

UNIVERZITET U BEOGRADU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

*Katedra za elektroniku*

*Predmet: Namenski računarski sistemi*



Izveštaj: projekat 2020/2021

Projektovanje mikrokontrolera  
i sistem automatizacije u vozu

**Predmetni profesor:**  
Dr Lazar Saranovac

**Student:**  
Uroš Cvjetinović, 93/2016

Beograd, 2021

## SADRŽAJ:

---

1	Projektni zadatak .....	2
2	Arhitektura mikrokontrolera .....	5
2.1	Sistemska magistrala .....	6
2.1.1	Dekoder adresa .....	6
2.2	Prekidni kotroler .....	7
2.3	Watch dog tajmer .....	10
2.4	RTC tajmer (Real time clock) .....	11
2.5	Free running brojač sa IC i OC registrima .....	12
2.6	AD konvertor .....	14
2.7	DA konvertor .....	15
2.8	Parelerni adapter .....	17
2.9	UART .....	18
2.10	SPI .....	21
2.11	Memorija .....	21
3	Automatizacija vagona u vozu .....	22
3.1	Organizacija sistema .....	22
3.1.1	Format i protokol rada .....	23
3.1.2	Karta za putovanje .....	30
3.1.3	Regulisanje unutrašnjosti vagona .....	31
3.1.4	Regulisanje sedišta u vagonu .....	32
3.2	Organizacija glavnog kontrolera vagona .....	33
3.2.1	Povezan hardver .....	34
3.3	Organizacija kontrolera sedišta .....	40
3.3.1	Povezan hardver .....	40
4	Literatura .....	42

# 1 PROJEKTNi ZADATAK

---

Brze pruge. Uvek aktuelne. Ali i tri sata putovanja od Beograda do Budimpešte, može da bude zamorno i "neprijatno" za putnike koji nisu navikli na te brzine. Zbog toga im je potrebno obezbediti što veći komfor i sigurnost u što više automatizovanim vagonima.

Za osnovu sistema automatizacije pametnog voza treba projektovati odgovarajući SoC, koji će se moći upotrebiti za realizaciju različitih delova sistema. Na raspolaganju je standardni 32bitni procesor sa kvazisinhronom magistralom. Procesor može da vidi memorijski prostor u bajtovima (*LITTLE ENDIAN* format) i ima jedan prekidni maskirajući ulaz sa aktivnim nivoom za prihvatanje prekida. Prekidi su vektorskog tipa. Takođe ima ulaz i za NMI prekid.

SoC treba da poseduje

- prekidni kontroler za prihvatanje prekida od internih periferija;
- *watch dog* tajmer;
- RTC tajmer
- 8 bitni AD konvertor;
- 8 bitni DA konvertor;
- odgovarajući broj 8bitnih paralelnih portova;
- 2 pundupleks UART-a sa programabilnim brojem bita koji se prenose (7, 8 ili 9),
- 16bitni *free running* brojač sa više input capture registra i više output compare registra;
- periferije koje projektant nađe da su još neophodne.

Tehnologija izrade SoCa je takva da je predviđeno da radi sa napajanjem  $V_{dd}=3.3V$ .

1.1 Nacrtati detaljnu logičku šemu unutrašnjosti SoCa.

1.2 Napisati korisničko uputstvo, sa programerskog stanovišta, za korišćenje periferija SoCa.

Karte za voz su RFID kartice.

Centralna kontrola voza, CKV, nalazi se u lokomotivi. Realizovana je putem opštenameneskog računara (ima svoju tastaturu i monitor) koji poseduje više standardnih UARTa. CKV je serijskom vezom povezana sa glavnim kontrolerom vagona GKV. Broj vagona je maksimalno 10. Putem nje mogu da se programiraju kodovi „važećih“ kartica, minimalne i maksimalne temperature u pojedinim vagonima, kupeima, način rada sa osvetljenjem, prozora, .... Na stanici, CKV ostvaruje vezu sa peronskom kontrolom i dobija informacije o prodatim kartama, važenju tih karata (destinaciji) itd...

Pored ulaznih vrata u svaki vagon, nalazi se skriveni RFID čitač koji poseduje 10 8bitnih memorijskih lokacija. Čitanjem tih memorijskih lokacija (putem SPI magistrale) moguće je ustanoviti i da li se blizu čitača nalazi RFID kartica i koji je njen kod. Kada se detektuje „važeća“

kartica treba da se otključaju ulazna vrata aktiviranjem jednog ulaza (O) elektromehaničke brave. „Istovremeno“ sa aktiviranjem brave treba upaliti zelenu led diodu koja se nalazi na samim ulaznim vratima, kao znak da je dozvoljen ulazak u prostoriju i na LED displeju prikazati koliko sekundi će vrata biti još otvorena. Ako se vrata ne otvore u roku od 10sekundi treba ponovo „zaključati“ vrata aktiviranjem drugog ulaza (Z). Pobuda (logička jedinica) ulaznih „digitalnih“ signala O i Z elektromehaničke brave je jednosmerni signal 400V, max 1A, minimalnog trajanja 100ms i maksimalnog trajanja 200ms. Provera da li su vrata otvorena radi se „reed switch“ senzorom.

Na svakom vagonu nalazi se led displej sa 2+2 cifre na kojem se prikazuje informacija o rednom broju vagona i broju slobodnih mesta, i njime upravlja GKV. Broj mesta u vagonu je 40.

Na svakom sedištu se nalazi kontroler sedišta KS. U svakom sedištu nalazi se skriveni RFID čitač koji poseduje 10 8bitnih memorijskih lokacija. Čitanjem tih memorijskih lokacija (putem SPI magistrale) moguće je ustanoviti i da li se blizu čitača nalazi RFID kartica i koji je njen kod. Kada se detektuje „važeća“ kartica treba upaliti žutu led diodu koja se nalazi iznad sedišta kao znak da je sedište zauzeto.

Na svakom mestu za sedenje, nalazi se detektor da li putnik sedi ili ne. Digitalni izlaz aktivan sa nivoom. Ako putnik sedi treba ugasi žutu i upaliti zelenu diodu iznad sedišta. Ako je putnik zauzeo sedište (prineo karticu blizu čitača – svetli žuta dioda), a ne sedne u roku do 5 minuta, smatra se da sedište nije zauzeto i gasi se žuta dioda.

U svakom vagonu se nalazi:

- detektor dima; digitalni izlaz aktivan sa nivoom, na nepoznatom naponskom potencijalu sa nivoima +5V i 0V;
- analogni senzor temperature;
- unutrašnja jedinica klima uređaja koji može da greje i da hladi, sa promenljivom brzinom strujanja vazduha. Ulazni signali su 2 digitalna, beznaponska, uključisključ, grejanje-hlađenje, i 1 analogni za kontrolu brzine obrtanja ventilatora (DC motor); Ako nema nikog u vagonu klima uređaj treba isključiti..
- analogni senzor osvetljaja;
- kontrola svetala, uključisključ (3 nezavisne „sijalice“ 400V 1A); Svetlo je moguće kontrolisati preko tri prekidača.
- kontrola da li je sijalica ispravna.
- prikaz trenutne temperature i mogućnost zadavanja temperature.

U slučaju detekcije dima u bilo kom vagonu potrebno je aktivirati sirene (400V, 0.1A) koje se nalaze u svakom vagonu, zaustaviti voz i otključati vrata svakog vagona.

Za rasporede senzora, prekidača, aktuatora uzeti razumne pretpostavke. Ako nešto nije definisano projektnim zadatkom takođe uzeti razumne pretpostavke. Ovim elementima upravlja GKV.

Na svakom sedištu se nalazi -panik taster, ako putnicima pozli od prevelike brzine. Panik taster kontroliše KS. O pritisku na panik taster obaveštava se CKV, sa informacijom iz kojeg vagona i sa kojeg sedišta.

- 2.1 Nacrtati blok šemu sistema i povezivanja pojedinih delova.
- 2.2 Nacrtati projekat hardvera pojedinih delova.
- 2.3 Definirati formate i protokole rada za poruke koje se prenose po magistralama.
- 2.4 Opisati programske poslove svakog pojedinačnog SoCa.

#### **Dodatni poeni**

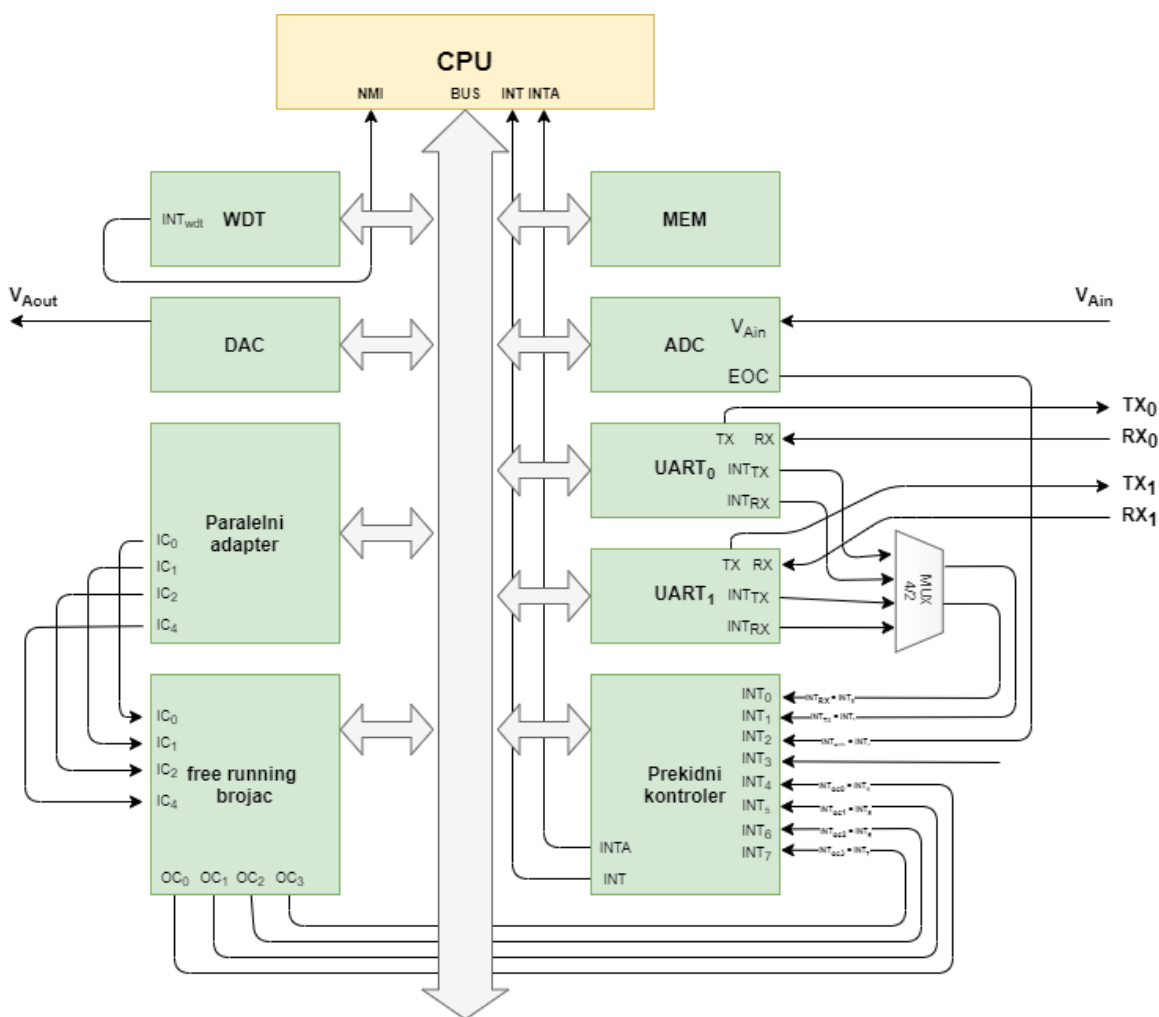
- 1. Kako detektovati da li je putnik izašao na stanici na kojoj je trebao. Odnosno kako detektovati da neko nije kupio kartu Beograd - Novi sad, a vozi se do Budimpešte. (5 poena)
- 2. Realizacija otvaranja i zatvaranja prozora. Kontrola da li su prozori otvoreni. Ako je otvoren neki prozor (ima ih 20) klima uređaj takođe treba isključiti. ( 5 poena)

## 2 ARHITEKTURA MIKROKONTROLERA

U ovom delu biće opisana arhitektura mikrokontrolera koji projektujemo za osposobljavanje svih funkcionalnosti pametnog voza, ograničavajući se zadatim specifikacijama u zadatku.

Pretpostavićemo da je na raspolaganju procesor (CPU) sa *Von Neumann*-ovom arhitekturom čija je karakteristika da su programski kod i memorijski podaci smešteni u jedinstven memorijski prostor, i njima se pristupa preko zajedničke magistrale.

Veza unutrašnjih periferija mikrokontrolera se može videti na slici 2.1 . Sve periferije su objašnjene u više detalja u narednim poglavljima.



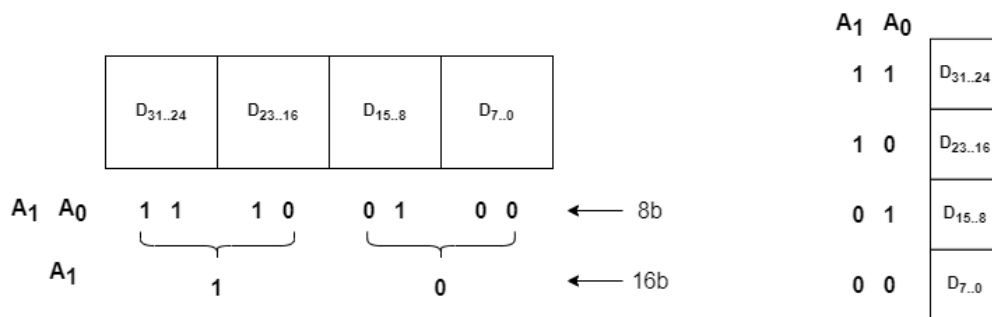
Slika 2.1 – Unutrašnje periferije mikrokontrolera

## 2.1 SISTEMSKA MAGISTRALA

Analizom zadatih funkcionalnosti pametnog voza zaključuje se da je potrebno koristiti 32-bitnu zajedničku magistralu kako bi se uspešno ostvarila komunikacija i kontrolisanje svih periferija. Zajednička magistrala je po zadatom uslovu projekta kvazisinhrona.

Za formiranje ove magistrale potrebna su 32 ulazno-izlazna signala za adrese ( $ABUS_{31..0}$ ) i podatke ( $DBUS_{31..0}$ ), 1 ulazni signal za signal potvrde od periferije ( $ACK$ ) i 3 izlazna signala koja služe za čitanje iz periferije ( $R$ ), upis u periferiju ( $W$ ) i za upravljanje bajtovima ( $32/\bar{8}$ ).

U slučaju jednobajtnog upisa ili čitanja, memorijske lokacije koje ti bajti zauzimaju su formata *LITTLE-ENDIAN*, što je prikazano na slici 2.1.1. U *little-endian* formatu niži bajt zauzima memorijsku lokaciju niže adrese.

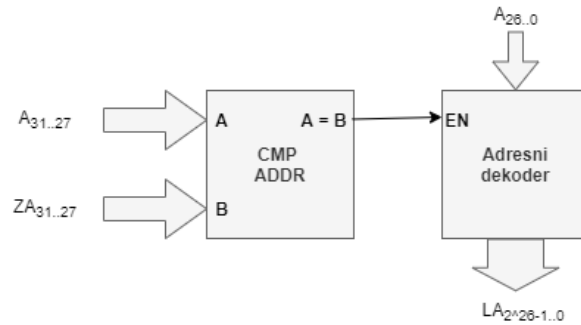


Slika 2.1.1 – Izgled Little-endian format memorije

### 2.1.1 Dekoder adresa

Svaka interna periferija mikrokontrolera zauzima neki deo memorijskog prostora i poseduje određeni broj registara neophodnih za ispravno funkcionisanje. Svako periferiji je neophodan dekodir adresa kako bi procesor mogao adresirati je. Izlaz iz takvog dekodera su signali  $R_{n-1}$ ,  $R_{n-2}$ , ...,  $R_0$ , odnosno  $W_{n-1}$ ,  $W_{n-2}$ , ...,  $W_0$ , u zavisnosti da li čitamo ili upisujemo podatak u periferiju. Najniža adresa registra u periferiji određuje početnu adresu periferije, odnosno adresni početak sukcesivnih memorijskih lokacija odgovarajuće periferije.

Potrebno je ostaviti dovoljno adresirajućih bita da bi procesor mogao komunicirati sa internim periferijama, kojih ima 9. Da bi procesor mogao pravilno adresirati sve interne periferije ostvareno je 4 bita u 32bitnom adresnom prostoru koji će predstavljati adresu periferije. Ova 4 bita su gornja četiri bita 32bitne adrese. Samim tim svaka interna periferija ima dekodir adrese koji u sebi prvo proverava da li gornja 4 bita adrese odgovaraju zadatoj adresi periferije. U slučaju da se poklapaju proveravaju se ostali biti, koji predstavljaju adresu registra ili memorijske lokacije unutar odgovarajuće periferije.

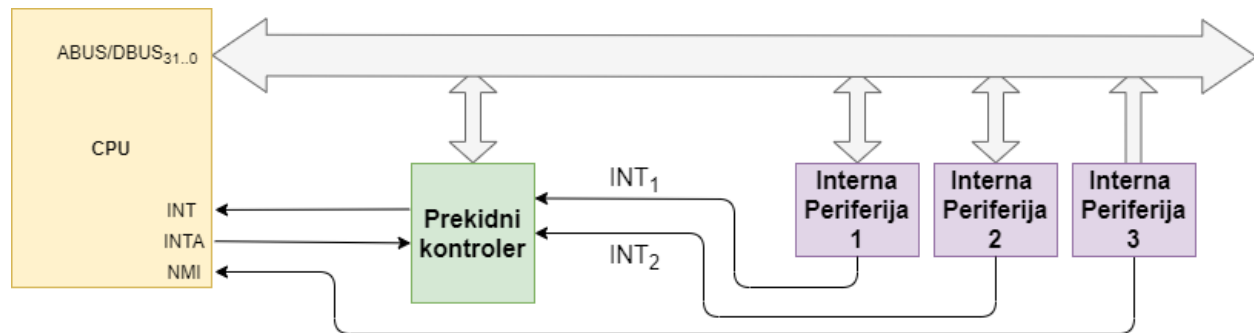


Slika 2.1.1.1 – Prepoznavanje adrese periferije

## 2.2 PREKIDNI KOTROLER

Prekidni kontroler je uređaj koji kontrolira prekidne zahteve internih periferija mikrokontrolera i prosleđuje ih centralnoj procesorskoj jedinici (CPU).

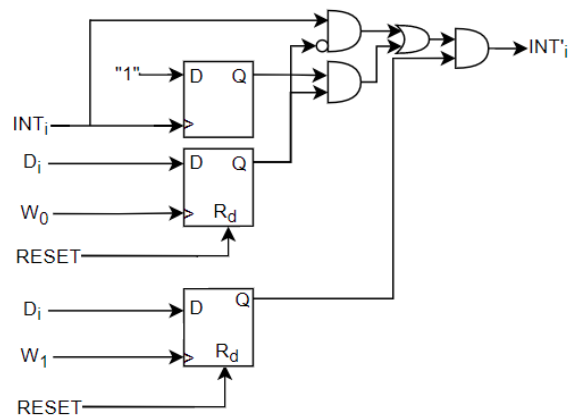
Prekidni kontroler u ovom mikrokontroleru realizovan je kao kontroler koji ima ukupno 8 ulaznih jedinica,  $INT_0, \dots, INT_7$  ( $INT_7$  je najmanjeg prioriteta). Procesor ima ulaz za *NMI* prekid, i smatra se da je hardverski već obezbeđeno da je većeg prioriteta nego prekid dobijen od maskirajućeg ulaza. Prekidni kontroler od 8 ulaznih maskirajućih prekida prosleđuje prekidni signal procesoru u slučaju da postoji bar jedan prekid, ali vodi računa koji je najvećeg prioriteta i koji prekidi su maskirani. Na slici 2.2.1 je prikazana veza između procesora, prekidnog kontrolera i periferije. Prekidni kontroler je programabilnog tipa i zbog toga je moguće reprogramirati prekidni vektor preko njegovih kontrolnih registara.



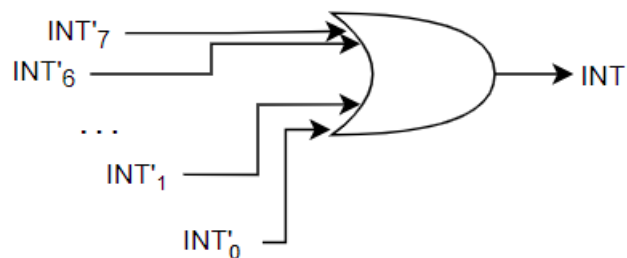
Slika 2.2.1 – Način povezivanja prekidnog kontrolera

Pomoću kontrolnih registara unutar prekidnog kontrolera moguće je podesiti da li će biti aktivan nivo ili ivica prekidnog signala, ovo je obezbeđeno na memorijskoj lokaciji  $W_0$ . Na memorijskoj lokaciji  $W_1$  kontrolira se maska. Ovo se postiže strukturom sa slike 2.2.2.



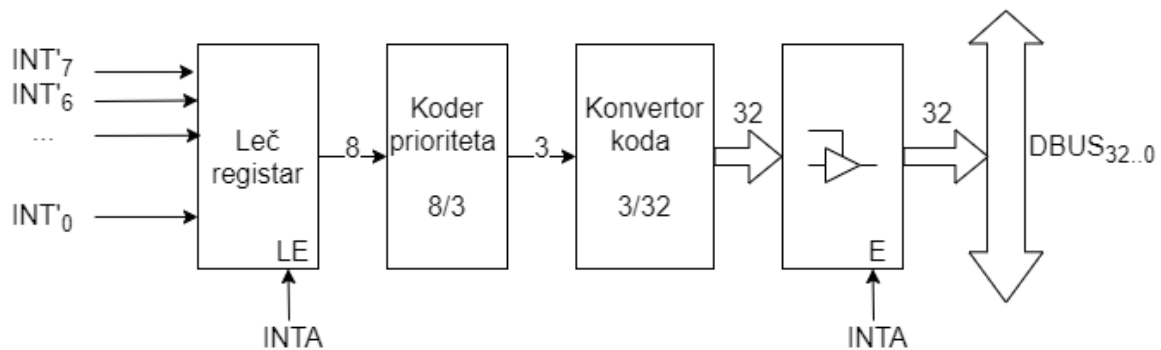


Slika 2.2.2 – Obrada prekidnog signala



Slika 2.2.3 – Dobijanje signala INT

U trenutku ulaska u prekidnu rutinu svi prekidni zahtevi se lečuju, što se postiže na način prikazan na slici 2.2.4. Lečovanje se vrši signalom  $INTA$ . Maskiranjem je sprečeno otvaranje više trostatičkih bafera istovremeno, čime neće doći do sudara na magistrali.



Slika 2.2.4 – Pamćenje maskiranih prekida tokom prekidne rutine

Adresni prostor dodeljen prekidnom kontroleru

Registrima dodeljenim prekidnom kontroleru se pristupa sa adresama sa  $ABUS_{31..28} = 1000$ .

Registri imaju inkrementirajuće adrese počevši od 80000000h

- **INT\_LVL\_REG** , je registar koji određuje aktivan nivo prekida. Svaki bit u registru predstavlja aktivan nivo za određeni ulazni prekid.
  - Bit sa vrednošću "0" predstavlja da postoji zahtev za prekid na određenom prekidnom signalu
  - Bit sa vrednošću "1" predstavlja da ne postoji zahtev za prekid na određenom prekidnom signalu

INT_LVL_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	ILR7	ILR6	ILR5	ILR4	ILR3	ILR2	ILR1	ILR0
Dozvola	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R

- **INT\_MASK\_REG** , je registar maski prekidnog kontrolera. Određeni bit odgovara maskirajućem bitu ulaznog prekidnog signala
  - Bit sa vrednošću "0" predstavlja da prekid nije maskiran
  - Bit sa vrednošću "1" predstavlja da je prekid maskiran

INT_MASK_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	IMR7	IMR6	IMR5	IMR4	IMR3	IMR2	IMR1	IMR0
Dozvola	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R

- **INT\_LVL\_EDGE\_REG** , je registar koji kontroliše da li će se prekidni zahtev prihvatiti sa nivoom ili sa ivicom signala prekida.
  - Bit sa vrednošću "0" predstavlja prihvatanje nivoa prekidnog signala
  - Bit sa vrednošću "1" predstavlja prihvatanje ivice prekidnog signala

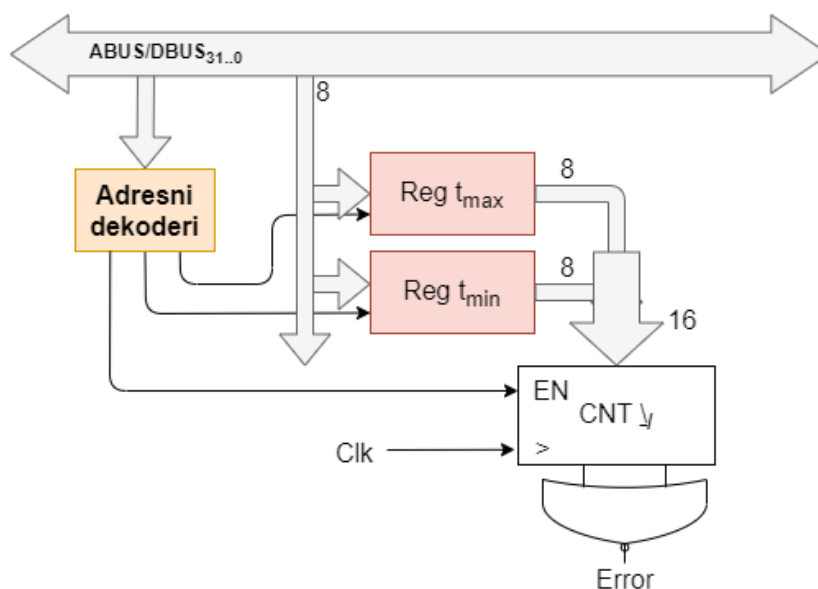
INT_LVL_EDGE_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	INTEL7	INTEL6	INTEL5	INTEL4	INTEL3	INTEL2	INTEL1	INTEL0
Dozvola	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R

## 2.3 Watch dog tajmer

Watch dog tajmer je supervizorska komponenta mikrokontrolera, koja obezbeđuje pravilno funkcionisanje. Njegova svrha je da vrši kontrolu pravilnog rada sistema. On povećava pouzdanost pravilnog izvršavanja koda mikrokontrolera, koja se usled promene sadržaja memorije ili registara procesa unutar mikrokontrolera putem elektromagnetskih smetnji može narušiti.

Naime, program mikrokontrolera mora biti napisan tako da sadrži sporadične instrukcije obraćanja *watch dog* tajmeru kao signal da sistem funkcioniše ispravno. Obaveza procesora je da se u određenim vremenskim trenucima obraća *watch dog* tajmeru čime signalizira pravilan rad. Ukoliko do ovog obraćanja ne dođe, ovo označava grešku u radu sistema i u tom trenutku mikrokontroler treba restartovati. Restartovanje mikrokontrolera u ovom slučaju vrši *watch dog* tajmer generisanjem signala RST.

Watchdog tajmer se može ugaziti ili mu se promeniti vrednost odbrojavanja putem upisivanja u njegove kontrolne registre.



Slika 2.3.1 – Watchdog tajmer

Adresni prostor dodeljen watchdog tajmeru

Registrima dodeljenim watchdog tajmeru se pristupa sa adresama sa  $ABUS_{31..28} = 0000$ .

Registri imaju inkrementirajuće adrese počevši od 00000000h

- **WDT\_BYTE\_HIGH\_REG**, je registar viših osam bitova podataka

WDT_BYTE_HIGH_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	WDT15	WDT14	WDT13	WDT12	WDT11	WDT10	WDT9	WDT8
Dozvola	W	W	W	W	W	W	W	W

- **WDT\_BYTE\_LOW\_REG**, je registar nižih osam bitova podataka

WDT_BYTE_LOW_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	WDT7	WDT6	WDT5	WDT4	WDT3	WDT2	WDT1	WDT0
Dozvola	W	W	W	W	W	W	W	W

## 2.4 RTC TAJMER (REAL TIME CLOCK)

*Real time clock* (RTC) je elektronski uređaj koji meri protok vremena. Termin *Real time clock* koristi se da bi se izbegla zabuna sa uobičajenim hardverskim satovima koji su samo signali koji upravljaju digitalnom elektronikom i ne računaju vreme u ljudskim jedinicama.

Primarna ideja je da imamo brojač koji će se stalno okretati a zaustaviti ga samo da nam ne smeta pri resetu. Računar će ga sam pokrenuti nakon završene inicijalizacije. Za tačno merenje vremena RTC poseduje *clock* koji potiče od kvarcnog kristala učestanosti 32.768 kHz.

Adresni prostor dodeljen real time counter-u

Registrima dodeljenim RTC se pristupa sa adresama sa  $ABUS_{31..28} = 0001$ . Registri imaju inkrementirajuće adrese počevši od 10000000h

- **RTC\_CONFIG\_REG**, je registar konfigurisanja RTC

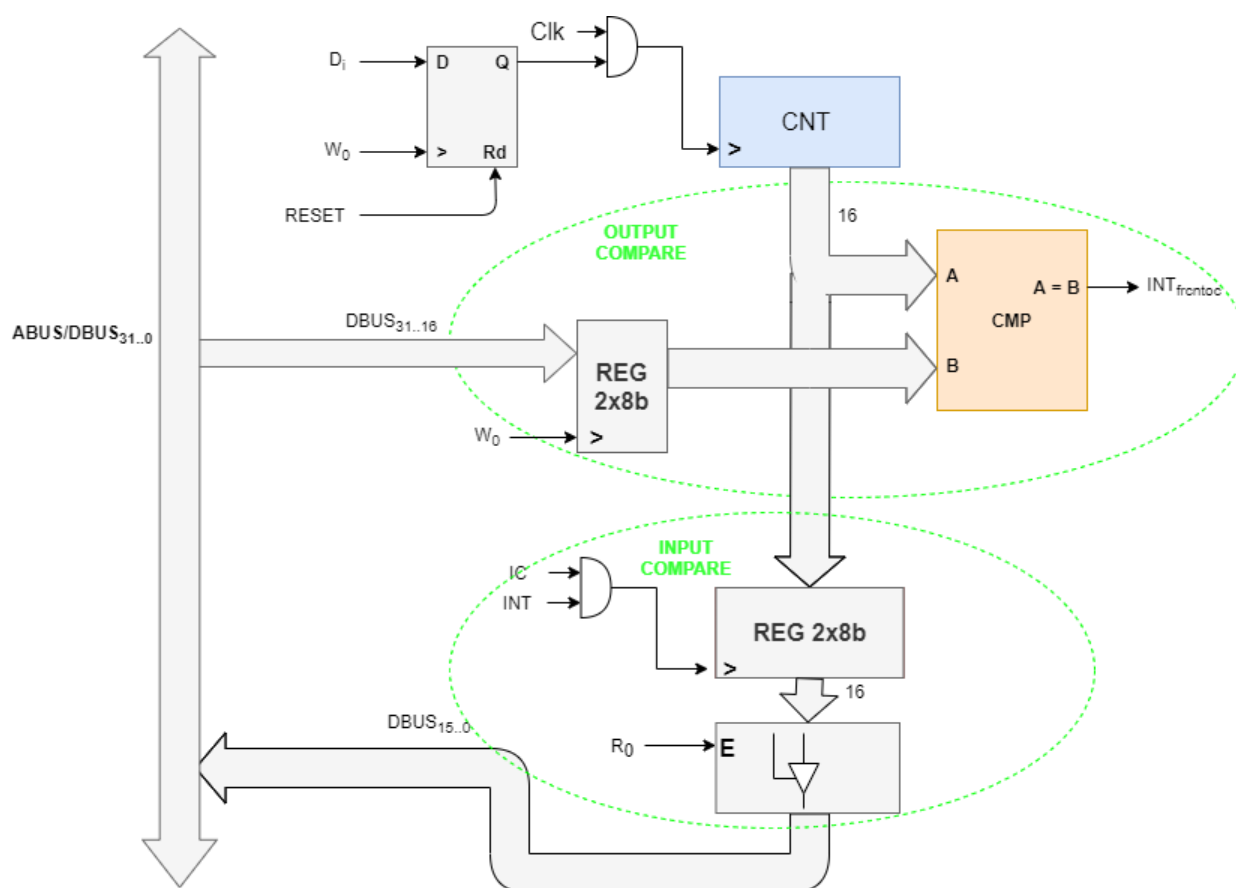
RTC_CONFIG_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	RTC7	RTC6	RTC5	RTC4	RTC3	RTC2	RTC1	RTC0
Dozvola	W	W	W	W	W	W	W	W

## 2.5 FREE RUNNING BROJAČ SA IC I OC REGISTRIMA

U ovoj realizaciji, free-running brojač poseduje četiri input capture i četiri output compare registra. Free-running brojač je periferija koja je sinhronizovana sa sistemskim taktnim signalom i pored pomenutih registara je čini brojač koji neprestano broji u krug. Njegova realizacija je prikazana na slici 2.5.1.

Pomoću output compare logike poredi se vrednost upisana u OC registar i vrednost do koje je brojač dostigao. Kada brojač dostigne upisane vrednosti, generiše se prekidni signal  $INT_{frcntoc}$  i koji poseduje svaka output compare logika. Osim ovog prekidnog signala, moguće je generisati i prekidni signal u trenutku kada brojač dostigne maksimalnu vrednost. Ovaj prekidni signal je označen sa  $INT_{frcntmax}$ .

Input capture registri služe za merenje vremenskih intervala između dva eksterna događaja čitanjem sadržaja sa adresa.



Slika 2.5.1 – Freerunning brojač

Adresni prostor dodeljen freerunning brojču

Registrima dodeljenim RTC se pristupa sa adresama sa  $ABUS_{31..28} = 1100$ . Registri imaju inkrementirajuće adrese počevši od 01000000h

- $OC\_HIGH\_REG_i$ , gde  $i = 0,1,2,3$ , je registar višeg bajta OC registra

OC_HIGH_REG <sub>i</sub>								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	OC15	OC14	OC13	OC12	OC11	OC10	OC9	OC8
Dozvola	W	W	W	W	W	W	W	W

- $OC\_LOW\_REG_i$ , gde  $i = 0,1,2,3$ , je registar nižeg bajta OC registra

OC_LOW_REG <sub>i</sub>								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	OC7	OC6	OC5	OC4	OC3	OC2	OC1	OC0
Dozvola	W	W	W	W	W	W	W	W

- $IC\_HIGH\_REG_i$ , gde  $i = 0,1,2,3$ , je registar višeg bajta IC registra

IC_HIGH_REG <sub>i</sub>								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	IC15	IC14	IC13	IC12	IC11	IC10	IC9	IC8
Dozvola	W	W	W	W	W	W	W	W

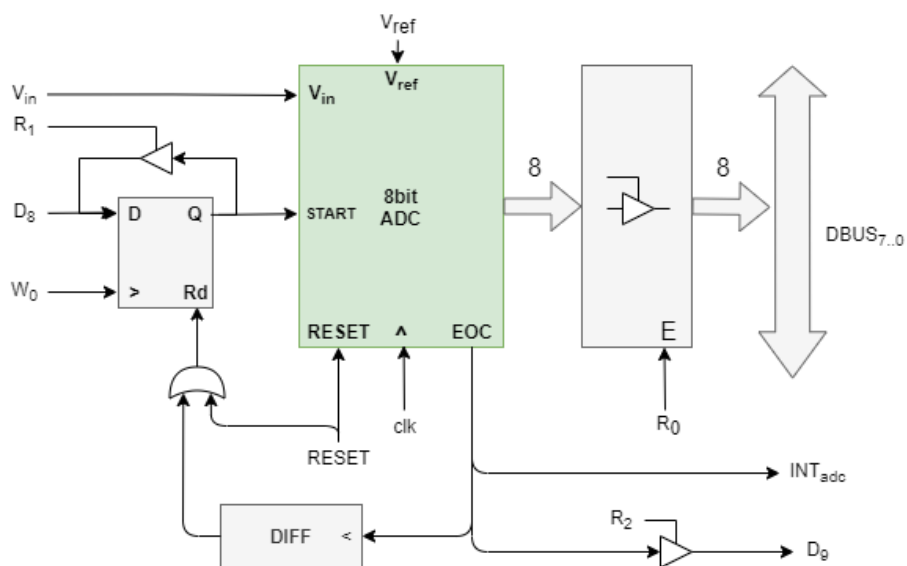
- $IC\_LOW\_REG_i$ , gde  $i = 0,1,2,3$ , je registar nižeg bajta IC registra

IC_LOW_REG <sub>i</sub>								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	IC7	IC6	IC5	IC4	IC3	IC2	IC1	IC0
Dozvola	W	W	W	W	W	W	W	W

## 2.6 AD KONVERTOR

AD konvertor nam je neophodan da bi mikrokontroler mogao da očitava stanje senzora koji kao izlaz daju analogni napon. Različite vrste AD konvertora se razlikuju po brzini, tačnosti, kompleksnosti, itd.

U ovom slučaju koristimo AD konvertor sa sukcesivnim aproksimacijama tačnosti od 8 bita, sa slike 2.6.1. Njegova prednost je u tome što nema *sample&hold* kolo ali zato ima čitav AD konvertor u sebi. Za funkcionisanje AD konvertora potrebni su konfiguracioni i statusni registri kao i izvor takta. Start konverzije i kraj konverzije se zadaje u konfiguracionim registrima. Kada konvertor završi sa konverzijom neke vrednosti on signalizira procesoru prekidom i procesor čita vrednost koja se nalazi u izlaznom registru. Tačnost takođe zavisi i od referentnog napona pa je potrebno da bude što stabilniji.



Slika 2.6.1 – A/D konvertor

Da bi dobili validan podatak na izlazu potrebno je da prođe određeno vreme. To je regulisano *EOC* (*End of Conversion*) signalom. Setovanjem signala *START* počinje konverzija, a signalom *EOC* se završava. Kod signala *START* imamo da se on automatski restartuje po završetku konverzije. *EOC* signal je aktivan sa nivoom logičke jedinice i kao takav ostaje do naredne konverzije.

Izmereni napon se računa preko formule:  $v_{in} = V_{ref} \frac{value}{2^8 - 1}$ , gde je *value* vrednost broja koji se dobije nakon konverzije na magistrali.

## Adresni prostor dodeljen AD konvertoru

Registrima dodeljenim ADC-u se pristupa sa adresama sa  $ABUS_{31..28} = 0100$ . Registri imaju inkrementirajuće adrese počevši od 40000000h

- **ADC\_DATA\_REG**, je registar u koji se upisuje vrednost konverzije i iščitava je procesor.

ADC_DATA_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0
Dozvola	R	R	R	R	R	R	R	R

- **ADC\_STATUS\_REG**, je statusni registar, kojim se takođe kontroliše rad ADC. Biti koji se ne koriste hardkodovani su sa "0".

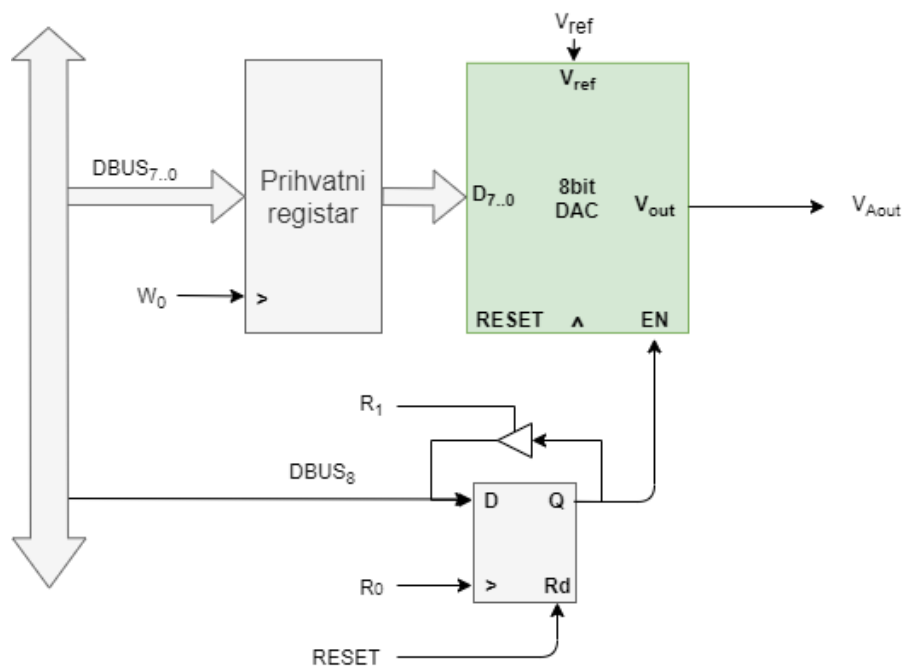
ADC_STATUS_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	/	/	/	/	/	START	EOC	EN
Dozvola	R	R	R	R	R	W / R	R	W/ R

## 2.7 DA KONVERTOR

DA konvertor nam je neophodan da bi mikrokontroler mogao da upravlja procesima koji rade sa analognim veličinama. Postoje različiti tipovi DA konvertora koji se razlikuju po performansu. Kod nas je potreban za kontrolisanje brzine ventilatora unutar klime uređaja.

U ovom slučaju je upotrebljen kapacitivni DA konvertor koji radi sa tačnošću od 8 bita, sa slike 2.7.1.





Slika 2.7.1 – D/A konvertor

Tačnost konverzije zavisi od referentnog napona zato što je izlazni analogni napon neki umnožak referentnog napona. Prostu logiku sa slike 2.7.1 prate razni konfiguracioni i statusni registri. Konverzija se vrši tako što se digitalna vrednost upiše u prihvatni registar. Na izlazu će nakon konverzije biti odgovarajući izlazni napon koji će imati tu vrednost dok ne krene nova konverzija.

DA konvertor je neophodno da povežemo na sistemsku magistralu kako bi mogao ispravno da funkcioniše. Postoji i ulaz za referentni napon. Bit  $DBUS_8$  ( $D_8$ ) sa magistrale podataka omogućuje rad celog modula.

### Adresni prostor dodeljen DA konvertoru

Registrima dodeljenim DAC-u se pristupa sa adresama sa  $ABUS_{31..28} = 0010$ . Registri imaju inkrementirajuće adrese počevši od 20000000h.

- **DAC\_DATA\_REG**, je registar u koji se upisuje procesor vrednost za konvertovanje.

DAC_DATA_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	DAC7	DAC6	DAC5	DAC4	DAC3	DAC2	DAC1	DAC0
Dozvola	W	W	W	W	W	W	W	W

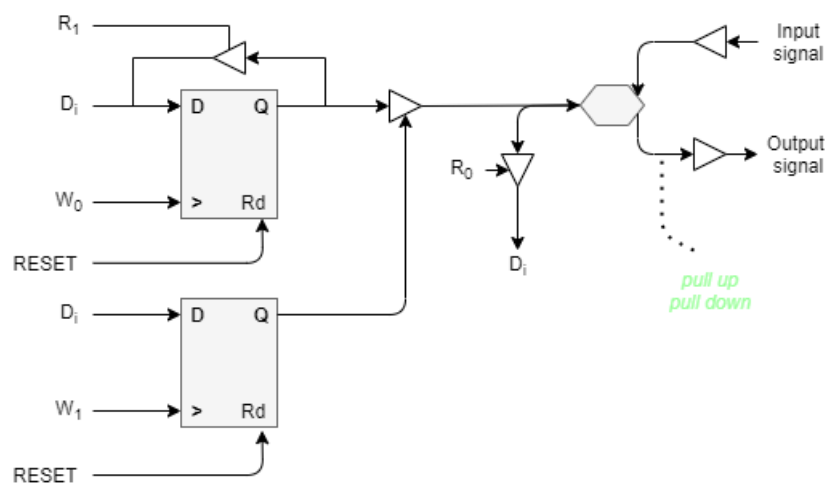
- **DAC\_STATUS\_REG** , je statusni registar. Biti koji se ne koriste hardkodovani su sa "0".

DAC_STATUS_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	/	/	/	/	/	/	/	EN
Dozvola	R	R	R	R	R	R	R	R

## 2.8 PARALERNI ADAPTER

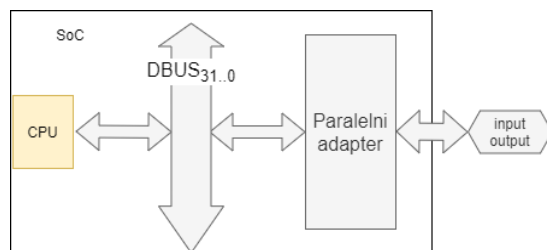
Povezivanje mikrokontrolera sa drugim elektronskim uređajima je omogućeno pomoću paralelnih portova. U spoljašnosti mikrokontrolera postoji 24 pina na koje su povezane hardverske realizacije. Svi portovi su projektovani kao bidirekcioni i mogu se konfigurisati kao ulazni ili izlazni. Programeru je omogućeno da bira da li će biti ulazni ili izlazni pin, jer imamo prostorno i vremensko baferisanje sistemske magistrale koja ide van SoC-a ( $\mu C$ -a). Programeru je takođe dozvoljeno da menja svojstva pina tokom rada. Spajanje ulaznog i izlaznog pina u jedan jedinstveni, uz dodatak jednog konfiguracionog registra je još jedna prednost biderkcionih portova. Mikrokontrler sadrži 4 osmokitna paralelna porta. Konfiguracija jednog bita može se videti na slici 2.8.1.

Inicijalno stanje porta je ulazno i bira se *pull up* ili *pull down* otpornik prema neaktivnom stanju linije. Pomću trostatičkog bafera koji kontroliše konfiguracioni signal  $R_0$  čita se signal sa ulaznog bafera, dok pomoću  $D$  flipflopova se vrši upis signala na izlazni port. U našem slučaju izabran je *pull down*.



Slika 2.8.1 – Konfiguracija jednog bita/pina u 8bitnom paralelnom portu

Osam konfiguracija sa slike čine 8bitni paralelni port. Paralelni adapter u ovoj arhitekturi čine četiri 8bitna paralelna porta, i njegova veza u SoC-u se može videti na slici 2.8.2.



Slika 2.8.2 – Veza paralelnog adaptera u SoC-u

Adresni prostor dodeljen paralelnom adapteru

Registrima dodeljenim paralelnom adapteru se pristupa sa adresama sa  $ABUS_{31..28} = 0110$ . Registri imaju inkrementirajuće adrese počevši od 60000000h.

- $PP\_DATA\_REG_i$ , gde  $i = 0,1,2,3$ , je registar paralelnog porta

PP_DATA_REG <sub>i</sub>								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	PP7	PP6	PP5	PP4	PP3	PP2	PP1	PP0
Dozvola	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R

- $DAC\_DATA\_REG$ , je registar kojim se konfiguriše režim rada paralelnog porta.
  - Bit sa vrednošću "0" podešava paralelni port da radi kao ulazni
  - Bit sa vrednošću "1" podešava paralelni port da radi kao izlazni

PP_CONF_REG <sub>i</sub>								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	PPDIR7	PPDIR6	PPDIR5	PPDIR4	PPDIR3	PPDIR2	PPDIR1	PPDIR0
Dozvola	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R

## 2.9 UART

**UART** (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) je interna procesorska jedinica koja omogućava asinhronu komunikaciju sistema na čipu sa udaljenim periferijama. Format podataka i brzina prenosa su konfigurabilni.

Hardver se sastoji od prijemne (**Rx**) i predajne strane (**Tx**). Poruka se sastoji od **START** bita (vrednost 0), poruke koja ima konfigurabilni broj bita (7, 8 ili 9) i **STOP** bita. Brzina prenosa se prilagođava na neki faktor od sistemskog takta. Kada se završi prenos, postoje dve opcije ili se pokreće prekid  $INT_{Tx}$  ili se proverom bita **STATUS** ustanovljava da li je prenos u toku. Bit parnosti omogućava pouzdaniji prenos. Neusklađivanje brzina slanja na prijemnoj i predajnoj strani može



19

Adresni prostor dodeljen praralelnom adapteru

Registrima dodeljenim paralelnom adapteru se pristupa sa adresama sa  $ABUS_{31..28} = 0110$ .  
Registri imaju inkrementirajuće adrese počevši od 60000000h.

- **UART\_BYTE\_LOW\_REG** , je registar nižeg bajta koji se čita/upisuje

UART_BYTE_LOW_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	UART7	UART6	UART5	UART4	UART3	UART2	UART1	UART0
Dozvola	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R

- **UART\_BYTE\_HIGH\_REG** , je registar višeg bajta koji se čita/upisuje

UART_BYTE_HIGH_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	/	/	/	/	/	/	/	UART8
Dozvola	R	R	R	R	R	R	R	W/R

- **UART\_CONF\_STAT\_REG** , je registar za konfigurisanje uart adaptera. Biti **LEN1** i **LEN** služe za biranje dužine poruke (0,1,2 → 9,8,7). Setovanjem bita **SND** započinje slanje iz registara podataka. Bit blokira upis u registre padataka i resetuje se nakon izvršenog slanja. **RCV** bit je za prijem podatka. **UARTSEL** kontroliše koji je uart adapter aktivan trenutno.

UART_CONF_STAT_REG								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	/	/	/	UARTSEL	RCV	SND	LEN1	LEN
Dozvola	R	R	R	W/R	W/R	W/R	W/R	W/R

## 2.10 SPI

**SPI** (*Serial Peripheral Interface*) je jednostavni sinhroni *point-to-point* interfejs baziran na master-slave principu. On obezbeđuje punu-dupleks komunikaciju između *master*-a (našeg kontrolera) i jednog ili više *slave*-ova (periferijski uređaj). Interfejs se sastoji od 4 *single-ended* linije:

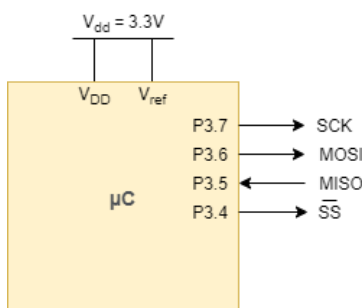
MOSI (*Master Out, Slave In*): Linija se koristi od strane master-a za slanje podataka slave-u

MISO (*Master In, Slave Out*): Linija se koristi za slanje podataka od *slave*-a ka *masteru*-u

SCK (*System Clock*): Linija se koristi od strane *master*-a za prenos signala takta

$\overline{SS}$  (*Slave Select*): Linija se koristi od strane *master*-a za selekciju *slave*-a

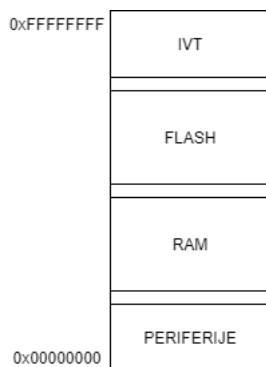
U slučaju našeg kontrolera SPI komunikaciju realizujemo emulacijom. Koristi se 4 pina paralelnog porta za emuliranje SPI komunikacije, koristeći pretpostavku da je softverski ostavljeno dovoljno vremena za setup i hold vreme koje je potrebno periferijskom uređaju.



Slika 2.10.1 – Primer emuliranja SPI komunikacije pomoću paralelnog porta

## 2.11 MEMORIJA

Sve periferije su memorijski mapirane i adrese njihovih registara se nalaze na dnu adresnog prostora.



Slika 2.11.1 – Memorijski prostor

## 3 AUTOMATIZACIJA VAGONA U VOZU

---

### 3.1 ORGANIZACIJA SISTEMA

Automatizacija vagona je postignuta projektovanjem sistema koji se sastoji od *centralne kontrole voza (CKV)*, koja je opštenamenski računar unutar lokomotive, i više *glavnih kontrolera vagona (GKV)*, mikrokontrolera unutar svakog vagona. Ova organizacija se može videti na slici 3.1.1.

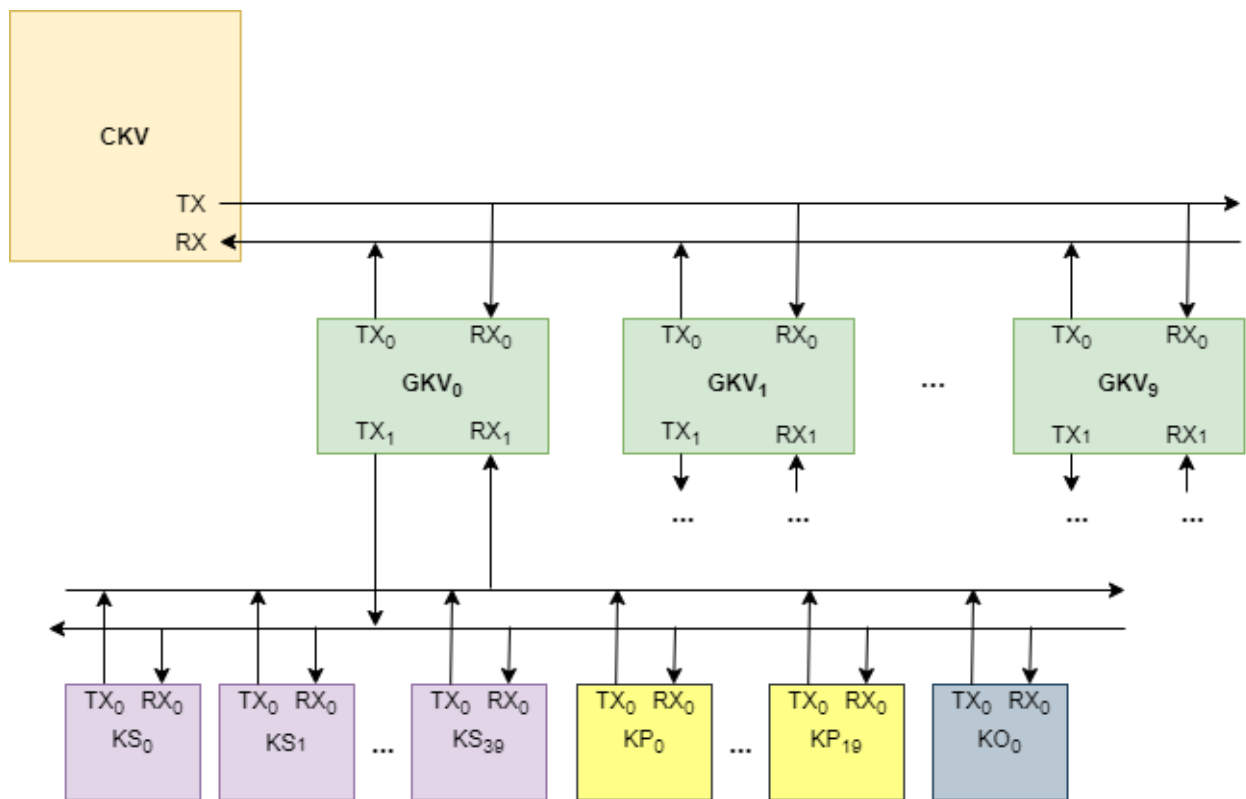
*Centralna kontrola voza (CKV)* je opštenamenski računar sa povezanim monitorom i tastaturom. CKV služi za upravljanje i praćenje trenutnog stanja svakog vagona od strane mašinovođe iz lokomotive. CKV je povezan serijskom vezom pomoću UART-a sa svim GKV-ovima, i ima ulogu mastera u ovom sistemu. Ona zadaje komande GKV-u u kakvom stanju želi da vagon bude. Takođe prati da li postoji poruka od strane GKV-a, da li se desilo nešto unutar vagona poput pritisnutog panik tastera ili detekcije dima.

*Glavni kontroler vagona (GKV)* je projektovani mikrokontroler smešten unutar vagona, koji je serijskom vezom povezan sa CKV i ostalim GKV-ovima. Broj GKV-ova je jednak broju vagona (projektovano je najviše 10). GKV služi da kontroliše i prati trenutno stanje vagona u kojem se nalazi, i prihvata promene stanja koje CKV mu zada. GKV je povezan sa raznim periferijama i kontrolerima unutar vagona.

*Kontrola sedišta (KS)* je projektovani mikrokontroler smešten unutar svakog sedišta, koji je serijskom vezom povezan sa GKV u kojem se nalazi. Broj KS je jednak broju sedišta unutar vagona (projektovano je najviše 40). KS kontroliše i prati trenutno stanje putnika. Da li je prisutan kod sedišta, da li je pritisnuo jedno od tastera kod sedišta (panik taster, taster za dotok klime ili za noćno svetlo).

*Kontrola prozora (KP)* je projektovani mikrokontroler smešten unutar vagona, koji je serijskom vezom povezan sa GKV-om vagona u kom se nalazi i ostalim KP-ovima i jednim KO-om. U ovoj serijskoj vezi jedino komunicira sa GKV-om, tako što prima komande i vrednosti, a šalje jedino obaveštenja. Kako je na magistrali zauzeto 40 adresa za KS-ove, ako se doda još 20 kontrolera neće biti potrebno proširivati adresni prostor. Ovim se može zaključiti da je moguće isprojektovati kontrolu prozora tako da svaki prozor ima sopstveni mikrokontroler, što ćemo i uraditi.

*Kontrola osvetljenja (KO)* je projektovani mikrokontroler smešten unutar vagona, koji je serijskom vezom povezan sa GKV-om vagona u kom se nalazi i KP-ovima. U ovoj serijskoj vezi jedino komunicira sa GKV-om, tako što prima komande i vrednosti, a šalje jedino obaveštenja. Kako je na magistrali do sada zauzeto 60 adresa, moguće je zauzeti još četiri. Kontrola osvetljenja je dovoljna samo jedna za jedan mikrokontroler, da bi kontrolisala glavno svetlo u vagonu.



Slika 3.1.1 – Blok šema glavnih komponenti za automatizaciju

### 3.1.1 Format i protokol rada

Protokol komunikacije ovih kontrolera preko UART-a biće detaljno objašnjen za svaki smer komunikacije između njih. Protokoli prate standard sa sitnim dodacima kojim se ova UART magistrala koristi i za zadavanje željenog stanja i za slanje informacije o trenutnom stanju u kom se nalazi kontroler i njegov sistem kojem je dodeljen.

**CKV komunicira sa GKV-ovima** preko serijske UART magistrale. Prenos informacija je 9-bitni, što odgovara konfiguraciji uarta GKV-a po resetu. Prenos informacija podrazumeva prenos adrese, podataka, obaveštenja ili instrukcije.

- Prenos adresa, se prepoznaje pomoću hardkodovane "0" na najviša dva bita prenesene informacije. Setovan bit4 **ALL** je broadcast adresa svakog GKV-a. Pošto je projektovan maksimalan broj vagona 10, ostavljaju se 4 bita za adresu GKV-a

CKV – GKV magistrala, prenos adresa									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	"0"	"0"	/	/	ALL	A3	A2	A1	A0



- Prenos instrukcija, se prepoznaje pomoću hardkovanjem najviša dva bita sa "01" prenesene informacije. Instrukcija je moguće imati 128, one koje su implementirane definisane kasnije.

CKV – GKV magistrala, prenos instrukcija									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	"0"	"1"	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0

- Prenos podataka, se prepoznaje pomoću harkodovane "1" na najvišem bitu. Ovim je moguće imati 8bitni prenos podataka u jednom ciklusu.

CKV – GKV magistrala, prenos podataka									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	"1"	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

**GKV komunicira sa CKV preko serijske UART magistrale.** Prenos informacija je 9-bitni, što odgovara konfiguraciji uarta GKV-a po resetu. Prenos informacija podrazumeva slanje adrese GKV-a i informacije o stanju vagona.

- Prenos obaveštenja, se prepoznaje pomoću harkodovanim "1" na najvišim bitovima. Ovim se šalje obaveštenje o problemima iz vagona. Šalje se i adresa iz kog vagona potiče problem. Detekcija dima, pritiska panik tastera i prisustvo putnika koji bi trebao da siđe.

GKV – CKV magistrala, prenos obaveštenja									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	"0"	ABOARD	PANIC	SMOKE	ALL	A3	A2	A1	A0

- Prenos podataka, se prepoznaje pomoću harkodovane "1" na najvišem bitu. Ovim je moguće imati 8bitni prenos podataka u jednom ciklusu.

GKV – CKV magistrala, prenos podataka									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	"1"	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

**GKV komunicira sa KS, KP i KO preko serijske UART magistrale.** Prenos informacija je 9-bitni, što odgovara konfiguraciji uarta mikrokontrolera po resetu. Prenos informacija podrazumeva prenos adrese, podataka ili instrukcije.

- Prenos adresa, se prepoznaje pomoću hardkodovane "0" na najviša dva bita prenesene informacije. Setovan bit6 **ALL** je broadcast adresa svakog mikrokontrolera. Pošto je projektovan maksimalan broj sedišta 40, prvih 40 adresa je za KS, narednih 20 je za KP, a jedna je za KO. Na slanje instrukcije

broadcast adresi, jedino će kontroleri kojima je namenjena instrukcija je prepoznati, ostali neće reagovati na nju.

GKV – KS-KP-KO magistrala, prenos adresa									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	“0”	“0”	ALL	A5	A4	A3	A2	A1	A0

- Prenos instrukcija, se prepoznaje pomoću hardkovanjem najviša dva bita sa “01” prenesene informacije. Istrukcija je moguće imati 128, one koje su implementirane definisane kasnije.

GKV – KS-KP-KO magistrala, prenos instrukcija									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	“0”	“1”	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0

- Prenos podatka, se prepoznaje pomoću harkodovanim “0” na najvišem bitu. Ovim se šalju podaci

GKV – KS-KP-KO magistrala, prenos podataka									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	“1”	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

**KS komunicira sa GKV preko serijske UART magistrale.** Prenos informacija je 9-bitni, što odgovara konfiguraciji uarta mikrokontrolera po resetu. Prenos informacija podrazumeva slanje adrese KS-a i informacije o stanju kontrole sedišta.

- Prenos obaveštenja, se prepoznaje pomoću harkodovanim “0” na najvišem bitu. Ovim se šalje obaveštenje o problemima sa sedišta. Šalje se i adresa sa kog sedišta potiče problem . INFO1INFO0: (0, 1, 2, 3 ⇔ *Open/close window, Panic, Present, Left*)

KS – GKV magistrala, prenos obaveštenja									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	“0”	INFO1	INFO0	A5	A4	A3	A2	A1	A0

- Prenos podataka, se prepoznaje pomoću harkodovane “1” na najvišem bitu. Ovim je moguće imati 8bitni prenos podataka u jednom ciklusu.

KS – GKV magistrala, prenos podataka									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	“1”	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

**KP komunicira sa GKV preko serijske UART magistrale.** Prenos informacija je 9-bitni, što odgovara konfiguraciji uarta mikrokontrolera po resetu. Prenos informacija podrazumeva slanje adrese KP-a i informacije o stanju kontrole prozora.

- Prenos obaveštenja, se prepoznaje pomoću harkodovanim "0" na najvišem bitu. Ovim se šalje obaveštenje o problemima sa kontrole prozora. Šalje se i adresa iz od kog KP potiče problem. Šalje se informacija da je prozor otvoren.

KP – GKV magistrala, prenos obaveštenja									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	"0"	"1"	/	OPEN	A4	A3	A2	A1	A0

- Prenos podataka, se prepoznaje pomoću harkodovane "1" na najvišem bitu. Ovim je moguće imati 8bitni prenos podataka u jednom ciklusu.

KP – GKV magistrala, prenos podataka									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	"1"	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

**KO komunicira sa GKV preko serijske UART magistrale.** Prenos informacija je 9-bitni, što odgovara konfiguraciji uarta mikrokontrolera po resetu. Prenos informacija podrazumeva slanje adrese KO-a i informacije o stanju kontrole osvetljenja.

- Prenos obaveštenja, se prepoznaje pomoću harkodovanim "0" na najvišim bitovima. Ovim se šalje obaveštenje o problemima sa sijalicama. Šalje se i adresa KO-a, da bi se razlikovao od druga dva tipa kontrole.

KO – GKV magistrala, prenos obaveštenja									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	"0"	"1"	BROKEN	A5	A4	A3	A2	A1	A0

- Prenos podataka, se prepoznaje pomoću harkodovane "1" na najvišem bitu. Ovim je moguće imati 8bitni prenos podataka u jednom ciklusu.

KO – GKV magistrala, prenos podataka									
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Naziv	"1"	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

### 3.1.1.1 Kodovi instrukcija

Kod instrukcije ( <i>I<sub>6.0</sub></i> )	Instrukcija (CKV -> GKV)	Podaci
0000000	Upali kontrolu	/
0000001	Ugasi kontrolu	/
0000010	Oslobodi zauzeta mesta	/
0000011	Inicijalizuj zauzeto mesto	CKV -> GKV Šalje se kod koji odgovara RFID kodu kartice novog putnika (10 8bitnih brojeva)
0000100	Inicijalizuj više zauzetih mesta odjednom	CKV -> GKV Šalje se broj novih putnika i njihovi kodovi koji odgovaraju RFID kodu njihovih kartica (8bitni broj putnika + broj putnika * (10 8bitnih brojeva))
0000101	Inicijalizuj admina	CKV -> GKV Šalje se kod koji odgovara RFID kodu kartice novog putnika (10 8bitnih brojeva)
0000110	Inicijalizuj gosta	CKV -> GKV Šalje se kod koji odgovara RFID kodu kartice novog putnika (10 8bitnih brojeva)
0000111	Ispiši brojeve za silazak	/
0001000	Proveri da li su sišli putnici	GKV -> CKV Šalje brojeve putnika koji nisu sišli (vagon i sedište što je 12bita) i stop za kraj prenosa koji je fiksna vrednost (0xFF) (broj preostalih putnika * 2 8bitna broja + 8bitni stop)
0001001	Inkrementuj trenutnu stanicu	/
0001010	Setuj trenutnu stanicu	CKV -> GKV Šalje broj trenutne stanice vagonu (uglavnom svim vagonima) (8bitni broj)
0001011	Setuj minimalnu i maksimalnu temperaturu	CKV -> GKV Šalje minimalnu i maksimalnu temperaturu vagona (2 8bitna broja – 1. Min, 2. Max)
0001100	Inicijalizuj temperaturu	CKV -> GKV

		Šalje željenu temperaturu (8bitni broj)
0001101	Ugasi regulaciju temperature	/
0001111	Upali sijalice	CKV -> GKV Šalje informaciju koju sijalicu da upali. Donja tri bita biraju koju sijalicu (8bitni broj)
0010000	Zabrani paljenje sijalice	/
0010001	Dozvoli paljenje sijalice	/
0010011	Reaguj na dim	/
0010100	Reaguj na panik dugme	GKV -> CKV Šalje podatak vezan za pritisnut panik taster. Sedište na kom je pritisnut (2 8bitna broja)
0010101	Otvori prozore	/
0010110	Zatvori prozore	/
0010111	Dozvoli otvaranje/zatvaranje prozora	/
0011000	Zabrani otvaranje/zatvaranje prozora	/
0011001	Dozvoli ulaz	/
0011010	Zabrani ulaz	/
0011011	Dozvoli izlaz	/
0011100	Zabrani izlaz	/

Kod instrukcije (I <sub>6..0</sub> )	Instrukcija (GKV -> KS)	Podaci
0000000	Upali kontrolu	/
0000001	Ugasi kontrolu	/
0000010	Oslobodi mesto	/
0000011	Inicijalizuj gosta	GKV -> KS Šalje se kod koji odgovara RFID kodu kartice novog putnika (10 8bitnih brojeva)
0000100	Proveri da li je mesto zauzeto	KS -> GKV Šalje se obaveštenje stanja KS (8bitni broj)
0000101	Resetuj panik	/
0000110	Dozvoli noćno svetlo	/
0000111	Zabrani noćno svetlo	/
0001000	Upali kontrolu	/

0001001	Ugasi kontrolu	/
---------	----------------	---

Kod instrukcije ( <i>I<sub>6..0</sub></i> )	Instrukcija (GKV -> KP)	Podaci
0100000	Upali kontrolu	/
0100001	Ugasi kontrolu	/
0100010	Otvori prozor	/
0100011	Zatvori prozor	/
Kod instrukcije ( <i>I<sub>6..0</sub></i> )	Instrukcija (GKV -> KO)	Podaci
1000000	Upali kontrolu	/
1000001	Ugasi kontrolu	/
1000010	Upali svetlo	GKV -> KO Šalje zahtev da se upali sijalica. Donja tri bita govore koju sijalicu da upali (8bitni broj)
1000011	Ugasi svetlo	GKV -> KO Šalje zahtev da se ugasi sijalica. Donja tri bita govore koju sijalicu da ugasi (8bitni broj)

### 3.1.2 Karta za putovanje

Putniku za putovanje je potrebna jedino validna karta. Karta za putovanje je pasivna RFID kartica koja sadrži 80 bita informacije. Ova kartica kao što je obeležena sa podacima potrebnim putniku na površini tako i unutar sebe sadrži digitalnu informaciju o putovanju. Svaki putnik ima jedinstvenu karticu. Glavna razlika između kartica putnika je ID kartice.

**ID kartice** služi da se lako prepoznaju falsifikovane kartice. Tip enkripcije ID kartice nije određen u radu.

**Broj sedišta putnika** određuje sedište unutar vagona koje je dodeljeno putniku i ima maksimalnu vrednost 40, koliko i sedišta unutar vagona.

**Broj vagona putnika** je vagon u kom je smešten putnik, maksimalna vrednost je 10.

**Datum polaska** služi jedino kao podatak namenjen za ljudsko čitanje u slučaju problema sa putnikom, jer nije potreban za validaciju u vremenskom domenu.

Broj stanica na koje voz staje može da bude maksimalno 256 što se smatra više nego dovoljnim. **Mesto polaska** i **željenog silaska** su brojevi jedne od tih stanica.

Postoje dodatne dve kartice za rešavanje nepredviđenih slučajeva.

U slučaju da neko od osoblja treba da uđe u vagon koristiće **Admin karticu**. Admin kartica će imati posebne vrednosti, i moraće da se menjaju redovno, da bi se sprečile malverzacije.

Takođe u slučaju da se putnička karta izgubi u toku vožnje ili se izgube podaci sa nje moguće je dodeliti putniku **karticu za Goste**. Dodela ove kartice se vrši nakon što se utvrdi da putnik nije uljez.

Validan broj kartica u svim vagonima je najviše ( $broj\ vagona * 40 + 2$ ), dok u pojedinačnom vagonu 42 i na pojedinačnom sedištu 3, u jednom trenutku tokom putovanja.

- Sadržaj RFID karte svakog putnika je različit i u njoj se nalaze informacije o putovanju.

Sadržaj RFID kartice putnika								
Redni broj bajta	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
1. bajt	/	/	Broj sedista					
2. bajt	Dan polaska				Broj vagona			
3. bajt	Mesec polaska				Gornjih 4 bita godine			
4. bajt	Donjih 8 bita godine polaska							
5. bajt	Mesto polaska							
6. bajt	Mesto željenog silaska							
7. bajt	Enkriptovan ID karte							
8. bajt								
9. bajt								
10. bajt								

### 3.1.2.1 Validacija kartice

Na početku putovanja i kad voz dostigne na peron stanice kontrola iz stanice prosledi podatke kartice novih putnika centralnoj kontroli voza. Centralna kontrola voza podatke kartica novih putnika prosleđuje preko UART-a glavnoj kontroli vagona vagonu kojem je putnik dodeljen. Ovo postiže instrukcijom koja inicijalizuje jedno ili više zauzetih mesta.

Podatke GKV smešta u memoriju na pozicije koja odgovaraju sedištu novih putnika i prosleđuje ih odgovarajućim kontrolerima sedišta. U posebnim slučajevima da se prosleđuju admin ili gost identifikacija, onda se oni upisuju u svaki kontroler sedišta.

Putnik kad ulazi u voz mora prvo da učitava svoj RFID karticu na RFID čitač koji se nalazi na ulazu vagona. RFID čitač pročitane podatke prosleđuje preko SPI GKV-u koji upoređuje sa podacima putnika koje ima u memoriji. U slučaju da je kartica validna ulaz se otvara, u suprotnom putnik ne može ući u voz, i treba zatražiti podršku od osoblja. Putniku je dodeljeno 10 sekundi za ulazak, u slučaju da ne stigne da uđe vrata se zatvaraju. Vreme je ispisano na sedmosegmentnom displeju.

Putnik nakon ulaska u voz bi trebao da se smesti u svoje sedišta. Na svakom sedištu se nalazi kontroler sedišta koji je povezan sa RFID čitačem unutar sedišta. Ponovo se putnikova kartica čita pomoću čitača i upoređuje sa memorijom iz KS-a. U slučaju da je kartica validna, pali se žuta led dioda da je kartica u blizini. Ako se mesto zauzme onda se pali zelena, ako posle 10 sekundi putnik ne sedne onda se ugasi žuta dioda.

### 3.1.3 Regulisanje unutrašnjosti vagona

Kontrolisanje uređaja za temperaturu, osvetljenje i pokretanje prozora zadužen je GKV tog vagona. Same vrednosti i parametri na koje ti uređaji mogu biti podešeni kontroliše CKV, koji slanjem vrednosti GKV-u zabranjuje odstupanje od poslatih vrednosti. Upis ovih vrednosti se postiže instrukcijama namenjenim za podešavanje tih parametara. Reagovanje na promene ovih parametara je zadužen GKV koji nakon primljene instrukcije započinje odgovarajuće potprograme.

U slučaju detekciju dima ili pritisnutog panik tastera, GKV ima potprograme sa kojim reaguje odgovarajuće na detekciju. Takođe GKV obaveštava CKV o detekciji ovih pojava, nakon čega CKV reaguje slanjem komande drugim GKV-ovima da reaguju na trenutnu situaciju. U slučaju detekcije dima, prozori se spuštaju i otvaraju se sva vrata vagona.

U slučaju instrukcije da se ispišu brojevi sedišta putnika koji treba da siđu od strane CKV-a GKV-u, GKV reaguje ispisivanjem svih brojeve sedišta svih putnika koji treba da siđu na trenutnoj



stanici, tako što na svakih 10 sekundi ciklično ispisuje brojeve sedišta. Ako nakon određenog vremena putnik ne siđe, GKV šalje informaciju CKV-u o tome da neko od putnika nije sišao. Nakon ovoga, CKV šalje instrukciju GKV-u da pošalje brojeve sedišta i vagona putnika koji nisu sišli. Dalje postupanje po prijemu ovih informacija nije određeno.

### 3.1.4 Regulisanje sedišta u vagonu

Pri prijemu informacije o novom putniku, podaci njegove kartice se prosleđuju od CKV do KS koje se nalazi u sedištu koje je putniku dodeljeno. Svako KS očekuje odgovarajućeg putnika koje mu je dodeljeno. KS poseduje podatke o najviše tri moguće kombinacije podataka na kartici koje smatra da su validne. Podaci sa putnikove, adminove ili gost kartice.

Putnik nakon ulaska u voz bi trebao da se smesti u svoje sedište. Na svakom sedištu se nalazi kontroler sedišta koji je povezan sa RFID čitačem unutar sedišta. Putnikova kartica se čita pomoću čitača i upoređuje se sa memorijom iz KS-a. U slučaju da je kartica validna, pali se žuta led dioda koja indikuje da je kartica u blizini. Ako se mesto zauzme onda se pali zelena led dioda, ako ne, u roku od 10 sekundi, onda se žuta led dioda ugasi. Kontrola led dioda se postiže pomoću KS-a, koji poseduje podatak o kartici koja je u blizini. Detekcija da li je putnik zauzeo mesto je postignuta pomoću senzora na sedištu, koji je povezan sa KS-om.

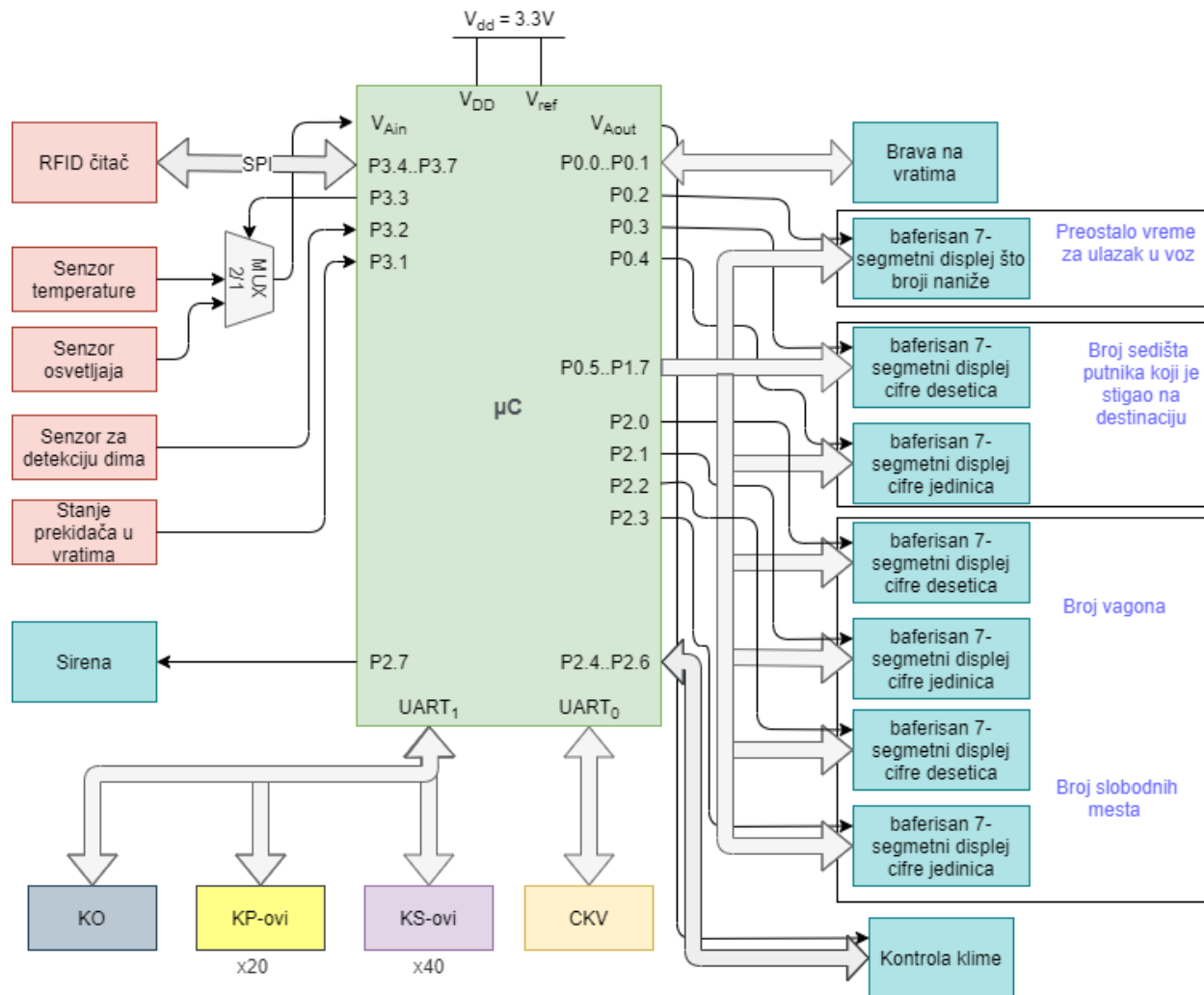
Kraj sedišta se nalazi panik taster, koji je povezan sa KS-om. Panik taster služi putniku da obavesti osoblje da mu je pozlilo. Ovu informaciju KS prosleđuje GKV-u, koji dalje prosleđuje CKV-u. Ovim načinom je osoblje obavешteno da je putniku pozlilo i da mu je potrebno pružiti pomoć. Mesto i tip tastera se bira tako da ga je teže slučajno pritisnuti čime bi se izbegle lažne uzbune. Debaunsiranje tastera je odrađeno softverski.

Kraj sedišta se nalazi i prekidač za otvaranje i zatvaranje prozora. Koje ako je dozvoljena kontrola, moguće je da putnik otvori-zatvori odgovarajući prozor. Jedan prozor je dodeljen dvojici putnika. Prednost ima onaj koji želi da zatvori prozor.

Iznad sedišta nalazi se noćno svetlo, plave boje. Ovo svetlo može putnik da upali pomoću tastera ako to KS dozvoljava. U slučaju detektovanja dima automatski se pale sva noćna svetla.

Iznad sedišta se takođe nalazi ventilacija za klimu koja ima pokretni poklopac kojoj je dodeljen taster. Poklopac može da se automatski zatvori ili otvori ako KS to dozvoljava.

### 3.2 ORGANIZACIJA GLAVNOG KONTROLERA VAGONA

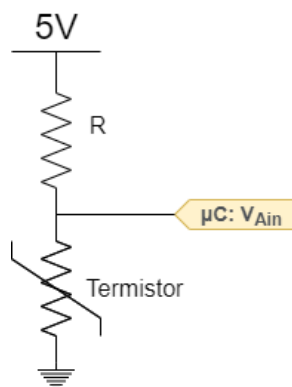


Slika 3.2.1 – Blok šema glavnih komponenti povezanih na GKV

### 3.2.1 Povezan hardver

#### Senzor temperature

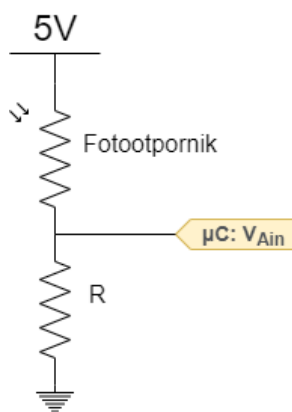
Za merenje temperature u vagonu nije potrebna velika rezolucija i preciznost, zbog čega je moguće iskoristiti jednostavniji i jeftiniji senzor. Korišćen senzor temperature je baziran na zavisnosti otpornosti termistora od temperature u vagonu. Napon na termistoru je povezan na ulaz AD konvertora mikrokontrolera (GVK-a). Vrednosti otpornika se biraju zavisno od toga koje opsege očekujemo, tj. Gde se nalaze stanice voza i dizajna vagona.



Slika 3.2.1.1 – Električna šema senzora temperature

#### Senzor osvetljaja

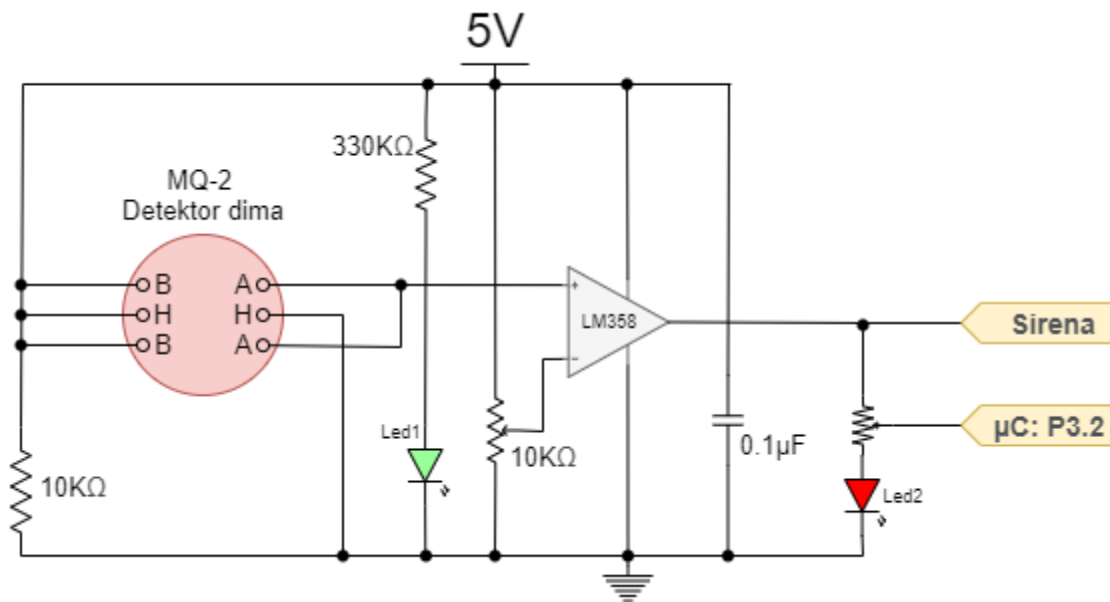
Za merenje osvetljaja u vagonu nije potrebna velika rezolucija i preciznost, zbog čega je moguće iskoristiti jednostavniji i jeftiniji senzor. Korišćen senzor osvetljaja je baziran na zavisnosti otpornosti fotootpornika od osvetljaja na njemu. Napon na otporniku je povezan na ulaz AD konvertora mikrokontrolera (GVK-a). Vrednosti otpornika se biraju zavisno od toga koje opsege očekujemo, tj. Gde se nalaze stanice voza i dizajna vagona.



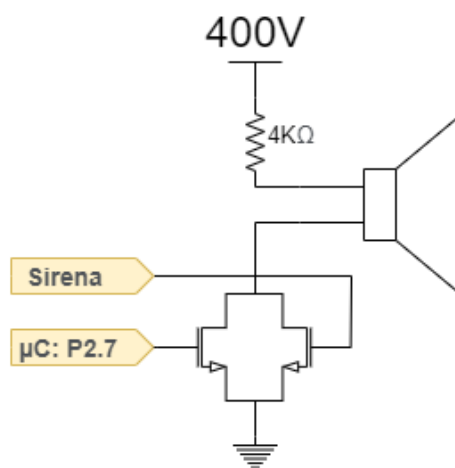
Slika 3.2.1.2 – Električna šema senzora osvetljaja

## Detektor dima i sirena

Za detektovanje dima unutar vagona iskorišćen je detektor zapaljivih gasova MQ-2 i dodatan hardver za njegovo pravilno korišćenje. Na detektoru postoji zelena led dioda koja ukazuje da je detektor uključen i crvena koja ukazuje da li je detektovan dim. Osetljivost uređaja je moguće podesiti pomoću potenciometra na ulazu operacionog pojačavača. Izlaz pojačavača ukazuje da li je detektovan dim, i na tom delu su povezane žice koje vode direktno do sirene (radi bržeg reagovanja) i na ulaz mikrokontrolera (GVK-a). Pin za mikrokontroler je povezan na potenciometar da ne bi oštetili ulaz mikrokontrolera, jer on očekuje 3.3V.



Slika 3.2.1.3 – Električna šema detektora dima

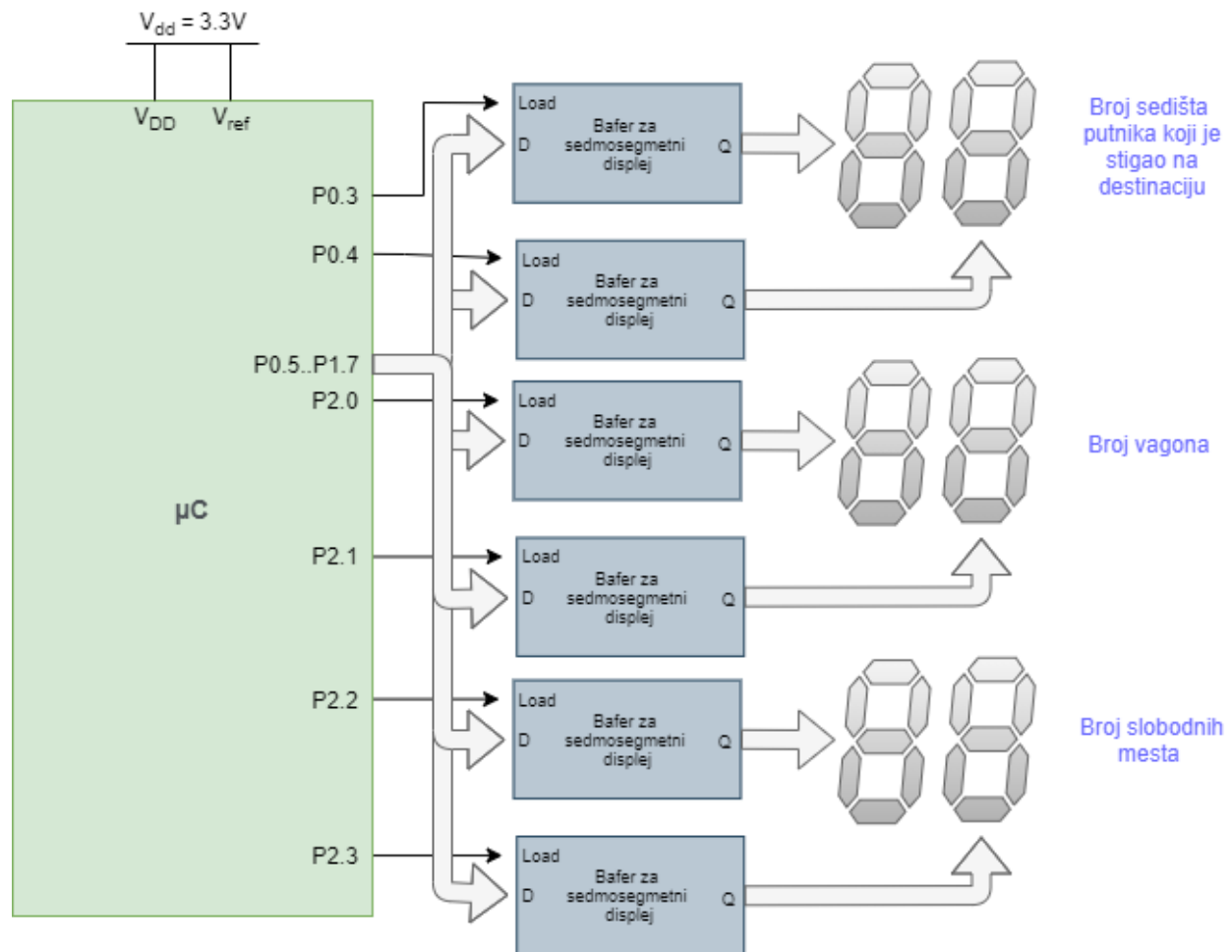


Slika 3.2.1.4 – Električna šema sirene za alarm

## Displejevi

Displej na kome se ispisuju sedišta putnika koji treba da siđu na trenutnoj stanici se sastoji od dva sedmosegmentna displeja sa baferisanim ulazima. Takođe i displejevi van vagona su povezani na isti način.

Svi ulazi bafera za displejeve su povezani na iste pinove mikrokontrolera i pomoću selekcionih signala moguće je upisivati pojedinačne.



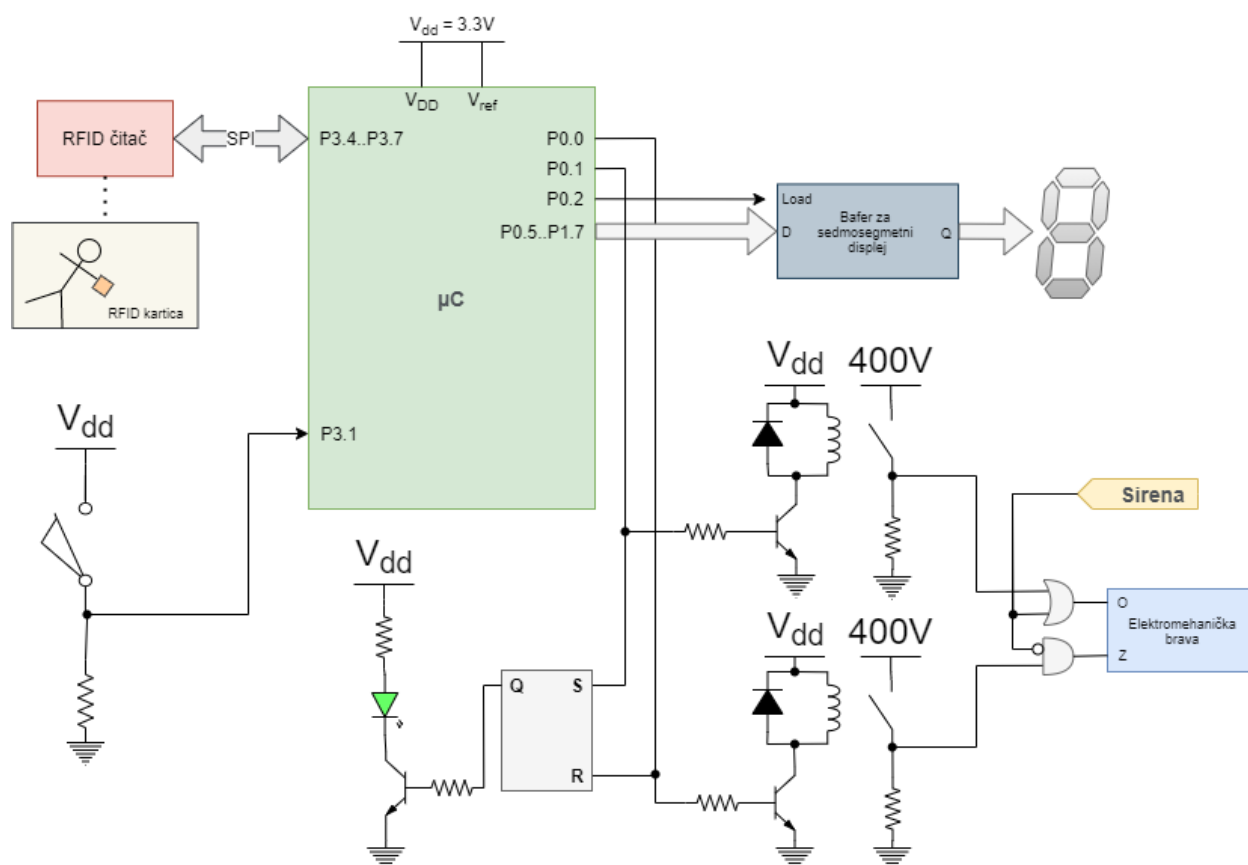
Slika 3.2.1.5 – Električna šema displeja za putnike

## Hardver na ulaznim vratima

Vrata vagona se otključavaju pomoću elektromehaničke brave, koja je kontrolisana signalima za otvaranje i zatvaranje  $O$  i  $Z$ . Logička jedinica na odgovarajućem pinu uključuje odgovarajući relej i obezbeđuje traženu pobudu. Mikrokontroler ovu pobudu drži aktivnu određen period korišćenjem *free-running* brojača. Elektromehanička brava zahteva da ova pobuda bude aktivna između 100ms i 200ms. U slučaju detektovanja dima ulazna vrata vagona koji je detektovao drži duže ovaj signal. Ovi signali se koriste i za kontrolisanje rada led diode koja ukazuje da je dozvoljen ulaz putniku.

Maksimalno trajanje ulaska je programirano na 10 sekundi, što je određeno zadatim specifikacijama. Ovaj vremenski period počinje da se odbrojava mikrokontroler i ispisuje na sedmosegmentni displej, koji je povezan na sličan način kao i displej za silazak putnika. Korišćen je samo jedan sedmosegmentni displej za prikaz 10 sekundi.

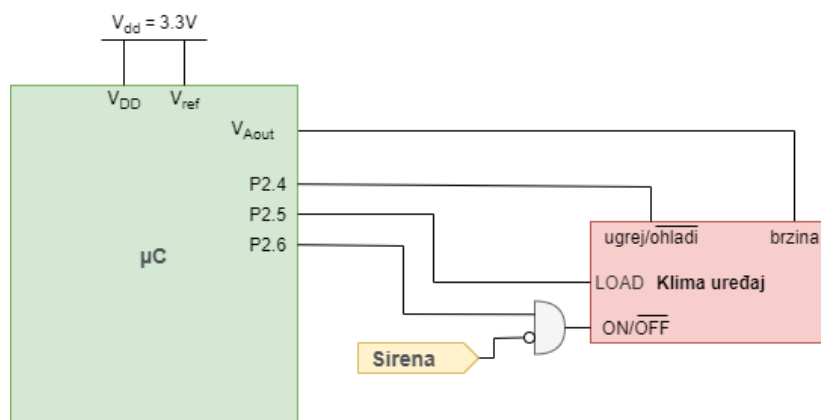
Na bravima vrata se nalazi senzor koji registruje da li su vrata otvorena ili zatvorena. Ovo se postiže prostim kontaktim prekdačem, *reed switch* senzorom.



Slika 3.2.1.5 – *Električna šema automatizovanih ulaznih vrata*

## Kontrola klime

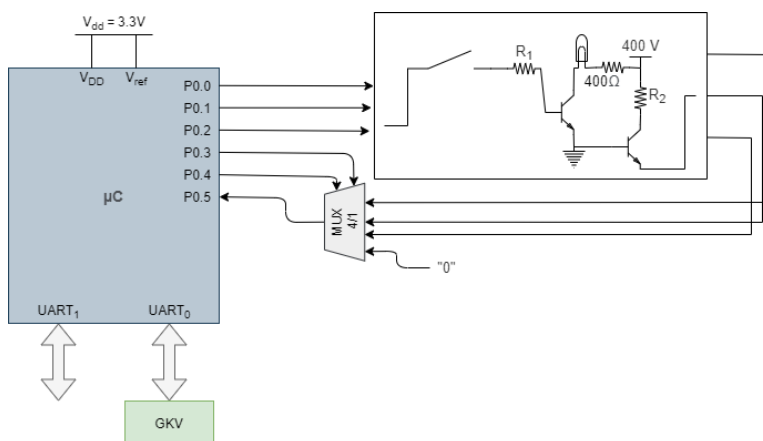
Dizajn vagona je takav da svaki vagon poseduje po jedan klima uređaj čije hlađenje/grejanje je dovedeno do svakog sedišta. Putnik pomeranjem prekidača podešava da li će se otvoriti ili zatvoriti ventil dotoka vazduha iz klime iznad njegovog sedišta. Da li su prozori otvoreni prati GKV dok komunicira sa KP preko UARTA. U slučaju da KP javi da je prozor otvoren, klima se gasi.



Slika 3.2.1.6 – Električna šema povezivanje klime uređaja

## Kontroler osvetljenja

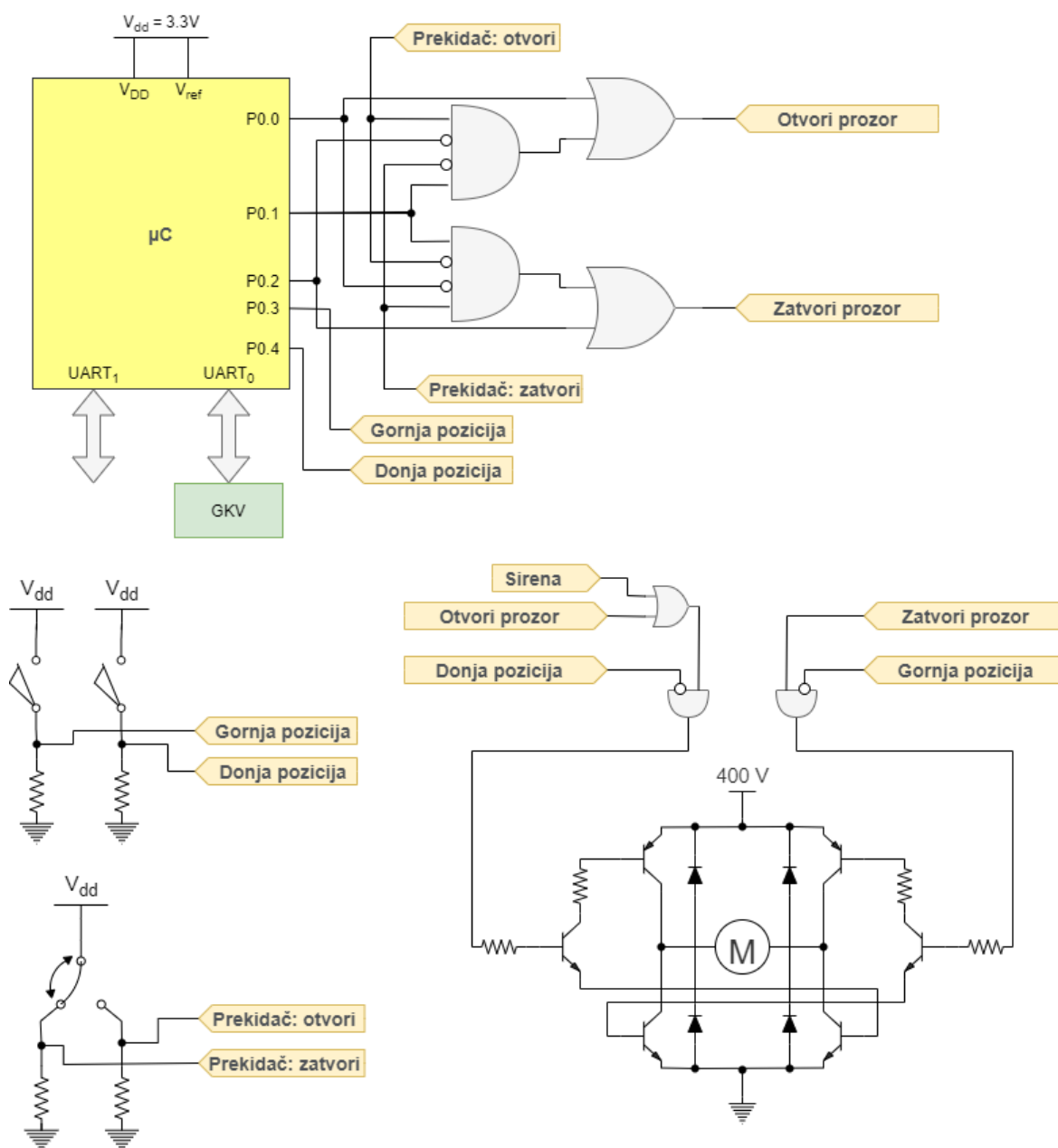
Kontroler osvetljenja kontroliše stanje tri glavne sijalice u vagonu, koje ili kontroliše da rade ili da ne rade. Njihovo paljenje takođe može da spreče prekidači unutar vagona. U slučaju detektovanja dima upaliće se sva noćna svetla odmah, neće ići preko mikrokontrolera, dok glavna svetla će mikrokontroler da upali programski. Kontroler povremeno proverava da li se neka od sijalica pokvarila.



Slika 3.2.1.7 – Električna šema povezivanje kontrolera osvetljenja

## Kontroler prozora

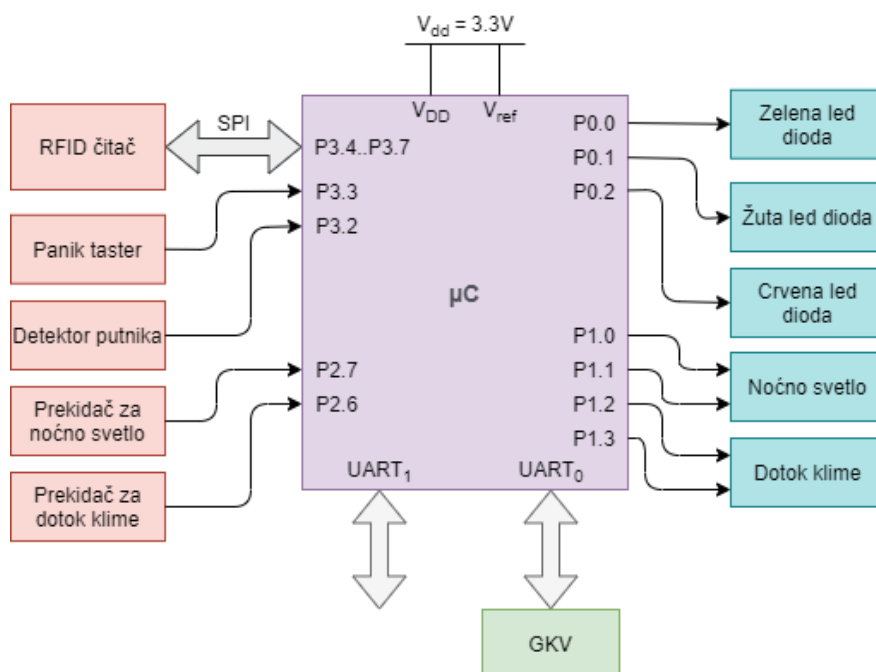
Kontroler prozora kontroliše rad prozora i prati u kom su stanju. Pomoću kontaktnih prekidača unutar prozora kontroler ima uvid da li su prozori otvoreni, otvoreni do kraja ili zatvoreni. Prekidači za otvaranje-zatvaranje prozora se nalaze unutar vagona za korišćenje putnika. Osim ovih prekidača postoje i tasteri kod sedišta putnika. Ali u slučaju da je zabranjeno otvaranje, prekidači i tasteri nemaju uticaj na kontrolu prozora. Prozore je takođe moguće otvoriti pomoću instrukcije poslate od strane GKV-a, tj. od CKV-a.



Slika 3.2.1.8 – Električna šema povezivanja kontrolera prozora



### 3.3 ORGANIZACIJA KONTROLERA SEDIŠTA

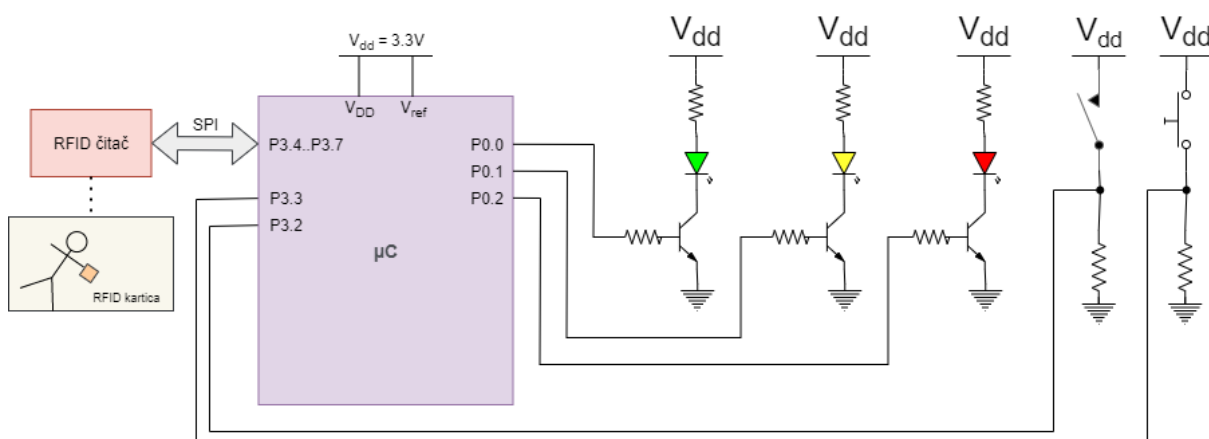


Slika 3.3.1 – Blok šema glavnih komponenti povezanih na KS

#### 3.3.1 Povezan hardver

##### Kontrola prisutnosti putnika i panik taster

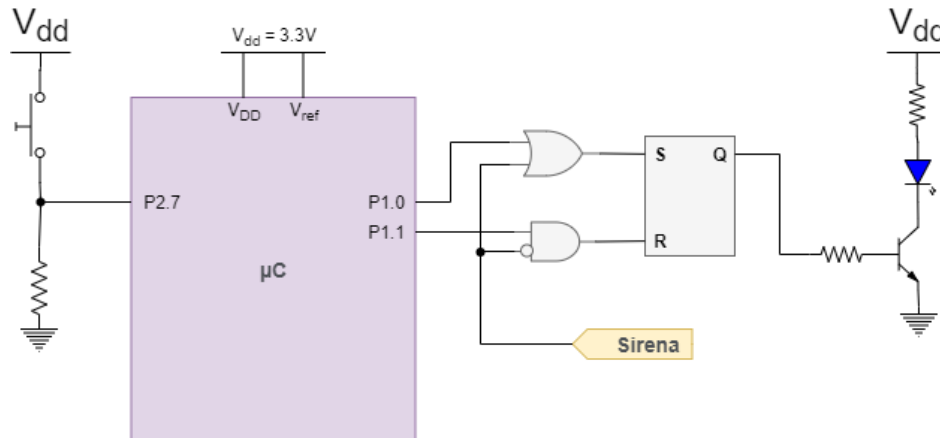
Kontrola prisutnosti putnika prati da li je putnik u blizini i da li je seo na mesto. Za detekcija prisustva u svom sedištu moguće je koristiti senzor F-1676 od *FSRTEK* čime bi imali tačniju detekciju. Paljenje i gašenje dioda kontroliše KS pomoću free running brojača i to se rešava programski. Debaunsiranje panik tastera je takođe urađeno softverski.



Slika 3.3.1.1 – Električna šema hardvera koja zaslužna za stanje putnika u sedištu

### Noćno svetlo

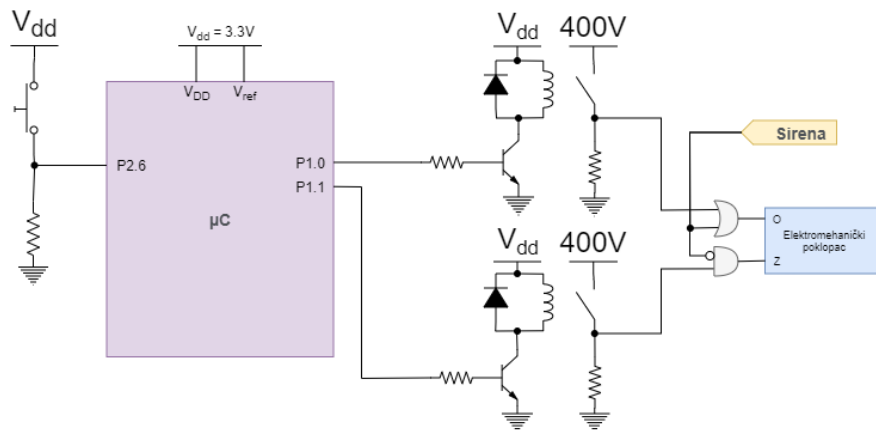
Noćno svetlo iznad sedišta ima karakterističnu plavu boju nižeg intenziteta. Ovo svetlo se automatski pali ako se detektuje dim, nezavisno od nivoa osvetljenja u vagonu. Taster za paljenje ovog svetla se nalazi kraj sedišta, i moguće je da ga GKV zabrani njegov uticaj na paljenje svetla. Debaunsiranje je odrađeno softverski.



Slika 3.3.1.2 – Električna šema hardvera noćnog svetla

### Dotok klime, ventilacija

Dotokom klime se smatra poklopac iznad putnika koji može da se zatvori ili otvori korišćenjem tastera za to. Ovu kontrolu GKV može da zabrani i dozvoli. Moguća optimizacija je dodavanje ventilatora unutar tog dovoda koji može da takođe i uvlači vazduh čime bi se u slučaju požara pomoglo pri odvođenju štetnog gasa. Ova optimizacija bi morala da prođe sigurnosno testiranje.



Slika 3.3.1.3 – Električna šema hardvera dotoka klime

## 4 LITERATURA

---

- Namenski računarski sistemi, L. Saranovac, I. Popović
- Sajt predmeta: <http://tnt.etf.rs/~oe4nrs>
- Detektor dima: <https://www.electronicshub.org/smoke-detector-circuit>
- MQ-2 : <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>