

**UNIVERZITET U BIHAĆU  
TEHNIČKI FAKULTET  
BIHAĆ**

## **RAČUNARSKO VOĐENJE PROCESA**

**Auditorne/Laboratorijske vježbe**

**LADDER programiranje (Brojačke instrukcije)  
(Vježba 13)**

**mr. Amel Toroman, dipl.ing.el.  
Viši asistent**

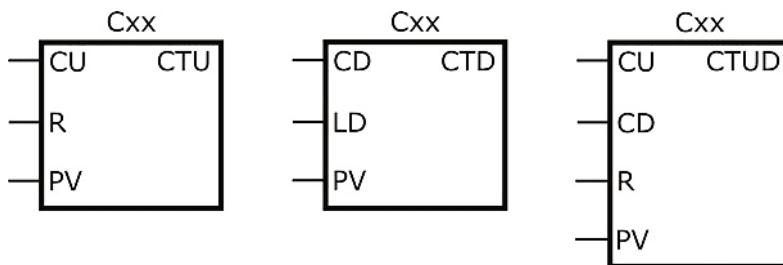
**Ak. 2021/2022**

## LADDER (LAD) PROGRAMIRANJE

### BROJAČKE INSTRUKCIJE

#### Brojač na više

Instrukcija brojanja na više (*CTU – Count Up Counter*) broji na više, od trenutne vrijednosti brojača, svaki put kada ulaz brojanja na više (CU) promijeni stanje iz isključenog u uključeno. Kada je trenutna vrijednost Cxx veća ili jednaka prepodešenoj vrijednosti PV, bit brojača Cxx se uključi. Brojač se resetuje kada se reset ulaz (R) uključi, ili kada se izvrši instrukcija resetovanja. Kada dostigne maksimalnu vrijednost od 32767, brojač se zaustavlja.



*Slika 1. Simboli brojačkih instrukcija*

#### Brojač na niže

Instrukcija brojanja na niže (*CTD – Count Down Counter*) broji na niže, od trenutne vrijednosti brojača, svaki put kada ulaz brojanja na niže (CD) promijeni stanje iz isključenog u uključeno. Kada je trenutna vrijednost Cxx jednaka nuli, bit brojača Cxx se uključi. Kada se uključi LD ulaz, brojač resetuje bit brojača Cxx i učitava prepodešenu vrijednost PV. Kada dostigne nultu vrijednost, brojač se zaustavlja i bit brojača se uključuje.

#### Brojač na više/na niže

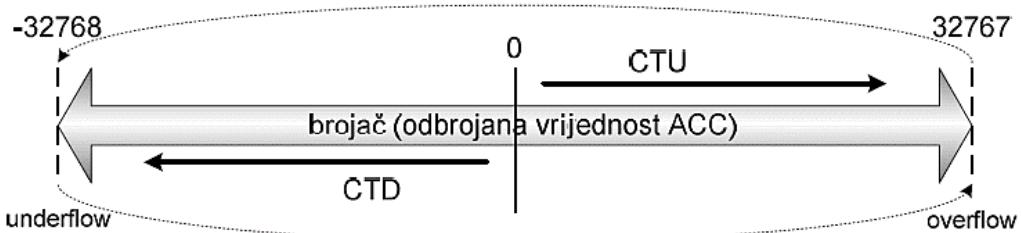
Instrukcija ove vrsta brojača (*CTUD*) broji na više svaki put kada ulaz brojanja na više (CU) promijeni stanje iz isključenog u uključeno, i broji na niže, od trenutne vrijednosti brojača, svaki put kada ulaz brojanja na niže (CD) promijeni stanje iz isključenog u uključeno. Trenutna vrijednost Cxx je trenutna vrijednost brojača, a PV je prepodešena vrijednost koja se poredi sa trenutnom svaki put kada se izvrši instrukcija brojača.

Po dostizanju maksimalne vrijednosti (32767), sledeća ulazna ivica na ulazu brojača na gore uslovjava da trenutna vrijednost pređe u minimalnu (32768). Isto važi i za obrnuti slučaj.

Kada je trenutna vrijednost Cxx veća ili jednaka prepodešenoj vrednosti PV, bit brojača se uključuje. U suprotnom, bit brojača se isključuje. Brojač se resetuje kada se ulaz za resetovanje (R) uključi, ili kada se izvrši instrukcija resetovanja. Kada se dostigne vrijednost PV, brojač CTUD prestaje sa brojanjem.

## Naredbe za rad sa brojačem

Naredbe za oba tipa brojača (*CTU*, *CTD*) su naredbe *akcije*, što znači da se smještaju u desni dio ranga (*Slika 2*).



*Slika 2. Kružni rad brojača*

Oba brojača broje promjenu vrijednosti *uslova sa neistinit na istinit* (uzlazna ivica). Pri svim ostalim vrijednostima *uslova*, oni zadržavaju prebrojani iznos i čekaju sljedeći prelaz. Drugim riječima, brojači se niti puštaju u rad, niti zaustavljaju. Oni neprekidno rade i bilježe (broje) svaki prelaz *istinit/neistinit*.

Dostizanje zadane vrijednosti se signalizira postavljanjem odgovarajućeg bita – *done bit* (DN) – na 1, ali se brojanje i dalje nastavlja. Prebrojani iznos se može izbrisati jedino posebnom *RES* naredbom.

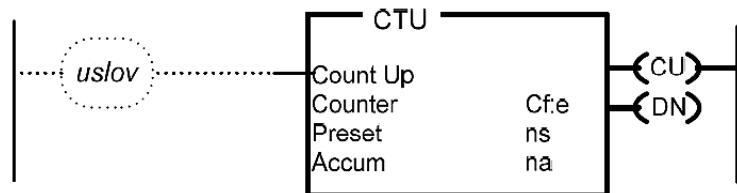
Jedina razlika između brojača sastoji se u tome što prvi (*CTU*) broji *unaprijed* od 0 do 32767, i postavlja *overflow bit* (OV) na 1 kad pređe 32767, dok drugi (*CTD*) broji *unazad*, od 0 do –32767, i postavlja *underflow bit* (UN) kad pređe –32767.

Potrebno je zapaziti da se u oba slučaja brojanje nastavlja (*Slika 2*). Kada pređe 32767, brojač *unaprijed* dodavanjem još jednog bita dobija vrijednost –32767 (u binarnoj aritmetici drugog komplementa, sa 16-bitnom riječi  $32767+1 = -32768$ ) i nastavlja da broji unaprijed od tog broja.

Na isti način, kada brojač *unazad* dostigne vrijednost od –32768, oduzimanjem sljedećeg bita, brojač dobija vrijednost 32767 (u binarnoj aritmetici drugog komplementa, sa 16-bitnom riječi  $-32768-1 = 32767$ ) i nastavlja da broji unazad od te vrijednosti. To nadalje znači da korisnik sam mora da vodi računa o eventualnom prekoračenju opsega.

## Count up (CTU)

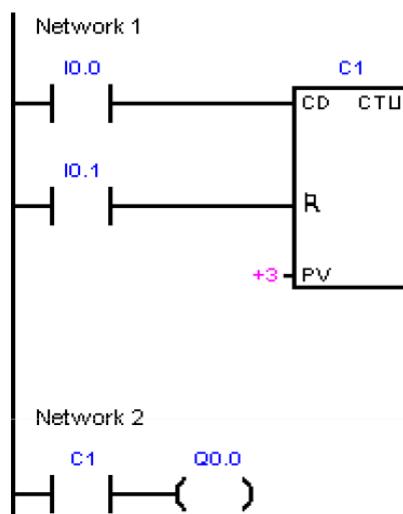
Na Slici 3 prikazan je brojač unaprijed (CTU).



Slika 3. Brojač unaprijed (CTU)

Bitovi stanja brojača mijenjaju se u toku programskog sken ciklusa na sljedeći način:

- OV - *Count up overflow* bit se postavlja na 1 kada akumulirana vrijednost (ACC) prelazi sa 32767 na –32768 (u binarnoj aritmetici drugog komplementa, sa 16-bitnom riječi  $32767+1 = -32768$ ), i nastavlja brojanje unaprijed.
- DN - *Done bit* se postavlja na 1 kada je  $ACC \geq PRE$ ;
- CU - *Count up enable bit* se postavlja na 1 kada je uslov istinit, a resetuje na 0 kada je uslov neistinit ili kada se aktivira odgovarajuća RES naredba.

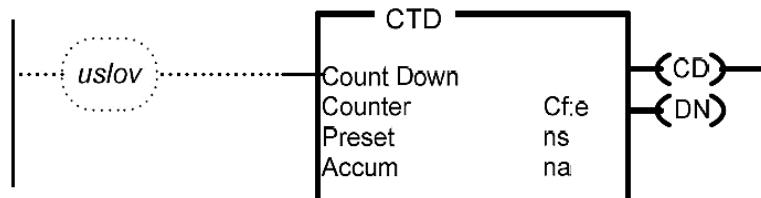


Slika 4. Primjena brojača unaprijed (CTU)

- Ovaj tajmer broji naviše od trenutne vrijednosti svaki put kada ulaz *count up* (CU) sa „0“ dođe u aktivno stanje („1“)
- Kada je trenutna vrijednost brojača veća ili jednaka od PV bit koji pripada brojaču je aktiviran.
- Reset resetuje i trenutno brojanje Cxx i bit koji odgovara tom brojaču postavlja na „0“.
- Maksimum CTU je 32 767.

## Count down (CTD)

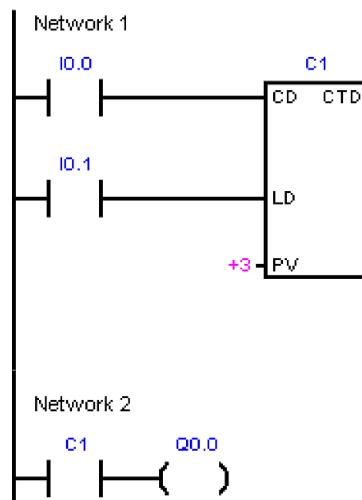
Na Slici 5 prikazan je brojač unazad (CTD).



Slika 5. Brojač unazad (CTD)

Bitovi stanja brojača mijenjaju se u toku programskog sken ciklusa na sljedeći način:

- UN- *Count down underflow bit* se postavlja na jedan kada akumulirana vrijednost (ACC) prelazi sa – 32768 na 32767 (u binarnoj aritmetici drugog komplementa, sa 16-bitnom riječi  $-32768-1 = 32767$ ), i nastavlja da broji unazad od te vrijednosti.
- DN - *Done bit* se postavlja na 1 kada je  $ACC \leq PRE$ ;
- CD - *Count down enable bit* se postavlja na 1 kada je uslov istinit, a resetuje na 0 kada je uslov neistinit ili kada se aktivira odgovarajuća RES naredba.



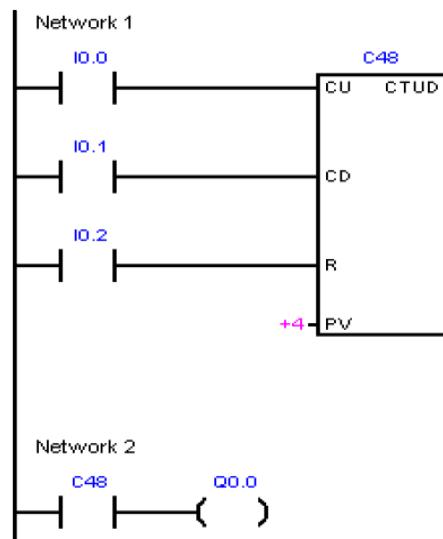
Slika 6. Primjena brojača unazad (CTD)

- Uvod **count down** (CD) služi kao impuls za okidanje i brojanje u nazad. Brojač reaguje na svaku promjenu stanja CD sa „0“ na „1“.
- Bit koji odgovara tajmeru postaje aktiviran („1“) kada brojač izbroji do nule tj. završi se cijelo brojanje.
- **Load input** (LD) uvijek može da resetuje brojač i postavi ga na **preset value** (PV)
- Brojanje prestaje kada se dostigne nula tj. odgovarajući bit postane logička jedinica „1“

## Count Up Down (CTUD)

Ovaj brojač broji unaprijed svaki put kada *count up* (CU) ulaz pređe sa „0“ na „1“. Broji unazad svaki put kada ulaz *count down* (CD) pređe sa „0“ na „1“. *Preset value* (PV) se poredi sa trenutnom vrijednošću brojača Cxx. Poslije izvršenja svake instrukcije brojanja dolazi do poređenja sa zadatim PV.

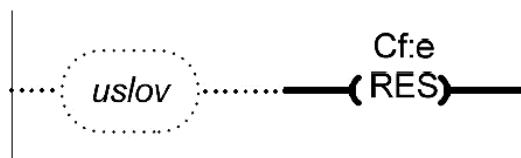
Bit koji odgovara ovom tajmeru postaje „1“ kada se pređe PV, a ukoliko je trenutna vrijednost Cxx manja od PV taj bit je na nivou logičke „0“. *Reset* (R) resetuje trenutno stanje brojača i vraća ga na 0.



Slika 7. Primjena brojača unaprijed-unazad (CTUD)

## Reset naredba (RES)

Na Slici 8 prikazan je *reset naredba* (RES).



Slika 8. Reset naredba (RES)

RES naredba je naredba *akcije* i koristi se za resetovanje brojača. Kada je uslov istinit ova naredba se izvršava tako što se u brojaču čija je adresa (ili simboličko ime) navedeno u RES naredbi, postavljaju na nulu svi indikatorski bitovi, kao i akumulirana vrijednost (ACC).

## Memorijski elementi

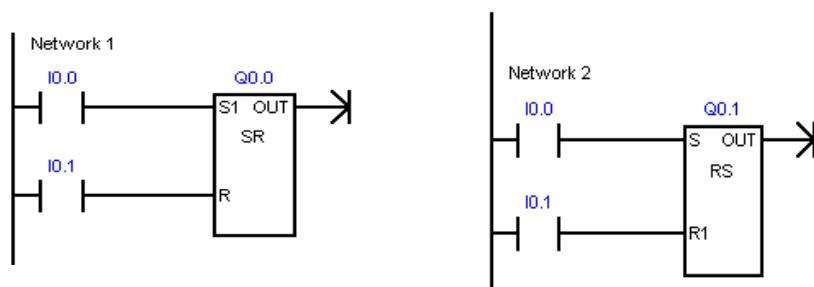
### SR / RS kolo

#### SR memorijski element

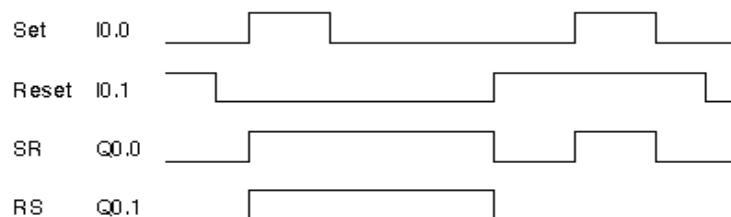
- Kada su oba ulaza I0.0 i I0.1 aktivni („1“) onda je i izlazni signal tj. bit Q0.0 postavljen na „1“.
- Aktivan Q0.0 se može postaviti na „0“ korištenjem reset (R) signala, ako S1 nije aktivan.
- SR pamti „1“ na izlazu (Q0.0) i ako je S1 na „0“ sve dok ga R=„1“ ne resetuje na „0“.

#### RS memorijski element

- Kod RS varijante S setuje Q0.1, a R1 kada postane aktivan postavlja Q0.1 na „0“.
- Bez obzira na promjene I0.0, Q0.1 ostaje neaktivan dok je R1 aktivan.

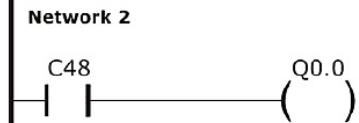
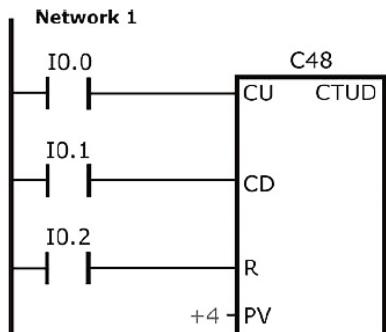


Slika 9. Ladder dijagram SR i RS memorijskog elementa



Slika 10. Vremenski dijagram SR i RS memorijskog elementa

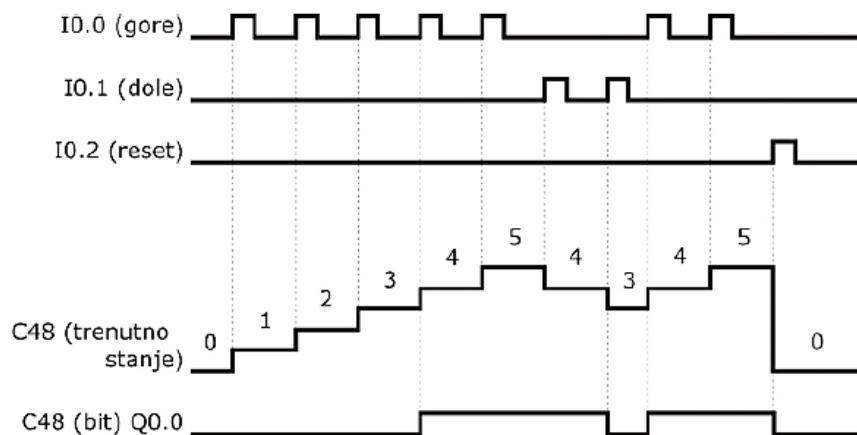
## PRIMJER upotrebe brojača



**Network 1** // ulaz I0.0 broji na više  
 // ulaz I0.1 broji na niže  
 // ulaz I0.2 resetuje  
 // trenutnu vrijednost na 0

**Network 2** // brojač na više/na niže C48  
 // uključuje C48 bit kada  
 // trenutna vrijednost  
 // brojača bude  $\geq 4$

Slika 11. Primjer CTUD brojača



Slika 12. Vremenski dijagram Primjera sa Slike 9

**PRIMJER 1:** Napisati program koristeći LAD dijagram kojim se pritiskom na taster motor pokreće, te pritiskom na isti taster motor se zaustavlja.

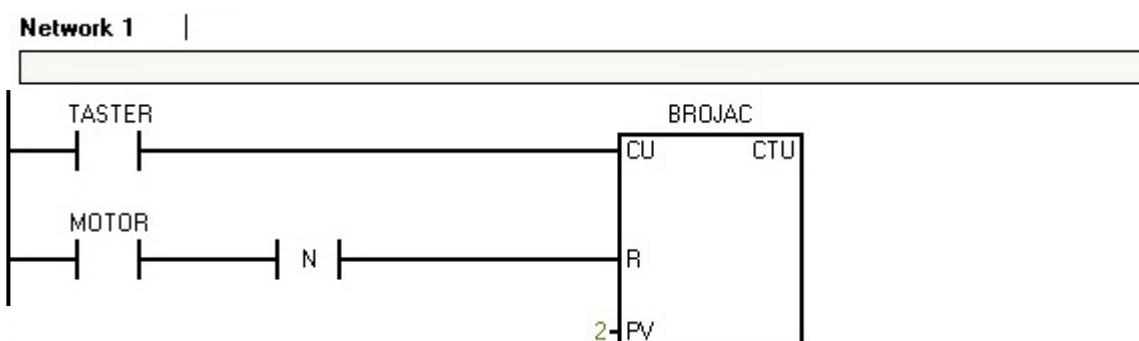
Za rješavanje ovog programa koristit će se dvije promjenljive, jedan ulazna i jedna izlazna, kao i jedna pomoćna promjenljiva, u vidu brojača unaprijed.

Promjenljive su date u *Tabeli 1*.

*Tabela 1.* Parametri za Primjer 1

PROMJENLJIVA	Naziv	Adresa	Komentar
ULAZNE	TASTER	I0.0	Taster za paljenje/gašenje motora
IZLAZNE	MOTOR	Q0.0	Stanje motora
BROJAČ	BROJAČ	C0	Brojač koji broji broj uključivanja prekidača.

Po uključivanju PLC-a, motor je isključen i trenutna vrijednost brojača je *nula*. Na pritisak tastera (ulaz CU brojača izvrši prelaz OFF-ON) uvećava se vrijednost brojača za jedan (trenutna vrijednost je 1). Sa prelaskom tastera iz OFF u ON stanje (*Network 2*), S1 ulaz instrukcije dominantnog setovanja SR – MOTOR, dobija signal i motor se pali.



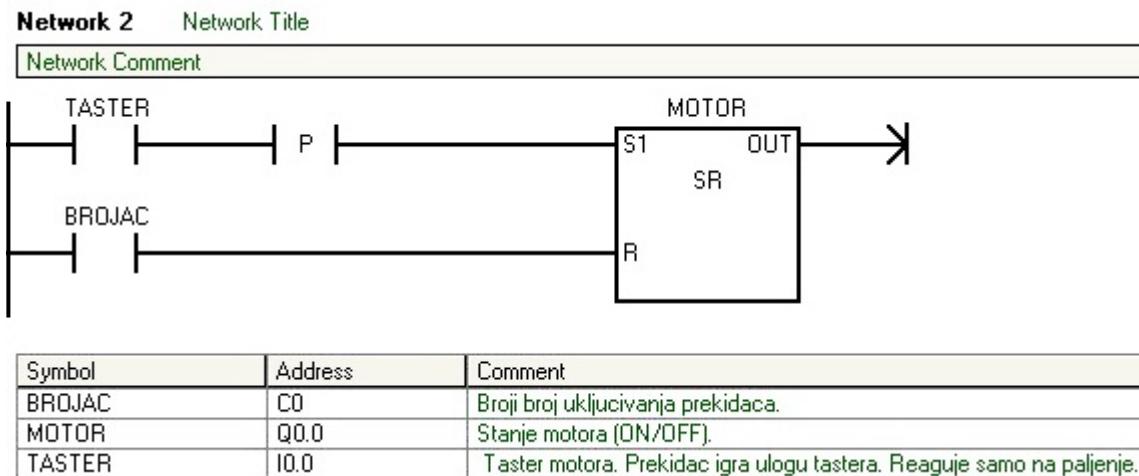
Symbol	Address	Comment
BROJAC	C0	Broji broj uključivanja prekidača.
MOTOR	Q0.0	Stanje motora (ON/OFF).
TASTER	I0.0	Taster motora. Prekidac igra ulogu tastera. Reaguje samo na paljenje.

*Slika 13.* Primjer 1 (Network 1)

Kada se prestane sa djelovanjem na taster, što bi u slučaju običnog prekidača bilo ekvivalentno vraćenju prekidača u položaj ISKLJUČENO, ništa se ne mijenja. Motor i dalje radi, trenutna vrijednost brojača je 1.

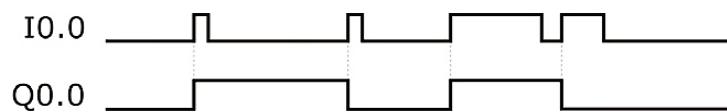
Kada se ponovo pritisne taster (uključi se prekidač), brojač uvećava vrijednost na dva, i propušta signal (*Network 1*), i time resetuje SR instrukciju, time gaseći i motor.

Gašenje motora u sljedećem ciklusu skeniranja (*Network 2*), svojom silaznom ivicom (OFF-ON), resetuje brojač, i sve se vraća na početne uslove.



*Slika 14. Primjer 1 (Network 2)*

Na *Slici 14* dat je vremenski dijagram. Jasno se vidi da stanje izlaza, stanje motora (upaljen/isključen), ne zavisi od dužine trajanja ulaza (djelovanja tastera).



*Slika 15. Vremenski dijagram za Primjer 1*

**PRIMJER 2:** Napisati program koristeći LAD dijagram koji omogućuje duže kašnjenje signala na izlazu od maksimalnog vremena kašnjenja jednog tajmera.

#### Ograničenje PLC-a (tajmera i brojača)

- maksimalna vrijednost brojača tajmera - 32767
- maksimalna dužina jednog vremenskog odbirka tajmera (*rezolucija*) – 100ms  
maksimalno vrijeme kašnjenja sa jednim tajmerom:

$$32767 \times 100 \text{ ms} = 3276.7 \text{ s} = 54 \text{ min } 36.7 \text{ s}$$

Ukoliko se ukaže potreba za ostvarivanjem dužeg kašnjenja izlaznog signala za ulaznim, kao u ovom zadatku, problem se može riješiti uvođenjem pomoćnog brojača, koji ima ulogu umnožavanja maksimalnog vremena kašnjenja jednog tajmera (vrijednost brojača je množilac vremena kašnjenja dobijenog tajmerom).

#### Ograničenje PLC-a (jedan tajmer i jedan brojač)

- maksimalna vrijednost brojača – 32767
- maksimalno vrijeme kašnjenja sa programom:

$$32767 \times 32767 \times 100 \text{ ms} = 107069449.2 \text{ s} = \text{oko } 3.5 \text{ godina}$$

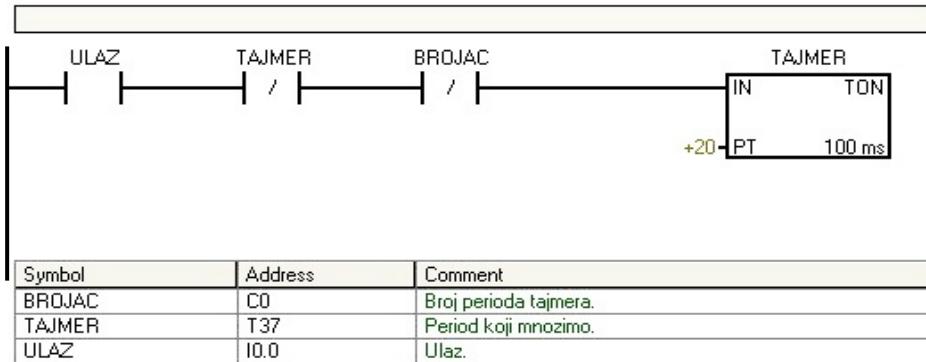
*Ukoliko je potrebno postići još veća kašnjenja moguće je najjednostavnije dodati potreban broj brojača.*

Promjenljive su date u *Tabeli 2*.

**Tabela 2.** Parametri za Primjer 2

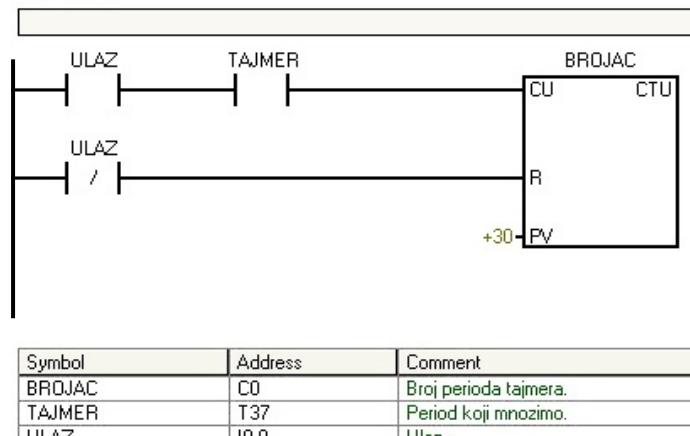
PROMJENLJIVA	Naziv	Adresa	Komentar
ULAZNE	ULAZ	I0.0	Ulagni signal (prekidač, taster, senzor...).
IZLAZNE	IZLAZ	Q0.0	Izlazni signal (sijalica, motor, sirena...).
BROJAČ	BROJAČ	C0	Broj perioda tajmera (max 32767).
TAJMER	TAJMER	T37	Period koji se množi (max 3276.7s).

Nakon uključivanja ulaza, TAJMER i BROJAČ su isključeni (OFF), pali se TAJMER (*Network 1*), i odbrojava predefinisano vrijeme kašnjenja koje se množi sa brojem koji se zadaje BROJAČU (u ovom primjeru  $20 \times 100\text{ms} = 2\text{s}$ ). Nakon isteka prvog perioda tajmera, pali se njegov izlaz i trenutna vrijednost brojača se povećava za jedan (*Network 2*), ali se u isto vrijeme ulaz tajmera gasi, tajmer se resetuje i ponovo počinje odbrojavanje (*Network 1*).

**Network 1**


*Slika 16. Primjer 2 (Network 1)*

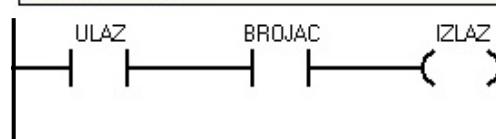
Ovaj proces se ponavlja sve dok trenutna vrijednost brojača ne dostigne predefinisanu vrijednost, kada se pali izlaz brojača (*Network 2*), i izlaz Q0.0. Od tog trenutka izlaz postoji sve dok se ne promijeni stanje ulaza, tj. dok se ulaz ne ugasi.

**Network 2**


*Slika 17. Primjer 2 (Network 2)*

Gašenjem ulaza resetuje se trenutna vrijednost brojača (*Network 2*), i cijeli proces, ponovnim paljenjem ulaza može da počne (*Network 3*).

**Network 3**    Network Title

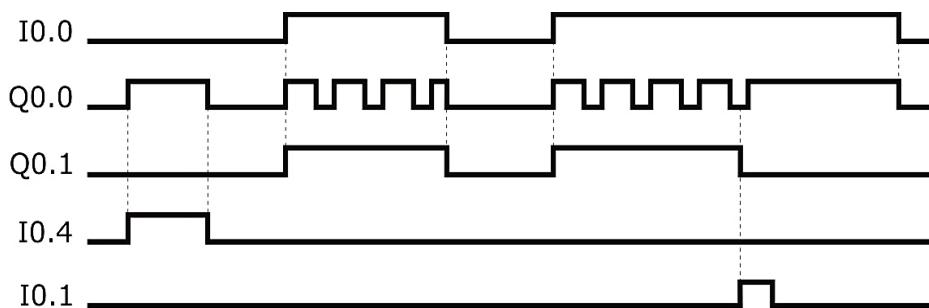
**Network Comment**


Symbol	Address	Comment
BROJAC	C0	Broj perioda tajmera.
IZLAZ	Q0.0	Kasnjenje_izlaza = broj_perioda_tajmera x period_koij_mnozimo.
ULAZ	I0.0	Ulaz.

*Slika 18. Primjer 2 (Network 3)*

**PRIMJER 3:** Kao posljedica uključenja alarma, pali se *alarmna sijalica* (*signal sa prekidima – treptanje*) i *alarmna sirena* (*kontinualan signal*). Pritiskom na *reset taster* (konstatovano je da postoji kvar), alarmna sirena se isključuje, a alarmna sijalica radi kontinualno dok se ne otkloni uzrok alarma.

Napisati LAD program koji na način prikazan na vremenskom dijagramu na *Slici 19* pali i gasi alarmno svjetlo i sirenu.



*Slika 19. Primjer 3 (Vremenski dijagram)*

Potrebno je predvidjeti i postojanje tastera za testiranje alarmne sijalice.

U *Tabeli 3*, dati su nazivi i adrese korištenih promjenljivih.

*Tabela 3. Parametri za Primjer 3*

PROMJENLJIVA	Naziv	Adresa	Komentar
ULAZNE	ALARM	I0.0	Alarm za postojanje kvara
	RESET	I0.1	Taster za resetovanje sirene
	TEST_SIJALICE	I0.4	Taster za provjeru ispravnosti sijalice
IZLAZNE	SIJALICA	Q0.0	Svjetlosni signal postojanja kvara
	SIRENA	Q0.1	Zvučni signal za postojanje kvara
TAJMER	TAJMER_1	T37	Definiše dužinu trajanja uključenog stanja sijalice
	TAJMER_2	T38	Definiše dužinu trajanja isključenog stanja sijalice
BROJAČ	BROJAČ	C0	Pomoći element za rad RESET tastera

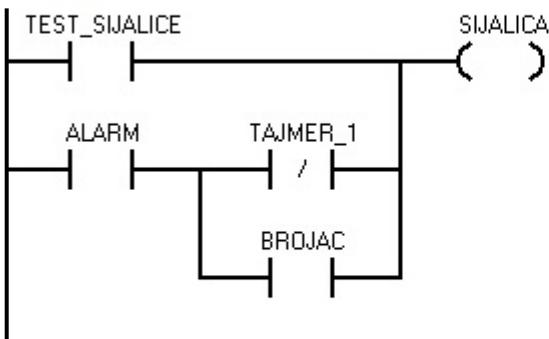
Prije puštanja u pogon, iz sigurnosnih razloga, provjerava se ispravnost alarmne sijalice. Pritiskom na taster TEST\_SIJALICE, SIJALICA svijetli.

Stanje tajmera i brojača je nula (OFF). Usljed nastanka ALARMA, pali se SIJALICA (*Network 1*) i alarmna SIRENA (*Network 2*). Pali se TAJMER\_1 (*Network 3*), i odbrojava predefinisanu vrijednost koja određuje dužinu trajanja uključenog stanja sijalice (u ovom slučaju:  $50 \times 100 \text{ ms} = 5 \text{ s}$ ).

Posledica uključenja ALARMA je paljenje alarmne SIJALICE sa prekidima (treperenje) i alarmne SIRENE. Pritiskom na RESET taster alarmna SIRENA se gasi, a alarmna SIJALICA pocinje da radi kontinualno dok se ne otkloni uzrok alarma. Taster TEST\_SIJALICE sluzi za proveru ispravnosti sijalice.

#### Network 1 Network Title

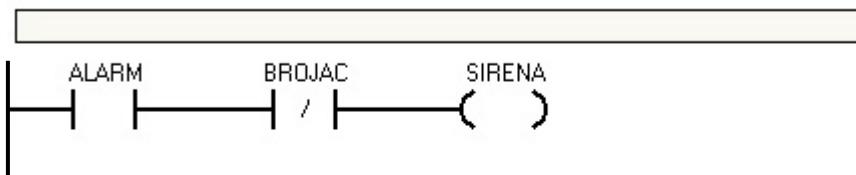
##### Network Comment



Symbol	Address	Comment
ALARM	I0.0	Alarm za postojanje kvara.
BROJAC	C0	Pomocni element za rad RESET tastera.
SIJALICA	Q0.0	Alarmna sijalica - svetlosni signal postojanja kvara.
TAJMER_1	T37	Definise duzinu trajanja ukljucenog stanja sijalice.
TEST_SIJALICE	I0.4	Taster za proveru ispravnosti sijalice.

Slika 20. Primjer 3 (Network 1)

#### Network 2



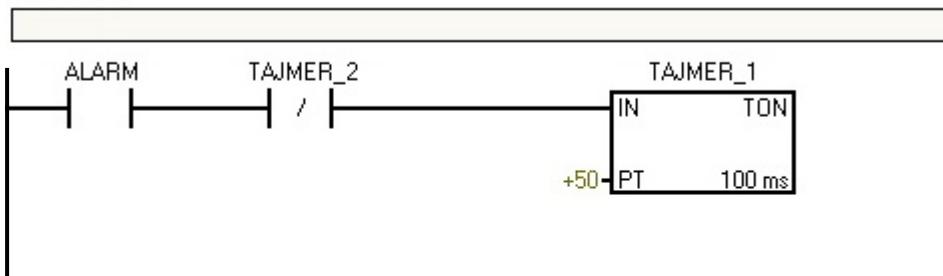
Symbol	Address	Comment
ALARM	I0.0	Alarm za postojanje kvara.
BROJAC	C0	Pomocni element za rad RESET tastera.
SIRENA	Q0.1	Zvucni signal za postojanje kvara.

Slika 21. Primjer 3 (Network 2)

Nakon 5 sekundi, TAJMER\_1 pali izlaz TON (OFF u ON), gasi se SIJALICA (Network 1), startuje se TAJMER\_2 (Network 4), i odbrojava predefinisanu vrijednost koja određuje dužinu trajanja isključenog stanja sijalice (u ovom slučaju:  $30 \times 100 \text{ ms} = 3 \text{ s}$ ).

Nakon 3 sekunde, sijalica je ugašena, TAJMER\_2 pali svoj izlaz (Network 4), TAJMER\_1 gasi svoj izlaz, vrijednost njegovog brojača se resetuje (Network 3), TAJMER\_2 gasi svoj izlaz i također resetuje vrijednost svog brojača (Network 4), i sijalica se ponovo pali (Network 1).

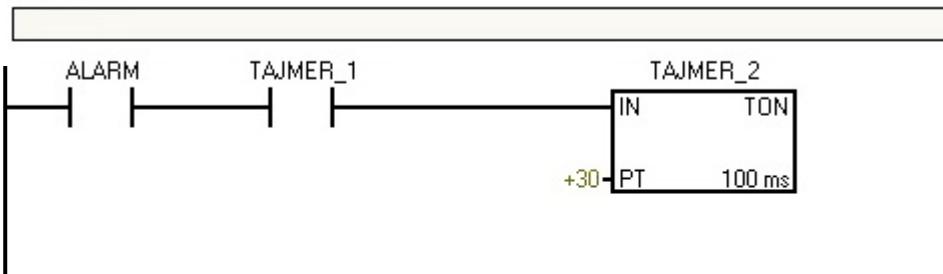
### Network 3



Symbol	Address	Comment
ALARM	I0.0	Alarm za postojanje kvara.
TAJMER_1	T37	Definise duzinu trajanja ukljucenog stanja sijalice.
TAJMER_2	T38	Definise duzinu trajanja iskljucenog stanja sijalice.

Slika 22. Primjer 3 (Network 3)

### Network 4



Symbol	Address	Comment
ALARM	I0.0	Alarm za postojanje kvara.
TAJMER_1	T37	Definise duzinu trajanja ukljucenog stanja sijalice.
TAJMER_2	T38	Definise duzinu trajanja iskljucenog stanja sijalice.

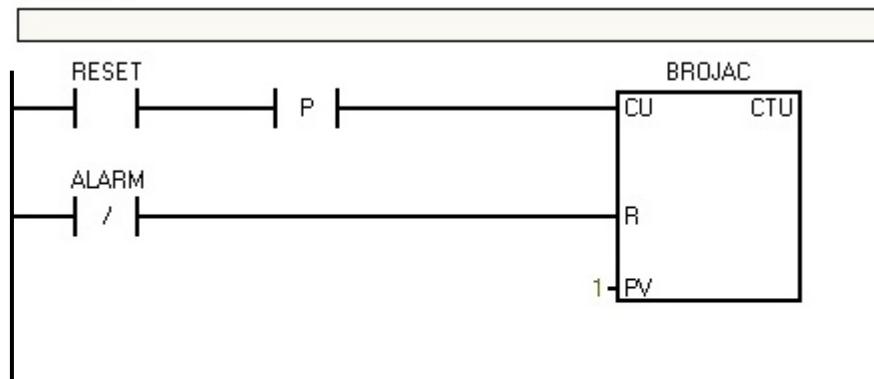
Slika 23. Primjer 3 (Network 4)

Ovaj proces se nastavlja do trenutka prestanka postojanja alarma (uzrok kvara je otklonjen ili je prestao da postoji) ili do trenutka pritiska a RESET tastera. Sve vrijeme SIRENA ostvaruje kontinualni rad.

Odmah po pritisku tastera RESET, startuje se BROJAČ koji povećava svoju trenutnu vrijednost na 1. Ovo je ujedno i vrijednost za poređenje (predefinisana vrijednost) pa se pali njegov izlaz (Network 5). Paljenje izlaza brojača drži sijalicu stalno upaljenom, bez obzira na stanje tajmera (Network 1), i također gasi sirenu (Network 2).

Ovo stanje se zadržava sve do prestanka postojanja alarma. Po ponovnom pojavljivanju alarma ceo proces se ponavlja počevši od početka (nema zadrške informacija – pamčenja).

Brojač je uveden da se omogući sprečavanje slučajnog isključenja sirene. Povećavanjem predefinisane vrednosti brojača, operater se obavezuje da određeni broj puta pritisne RESET taster kako bi isključio sirenu.

**Network 5**

Symbol	Address	Comment
ALARM	I0.0	Alarm za postojanje kvara.
BROJAC	C0	Pomočni element za rad RESET tastera.
RESET	I0.1	Taster za resetovanje sirene.

*Slika 24. Primjer 3 (Network 5)*

Brojač je uveden da se omogući sprečavanje slučajnog isključenja sirene. Povećavanjem predefinisane vrednosti brojača, operater se obavezuje da određeni broj puta pritisne RESET taster kako bi isključio sirenu.