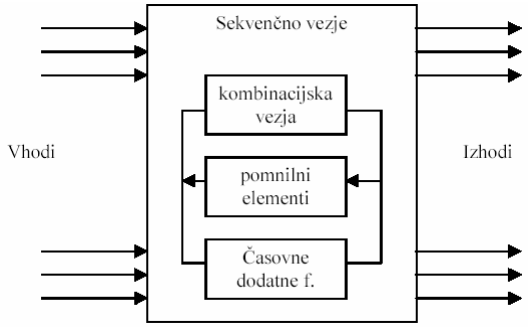
6. Sekvenčna krmilja/1

6.1. Lastnosti/1

- Izhod ni odvisen le od trenutnega stanja vhodov, ampak tudi od predhodnih stanj sistema.
- Poleg osnovnih logičnih funkcij (kombinacijsko vezje), sekvenčna krmilja sestavljajo še **pomnilnimi elementi, časovne, števne in še nekatere druge dodatne funkcije.**



6. Sekvenčna krmilja/2

6.1. Lastnosti/2

- Ista kombinacija vhodnih stanj se lahko preslika v različne izhodne kombinacije.
- Lahko jih primerjamo z asinhronimi sekvenčnimi vezji in opisujemo ter načrtujemo s pomočjo diagrama stanja oz. tabele stanj ali s koračnimi verigami.

6. Sekvenčna krmilja/3

6.2. Prednosti sekvenčnih krmilij

1. Je enostavnejše -> manjši in enostavnejši program krmilnika.
2. Manjša občutljivost na šumne signale in motnje.
3. Sistem stabilnih stanj; prehod v novo stanje se izvede le ob določenih pogojih; na ostale spremembe sistem ne odgovarja.
4. Enostavnejše odkrivanje napak.

Sekvenčna krmilja delimo na:

1. **prosto delujoča krmilja** – na vhodu se lahko pojavi poljubna kombinacija v poljubnem zaporedju
2. **koračno delujoča krmilja** – kombinacije vhodov se vedno pojavljajo v določenem zaporedju

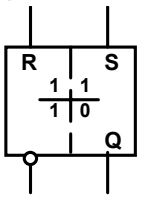
6. Sekvenčna krmilja/4

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/1

6.3.1. Pomnilne (spominske) funkcije/1

1. RS-funkcija

Simbol RS-FF s prioriteto R



Karakteristična tabela

R	S	Q_{n+1}	
0	0	Q_n	pomnjenje
0	1	1	setiranje
1	0	0	brisanje
1	1	0	v osnovni izvedbi prepovedano stanje, v izvedbah s prioriteto R na izhodu "0", s prioriteto S "1"

Vzbujalna tabela

Q_n	Q_{n+1}	R	S
0	0	X	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	X

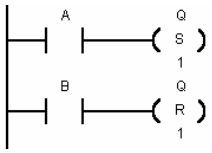
6. Sekvenčna krmilja/5

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/2

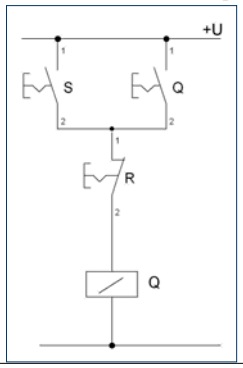
6.3.1. Pomnilne (spominske) funkcije/2

1. RS-funkcija

lestvična shema



krmilni načrt, relejska tehnika (**samodržni kontakt**)



- V digitalni tehniki obstajajo še tri vrste FF: JK-, D- in T-FF (števci in registri). Kot samostojni FF v krmiljih ne nastopajo pogosto. Če jih potrebu-jemo, jih enostavno realiziramo (programiramo) na osnovi osnovnega RS-FF.

6. Sekvenčna krmilja/6

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/3

6.3.2. Časovne funkcije/1

- Časovne funkcije uporabljamo za določanje trajanja logičnih signalov, katere lahko skrajšujemo, podaljšujemo ali jih časovno premikamo.
- Poznamo tri osnovne vrste časovnih funkcij:
  1. skrajševanje dolgih impulzov
  2. podaljševanje kratkih impulzov
  3. časovna premaknitev impulzov

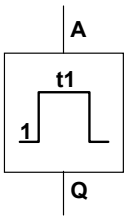
6. Sekvenčna krmilja/7

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/5

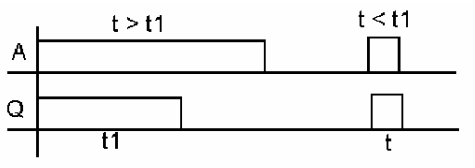
6.3.2. Časovne funkcije/3

1. Skrajševanje impulzov

simbol



časovni diagram



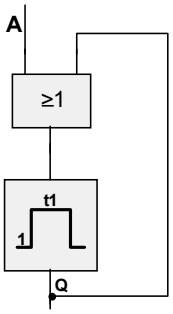
6. Sekvenčna krmilja/8

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/6

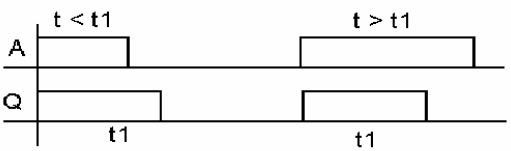
6.3.2. Časovne funkcije/4

2. Podaljševanje impulzov

funkcijska shema



časovni diagram



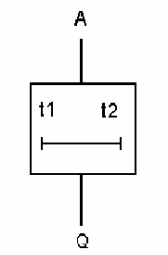
6. Sekvenčna krmilja/9

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/7

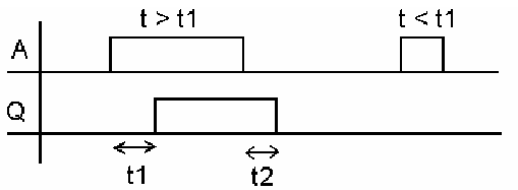
6.3.2. Časovne funkcije/5

3. Premaknitev impulzov

simbol



časovni diagram



6. Sekvenčna krmilja/10

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/8

6.3.2. Časovne funkcije/6

V krmilni tehniki pogosto uporabljamo še dva načina posebnih časovnih funkcij. To sta zakasnitvi, ki ju realiziramo s pomočjo časovnih funkcij in logičnih vrat:

1. zakasnitev vklopa
2. zakasnitev izklopa

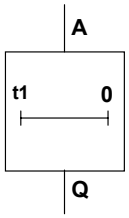
6. Sekvenčna krmilja/11

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/9

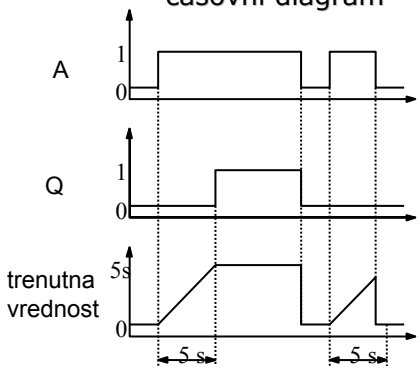
6.3.2. Časovne funkcije/7

1. Zakasnitev vklopa/1

simbol



časovni diagram



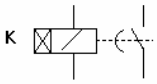
6. Sekvenčna krmilja/12

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/10

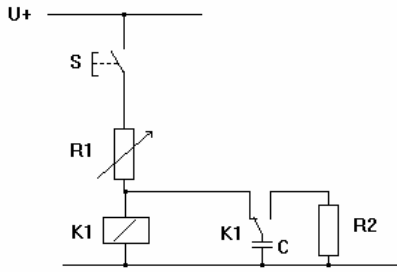
6.3.2. Časovne funkcije/8

1. Zakasnitev vklopa (rele)/2

simbol



električna shema



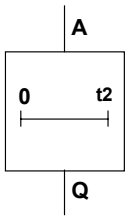
6. Sekvenčna krmilja/13

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/11

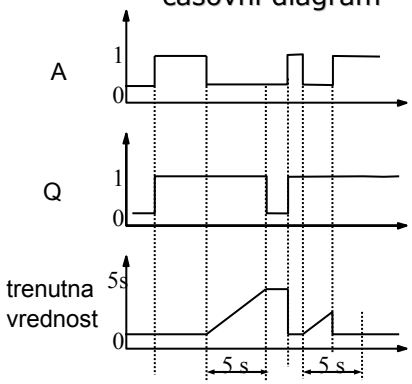
6.3.2. Časovne funkcije/9

1. Zakasnitev izklopa/1

simbol



časovni diagram



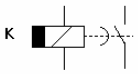
6. Sekvenčna krmilja/14

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/12

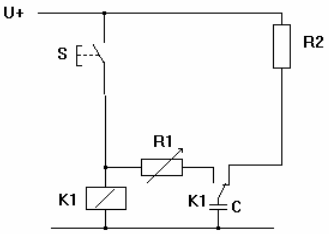
6.3.2. Časovne funkcije/10

1. Zakasnitev izklopa (rele)/2

simbol



električna shema

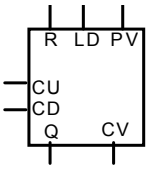


6. Sekvenčna krmilja/15

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/13

6.3.3. Števci (štetje dogodkov)

CU: štetje gor (dinamični)
CD: štetje dol (dinamični)
R: reset
PV: nastavljena vrednost
LD: naloži vrednost PV (dinamični)
Q: izhod (Bool)
CV: vrednost števca (celoštevilska vrednost)

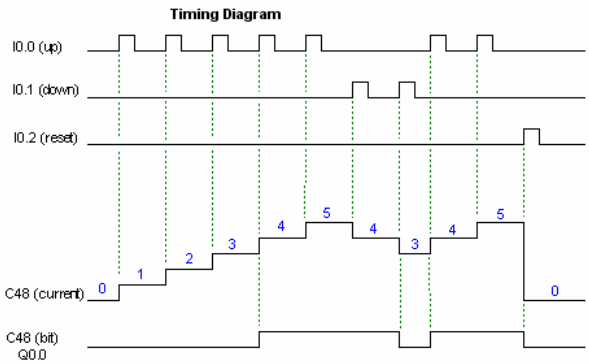


6. Sekvenčna krmilja/16

6.3 Gradniki sekvenčnih krmilij/14

6.3.3. Števci (štetje dogodkov)

Časovni diagram delovanja števca GOR/DOL



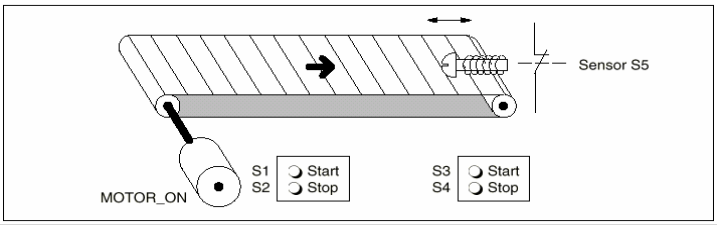
6. Sekvenčna krmilja/17

6.4 Prosto delujoča krmilja/1

6.4.1 Primeri/1

1. Primer: Tekoči trak (uporaba RS-funkcije)

Imamo dolg tekoči trak, zato sta start (*S*1 in *S*3) in stop (*S*2 in *S*4) tipki na vsakem koncu traku. Tako lahko operater lažje nadzira (ustavi ali zažene) trak. Kratek pritisk na tipki start zažene trak, kratek pritisk na stop tipki trak ustavi. Na koncu traku pa je tudi senzor (*S*5), ki zazna, kdaj izdelek doseže konec traku. Ta se mora takrat ustaviti.



6. Sekvenčna krmilja/18

6.4 Prosto delujoča krmilja/2

6.4.1 Primeri/2

Prireditvena tabela vhodnih in izhodnih spremenljivk:

VHODI	IZHODI	OPIS	VRSTA KONTAKTA	POMEN
*S*1		tipka start	delovni kontakt	logična »1« zagon motorja
*S*3		tipka start	delovni kontakt	logična »1« zagon motorja
*S*2		tipka stop	delovni kontakt	logična »1« zaustavitev motorja
*S*4		tipka stop	delovni kontakt	logična »1« zaustavitev motorja
*S*5		senzor	mirovni kontakt	logična »0« zaustavitev motorja
	M	motor		aktiven pri logični »1«

Enačbi za vhoda *S* in *R* RS-FF oz. RS-funkcije:

6. Sekvenčna krmilja/19

6.4 Prosto delujoča krmilja/3

6.4.1 Primeri/3

Funkcijska shema:

Lestvična shema:

primer 1.mwp

primer 1.ewb

6. Sekvenčna krmilja/20

6.4 Prosto delujoča krmilja/4

6.4.1 Primeri/4

2. Primer: Krmiljenje elektromotornega pogona

S tipko *L* naj se trajno vklopi vrtenje motorja v *ML*, s tipko *D* pa v desno *MD*. Hkrati oba izhoda ne smeta biti aktivirana! Zamenjava smeri vrtenja naj bo možna le ob predhodnem izklopu s tipko stop *S*. Ukaz za izklop naj ima prednost pred ukazom za vklop. Dokler je vklopljeno stikalo za zasilni izklop *Z*, se motor ne more zagnati.

Prireditvena tabela vhodnih in izhodnih spremenljivk:

VHODI	IZHODI	OPIS	VRSTA KONTAKTA	POMEN
L		tipka	delovni kontakt	logična »1« levo
D		tipka	delovni kontakt	logična »1« desno
S		tipka	delovni kontakt	logična »1« stop
Z		stikalo	mirovni kontakt	logična »0« zasilni izklop
	ML	motor		aktiven pri logični »1« (pomik v levo)
	MD	motor		aktiven pri logični »1« (pomik v desno)

6. Sekvenčna krmilja/21

6.4 Prosto delujoča krmilja/5

6.4.1 Primeri/5

- Nalogo rešujemo postopno. Za realizacijo potrebujemo dve pomnilni celici.
- Če na vsak S-vhod pomnilne celice priključimo *L* oz. *D*, lahko pri tem pride do sočasno aktivnih izhodov *MD* in *ML*.
- Problem rešujemo z medsebojnim zapahovanjem dveh pomnilnikov, torej drugače kot pri kombinacijski logiki.
- K reševanju lahko pristopimo z logičnim sklepanjem in razmišljanjem ali pa z metodo sinteze asinhronih sekvenčnih vezij (tabela stanj).
- Zaradi boljšega pregleda realiziramo najprej samo medsebojno zapahovanje.

6. Sekvenčna krmilja/22

6.4 Prosto delujoča krmilja/6

6.4.1 Primeri/6

- Tabela stanj in vzbujalna tabela za RS-FF:

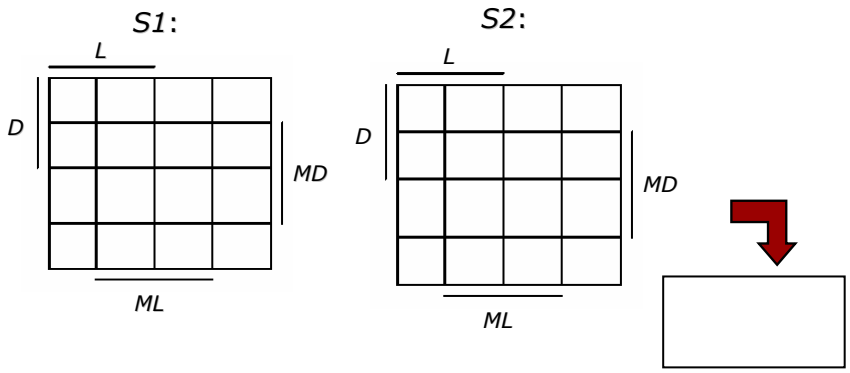
L	D	ML_n	MD_n	ML_{n+1}	MD_{n+1}	$R1$	$S1$	$R2$	$S2$
0	0	0	0						
0	0	0	1						
0	0	1	0						
0	0	1	1						
0	1	0	0						
0	1	0	1						
0	1	1	0						
0	1	1	1						
1	0	0	0						
1	0	0	1						
1	0	1	0						
1	0	1	1						
1	1	0	0						
1	1	0	1						
1	1	1	0						
1	1	1	1						

6. Sekvenčna krmilja/23

6.4 Prosto delujoča krmilja/7

6.4.1 Primeri/7

- Minimizacija in Veitchev diagram. Določanje S-vhodov:



6. Sekvenčna krmilja/24

6.4 Prosto delujoča krmilja/8

6.4.1 Primeri/8

- Zdaj lahko enostavno rešimo še drugi del naloge.
- Da ugodimo zahtevi po prednosti brisanja (izklop ima prednost pred vklopom), enostavno na R-vhode FF preko ALI-vrat priključimo tipko stop *S* in stikalo za zasilni izklop *Z*.
- Sledi zapis logičnih enačb:
- Uporaba principa medsebojnega zapahovanja s predhodnim brisanjem:
  - upoštevanje prioritete (dvigala, kviz...)
  - krmiljenje elektromotornih pogonov,...

6. Sekvenčna krmilja/25

6.4 Prosto delujoča krmilja/9

6.4.1 Primeri/9

Funkcijska shema:

Lestvična shema:

primer 2.mwp primer 2.ewb

6. Sekvenčna krmilja/26

6.4 Prosto delujoča krmilja/10

- **Druga možnost:** medsebojno zapahovanje z možnostjo neposrednega preklopa iz enega stanja v drugega.

primer 2a.ewb

3. Primer: Naprava za lepljenje (uporaba zakasnitve vklopa)

Ob pritisku na tipko start *ST* se izvede delovni cikel stiskalnice. Pri tem mora senzor *S* zaznati, da je obdelovanec nameščen. Stiskalnica stisne predmeta in ju lepi 20 s. Končni položaj signalizira končno stikalo *KS*. Nato se dvigne in v začetnem položaju čaka na ponovni ukaz. Uporabimo enosmerni pnevmatski cilinder *EC*.

Prireditvena tabela vhodnih in izhodnih spremenljivk:

VHODI	IZHODI	OPIS	VRSTA KONTAKTA	POMEN
ST		start tipka	delovni kontakt	logična »1«, zagon mehanizma
S		senzor	delovni kontakt	logična »1«, obdelovanec nameščen
KS		končno stikalo	mirovni kontakt	logična »0«, cilinder iztegnjen
	EC	enosmerni cilinder		aktiven pri logični »1« (izteg)

6. Sekvenčna krmilja/27

6.4 Prosto delujoča krmilja/11

6.4.1 Primeri/11

- Uporabimo zakasnitev vklopa. Po 20 s se ukaz za izteg cilindra izklopi in cilinder se sam vrne v prvotni položaj.
- Časovnik aktivira končno stikalo. Ker uporabljamo mirovni kontakt, moramo vhod negirati (zakasnitev vklopa proži logična 1).
- Izhod časovnika (timerja) T priključimo na R-vhod FF.
- Enačbi za vhoda R in S:
- Isto nalogo lahko realiziramo tudi z uporabo zakasnitve izklopa.

6. Sekvenčna krmilja/28

6.4 Prosto delujoča krmilja/12

6.4.1 Primeri/12

Funkcijska shema:

Lestvična shema:

primer 3.mwp

primer 3.ewb

6. Sekvenčna krmilja/29

6.4 Prosto delujoča krmilja/13

6.4.1 Primeri/12

4. Primer: Štetje zabojnikov (uporaba števca)

S tipko start *ST* vklopimo motor *M* tekočega traku, ki prenaša zabojnike. Ko prenese 10 zabojnikov, se tekoči trak ustavi.

- Zabojnike šteje števec, impulze pa mu pošilja senzor *S*.
- Najenostavneje je, da uporabimo mirovni kontakt senzorja. Vhod števca je namreč dinamičen, kar pomeni, da se njegova vrednost spremeni ob pozitivni fronti na vhodu CU. Uporabimo števec UP (GOR). Njegov binarni izhod peljemo na R-vhod FF.

Prireditvena tabela vhodnih in izhodnih spremenljivk:

VHODI	IZHODI	OPIS	VRSTA KONTAKTA	POMEN
ST		start tipka	delovni kontakt	logična »1«, zagon motorja
S		senzor	mirovni kontakt	logična »0«, zaboj na mestu senzorja
	M	motor		aktiven pri logični »1«

6. Sekvenčna krmilja/30

6.4 Prosto delujoča krmilja/14

6.4.1 Primeri/14

Funkcijska shema:

Lestvična shema:

primer 4.mwp

6. Sekvenčna krmilja/31

6.5 Koračna krmilja/1

6.5.1 Lastnosti

- Predpisano zaporedje korakov (tehnološki koraki ali proces poteka po vnaprej določenem zaporedju).
- Prednosti pred principom prosto delujočih sekvenčnih krmilij:
  - osnutek je lažji in hitrejši
  - vezje ali program sta mnogo bolj pregledna, programiranje je enostavnejše
  - ker je vedno aktiven le en korak, upoštevamo le del vhodov in izhodov, ki so s tem korakom povezani
  - naknadno se da zelo enostavno spremeniti določen korak
  - **motnje ali napake v delovanju se da dokaj enostavno lokalizirati, saj hitro odkrijemo, pri katerem koraku program ne funkcionira pravilno oz. kje pogoji niso izpolnjeni**

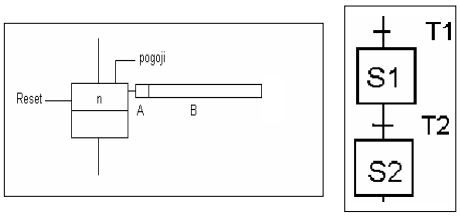
6. Sekvenčna krmilja/32

6.5 Koračna krmilja/2

6.5.2 Postopek načrtovanja/1

- Narišemo diagram prehajanja stanj (**koračna veriga**, ki je sestavljena iz koračnih členov).
- Vsak korak v realizaciji določa en RS-FF.

- **n** je številka koraka
- **'pogoji'** - So poleg pogoja, da je trenutni korak aktiven, to še dodatni pogoji (merilni, senzorni členi, časovni členi) za začetek novega koraka. Teh je lahko več in so med seboj običajno povezani z IN-funkcijo. Ko so pogoji za aktiviranje *n*-tega koraka izpolnjeni, se ta aktivira , *n*-1 korak pa se deaktivira.

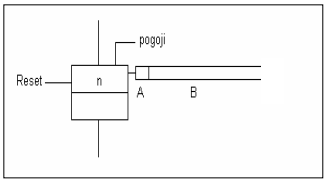


Standarda za risanje koračnih verig (shem)

6. Sekvenčna krmilja/33

6.5 Koračna krmilja/3

6.5.2 Postopek načrtovanja/2



- **Reset**: dodatni reset vhod pri posameznem koraku
- **Polje A** določa vrsto izhodnega signala:
  - T - v tem polju pomeni časovno omejen signal,
  - NS – ne shrani v pomnilnik, ukaz traja toliko časa, kot traja korak
  - S - shrani stanje v pomnilnik, ukaz ostane v veljavi tudi, ko je korak deaktiviran
- V **polje B** vpišemo, kaj se v tem koraku zgodi. Tako lahko vpišemo v to polje 'vklop motorja' ali 'izklop žarnice', 'cilinder naprej' in podobno.

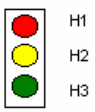
6. Sekvenčna krmilja/34

6.5 Koračna krmilja/4

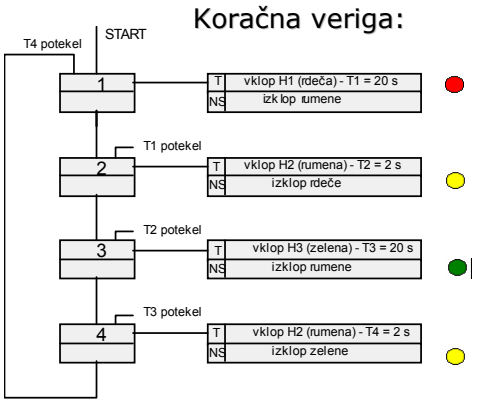
6.5.3 Primeri/1

1. Primer: Semafor

Na principu koračnega krmilja realiziraj delovanje semaforja.



Koračna veriga:



6. Sekvenčna krmilja/35

6.5 Koračna krmilja/5

6.5.3 Primeri/2

Funkcijska shema:

primer 1.mwp

primer 1.ewb

6. Sekvenčna krmilja/36

6.5 Koračna krmilja/6

6.5.3 Primeri/3

- Program lahko dokaj enostavno naknadno spreminjamo in popravljamo.

Dodatni zahtevi:

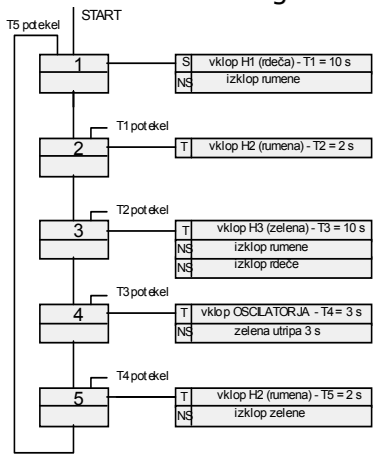
1. Rdeča luč ostane prižgana in se skupaj z rumeno ugasne, potem pa se prižge zelena (korak 1 in 2).
2. Zelena luč utripa 3 s, preden ugasne.

6. Sekvenčna krmilja/37

6.5 Koračna krmilja/7

6.5.3 Primeri/4

Koračna veriga:



primer 1a.mwp

6. Sekvenčna krmilja/38

6.5 Koračna krmilja/8

6.5.3 Primeri/5

3. Primer: Gretje vode

S pritiskom na tipko START se vklopi elektromagnetni ventil EMV1 in se začne natakanje vode v posodo. Ko je količina dosežena, kar zazna senzor N (nivo), se EMV1 izklopi in se vklopi grelnik G. Temperaturo zaznava senzor T, ki da signal, ko je ta dosežena. V tem trenutku se grelnik izklopi in se vklopi ventil EMV2 za praznjenje. V trenutku, ko se posoda izprazni, kar zazna senzor P (prazno), se EMV2 izklopi. Nato se postopek ponovi.

Prireditvena tabela vhodnih in izhodnih spremenljivk:

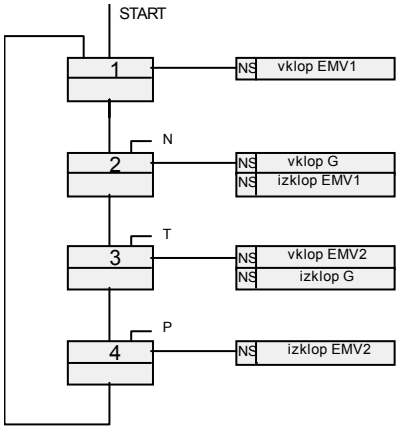
VHODI	IZHODI	OPIS	VRSTA KONTAKTA	POMEN
START		start tipka	delovni kontakt	logična »1«, vklop EMV1
N		senzor nivoja	delovni kontakt	logična »1«, polna posoda
T		senzor temperature	delovni kontakt	logična »1«, dosežena temperatura
P		senzor nivoja	delovni kontakt	logična »0«, prazna posoda
	EMV1	ventil		aktiven pri logični »1« odprtje
	G	grelec		aktiven pri logični »1« vklop
	EMV2	ventil		aktiven pri logični »1« odprtje

6. Sekvenčna krmilja/39

6.5 Koračna krmilja/9

6.5.3 Primeri/6

Koračna veriga:



6. Sekvenčna krmilja/40

6.5 Koračna krmilja/10

6.5.3 Primeri/7

Funkcijska shema:

primer 2.ewb primer 2.mwp