

Računske vežbe iz
Projektovanja Elektronskih
Sistema
čas 5
Doc.dr Borisav Jovanović

Sadržaj:

- Primer zadatka “Sistem za naplatu putarine i sagledavanje saobraćaja na autoputu”.
- Funkcionalna i nefunkcionalna specifikacija sistema
- Projektovanje sistema ulaznih rampi
- Podela projekta na hardver i softver.
- Arhitektura sistema
- Komunikacioni protokol ulazne rampe

Zadatak: Sistem za naplatu
putarine i sagledavanje
saobraćaja na autoputu

Opis zadatka

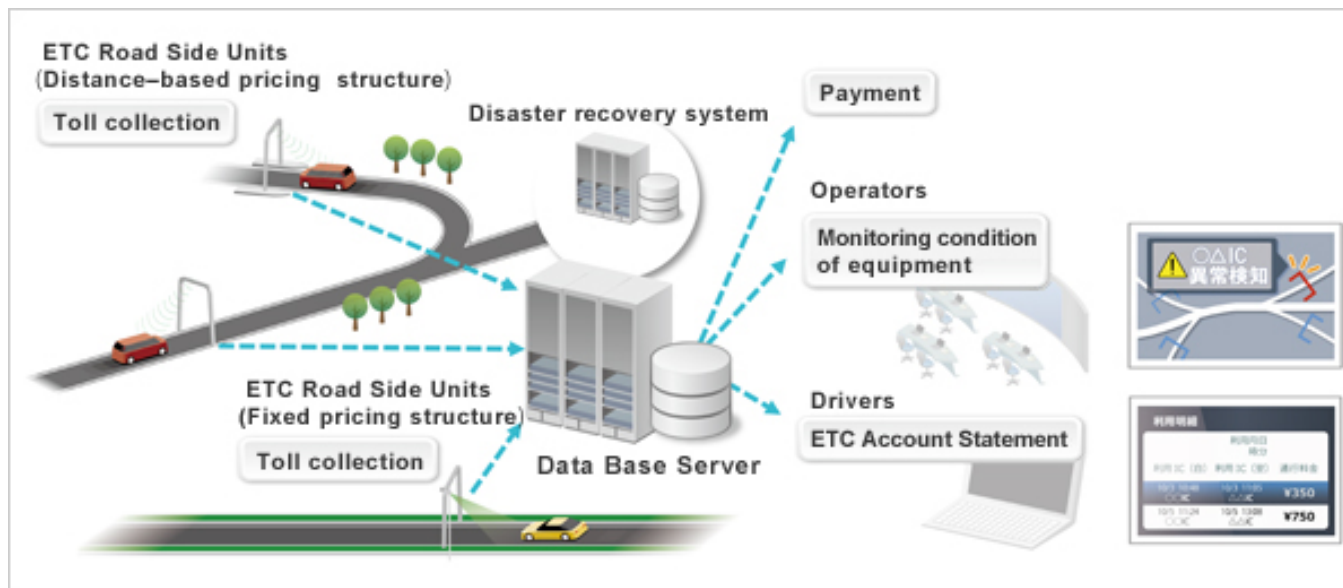


Sistem za naplatu putarine i sagledavanje saobraćaja na autoputu sastoji se iz maksimalno 32 priključne petlje (32 ulaza/izlaza).

- Na svakoj petlji mogu postojati do četiri ulazne i četiri izlazne „rampe“, osim na krajnjim petljama gde može biti do 16 ulaznih i 16 izlaznih „rampi“.
- Na svakoj ulaznoj „rampi“ vozač pritiskom na odgovarajući taster automata dobija karticu sa identifikacionim zapisom „rampe“, vremenom ulaska na autoput i oznakom kategorije vozila (do osam različitih kategorija). Potom se „rampa“ podiže radi propuštanja vozila.



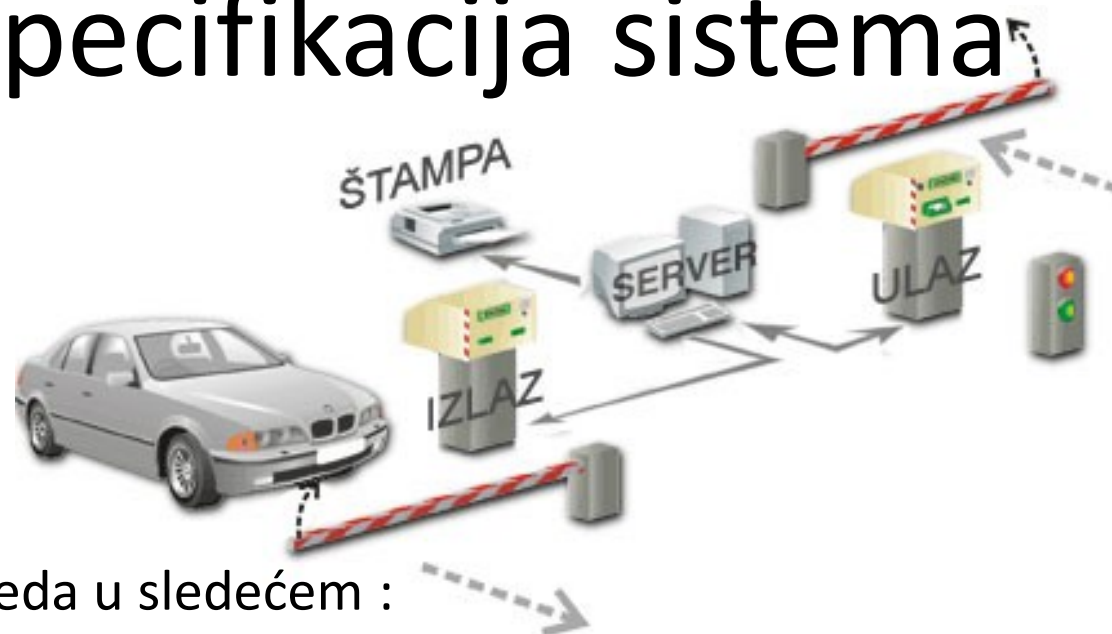
- Na svakoj izlaznoj „rampi“ postoji sistem za očitavanje zapisa sa kartice, određivanje i prikazivanje cene putarine prema kategoriji vozila i pređenoj deonici, izdavanje računa i otvaranje „rampe“ po aktiviranju tastera „naplata izvršena“ od stane blagajnika.
- Izlazna „rampa“ je u funkciji tek pošto se blagajnik identifikuje u sistemu, kako bi sistem „dužio“ korektno svakog blagajnika za naplaćene iznose. Po „odjavljivanju“ blagajnika iz sistema izdaje se obračun o zaduženju.



U sistemu postoji **centralizovano mesto za nadzor** na kome se može:

- Sagledati trenutni broj vozila po pojedinim kategorijama i pravcima, kao i broj vozila koja su prošla kroz pojedine ulazne i izlazne priključke u predhodnih 60 minuta, predhodnih 2, 3, odnosno 4 sata.
- Formirati izveštaji zaduženja po pojedinim ulazno/izlaznim mestima i pojedinačnim blagajnicima za proteklu smenu, dan, nedelju, mesec i godinu.
- Formirati izveštaji o intenzitetu saobraćaja po kategorijama i pojedinačnim deonicama, za tri osmočasovna perioda, dan, nedelju, mesec i godinu

Funkcionalna specifikacija sistema



Funkcionalna specifikacija se ogleda u sledećem :

Sistem se sastoji iz dve vrste automata: *Aul* i *Aiz*.

- Na ulaznim rampama koriste se automati tipa *Aul*.
- Vozač zahteva izdavanje kartice pritiskom na jedan od osam raspoloživih tastera.
- Rampu podiže mehanizam kojim upravlja *Aul* i koji se aktivira odmah po izdavanju kartice.
- Prolaz vozila kroz rampu registruje senzor i nakon toga *Aul* automatski spušta rampu.

- Na izlaznim rampama koriste se automati tipa *Aiz*.
- Oni pored čitača kartice dobijene na ulaznoj rampi (kartica vozila) sadrže i čitače magnetnih kartica koji služe za identifikaciju blagajnika i omogućavanje rada izlaznih rampi.
- Na monitoru je sve vreme prikazano tekuće vreme.
- Nakon čitanja kartice vozila blagajnik na displeju (monitoru) dobija sledeće podatke:
 - Mesto ulaza
 - Vreme ulaza
 - Kategorija i
 - Cena putarine
- Izdavanje računa vrši se pritiskom na taster na tastaturi koji odgovara **IZVRŠENJU NAPLATE**, a time se i otvara rampa na izlazu.

- Izlazna rampa se stavlja u funkciju tek pošto se ubaci identifikaciona kartica blagajnika i pritisne taster koji odgovara PRIJAVI čime se uključuje zeleno svetlo na semaforu iznad rampe, koje vozačima govori da je ta rampa u funkciji.
- Dobijanje izveštaja o zaduženju se ostvaruje tasterom koji odgovara ODJAVI, a time se pali crveno svetlo na semaforu.
- Obrada i prikupljanje podataka sa autoputa kao i izdavanje izveštaja, formiranje cenovnika, evidencija radnika i upravljanje celim sistemom vrši se nekim standardnim *server* računarom.
- Za identifikaciju vozila koriste se papirne kartice (KARTICA VOZILA) a za identifikaciju blagajnika koriste se RFID kartica (KARTICA BLAGAJNIKA).

Nefunkcionalna specifikacija sistema

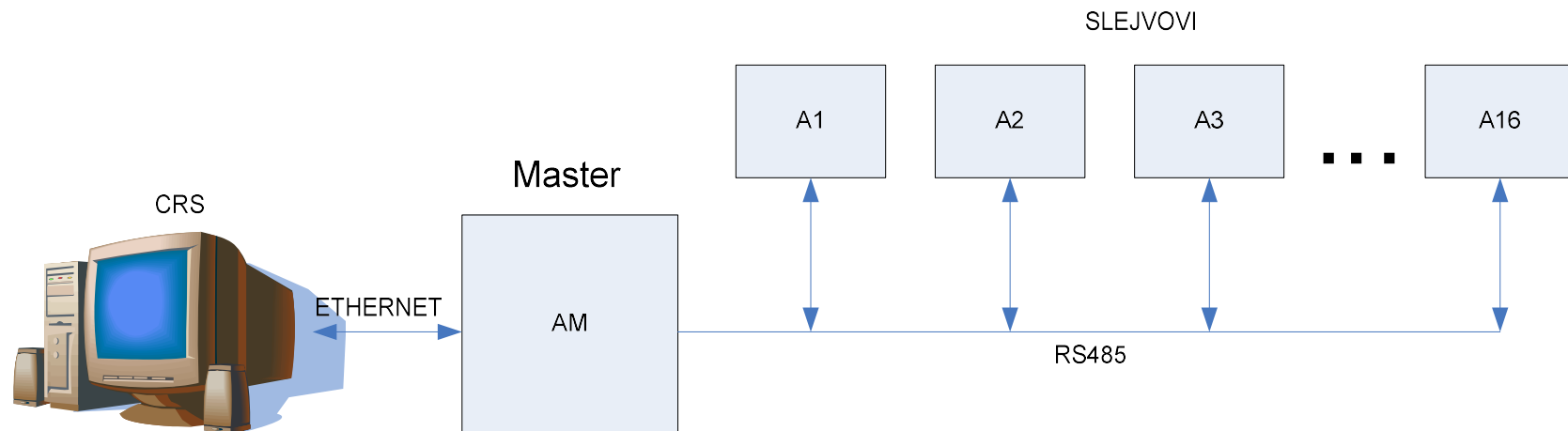


U pogledu nefunkcionalne specifikacije:

- Uređaji treba da budu otporni na vlagu, dobro izolovani, jer rade u otvorenom prostoru.
- *Server* računar mora da bude opremljen dodatnim diskom i opremom za *back-up* podataka.
- Svi računari u sistemu trebalo bi da imaju *UPS* sistem, jer u slučaju nestanka napajanja, osim gubitka nekih podataka, može se recimo blokirati “ulaz” na autoput (*Aul*) i “izlaz” na autoput (*Aiz*).

Projekat: Projektovanje sistema ulaznih rampi

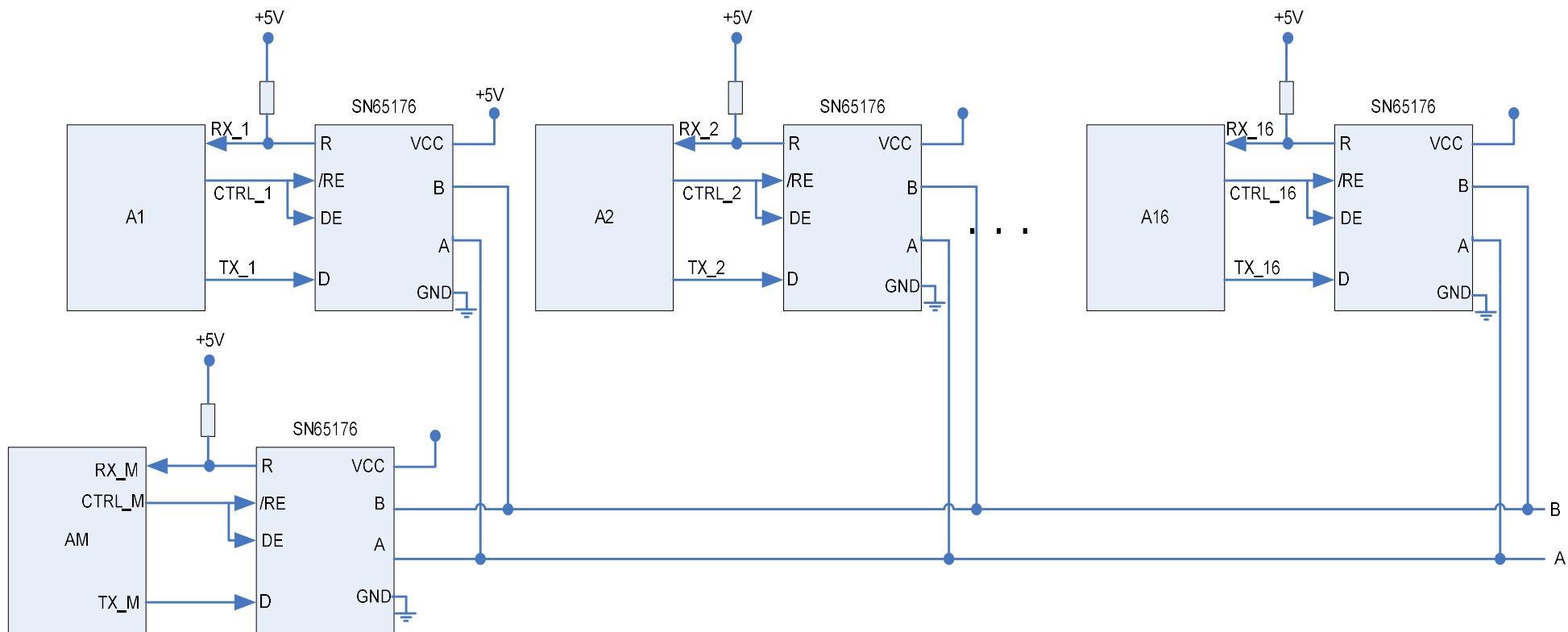
Arhitektura Sistema



Osnovne komponente sistema su:

- CRS (Centralni Računarski Sistem)
- Master automat (AM)
- Slejv automati, koje se vezuju za svako ulazno mesto na autoputu (A1-A16).

Master automat AM prikuplja informacije od slejv automata i te informacije prenosi dalje CRS-u. CRS je server računar koji je preko Etherneta povezan sa Master Automatima (AM). AM je povezan preko RS485 veze sa svim slejvovima.



RS485 protokol

KOMUNIKACIONI PROTOKOL ULAZNE RAMPE

- Svaki slejv automat na ulaznom mestu ima svoj jedinstveni **ID (identifikacioni) broj**.
- Kako na krajnjim petljama autoputa postoji maksimalno šesnaest ulaznih mesta, za kodiranje nekog ulaza (Slejva) potrebna su najmanje 4 bita.
- Slejv automat mora da poseduje i Real Time Clock (**RTC**) jer na kartici koju vozač dobija pored kategorije vozila i ID broja ulazne rampe, stoji vreme ulaska na autoput.

Master automat (AM) može da šalje Slejvovima sledeće komandne bajtove:

- Poruka 1 - za **PROZIVANJE SLEJVOVA** . AM šalje bajt: **001XYYYY**.
- Poruka2 - za **PODEŠAVANJE RTC**-a - komandni bajt je **011XYYYY**. Iza ovog bajta Master Slejvovima šalje još tri dodatna bajta – za sekunde, minute i sate redom

U svakom komandnih bajtova:

- *Bit X* - može biti 0 (rampa nije u funkciji i svetlo iznad rampe svetli crveno) ili 1 (rampa je u funkciji i svetlo iznad rampe svetli zeleno).
- *Bitovi YYYY* – označavaju identifikacioni broj rampe (**RAMP_ID**).

Na poruku 1 koju AM šalje slejvovima (poruka se šalje periodično – neka je perioda 2 sekunde) automat može da odgovori sa jednom od tri povratne poruke:

- Vozilo je ušlo na autoput. Kategorija vozila, ID broj automata i vreme su parametri koji se pri tom vraćaju Masteru.
- Vozilo nije ušlo na autoput. Sistem je u funkciji.
- Nestalo je kartica u printeru. Sistem nije u funkciji.

Prilikom prozivke Slejv automata Ai, Slejv automat vraća Master automatu jedan od sledećih statusnih bajtova:

- **000XYYYY** – Automat Ai nema kartica.
- **001XYYYY** – Automat radi kako treba s tim što nije pritisnut taster.
- **010XYYYY** – Pritisnut je taster, tj. prošlo je vozilo kroz rampu. Posle ovog bajta, automat šalje još četiri dodatna bajta čiji je redosled : *sekunde, minuti, sati i kategorija vozila.*

Posle poruke 2 i niza bajtova za podešavanje sata realnog vremena, Slejv treba da vrati Masteru isti komandni bajt (**011XYYYY**) koji je primio kao potvrdu da je sat realnog vremena uspešno podešen.

Bitovi su:

- *X* - je 0 (rampa nije u funkciji I svetlo iznad rampe svetli crveno) ili 1 (rampa je u funkciji I svetlo iznad rampe svetli zeleno).
- *YYYY* –identifikacioni broj rampe (RAMP_ID).

Master

Prozivka

KOMANDA		ID	RAMPE	$Y \in \{0,1\}$			
0	0	1	X	Y	Y	Y	Y

Slejev

Automat nema kartica.

KOMANDA		ID	RAMPE	$Y \in \{0,1\}$			
0	0	0	X	Y	Y	Y	Y

Automat radi ali nije pritisnut taster

KOMANDA		ID	RAMPE	$Y \in \{0,1\}$			
0	0	1	X	Y	Y	Y	Y

Pritisnut je taster, tj. prošlo je vozilo kroz rampu. Posle ovog bajta, Slejev automat šalje još četiri dodatna bajta: *sekunde, minuti, sati* i *kategorija vozila*.

KOMANDA		ID	RAMPE	$Y \in \{0,1\}$			
0	1	0	X	Y	Y	Y	Y

Master

Podešavanje RTC. Posle ovog bajta, Slejv automat šalje još tri dodatna bajta:
sekunde, minuti, sati

KOMANDA			ID	RAMPE $Y \in \{0,1\}$			
0	1	1	X	Y	Y	Y	Y

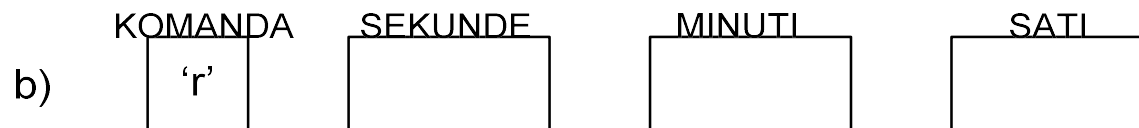
Slejv

Odgovor da je RTC podešen

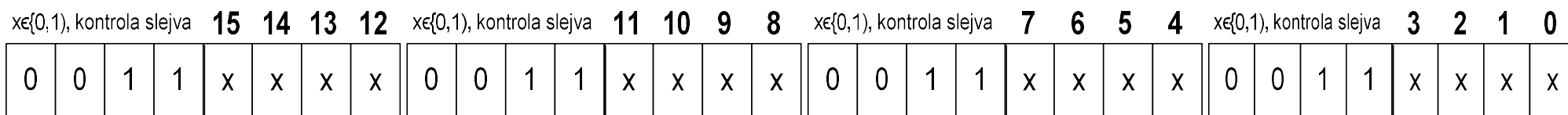
KOMANDA			ID	RAMPE $Y \in \{0,1\}$			
0	1	1	X	Y	Y	Y	Y

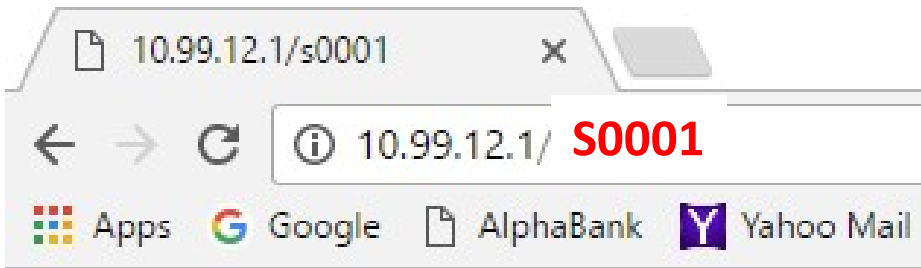
Komunikacija u sistemu između CRS-a i master automata (AM) :

- U komandnoj liniji *WEB browsera unese se* <http://XXX.XXX.XXX.XXX/komanda> (gde je XXX.XXX.XXX.XXX. IP adresa Master automata, a *komanda* predstavlja niz bajtova
- “*sZZZZ*” čime se zahteva status svih ulaznih rampi (preko *ZZZZ* podešava koje su rampe u funkciji, na primer ako je *ZZZZ*=“0000” nijedna rampa nije uključena, ako je *ZZZZ*=“0001” uključena je samo prva rampa, ako je *ZZZZ*=“00??” znači da je uključeno prvih osam rampi



“sZZZZ”





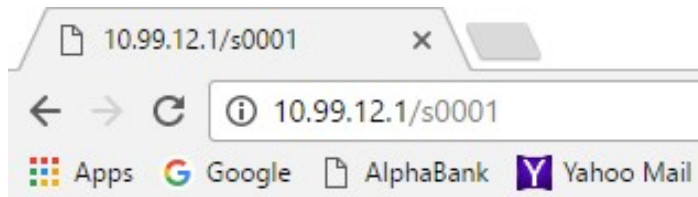
RAMP ID : 0 IDLE

primer “s0001” – samo Slejv sa ID brojem 0 je operativan

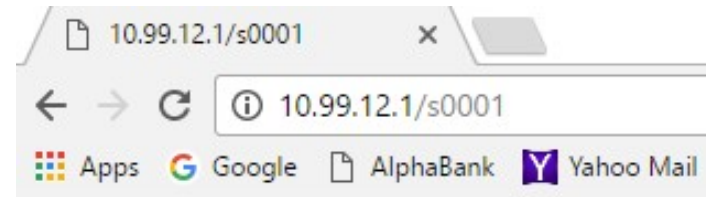
$x \in \{0,1\}$, kontrola slejva				15	14	13	12	$x \in \{0,1\}$, kontrola slejva				11	10	9	8	$x \in \{0,1\}$, kontrola slejva				7	6	5	4	$x \in \{0,1\}$, kontrola slejva				3	2	1	0	
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1



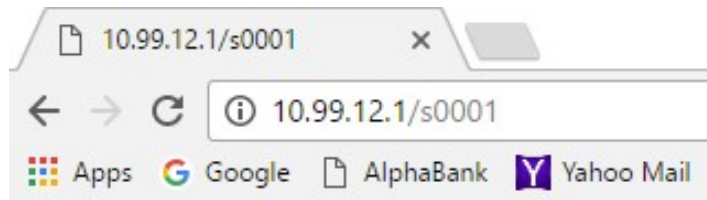
- “rZZZ” kojom podešavamo sat svim rampama (ZZZ predstavlja sekunde, minute i sate kodirane u ASCII sistemu sa ofsetom 0x30, na primer ako je ZZZ=99k onda postavljamo vreme na 9 sekundi, 9 minuta i 23 sati).



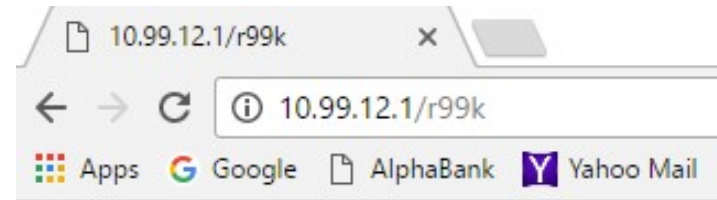
RAMP ID : 0 IDLE



RAMP ID : 0 VEHICLE 09:21:31 K3



RAMP ID : 0 NO CARDS

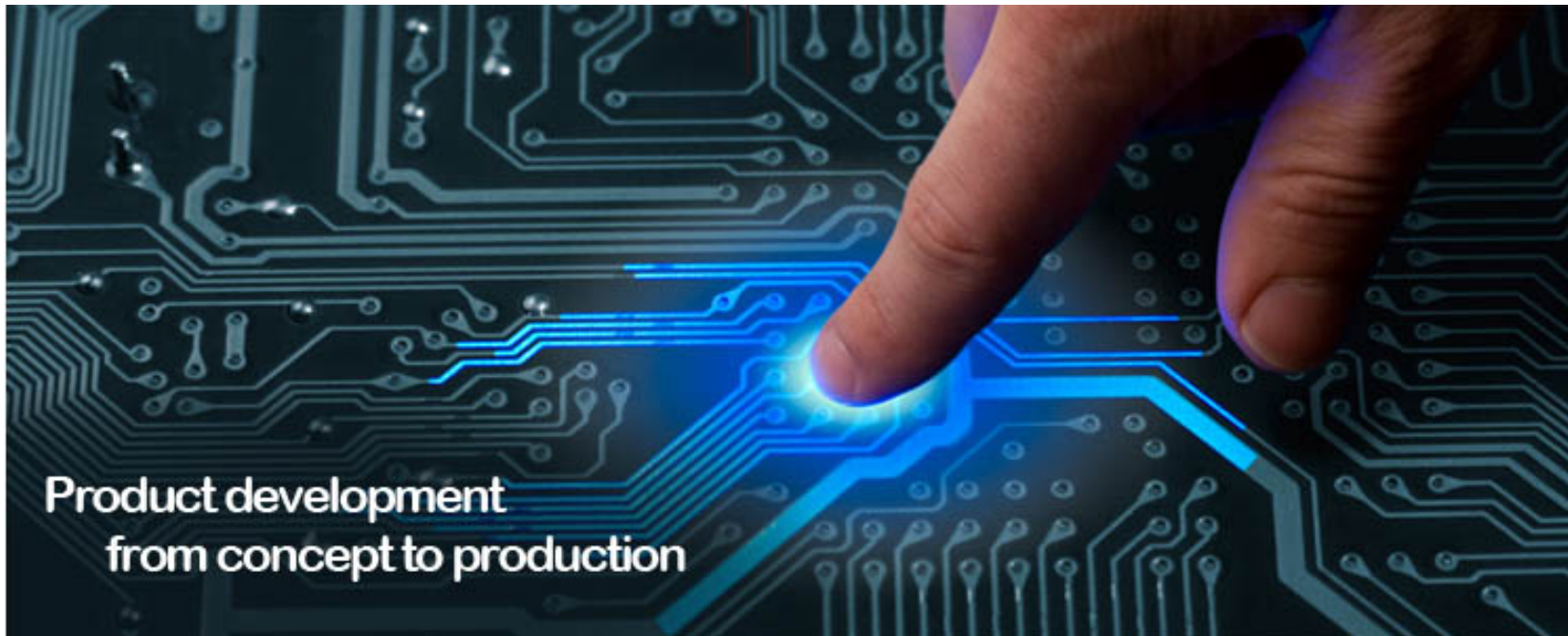


RAMP ID : 0 TIME SET

- Posle otkucane komande na ekranu dobijamo izveštaj da li je došlo do prolaska automobila i kod koje rampe se to desilo i tačno vreme, kao sati:minuti:sekunde, i kategoriju vozila koje je prošlo, da li se javila greška u sistemu ako sistem nema kartica, NO_CARDS, o podešavanju sata realnog vremena.
- Na ovaj način osoba koja upravlja CRS treba samo da otkuca komandu u nekom web browser-u i odmah dobija povratnu informaciju.

Projektna dokumentacija – ovo treba da sadrži svaki seminarski rad

- **Opis zadatka**
- **Funkcionalna i nefunkcionalna specifikacija**
- **Arhitektura sistema**
- **Realizacija komunikacionog protokola**
- **Hardverska realizacija automata**
 - *Tabela: Raspored iskorišćenih ulaznih i izlaznih pinova mikrokontrolera*
- **Realizacija firmvera automata**
 - *Tabela najvažnijih promenljivih koji se koriste u programskom kodu*
 - *Tabela najvažnijih funkcija koji se koriste u programskom kodu*
 - *Detaljan opis najvažnijih funkcija sa segmentima koda*
- **Postupak verifikacije i vrednovanja projekta**
 - *Rezultati rada sistema*
 - *Stepen ispunjenosti korisničkih zahteva*
- **Detaljno uputstvo za upotrebu**



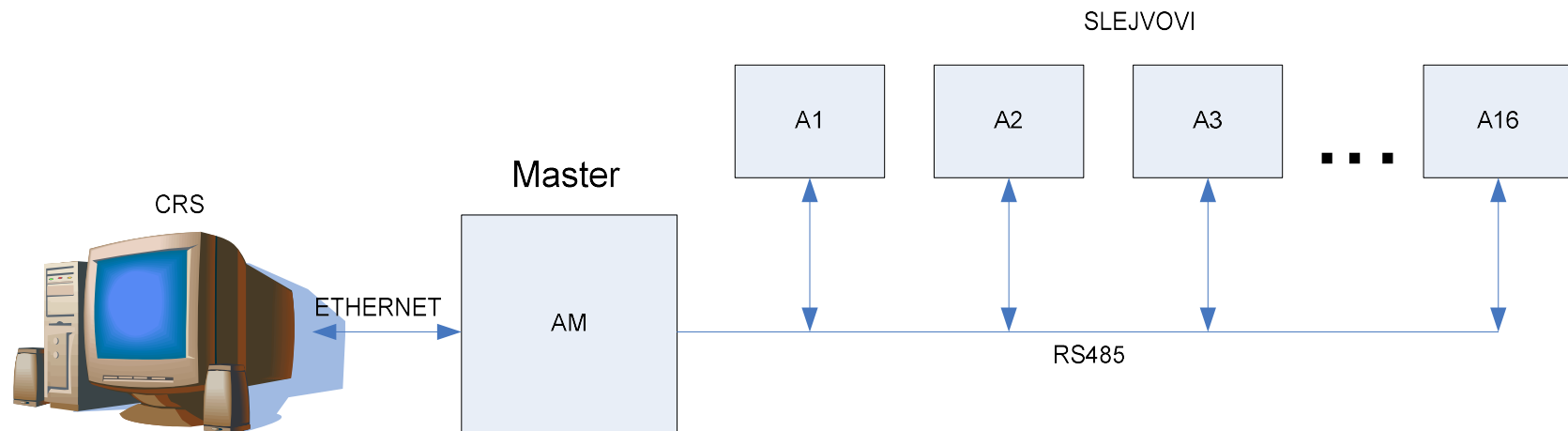
Računske vežbe iz Projektovanja Elektronskih Sistema

Doc.dr Borisav Jovanović

Sadržaj:

- Projektovanje hardvera “Podsistema ulaznih rampi”,
- Podela sistema na Master (AM) i Slejv automate (AS);
- projektovanje komunikacionog protokola između AM i AS automata;
- projektovanje komunikacionog protokola između Centralnog računarskog sistema (CRS) i master automata.
- Sagledavanje upotrebe postojećih rešenja – modula pri razvoju elektronskog sistema.
- Tabela iskorišćenih ulaznih i izlaznih pinova mikrokontrolera
- Tabela korišćenih promenljivih

Arhitektura Sistema

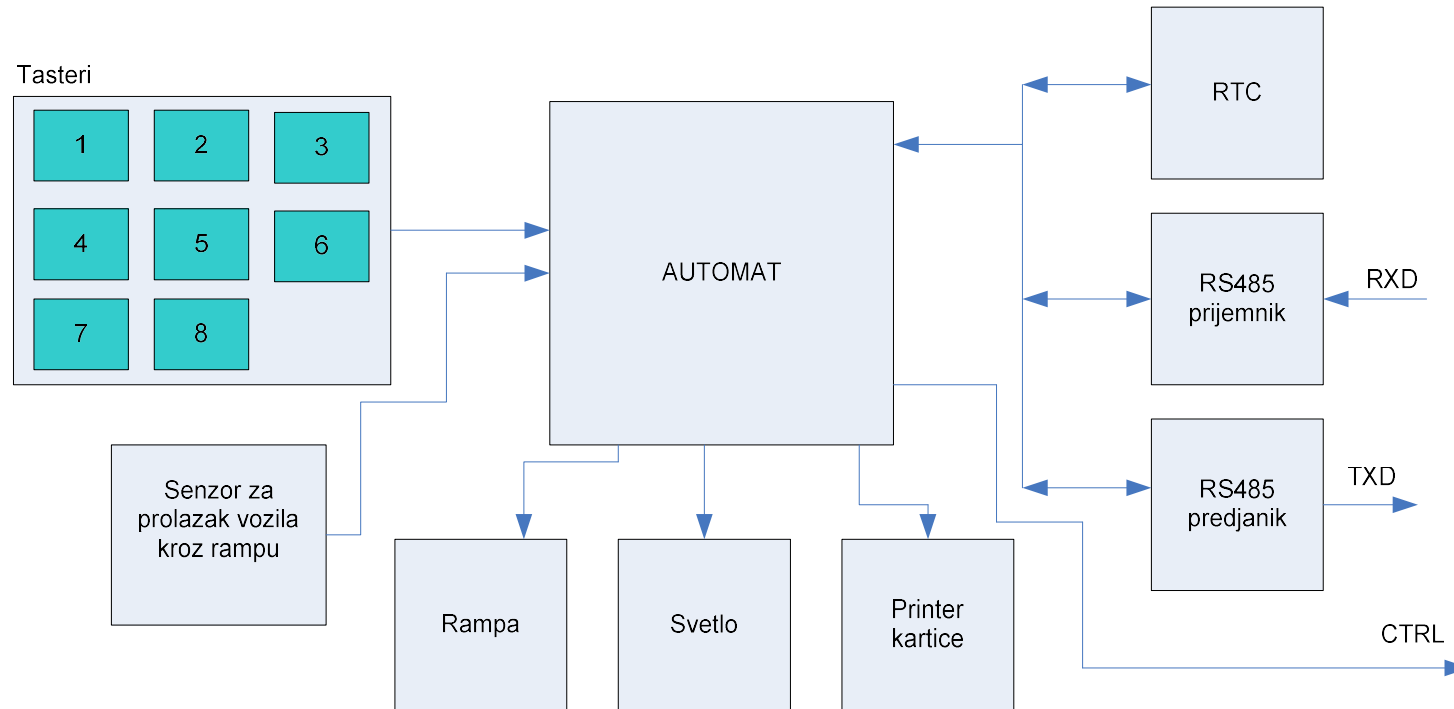


Osnovne komponente sistema su:

- CRS (Centralni Računarski Sistem)
- Master automat (AM)
- Slejv automati, koje se vezuju za svako ulazno mesto na autoputu (A1-A16).

Master automat AM prikuplja informacije od slejv automata i te informacije prenosi dalje CRS-u. CRS je server računar koji je preko Etherneta povezan sa Master Automatima (AM). AM je povezan preko RS485 veze sa svim slejvovima.

Realizacija hardware-a Slejv automata



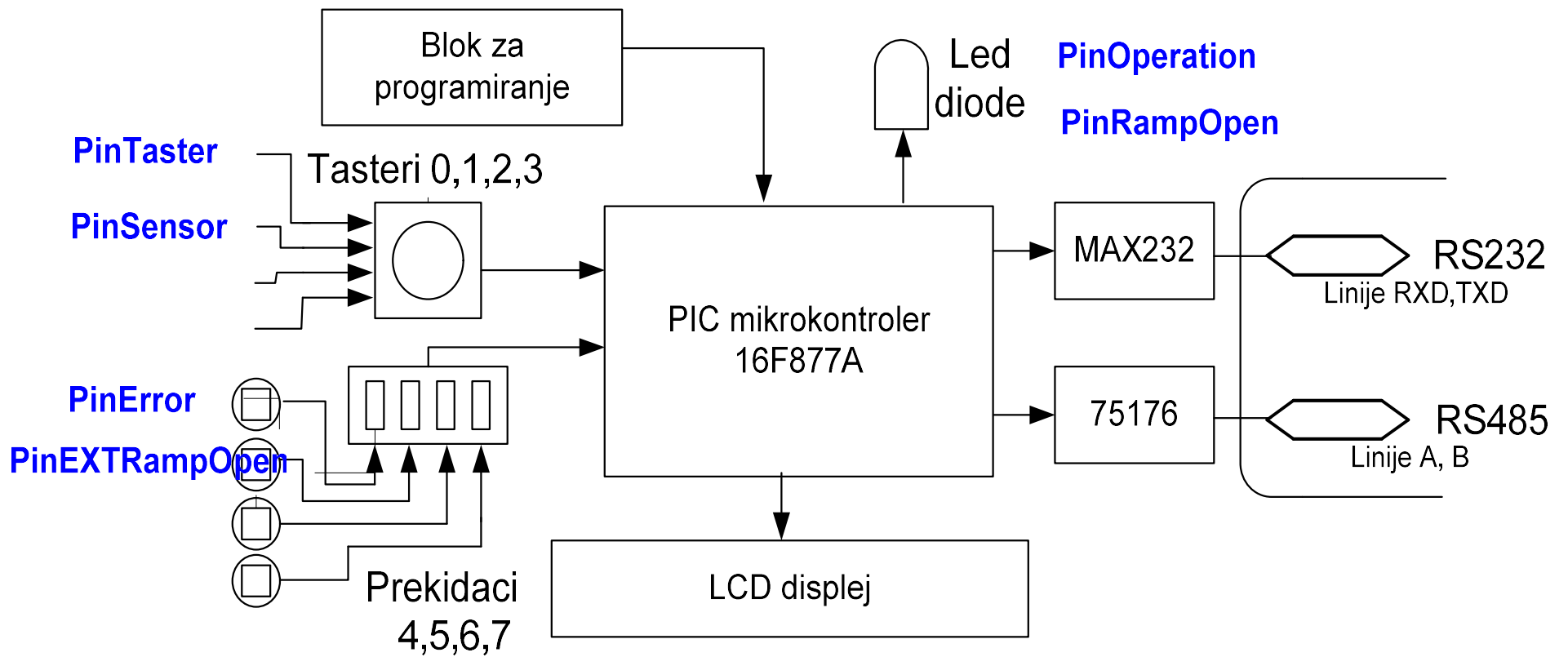
- Svetlo iznad rampe može biti **zeleno** (rampa je u funkciji) ili **crveno** (rampa nije u funkciji). Pritiskom na jedno od dva tastera bira se **kategorija vozila**.
- Posle pritiska **tastera**, automat izdaje karticu na kome su zabeleženi podaci o ulasku vozila na autoput, i to vreme u satima, minutima i sekundama, kao i kategorija vozila.
- Zatim se rampa podiže automatski.
- Kada vozilo prođe kroz rampu aktivira se senzor koji utiče da se rampa spušta.

Definicija ulaznih i izlaznih pinova Slejv automata

Na štampanoj ploči koja realizuje Slejv automat postoji ukupno 4 prekidača i 4 tastera koji simuliraju ulazne signale sistema.

Ulazni signali realizovani kao tasteri:

- **TASTER** – jednobitni signal - pritiskom na **TASTER** vozač zahteva izdavanje nove kartice
- **SENSOR** – jednobitni signal –za detekciju prolaska automobila nakon preuzimanja kartice sa automata. Po detektovanju ovog signala, Slejv automat automatski spušta ulaznu rampu.



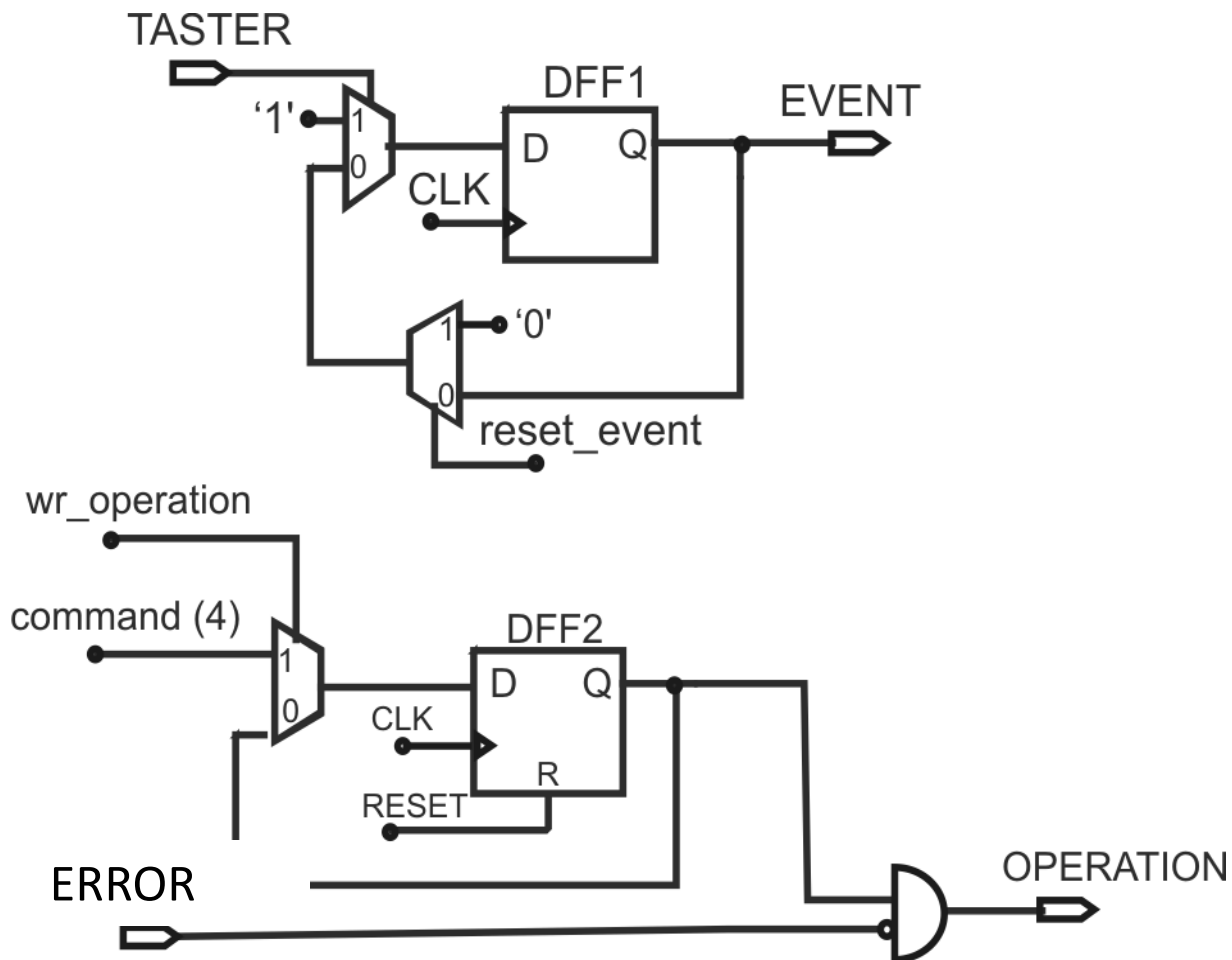
Ulazni signali koji su realizovani kao prekidači :

- **ERROR** – jednobitni signal - ovim signalom simulira se stanje greške – recimo da nema više kartica koje bi se izdavale korisnicima.
- **EXT_RAMP_OPEN** – jednobitni signal - pritiskom na ovaj taster rampa na ulazu se podiže, zanemarujući trenutno stanje u kome se Slejv automat nalazi.
- **CATEGORY (1:0)** – dvobitni signal – za definisanje kategorije vozila, kako bi se mogla odrediti cena putarine. Simulira se situacija da postoji ukupno 4 kategorije vozila (ograničenost resursa na postojećoj štampanoj ploči).

Izlazni signali (realizovani preko LED dioda).

- *OPERATION* - informacija da je rampa u funkciji. Ako je ulazni pin ERROR=1, tada mora OPERATION=0. U slučaju da je ulazni pin ERROR=0, signal OPERATION se programira preko Master automata. Naime, u poruci prozivke (001XYYYY), Master automat, na bit poziciji 4, šalje informaciju da li prozvani slejv treba da bude aktivan ili ne (bit obeležen sa X).
- *RAMP_OPEN* - da li je rampa otvorena
- *CTRL* – jednobitni signal – koristi se za kontrolu RS485 drajvera. Ovaj signal ima vrednost logičke nule kada se primaju podaci, a vrednost logičke jedinice kada se podaci šalju.

Neki od internih signala (ili promenljivih) Slejv automata

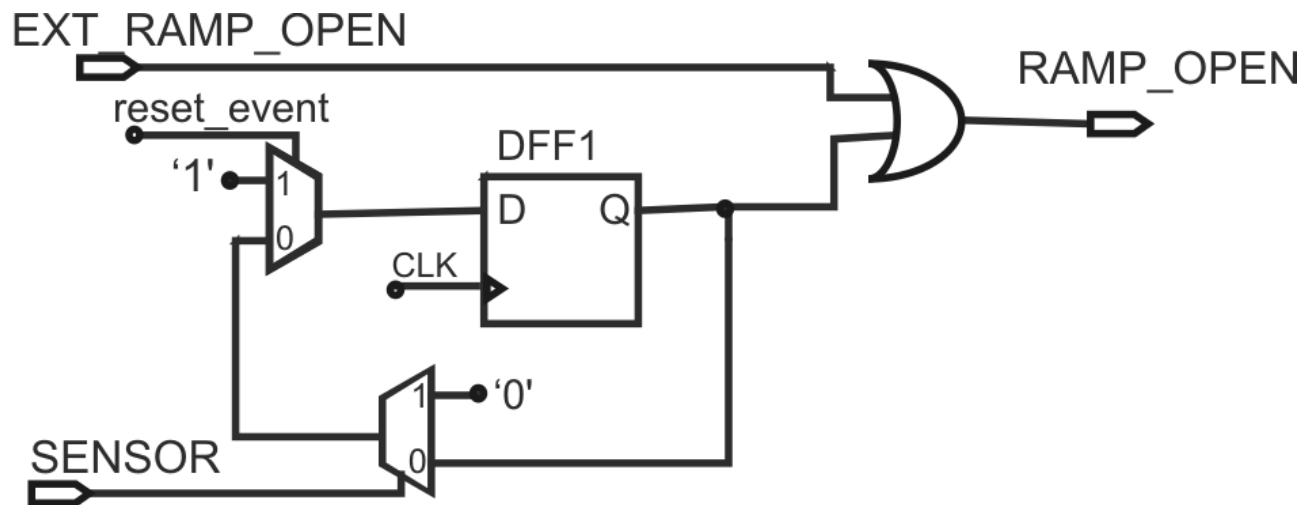


Slika . Logika signala Operation

Pritiskom na Taster vozač zahteva izdavanje nove kartice. Pritom, interni signal $EVENT=1$.

Signal *OPERATION* - da li je rampa u funkciji - formira se od signala *ERROR* i od četvrtog bita u poruci *command*. Ako je bilo koji od ova dva signala na nuli, krajnji signal biće nula i „rampa“ neće biti u funkciji.

Ako su oba signala na jedinici, tj. ako postoje kartice i ako je $command(4)=1$, onda „rampa“ je u funkciji i vozila mogu pristajati na „rampu“.



RAMP_OPEN – se može setovati na dva načina:

- $EXT_RAMP_OPEN=1$ - blagajnik namerno podigao rampu za prolaz vozila,
- generisanje ovog signala unutar sistema je posledica pritiska korisnika na „TASTER“ i odziva sistema na takvu akciju (poslata je poruka Master automatu da je novo vozilo pristiglo na rampu).

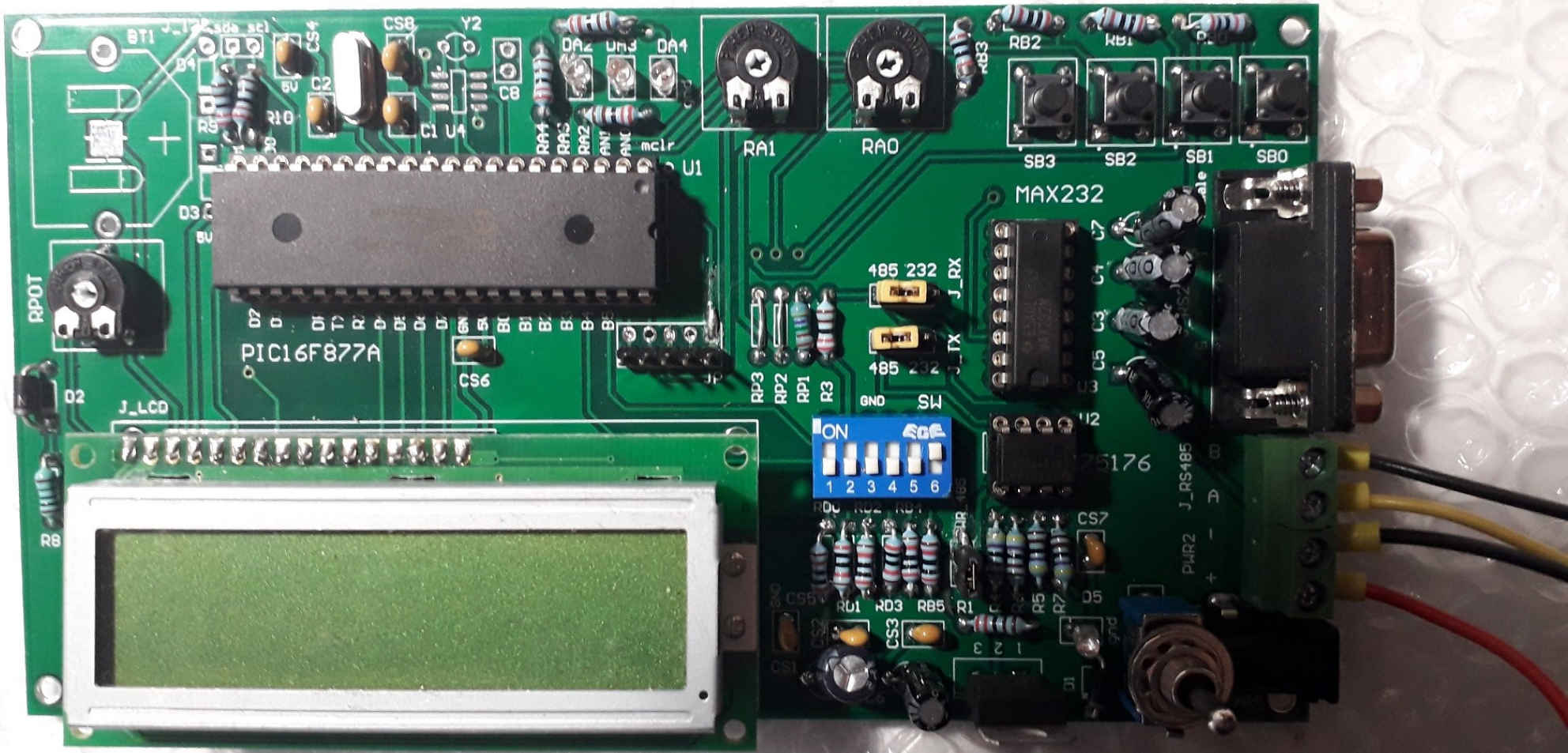
Sagledavanje upotrebe postojećih rešenja – modula pri razvoju elektronskog sistema

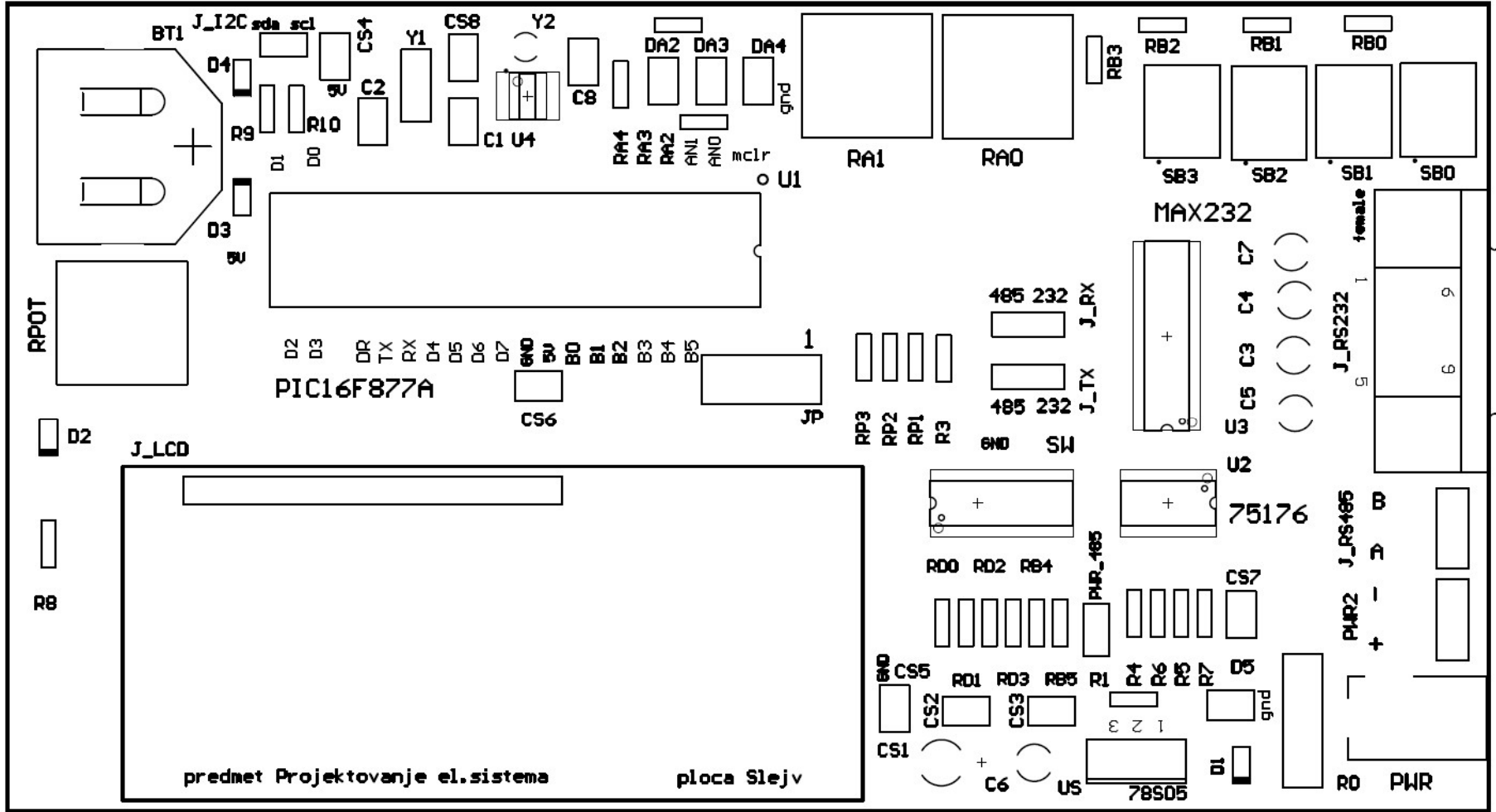
- Rad automata zasnovan na mikrokontroleru. Ugrađen je mikrokontroler Microchip PIC16F877A.
- Pored mikrokontrolera, Slejv obuhvata blokove za RS232/485 komunikaciju (kola drajvera MAX232 i SN65176), blok za programiranje mikrokontrolera i LCD displej.
- Tasteri i prekidači služe da simuliraju rad senzora. Postoji ukupno četiri tastera i četiri prekidača.

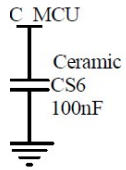
Električna šema Sjelv podsistema sadrži:

- mikrokontroler PIC16F874A,
- 16x2 LCD displej,
- drajvere za RS232 i RS485,
- blok za napajanje,
- blok za programiranje mikrokontrolera,
- četiri mini tastera i 6 prekidača koji se koriste za simulaciju stanja senzora,
- tri LED diode koje se koriste za indikaciju stanja aktuatora.

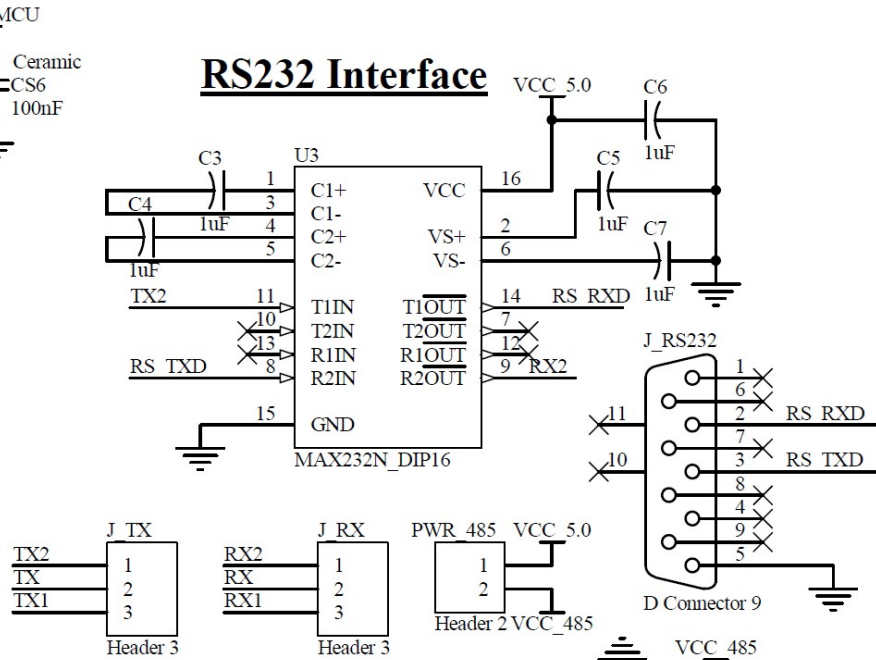
- Srce sistema je Microchip-ov mikrokontroler PIC16F877A.
- Korišćeni mikrokontroler ima DIP40 kućište i radi na 20MHz i naponu napajanja od 5V.
- Osnovne karakteristike su sledeće:
 - 7.2KB ROM memorije,
 - 384B RAM memorije,
 - I2C i SPI komunikacioni interfejs,
 - dva 8-bitna tajmera, jedan 16-bitni tajmer,
 - 10-kanalni A/D konvertor.
 - postoje pet portova sa digitalnim ulazima i izlazima koji su obeleženi redom sa A, B, C, D i E



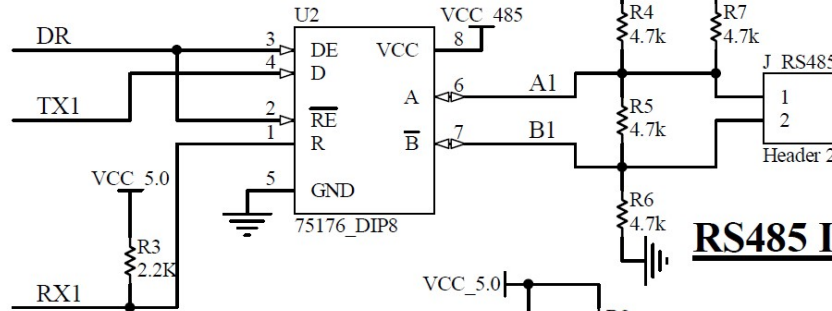
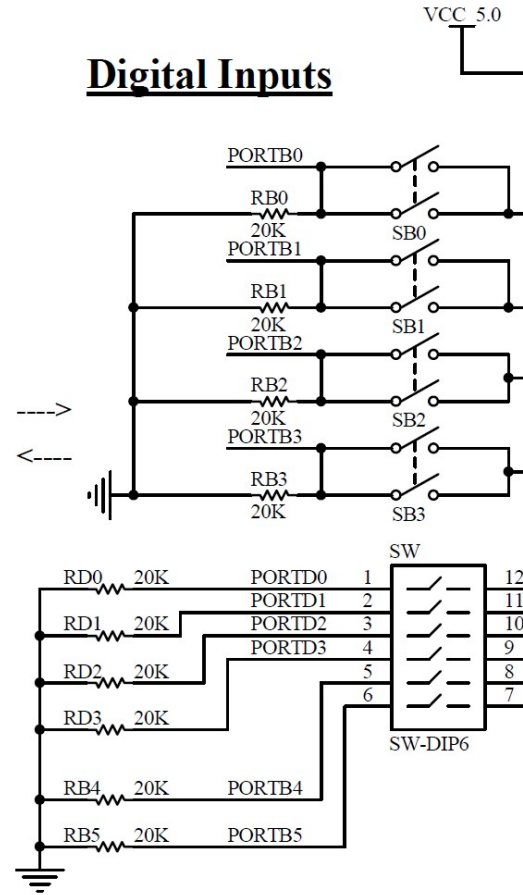




RS232 Interface

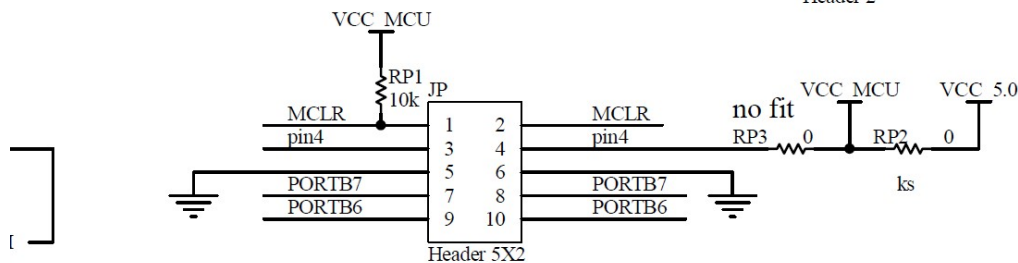


Digital Inputs

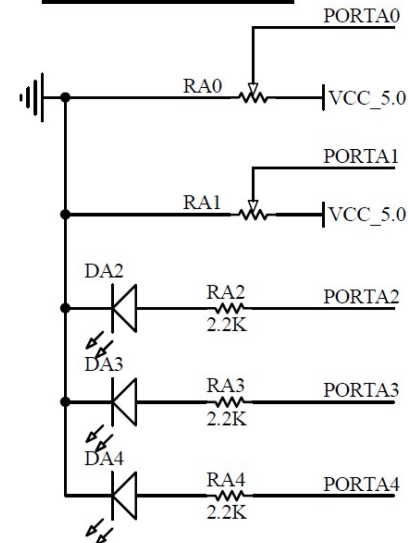


RS485 Interface

Programmer Interface



Analog Inputs



Digital Outputs

Raspored iskorišćenih ulaznih i izlaznih pinova mikrokontrolera

Port	Smer	Opis
RA2	izlaz	PinOperation - Led dioda. Simulira da je rampa u funkciji (svetli zeleno ili crveno svetlo)
RA3	izlaz	PinRampOpen - Led dioda. Simulira da je rampa otvorena
RB0	ulaz	PinTaster - taster - Zahtev vozača za preuzimanje kartice
RB1	ulaz	PinSensor – taster - Senzor prolaska vozila kroz rampu
RB4	ulaz	PinError – prekidač - Ako je RB4='1', simulira neispravan rad automata ili da kartice nedostaju
RB5	ulaz	PinEXTRampOpen – prekidač - Ako je RB5='1', rampa se otvara.
RD3, RD2	ulazi	Kategorija vozila
RC0	izlaz	RS - <i>Data/Instruction select</i> kontrolni signal LCD displeja
RC1	izlaz	RW - <i>Read/Write</i> kontrolni signal LCD displeja
RC2	izlaz	E - <i>Enable</i> kontrolni signal LCD displeja
RC5	izlaz	DR - <i>Write/Read</i> kontrola RS485 dražvera SN65176; ako je DR='1' kolo je u <i>write</i> modu rada, u suprotnom - <i>read</i> mod
RC6	izlaz	TX - <i>Transmit</i> signal UART-a mikrokontrolera
RC7	ulaz	RX - <i>Receive</i> signal UART-a
RD4 - RD7	izlaz	Magistrala podataka za prenos informacija između mikrokontrolera i LCD displeja.

Tabela korišćenih promenljivih u programu

Promenljive	Tip podataka	Objašnjenje promenljivih
Operation, Operation2	<i>bit</i>	Rampa u funkciji ako je Operation=1, Operation se programira kada Slejv dobije komadu za radi; Operation2 uzima u obzir stanje na Error pinu.
RampOpen, RampOpen2	<i>bit</i>	Rampa podignuta ako je RampOpen=1, RampOpen se postavlja kada vozač dobije karticu; RampOpen2 uzima u obzir stanje na PinEXTRampOpen pinu.
Event	<i>bit</i>	Setuje se kada novo vozilo dođe na rampu, resetuje kada se informacije (sati, minuti, sekunde, kategorija) pošalju Masteru. Pritom se rampa otvara.
BytesToReceive	<i>unsigned char</i>	Broj bajtova koji treba da se primi do dekodiranja, time se ostvaruje kontrola primljenih podataka
Command	<i>unsigned char</i>	bajt komande koji se prima
CommandModified	<i>unsigned char</i>	bajt koji se vraća Masteru
CallFlag, RTCSetupFlag, UpdateLCDFlag	<i>bit</i>	Oznaka da je stigao zahtev za prozivkom i Slejv treba da vrati odgovor; Oznaka da je stigao zahtev za podešavanjem vremena i Slejv treba da vrati odgovor; Oznaka da Slejv treba da inkrementira vreme za 1 sekundu.