

Dragan Savic

Andrej Zdravkovic

Lola Institut, Kneza Viseslava 70a, Beograd

REALIZACIJA DNC KOMUNIKACIJE  
U LOLA FLEKSIBILNOJ PROIZVODNOJ CELIJI

DNC COMMUNICATION REALIZATION  
FOR LOLA FLEXIBLE MANUFACTURING CELL

SADRŽAJ: U radu je prikazana jedna realizacija komunikacije ćelijskog kontrolera i računara za numeričko upravljanje alatnim mašinama koja se koristi u sklopu CIM koncepta upravljanja u LOLA fleksibilnoj proizvodnoj ćeliji. Pored detaljnog prikaza korišćene LSV2 procedure za razmenu podataka, u radu je dat prikaz poruka i funkcija DNC komunikacije.

ABSTRACT: The paper presents one realization of cell controller and CNC computer link that is used in the LOLA flexible production cell according to Computer Integrated Manufacturing concept. Detailed description of used data exchange procedure LSV2 is followed by message control and function sequences of DNC communication protocol.

## 1. Uvod

Upravljanje savremenim industrijskim postrojenjima se danas, po pravilu, realizuje u skladu sa principima CIM-a ( Computer Integrated Manufacturing ). Osnovu ovog koncepta čini hijerarhijski distribuirani sistem upravljanja. Najčešće se ovakav koncept upravljanja predstavlja hijerarhijskom piramidom distribuiranog nadzorno upravljačkog sistema. Na vrhu piramide nalazi se centralni računar za praćenje i upravljanje proizvodnjom cele fabrike. Ovo, pored praćenja zaliha i planiranja

proizvodnje, podrazumeva i nadzor i upravljanje centralnim računarima proizvodnih sekcija, koji prate rad računara u proizvodnim ćelijama. Proizvodna ćelija je osnovna jedinica CIM koncepta upravljanja i njenim radom upravlja računar koji se naziva ćelijski kontroler, čija je funkcija da koordinira rad izvršnih računarskih upravljačkih sistema u ćeliji. Zavisno od tipa proizvodnog procesa u sastav proizvodne ćelije ulaze različiti izvršni računari. Tipovi fleksibilnih proizvodnih ćelija koje proizvodi ILR najčešće se sastoje od računara za numeričko upravljanje alatnim mašinama, programabilnog logičkog kontrolera, robot kontrolera, računara za upravljanje finalnom kontrolom, računara za upravljanje transportnim i paletnim sistemom itd. Komunikacija ćelijskog kontrolera i podređenih računara se može realizovati na više načina, a jedan od trenutno najčešće implementiranih je DNC komunikacija. U radu će biti prikazan protokol i način razmene podataka implementiran na ćelijskom kontroleru LOLA CELCON i CNC-u LOLA 300.

U prvom delu rada biće prikazana LSV2 procedura prenosa podataka, sa posebnim akcentom na faze procedure i sekvencu razmene podataka. Drugi deo rada predstavlja opis DNC komunikacije, implementirane na proceduri LSV2, sa pregledom korišćenih komandi i funkcija.

## 2. LSV2 PROCEDURA

Procedura za prenos podataka LSV2 je bazirana na DIN standardu 66019 i odnosi se na razmenu podataka između dve stanice serijskom vezom. Procedura definiše prenos paketa podataka dužine do 256 bajt-ova u okviru jednog transmisionog paketa. Samom procedurom definisana je sekvencu razmene podataka, metod razmene podataka i parametri razmene podataka. U prenosu se koristi asinhroni start-stop metod [1]. U osnovi procedura nije definisan master-slave odnos dva povezana računara, tako da prenos može inicirati bilo koji od njih. U praksi je potrebno definisati koja je stanica master da bi se rešio problem istovremenog iniciranja serijskog prenosa. Kao master se po pravilu bira ona stanica koja, između ostalih poruka, šalje status nadređenom računaru. U okviru prenosa jednog paketa podataka procedura definiše da je master prenosa tog paketa onaj računar koji je inicirao prenos i

koji šalje podatke. Računar koji vrši prijem podataka je slave u okviru prenosa tog paketa.

U toku transfera podataka razlikujemo tri faze prenosa podataka: inicijalna faza, polling faza i faza prenosa korisnih podataka. Po uključanju obe stanice se nalaze u inicijalnoj fazi i bilo koja može započeti prenos podataka. Šljanje ENQ-a ili prijem ENQ-a označava prelazak iz inicijalne faze u polling fazu. U polling fazi stanica koja zahteva prenos podataka postavlja zahtev za transmisiju drugoj stanici, druga stanica postaje remote stanica i izveštava o mogućnosti prihvatanja zahteva. U fazi prenosa podataka koristan deo paketa se prenosi kao jedna poruka.

Sekvenca prenosa kontrolnih karaktera biće prikazana sledećim dijagramima, posebno za polling, posebno za fazu prenosa podataka. Na dijagramima su naznačena i vremena čekanja na podatak, kao i varijante ispravne sekvence, moguće pogrešne sekvence i slučajevi kada nema odgovora neke od stanica.

## 2.1. SEKVENCA RAZMENE PODATAKA

Procedura razmene podataka prikazana je slikom 1. Razmena podataka se posmatra od izlaska oba računara iz inicijalne faze. Slika 1. prikazuje potpuno korektan prenos podataka dok će obrada situacija sa greškama u prenosu biti data u daljem tekstu.

master	slave	master		slave	master
ENQ	DLE 0	DLE STX	PODACI	DLE ETX BCC	DLE 1 EOT
polling faza		faza prenosa korisnih podataka			kraj

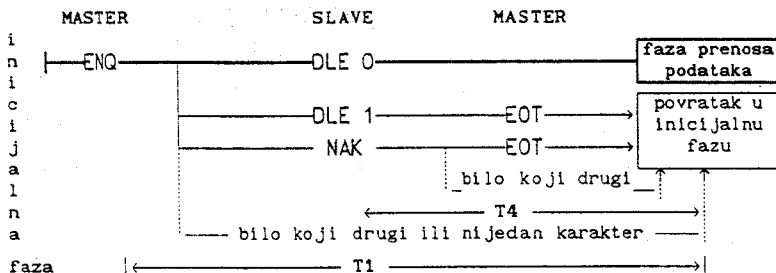
Slika 1. Sekvenca razmene podataka

Na slici 1. su naznačene master i slave stanica. Ovu naznaku, prema napomenama u 2., treba shvatiti uslovno. Naime master komunikacije postaje ona stanica koja ima zahtev za transfer podataka i prva pošalje ENQ. Ona zaista i postaje master prenosa tog paketa podataka kada od druge stanice dobije potvrđan odgovor na zahtev, DLE 0. Ovo stanje se

zadržava sve do završne faze prenosa paketa, posle koje obe stanice ulaze u inicijalnu fazu komunikacije. Konfliktna situacija nastaje kada na poslata ENQ stanica primi ENQ, tj. kada obe stanice žele da postanu masteri komunikacije i da iniciraju transfer podataka. Ova situacija se rešava tako što se viši prioritet dodeli jednoj od stanica.

## 2.2. POLLING FAZA

Pre polling faze obe stanice se nalaze u neutralnom stanju, u inicijalnoj fazi procedure. Stanica koja ima podatke spremne za transfer proziva drugu stanicu da prihvati slave status i da primi podatke, slanjem ENQ-a. Druga stanica odgovara na ovaj zahtev sa DLE 0, DLE 1 ili NAK, pa se prema ovome ili uspostavlja faza prenosa podataka ili se obe stanice vraćaju u neutralno stanje inicijalne faze time što stanica koja je poslala ENQ poništava svoj zahtev karakterom za kraj transmisije EOT. Sekvenca uspostavljanja faze prenosa podataka prikazana je debelom punom linijom, sekvenca odbijanja zahteva tankom punom linijom, a sekvenca pri kojoj je nastala gareška u prenosu tankom isprekidanom linijom na slici 2.



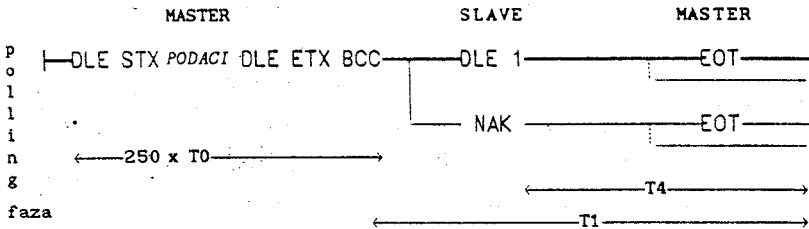
Slika 2. Dijagram sekvence polling faze

Prema slici 2. vidimo da master stanica posle slanja ENQ čeka jednu od tri regularne sekvence DLE 0, DLE 1 i NAK. Ostali karakteri su ignorisani i monitoriše se samo vreme T1 od slanja ENQ-a. Kada istekne vreme T1 master stanica smatra da nema odgovora i vraća se u inicijalno stanje.

Posle slanja odgovora o neprihvatanju zahteva, DLE 1 ili NAK, slave stanica postavlja vreme  $T_4$  za čekanje da master ukine zahtev za transmisiju sa EOT. Po isteku ovog vremena ili po prijemu EOT-a slave stanica se vraća u inicijalno stanje. Ukoliko je slave odgovorio sa DLE 0, uspostavlja se faza prenosa korisnih podataka.

### 2.3. FAZA PRENOSA KORISNIH PODATAKA

Prenos podataka se obavlja u transparentnom modu. Ovaj mod karakteriše prenos korisnih podataka u sklopu jednog paketa koji je uokviren specijalnim karakterima za kontrolu moda. Sekvenca DLE STX označava prelaz u transparentni mod. Povratak u kontrolni mod označava sekvenca DLE ETX. Između DLE STX i DLE ETX nalazi se koristan deo poruke koji ne sme biti duži od 248 karaktera. U okviru poruke se mogu nalaziti bilo koji osmootbitni podaci, a jedino se mora voditi računa o DLE karakteru u okviru poruke, koji se mora udvojititi na mestu slanja i protumačiti kao jedan DLE karakter na mestu prijema. Faza prenosa korisnih podataka prikazana je slikom 3.



Slika 3. Dijagram sekvence prenosa podataka

### 2.4. VREMENA ČEKANJA NA ODGOVOR

Ova vremena su definisana da bi se izbeglo da neka stanica beskonačno dugo čeka na odgovor i definisana su na sledeći način:

$T_0$ - čekanje na jedan karakter	3 s
$T_1$ - čekanje na odgovor na zahtev i poslate podatke	3 s
$T_4$ - čekanje na EOT posle potvrde	24 s

## 2.5. RETRANSMISIJE

Dozvoljene su tri transmisije zahteva za uspostavljanje polling faze. Posle četvrtog ENQ stanica koja traži transmisiju, ako ne dobije odgovor šalje EOT i prekida proceduru smatrajući da veza nije u redu. Takođe su dozvoljene tri retransmisije podataka u fazi prenosa podataka. Napomenimo da se retransmisija podataka mora započeti sa ENQ uz uspostavljanje polling faze.

## 2.6. KONTROLNA SUMA - BCC KARAKTER

Karakter koji označava kontrolnu sumu šalje se odmah po slanju ETX karaktera. Kontrolna suma se računa kao suma po modulu 2 svih karaktera korisnog dela poruke. U kontrolnu sumu su uključeni karakteri STX i ETX, a nisu uključeni DLE karakteri koji im prethode. Ako se u poruci vrši udvajanje DLE karaktera u kontrolnu sumu ne ulazi prvi DLE, a ulazi drugi DLE.

## 3. DNC KOMUNIKACIJA POMOCU LSV2 PROCEDURE

DNC komunikacija je način razmene informacija između CNC računara koji upravlja mašinom i host-a [2]. Ovde će biti opisana komunikacija koju implementira LOLA. Razmena informacija se vrši porukama koje se nazivaju telegrami. Jedan telegram čini koristan deo podataka u fazi prenosa podataka LSV2 procedure. Opšta forma korisnih podataka, telegrama, je:

C1	C2	F1	F2	E	Z	maksimum 242 karaktera
----	----	----	----	---	---	------------------------

Identifikacija telegrama

sadržaj telegrama

gde su:

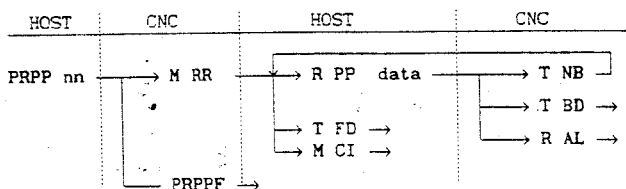
- C1C2 - kod komande
- F1F2 - kod funkcije
- E - kod greške
- Z - dodatna informacija

Kod komande i funkcije su definisani kao dvoslovne instrukcije, kod greške je blanko znak ako je sve u redu, a dodatna informacija je uvek blanko znak. Kod greške se koristi kada se komanda ne može izvršiti, tj. strani koja je izdala komandu vraća se ista komanda i funkcija sa kodom greške F, a bez podataka ili sa dodatnom informacijom o grešci. Pregled korišćenih komandi i funkcija dat je u tabeli 1.

KOMANDA	PR	PT	T	R	M	W
FUNKCIJA	prepare receive	prepare transmit	transmit	receive	machine	process
RR ready rec.	.	.	.	.	*	.
RT ready tran.	.	.	.	.	*	.
NB next block	.	.	*	.	.	.
BD breakdown	.	.	*	.	.	.
FD finished	.	.	*	.	.	.
AL alarm	.	.	*	*	.	.
ST status	.	.	*	*	*	.
CL clear	*	.	.	*	.	.
PP part prog.	*	*	.	*	.	*
TO tool offset	*	*	.	*	.	.
ZO zero offset	*	*	.	*	.	.
XM variable	*	.	.	*	.	.
TD tool data	.	.	*	*	.	.
FM free mem.	.	.	*	*	.	.
CN NC reset	.	.	.	.	*	.
CS cycle start	.	.	.	.	*	.
CH cycle halt	.	.	.	.	*	.
CI DNC reset	.	*	.	.	*	.
EX existance	.	.	*	*	.	.
DI directory	.	*	.	*	.	.
RW drip feed	.	.	.	.	*	.

Tabela 1. Pregled korišćenih funkcija DNC komunikacije

U tabeli 1. su zvezdicom obeležene dozvoljene kombinacije komandi i funkcija. Prikaz sekvence prenosa programa HOST-CNC dat je slikom 4.



Slika 4. Sekvenca prenosa programa sa host-a na CNC

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana realizovana komunikacija između ćelijskog kontrolera i računara za numeričko upravljanje alatnim mašinama. Detaljan opis LSV2 procedure za razmenu podataka i tabela korišćenih DNC komandi i funkcija daju dovoljne informacije za implementaciju ovakvog tipa asinhronne komunikacije i na druge uredjaje. Implementacija realizovane komunikacije u mnogome proširuje mogućnosti rada CNC računara. Takođe je omogućen rad CNC računara u "drip-feeding" modu rada za izvršavanje vrlo velikih programa obrade. Usavršavanje ovog tipa komunikacije, sinhronizacije rada kontrolera u okviru fleksibilne ćelije će omogućiti da CNC radi u potpunosti bez asistencije operatera, sa programima, tabelama alata i podacima o rasporedu i ofsetu alata koji stižu od ćelijskog kontrolera. Na ovaj način i CNC se približava nivou jednostavnosti i unificiranosti PLC računara.

#### 5. LITERATURA

1. Computer Link Description, Sinumerik System 8, Siemens Aktiengesellschaft, edition 3.86.
2. DNC with LSV2, Version 2.0 with local mode  
Robert Bosch GmbH Corporate Press and Information Dept., July '88.