
Razvodnik 5/2 3V1	Q5	3M1
	Q6	3M2

Slika 3.21. Tablica PLC adresa

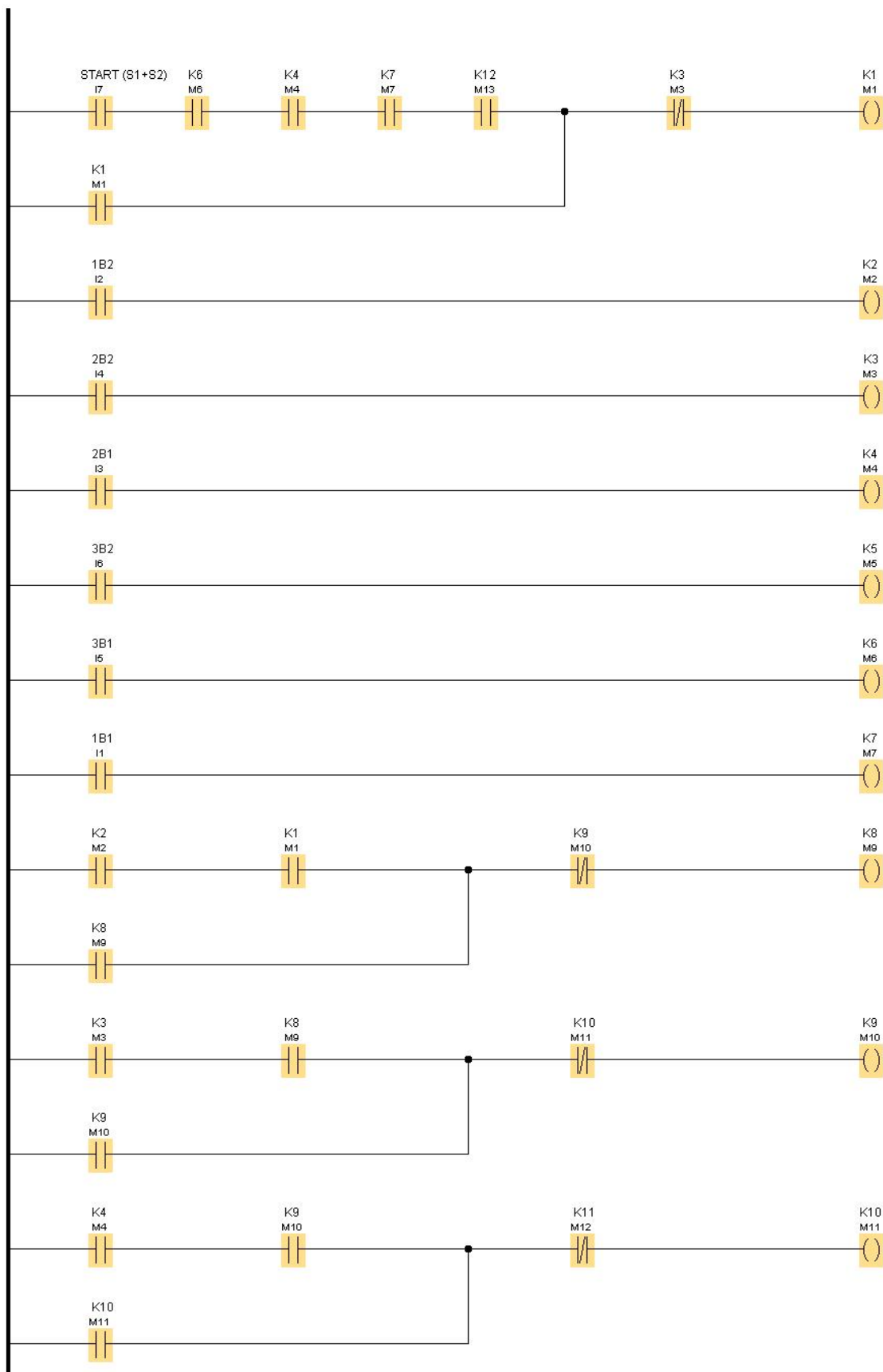
3.5.2 GRAFCET taktne metode

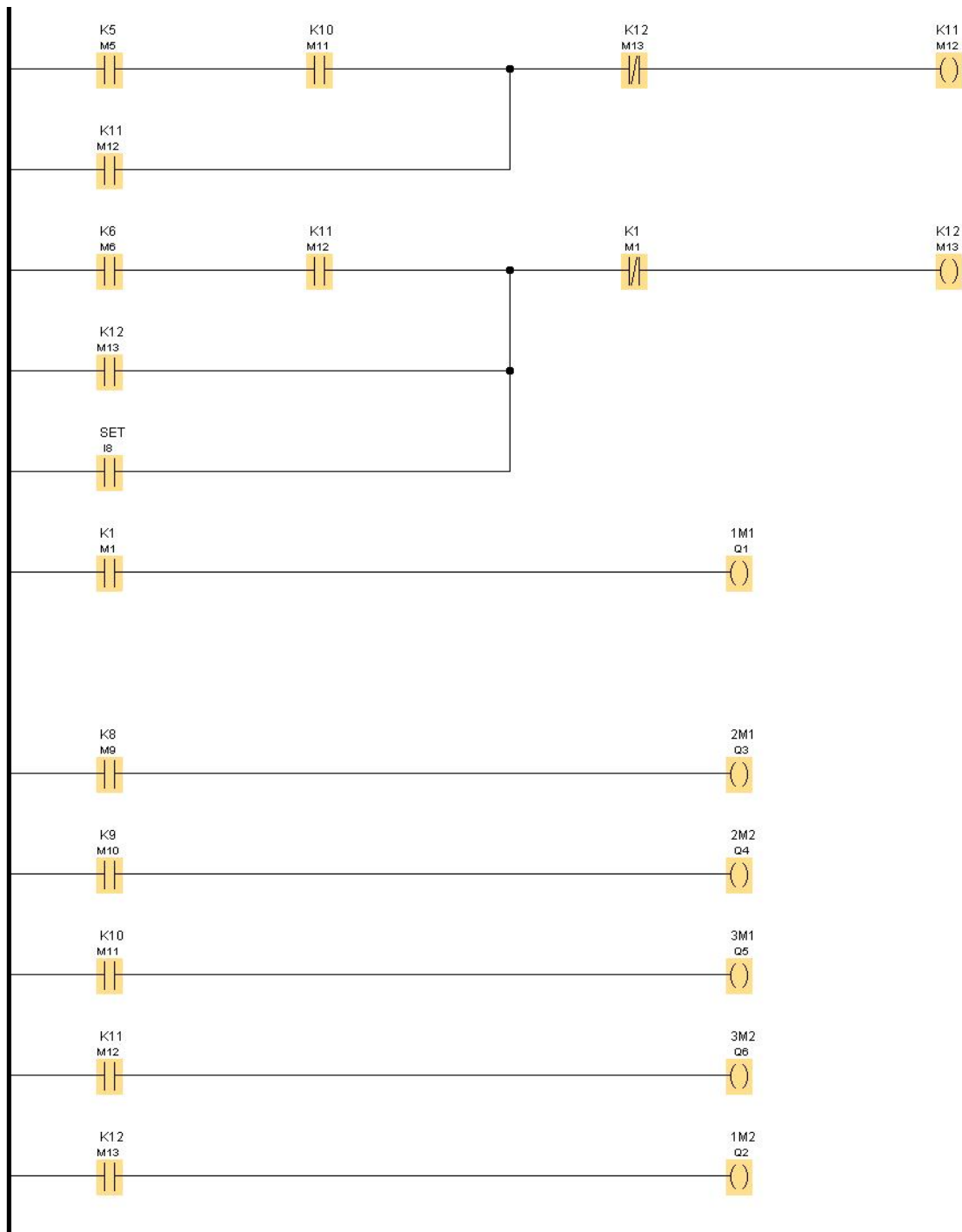


Slika 3.22. GRAFCET taktne metode

Da bi se program pokrenuo potrebno je ispuniti tranzicijske uvjete koji su prikazani na gornjoj slici između koraka 1 i 2. Svi cilindri moraju biti u početnim položajima, tipka "SET" treba biti aktivirana te se tek tada može pokrenuti sustav pritiskom na tipkala S1 i S2. Kada se ti tranzicijski uvjeti ispune, program može krenuti sa bloka 1 na blok 2 i na daljnje izvođenje programa.

3.5.3 PLC program taktne metode sa senzorida

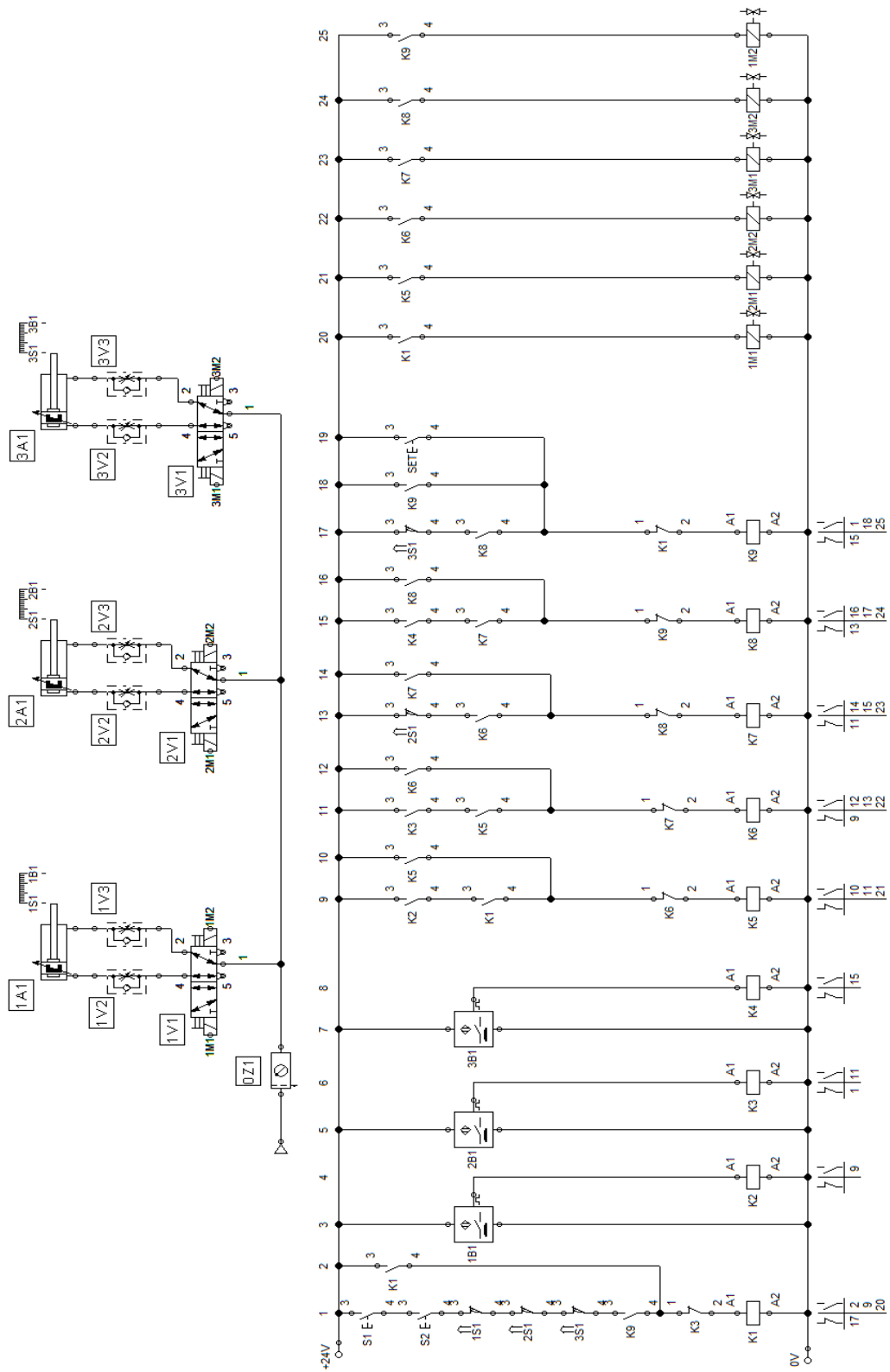




Slika 3.23. PLC program taktne metode sa sensorima

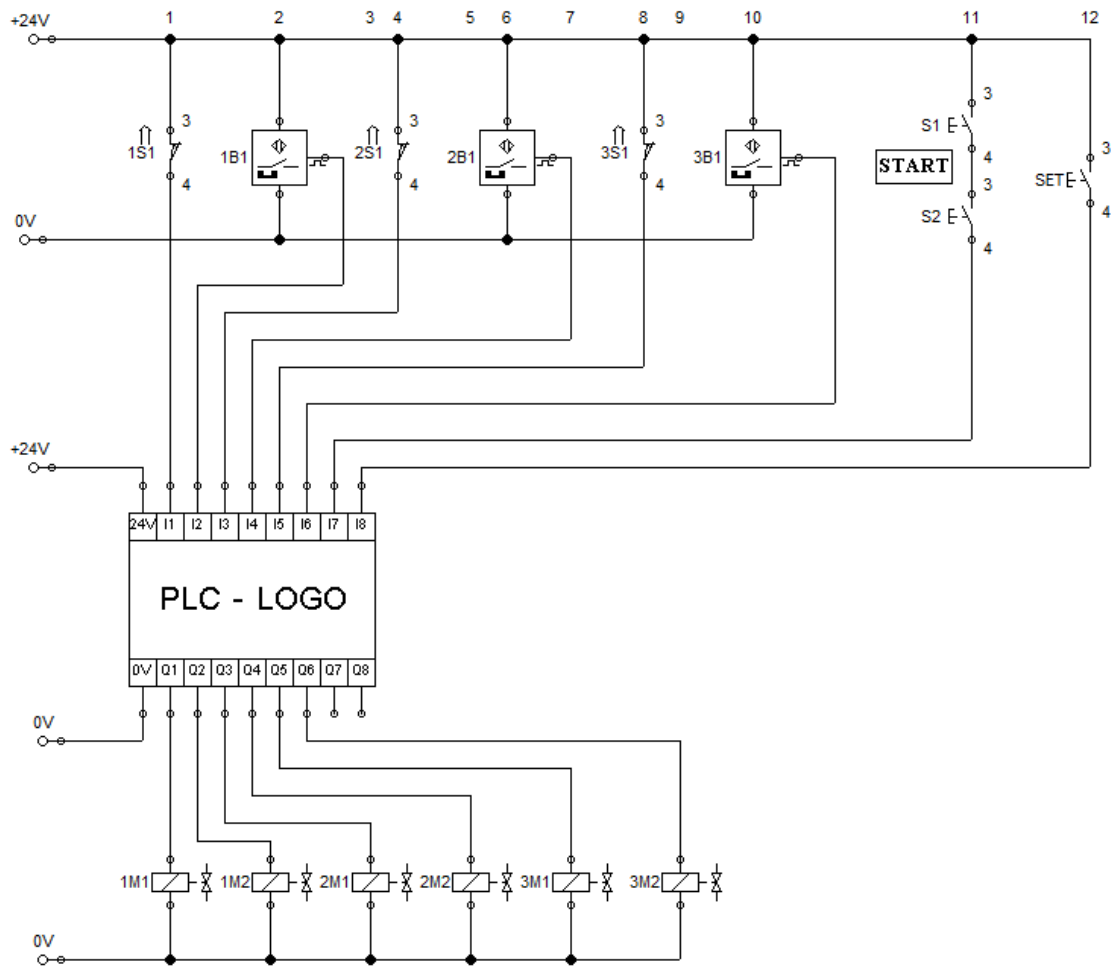
Na slici 3.23. prikazan je PLC program taktne metode sa sensorima. Početne uvjete osiguravaju releji K4, K6, K7 i K12. Releji K12 se pri prvom pokretanju programa aktivira sa tipkom "SET" (ulaz I8), a kasnije se tokom rada aktivira automatski preko releja K6 kojeg aktivira senzor 3B1 (ulaz I5) i releja K11. Izlaze aktiviraju releji K1 (izlaz Q1), K8 (izlaz Q3), K9 (izlaz Q4), K10 (izlaz Q5), K11 (izlaz Q6) i relej K12 (izlaz Q2).

3.6 Rješenje zadatka taktnom metodom sa sensorima i graničnim prekidačima



Slika 3.24. Pneumatska i električna shema taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima

3.6.1 PLC shema spajanja taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima



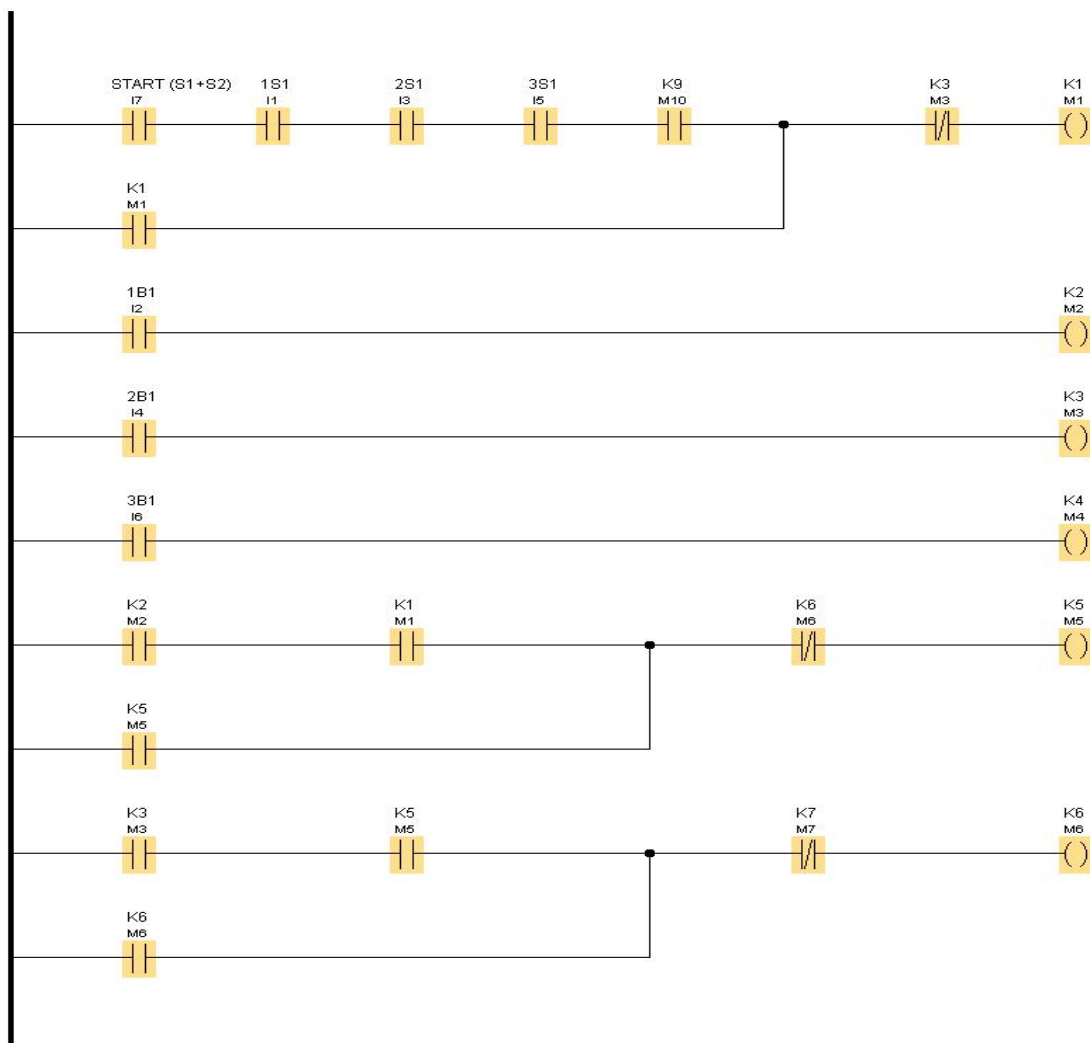
Slika 3.25. PLC shema spajanja taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima

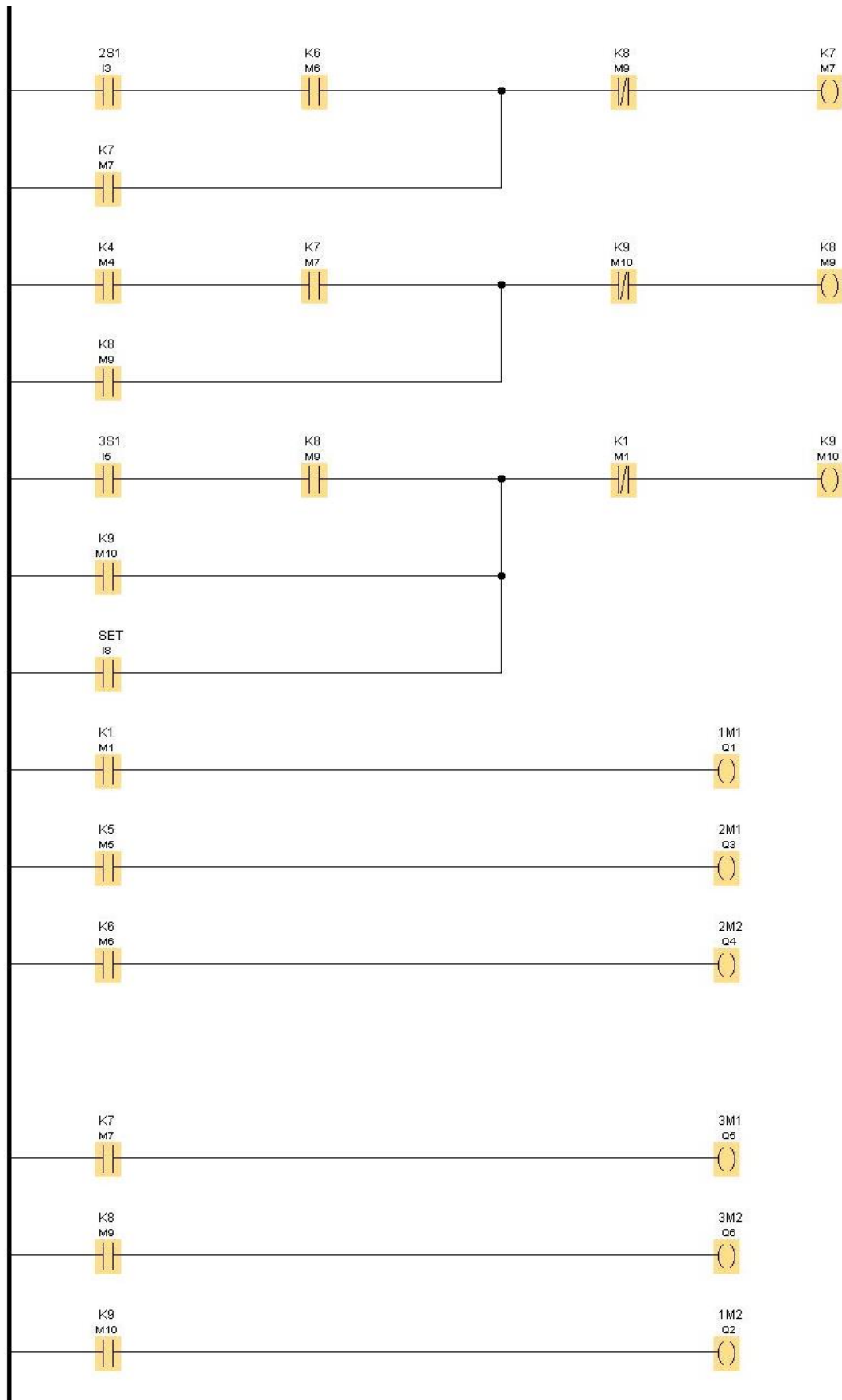
Naziv komponente	PLC adresa	Oznaka u shemi spajanja
Granični prekidač	I1	1S1
Senzor	I2	1B1
Granični prekidač	I3	2S1
Senzor	I4	2B1
Granični prekidač	I5	3S1
Senzor	I6	3B1

Tipkala	I7	START (S1 + S2)
Tipkalo	I8	SET
Razvodnik 5/2 1V1	Q1	1M1
	Q2	1M2
Razvodnik 5/2 2V1	Q3	2M1
	Q4	2M2
Razvodnik 5/2 3V1	Q5	3M1
	Q6	3M2

Slika 3.26. Tablica PLC adresa

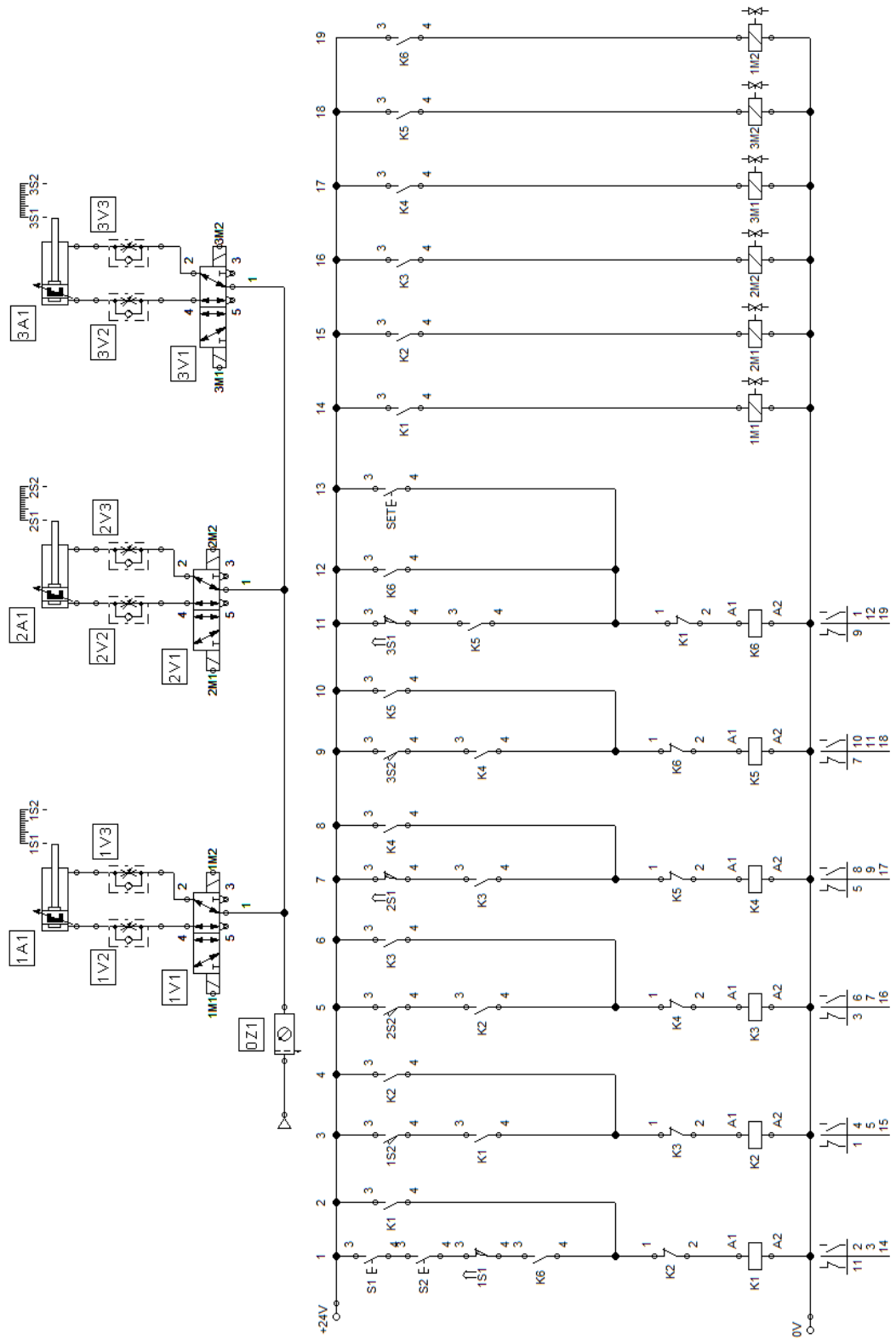
3.6.2 PLC program taktne metode sa senzorima i graničnim prekidačima





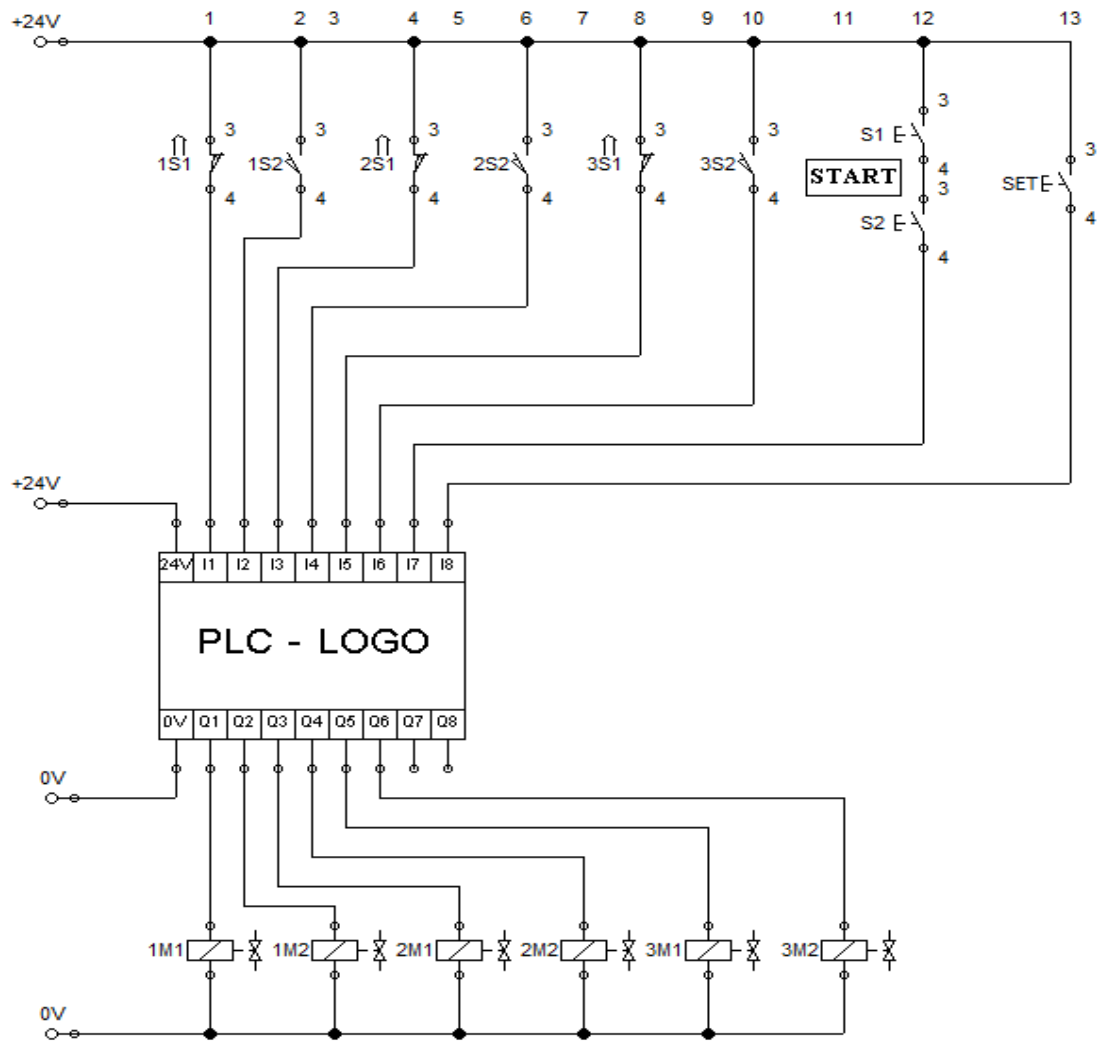
Slika 3.27. PLC program taktne metode sa senzorima i graničnim prekidačima

3.7 Rješenje zadatka taktnom metodom i graničnim prekidačima



Slika 3.28. Pneumatska i električna shema taktne metode s graničnim prekidačima

3.7.1 PLC shema spajanja taktne metode s graničnim prekidačima



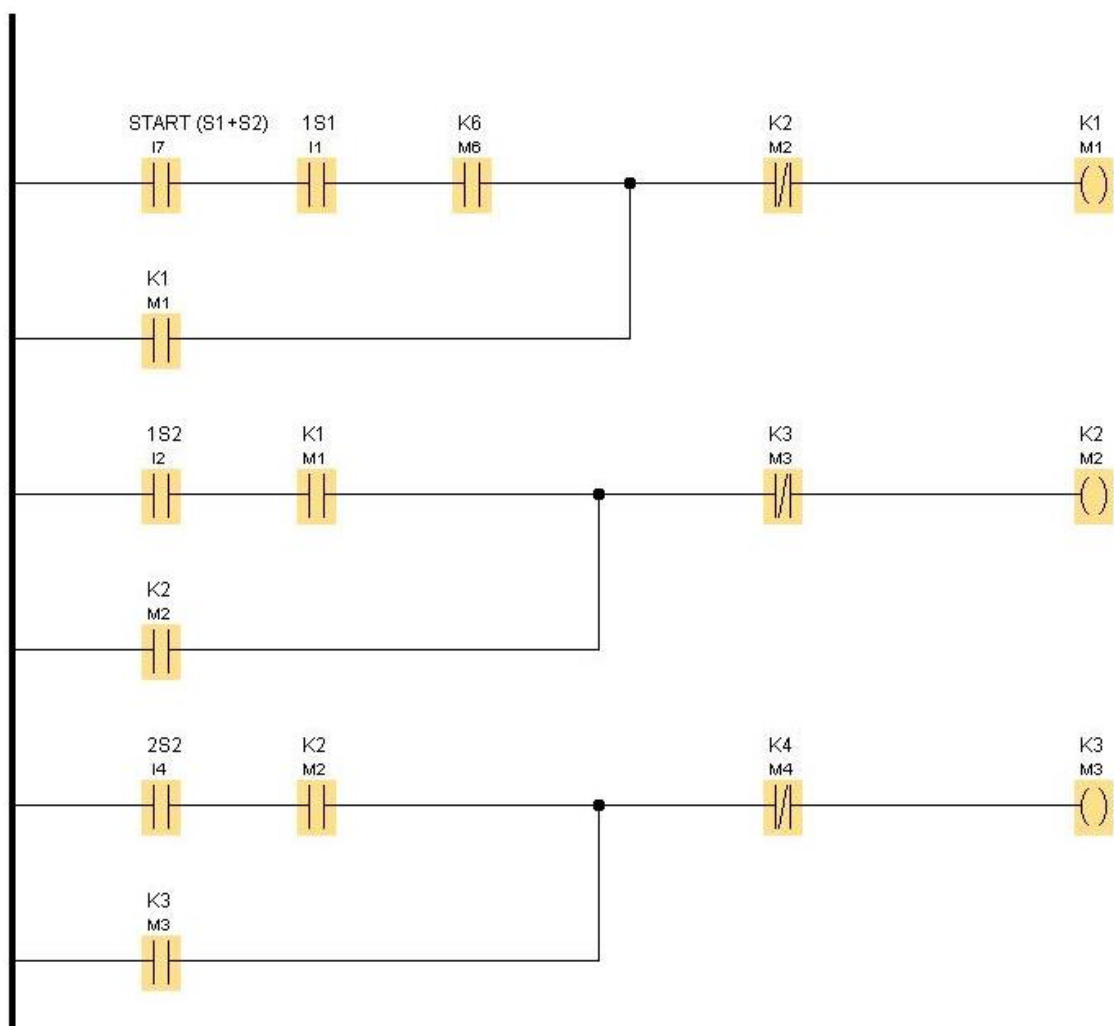
Slika 3.29. PLC shema spajanja taktne metode s graničnim prekidačima

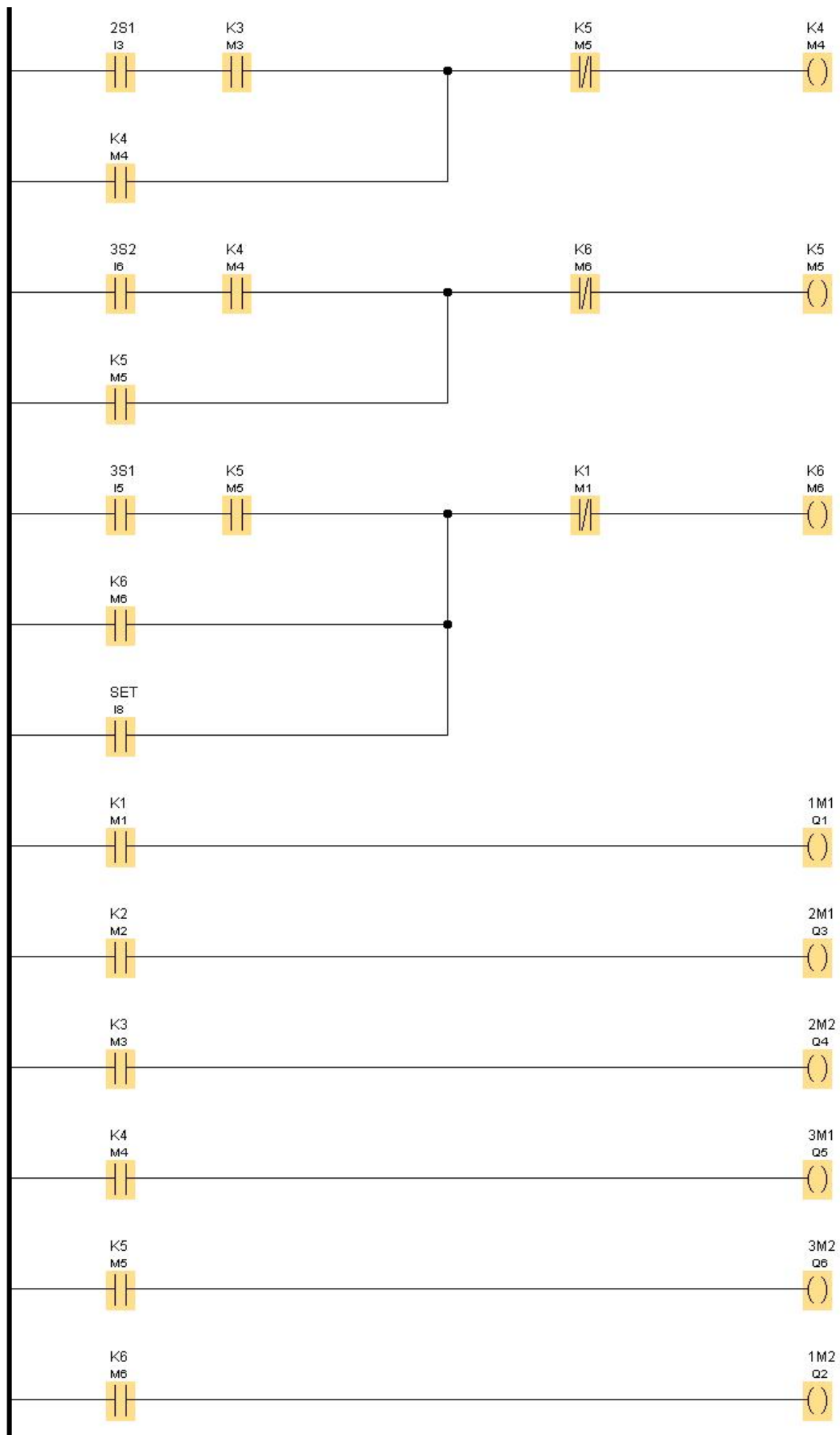
Naziv komponente	PLC adresa	Oznaka u shemi spajanja
Granični prekidač	I1	1S1
Granični prekidač	I2	1S2
Granični prekidač	I3	2S1
Granični prekidač	I4	2S2
Granični prekidač	I5	3S1
Granični prekidač	I6	3S2
Tipkala	I7	START (S1 + S2)

Tipkalo	I8	SET
Razvodnik 5/2 1V1	Q1	1M1
	Q2	1M2
Razvodnik 5/2 2V1	Q3	2M1
	Q4	2M2
Razvodnik 5/2 3V1	Q5	3M1
	Q6	3M2

Slika 3.30. Tablica PLC adresa

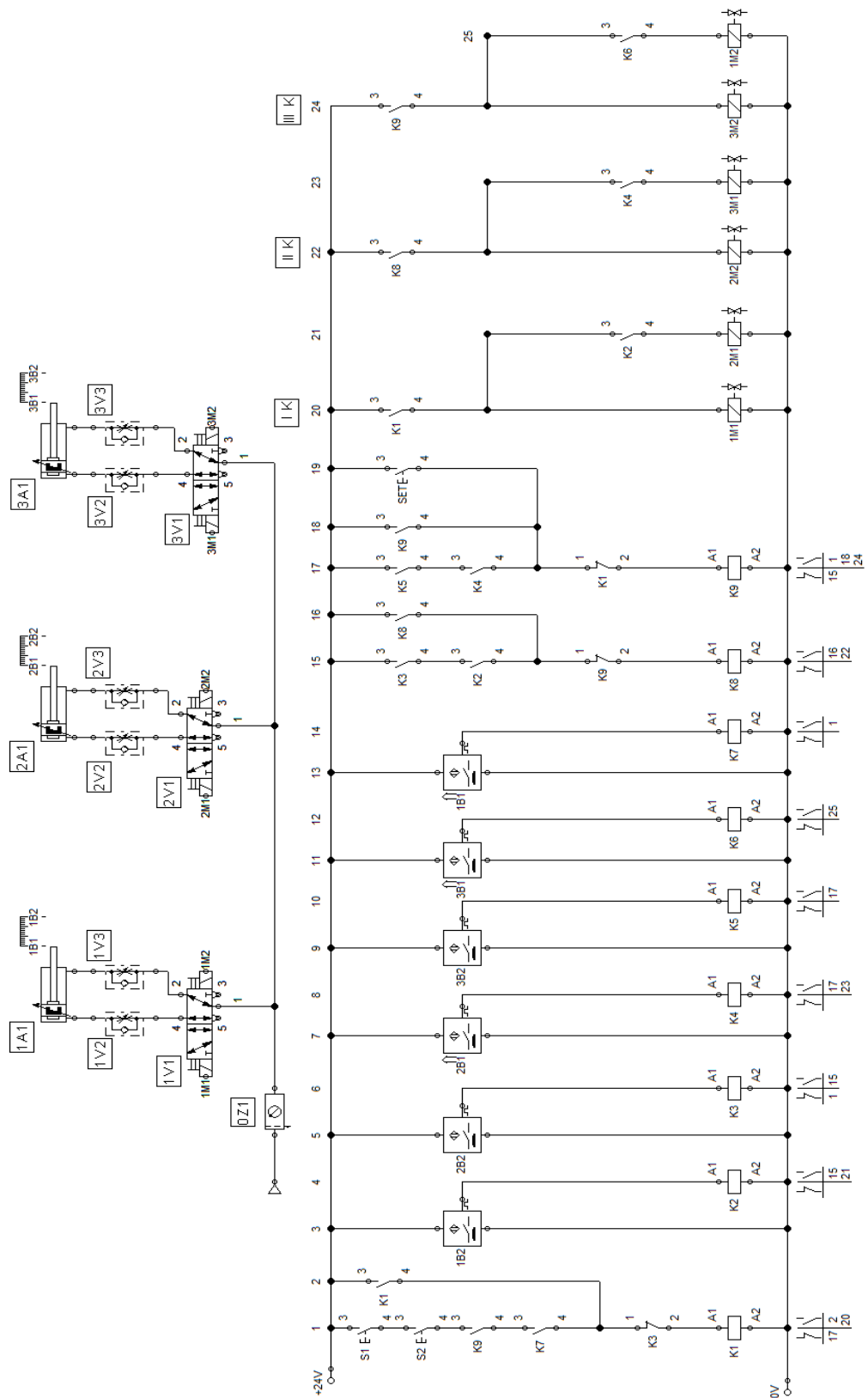
3.7.2 PLC program taktne metode s graničnim prekidačima





Slika 3.31. PLC program taktne metode s graničnim prekidačima

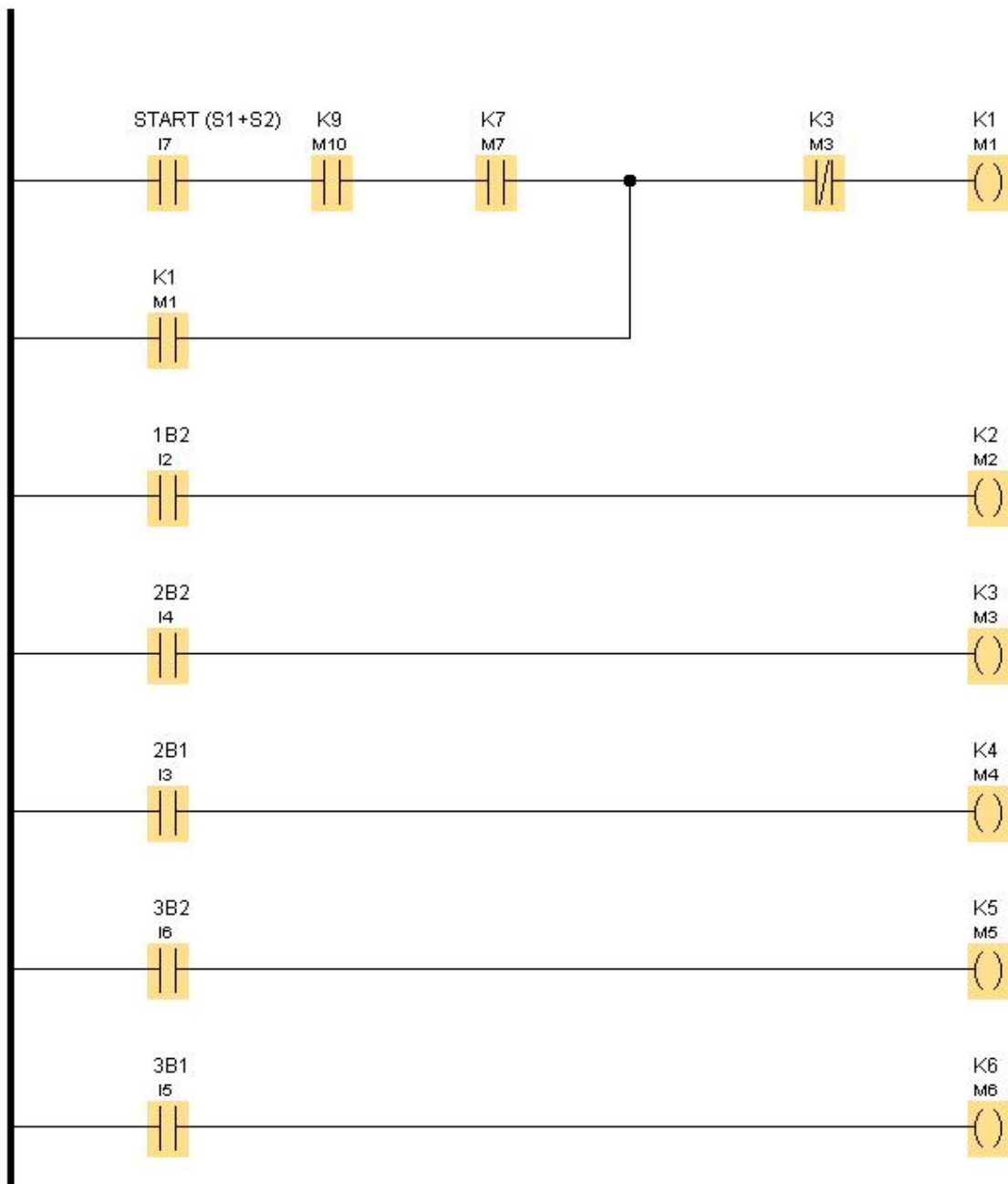
3.8 Rješenje zadatka kombinacijom kaskadne i taktne metode sa sensorima

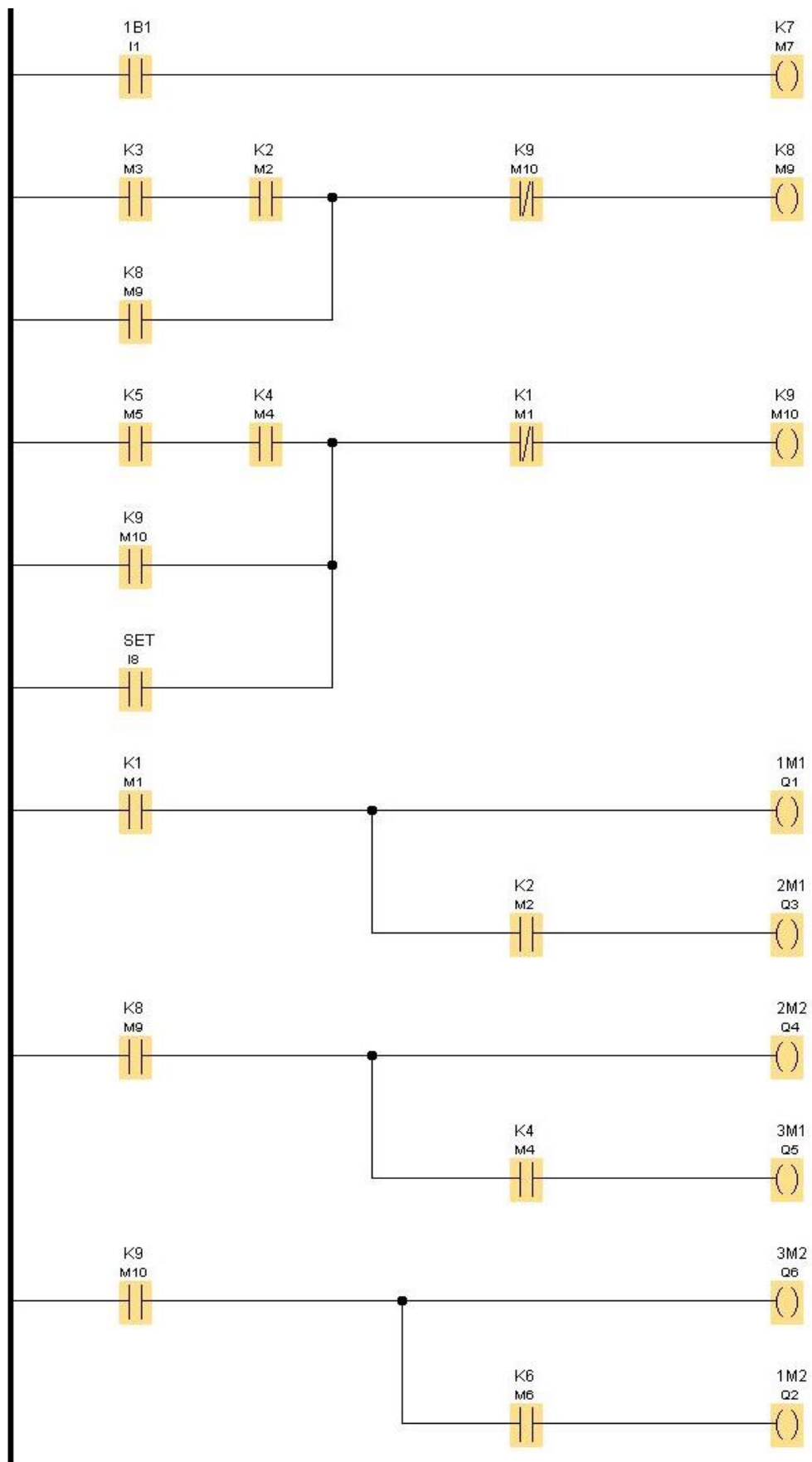


Slika 3.32. Pneumatska i električna shema kombinacije kaskadne i taktne metode sa sensorima

U kombinaciji kaskadne i taktne metode koriste se najbolja rješenja iz obje metode koja olakšavaju posao inženjerima i štede vrijeme, a samim time i novac. Za konkretno ovaj zadatak, kombinacija ovih metoda je dala najbolje tj. najjednostavnije rješenje. Kod prvog pokretanja sustava potrebno je pritisnuti tipkalo "SET" i nakon toga sustav se može odvijati ciklički u nedogled. PLC shema spajanja je ista kao i kod taktne metode sa senzorima (slika 3.20.).

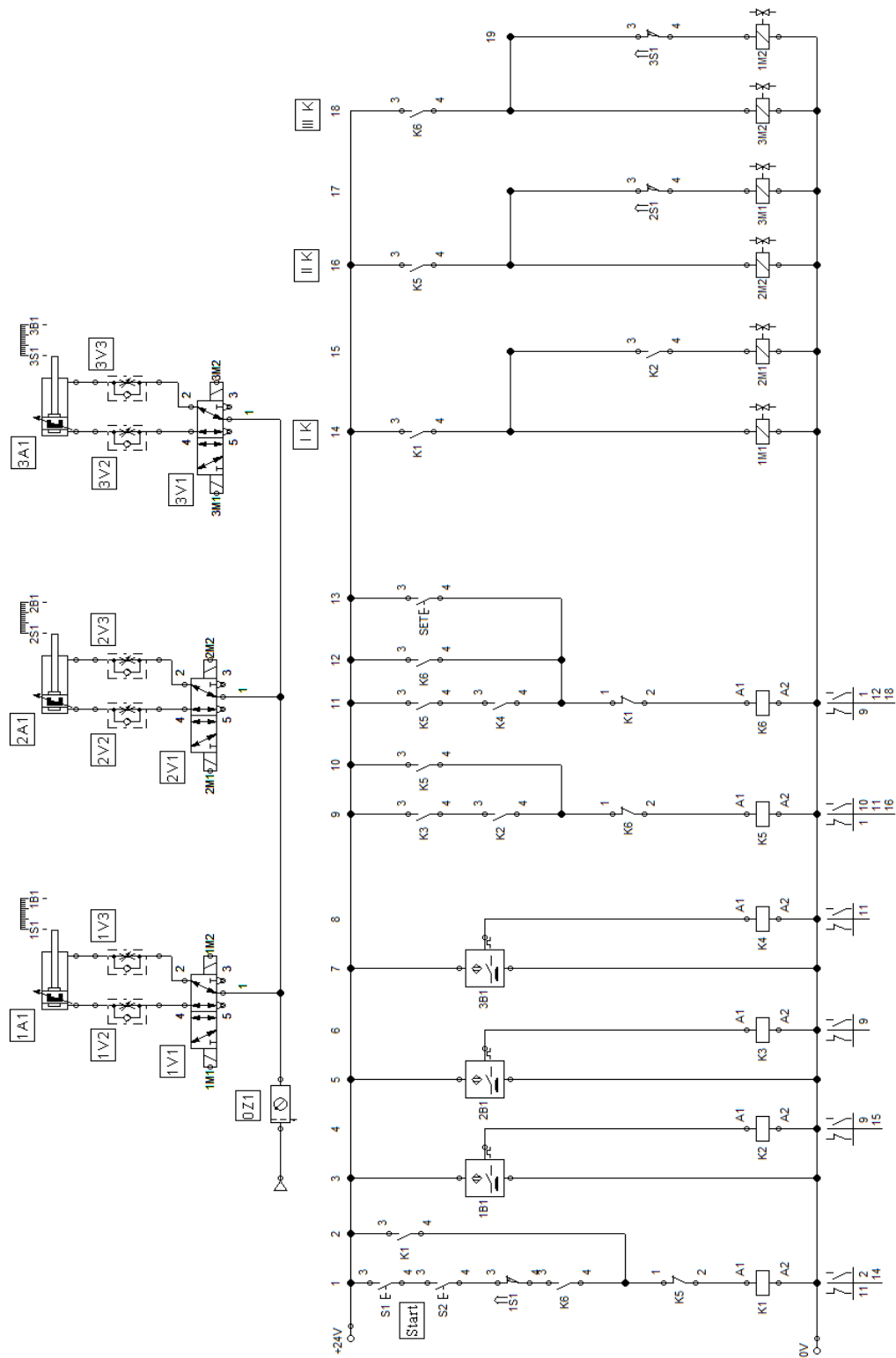
3.8.1 PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode sa senzorima





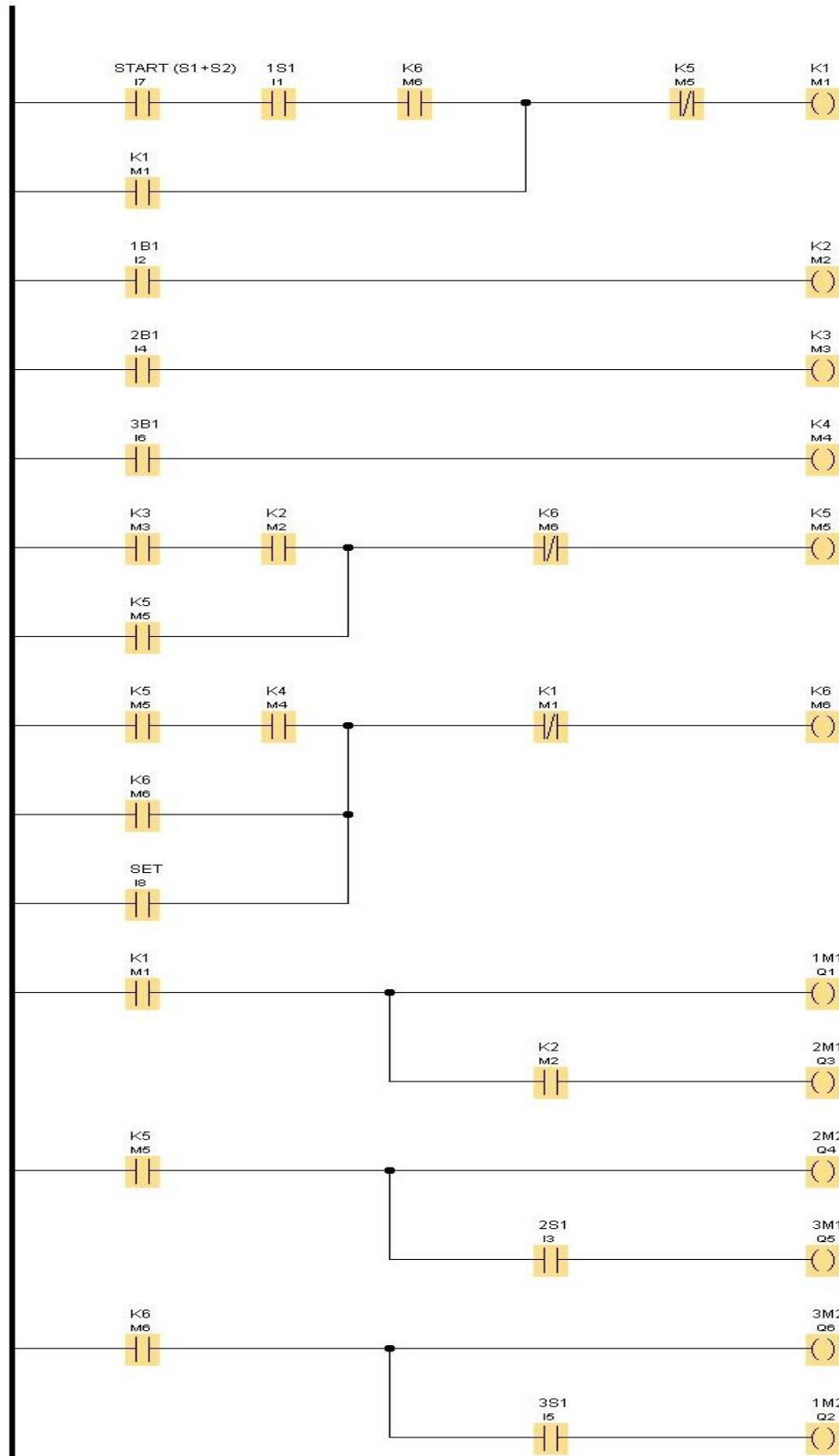
Slika 3.33. PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode sa senzorima

3.9 Rješenje zadatka kaskadnom i taktnom metodom sa sensorima i graničnim prekidačima



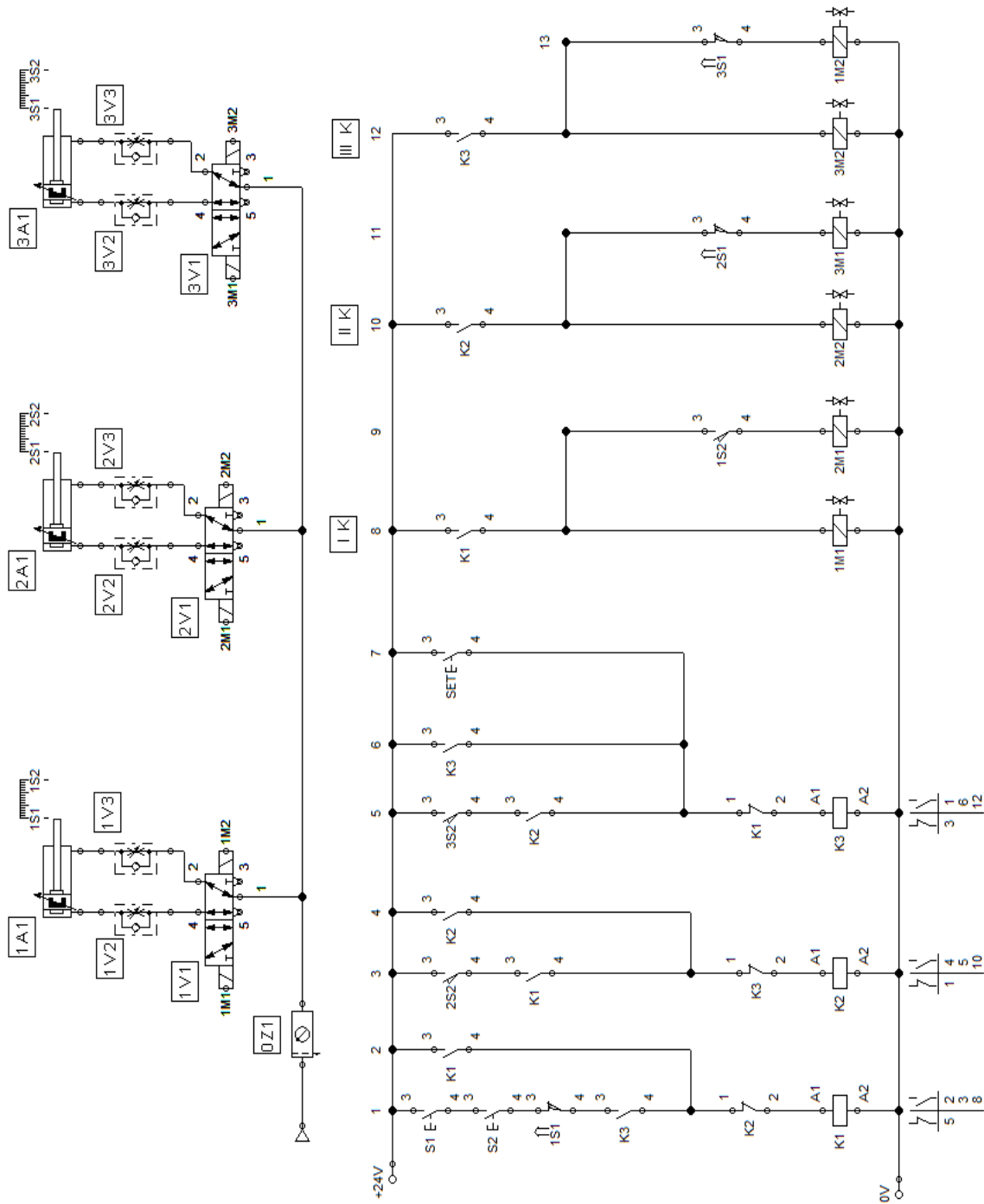
Slika 3.34. Pneumatska i električna shema kombinacije kaskadne i taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima

3.9.1 PLC program kaskadne i taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima



Slika 3.35. PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima

3.10 Rješenje zadatka kombinacijom kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima

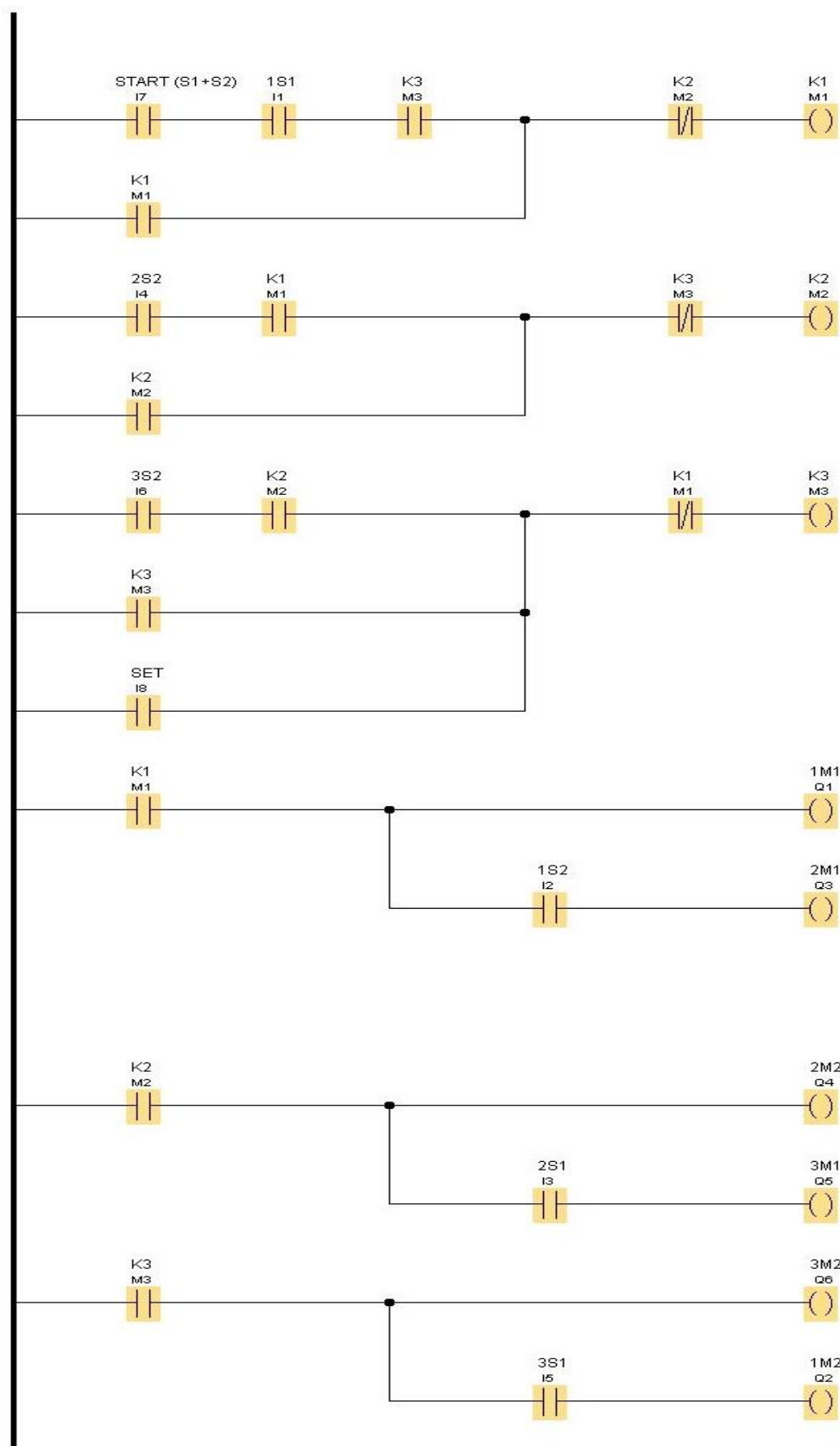


Slika 3.36. Pneumatska i električna shema kombinacije kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima

Na slici 3.36. prikazana je pneumatska i električna shema kombinacije kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima. Početni uvjeti za pokretanje sustava su uvučen cilindar 1A1 i aktivacija graničnog prekidača 1S1 te aktiviran relej K3 koji se kod prvog pokretanja sustava mora ručno aktivirati na tipku "SET" u grani sedam. Nakon istovremenog aktiviranja tipkala S1 i S2 aktivira se relej K1 koji uključuje samodržanje u grani dva i aktivira prvu kaskadu u grani osam. Izvučen cilindar 2A1 aktivira granični prekidač 2S2 u grani tri i aktivira relej K2 koji gasi prvu i aktivira drugu kaskadu. Izvlačenje cilindra 3A1 uzrokuje aktiviranje graničnog prekidača 3S2 i aktivaciju releja K3 u grani pet. Releji K3 gasi drugu i aktivira treću kaskadu koja ostaje pod naponom dokle god se sustav ne pokrene ispočetka.

3.10.1 PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima

Na slici 3.37. prikazan je PLC program kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima. Početni uvjeti su aktivacija graničnog prekidača 1S1 koji daje signal na ulaz PLC-a (I1) i relej K3 koji se prilikom prvog pokretanja aktivira na tipku "SET" (ulaz I8). Istovremena aktivacija tipkala S1 i S2 aktivira relej K1 koji uključuje svoje samodržanje u slijedećoj grani i prvu kaskadu. Granični prekidač 2S2 (ulaz I4) aktivira relej K2 koji isključuje prvu i aktivira drugu kaskadu. Granični prekidač 3S2 (ulaz I6) aktivira relej K3 koji isključuje drugu i stavlja pod napon treću kaskadu koja ostaje aktivirana sve do ponovnog pokretanja programa. Prva kaskada aktivira izlaze Q1 i Q3, druga kaskada aktivira Q4 i Q5, a treća izlaze Q6 i Q2.



Slika 3.37. PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima

4. ZAKLJUČAK

Elektropneumatika je odličan spoj dviju različitih tehnoloških grana koji inženjeru omogućuje rješavanje raznih problema na više načina, od onih jednostavnih do jako kompliciranih. Uz razne postojeće metode upravljanja sposoban inženjer će moći doći do rješenja koje će zadovoljavati i struku i samog korisnika određenog sustava. Pneumatika ima puno prednosti počevši od ekologije, koja je danas jako bitna, jer ne zagađuje radni prostor, velikim brzinama kojima može raditi i relativno velikim silama koje može postići. Upravljački dio je riješen električki što cijelom sustavu daje dodatnu sigurnost, točnost i veliku brzinu izvođenja raznih zadataka.

U današnje moderno doba automatizacije, upravljanje preko PLC-a je jednostavno neizostavan dio svakog novog sustava. Zbog same brzine rada, fleksibilnosti koje PLC pruža, mogućnosti nadogradnje, same sigurnosti i mogućnosti implementacije u neki stari sustav upravljanja čini PLC nezamjenjivim u današnjoj modernoj eri automatizacije. Mogućnost programiranja PLC-a s nekoliko različitih programa, ovisno o tome koji nam najviše odgovara tj. u kojem se najlakše snalazimo, olakšava i ubrzava cijeli posao. Svijet kakav danas znamo ne bi bio isti bez PLC-a i njegovog ogromnog utjecaja na automatizaciju i industrijsku proizvodnju.

5. LITERATURA

- [1] Maleš N., Elektropneumatika EP-1 skripta, Centar za nove tehnologije Zagreb
- [2] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Pneumatika> (dostupno 9.8.2020.)
- [3] Korbar R., Pneumatika i Hidraulika, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2007.g.
- [4] Maleš N., Materijali s predavanja iz kolegija Pneumatika i Hidraulika, predavanje 6, Veleučilište u Bjelovaru, 2018.g., <https://pdfslide.tips/documents/pneumatika-i-hidraulika-6-predavanje-elektropneumatika-55844e2653abe.html> (dostupno 9.8.2020.)
- [5] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Senzori> (dostupno 9.8.2020.)
- [6] [https://hr.wikipedia.org/wiki/PLC_\(ra%C4%8Dunalo\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/PLC_(ra%C4%8Dunalo))
- [7] <http://www.industrialts.com/product/siemens-logo-230rcplc-module/>
- [8] Student: Šepac M., Mentor: mr.sc. Đurović G., završni rad: Programirajući logički kontroleri, Sveučilište u Rijeci 2016.g.
<https://repository.ffri.uniri.hr/islandora/object/ffri%3A816/datastream/PDF/view>
(dostupno 9.8.2020.)
- [9] Petrić J., Pneumatika, pneumatsko upravljanje i elektropneumatika (materijali s predavanja), FSB, 2016.g.,
<https://pdfslide.net/documents/pneumatikahidraulika3dio.html> (dostupno 9.8.2020.)
- [10] GRAFCET, Festo Didactic GmbH & Co.KG., Germany 2007.g.

SAŽETAK

Naslov: Primjena metoda pneumatskog upravljanja pri programiranju PLC-a

U radu su opisane i korištene kaskadna i taktna metoda pneumatskog upravljanja kojima je projektiran sustav za savijanje sa tri pneumatska cilindra. Kretanje cilindara je prikazano funkcijskim krugom i funkcionalnim dijagramom te je rad sustava prikazan pomoću GRAFCET-a. Korišteni su senzori i granični prekidači za detektiranje pozicije klipa u pneumatskom cilindru. Izvršni dio sustava je riješen pneumatski, a upravljački dio električki pomoću relejnih shema. Prikazana je mogućnost i jednostavnost programiranja PLC-a u *ladder* dijagramu i njegova povezanost s relejnom tehnikom upravljanja. Uz to je prikazana prilagodba elektropneumatike i njena mogućnost rješavanja istog problema na nekoliko različitih načina.

Ključne riječi: elektropneumatika, kaskadna metoda, taktna metoda, PLC, *ladder* dijagram, automatizacija, senzori, granični prekidači.

ABSTRACT

Title: Application of pneumatic control methods in PLC programming

The paper describes and uses the cascade and sequential methods of pneumatic control, which designed a bending system with three pneumatic cylinders. The movement of the cylinders is shown by the function circuit and the functional diagram, and the operation of the system is shown by GRAFCET. Sensors and limit switches were used to detect the position of the piston in the pneumatic cylinder. The executive part of the system is solved pneumatically and the control part electrically by means of relay schemes. The possibility and simplicity of PLC programming in ladder diagram and its connection with relay control technique are presented. In addition, the adaptation of electropneumatics and its ability to solve the same problem in several different ways is presented also.

Keywords: electropneumatics, cascade method, sequential method, PLC, ladder diagram, automation, sensors, limit switches.

POPIS SLIKA

Slika 1.1. Princip rada pneumatskog sustava	3
Slika 1.2. Tipkala NO (lijevo) i NC (desno).....	5
Slika 1.3. Sklopka.....	5
Slika 1.4. Releji.....	6
Slika 1.5. Razne vrste senzora.....	7
Slika 1.6. Granični prekidač.....	7
Slika 1.7. PLC Siemens LOGO!.....	8
Slika 1.8. Shema PLC uređaja.....	9
Slika 1.9. Primjer <i>ladder</i> dijagrama.....	10
Slika 1.10. Logička funkcija "I".....	10
Slika 1.11. Logička funkcija "ILI".....	10
Slika 2.1. Tok signala i komponente elektropneumatskog sustava.....	12
Slika 2.2. Pneumatska i električna shema jednog jednostavnijeg sustava.....	13
Slika 2.3. Primjer funkcijskog kruga A+B+B-A-.....	16
Slika 2.4. Elektropneumatska taktna metoda.....	17
Slika 2.5. Spoj samodržanja.....	18
Slika 3.1. Sustav za savijanje.....	20
Slika 3.2. Funkcionalni dijagram sustava za savijanje.....	21
Slika 3.3. Pneumatska i električna shema kaskadne metode sa sensorima.....	22
Slika 3.4. Funkcijski krug.....	23
Slika 3.5. PLC shema spajanja kaskadne metode sa sensorima.....	24
Slika 3.6. Tablica PLC adresa.....	25
Slika 3.7. GRAFCET kaskadne metode.....	26
Slika 3.8. PLC program kaskadne metode sa sensorima.....	28
Slika 3.9. Pneumatska i električna shema rješenja kaskadne metode s vremenskim članom.....	29
Slika 3.10. PLC program kaskadne metode s vremenskim članom.....	31
Slika 3.11. Pneumatska i električna shema rješenja kaskadne metode sa sensorima i graničnim prekidačima.....	32

Slika 3.12. PLC shema spajanja sa sensorima i graničnim prekidačima.....	33
Slika 3.13. Tablica PLC adresa.....	34
Slika 3.14. PLC program kaskadne metode sa sensorima i graničnim prekidačima.....	35
Slika 3.15. Pneumatska i električna shema rješenja kaskadne metode s graničnim prekidačima.....	36
Slika 3.16. PLC shema spajanja kaskadne metode s graničnim prekidačima.....	37
Slika 3.17. Tablica PLC adresa.....	38
Slika 3.18. PLC program kaskadne metode s graničnim prekidačima.....	39
Slika 3.19. Pneumatska i električna shema rješenja taktne metode sa sensorima.....	40
Slika 3.20. PLC shema spajanja taktne metode sa sensorima.....	41
Slika 3.21. Tablica PLC adresa.....	42
Slika 3.22. GRAFCET taktne metode.....	43
Slika 3.23. PLC program taktne metode sa sensorima.....	45
Slika 3.24. Pneumatska i električna shema taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima.....	46
Slika 3.25. PLC shema spajanja taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima.....	47
Slika 3.26. Tablica PLC adresa.....	48
Slika 3.27. PLC program taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima.....	49
Slika 3.28. Pneumatska i električna shema taktne metode s graničnim prekidačima....	50
Slika 3.29. PLC shema spajanja taktne metode s graničnim prekidačima.....	51
Slika 3.30. Tablica PLC adresa.....	52
Slika 3.31. PLC program taktne metode s graničnim prekidačima.....	53
Slika 3.32. Pneumatska i električna shema kombinacije kaskadne i taktne metode sa sensorima.....	54
Slika 3.33. PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode sa sensorima.....	56
Slika 3.34. Pneumatska i električna shema kombinacije kaskadne i taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima.....	57
Slika 3.35. PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode sa sensorima i graničnim prekidačima.....	58
Slika 3.36. Pneumatska i električna shema kombinacije kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima.....	59
Slika 3.37. PLC program kombinacije kaskadne i taktne metode s graničnim prekidačima.....	60

PRILOZI

IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, <u>22. 9. 2020.</u>	MARICA TELIŠMAN	MARICA Telišman

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

NIKOLA TELISMAN

ime i prezime studenta/ice

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 22. 9. 2020.

Mla. Telisman

potpis studenta/ice