

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE  
Mehatronika i robotika

Programski zadatak  
*Projektiranje mikroprocesorskih sustava*

*Karlo Cirkvenčić*

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Mladen Crneković

Student:

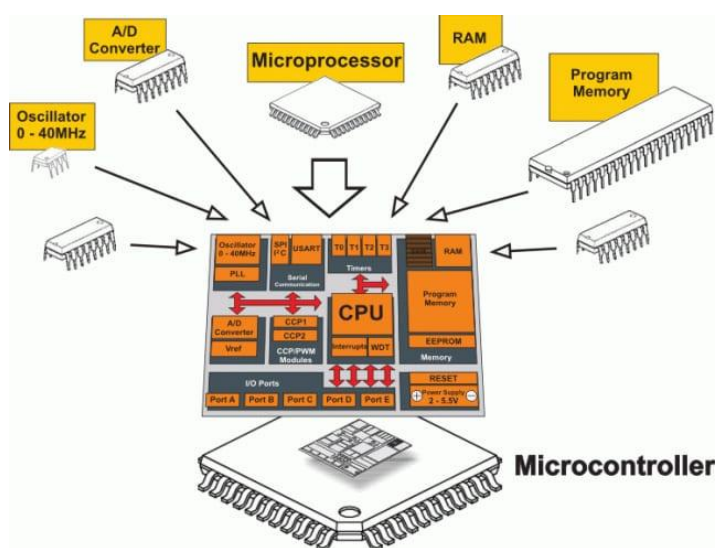
Karlo Cirkvenčić,  
0035220802

Zagreb, veljača 2023.

## 1. Zadatak

Tema ovog seminarskog rada je projektiranje tiskane pločice za upravljanje malom parking rampom. Njezin zadatak će biti mogućnost upravljanja motorom, očitavanje RFID kartice, te prepoznavanje udaljenosti automobila od same rampe.

Mikrokontroleri su mali integrirani elektronički sklopovi koji se koriste za upravljanje različitim elektroničkim uređajima. U današnje vrijeme prisutni su svuda oko nas. Svaka elektronička naprava poput kućanskih aparata, automobila, igračaka sadrži u sebi mikro kontroler. Komponente svakog mikro kontrolera se jako razlikuju, ovisno o njegovoj namjeni, no u većini slučajeva mikro kontroleri sadrže mikroprocesor, ulazne i izlazne jedinice, neki modul za komunikaciju, memoriju, regulatore napona, A/D i D/A pretvornike.



Slika 1. Arhitektura mikro kontrolera

Za projektiranje ove pločice koristit će se program Altium Designer 2022. Komponente koje su nam potrebne za ovaj zadatak su ultrazvučni senzor HC-SR04, RFID modul RC522, H-most za upravljanje motorom, RTC za očitavanje vremena, te dva regulatora napona. Za programiranje pločice, zamišljeno je da se koristi ICP programator. Mikroprocesor koji je odabran je ATmega644P-20PU.

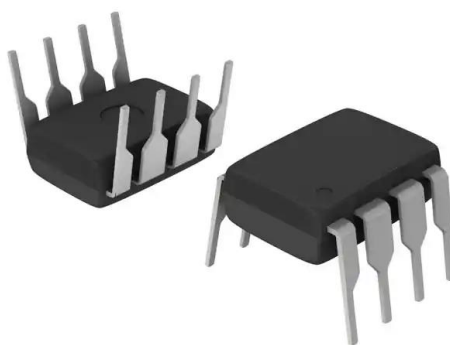
## 2. Opis rada uređaja

Uređaj bi služio za automatsko podizanje rampe pomoću RFID tehnologije. RFID čitač je predviđen da će biti ugrađen na pločicu kao gotov modul. Također projektirani PCB bi imao na sebi ultrazvučni senzor pomoću kojeg bi znali kada auto prođe rampu. Vrijeme podizanja te ponovnog spuštanja rampe odvijalo bi se pomoću RTC-a u kombinaciji sa ultrazvučnim senzorom za dodatnu sigurnost. Pomoću crvene i zelene red diode bi simbolizirali uspješnost očitavanja RFID kartice.

### 3. Odabrane komponente

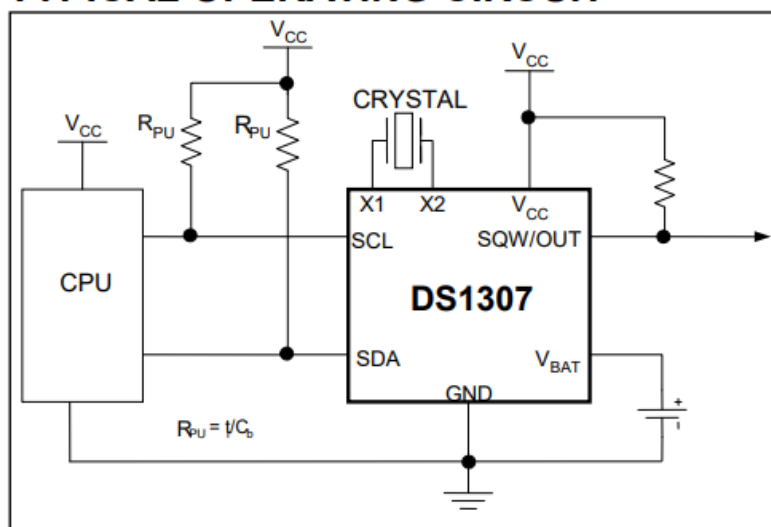
#### 3.1 RTC DS1307+

DS1307+ je Real-Time Clock (RTC) komponenta koja služi za mjerenje i pohranjivanje vremena i datuma unutar računalnog sustava. Funkcionira kao neovisna jedinica unutar sustava i može nastaviti mjeriti vrijeme čak i kada sustav nije uključen ili kada dođe do prekida napajanja. Sat je niske potrošnje snage, te potpuno binarno kodiran. Adresa i podaci prenose se serijski pomoću I2C protokola dvosmjernom sabirnicom. Kraj mjeseca je automatski prilagođen za mjesece koji imaju manje od 31 dan, također radi ispravke što se tiče prijestupnih godina. Funkcionira ili u 24-satnom formatu ili u 12-satnom formatu, ovisno o području primjene. U sebi ima ugrađen elektronički krug koji je zadužen da prepozna gubitak napona, te automatski prebaci na pričuveni izvor napajanja kako ne bi došlo do gubitka informacija o vremenu, što može biti jako korisno kod vremenski ovisnih aplikacija. Sklop funkcionira na vremenskim uvjetima od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ , što zadovoljava naše kriterije.



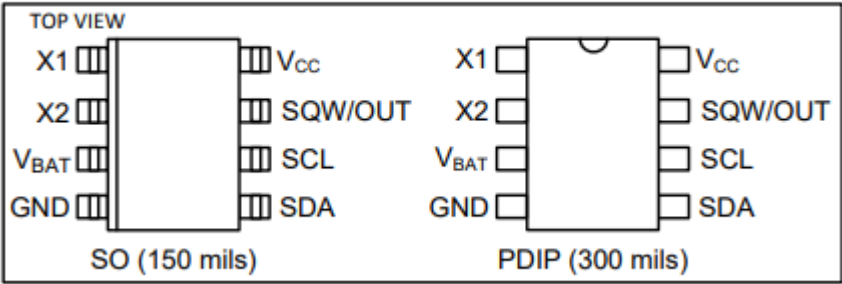
Slika 2. RTC DS1307+

#### TYPICAL OPERATING CIRCUIT



Slika 3. Schema spajanja RTC DS1307+

# PIN CONFIGURATIONS



Slika 4. Konfiguracija pinova RTC DS1307+

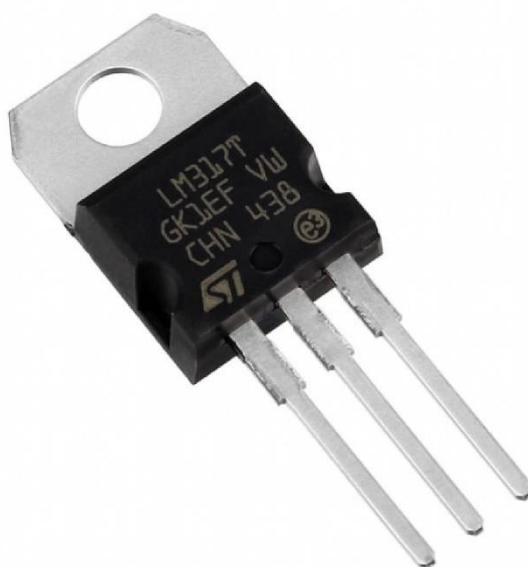
## PIN DESCRIPTION

PIN	NAME	FUNCTION
1	X1	Connections for Standard 32.768kHz Quartz Crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance ( $C_L$ ) of 12.5pF. X1 is the input to the oscillator and can optionally be connected to an external 32.768kHz oscillator. The output of the internal oscillator, X2, is floated if an external oscillator is connected to X1. <b>Note:</b> For more information on crystal selection and crystal layout considerations, refer to <i>Application Note 58: Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks</i> .
2	X2	
3	V <sub>BAT</sub>	Backup Supply Input for Any Standard 3V Lithium Cell or Other Energy Source. Battery voltage must be held between the minimum and maximum limits for proper operation. Diodes in series between the battery and the V <sub>BAT</sub> pin may prevent proper operation. If a backup supply is not required, V <sub>BAT</sub> must be grounded. The nominal power-fail trip point ( $V_{PF}$ ) voltage at which access to the RTC and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V <sub>BAT</sub> nominal. A lithium battery with 48mAh or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at +25°C.  UL recognized to ensure against reverse charging current when used with a lithium battery. Go to: <a href="http://www.maxim-ic.com/qa/info/ul/">www.maxim-ic.com/qa/info/ul/</a> .
4	GND	Ground
5	SDA	Serial Data Input/Output. SDA is the data input/output for the I <sup>2</sup> C serial interface. The SDA pin is open drain and requires an external pullup resistor. The pullup voltage can be up to 5.5V regardless of the voltage on V <sub>CC</sub> .
6	SCL	Serial Clock Input. SCL is the clock input for the I <sup>2</sup> C interface and is used to synchronize data movement on the serial interface. The pullup voltage can be up to 5.5V regardless of the voltage on V <sub>CC</sub> .
7	SQW/OUT	Square Wave/Output Driver. When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square-wave frequencies (1Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz). The SQW/OUT pin is open drain and requires an external pullup resistor. SQW/OUT operates with either V <sub>CC</sub> or V <sub>BAT</sub> applied. The pullup voltage can be up to 5.5V regardless of the voltage on V <sub>CC</sub> . If not used, this pin can be left floating.
8	V <sub>CC</sub>	Primary Power Supply. When voltage is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a backup supply is connected to the device and V <sub>CC</sub> is below V <sub>TP</sub> , read and writes are inhibited. However, the timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage.

Slika 5. Opis pinova RTC DS1307+

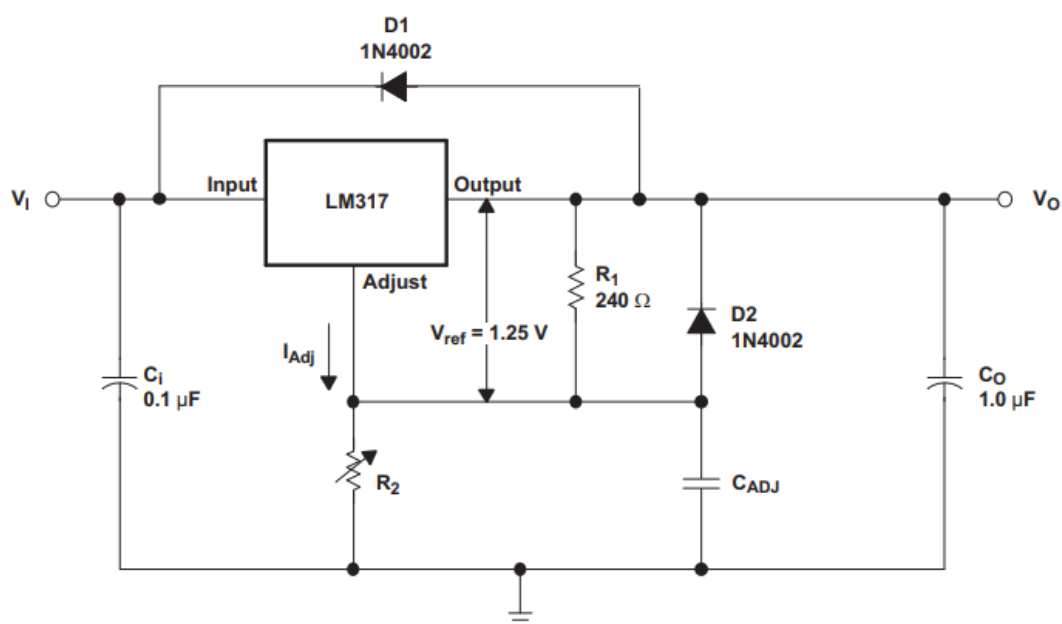
### 3.2 LM317

LM317 je elektronička komponenta koja služi za regulaciju napona. Ima mogućnost opskrbljivanja više od 1.5A struje, preko izlaza napona u rasponu od 1.25 V do 37 V. Za svoj rad zahtjeva samo dva dodatna otpornika kako bi se mogao složiti željeni izlazni napon. Pri svom radu omogućava limitiranje struje, te zaštitu od prekomjernog zagrijavanja. U ovom radu ćemo ga koristiti kako bi dobili izlazni napon od 5 V za komponente koje rade pri tom naponu. Koristimo ovakva tri regulatora napona. Prva dva koristimo zbog velike disipacije energije, kako ne bi došlo do pretjeranog zagrijavanja naših komponenti s obzirom da spuštamo sa 24 V na 5V, a treći koristimo kako bi s 5V spustili na 3.3V.

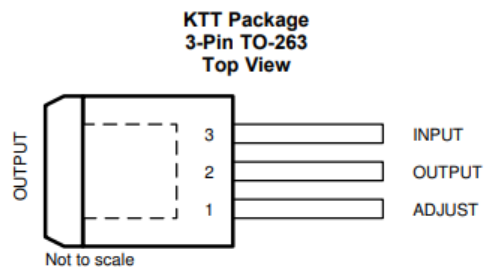


Slika 6. LM317 regulator napona

### 9.2 Typical Application



Slika 7. Schema spajanja LM317



**Pin Functions**

PIN			I/O	DESCRIPTION
NAME	TO-263, TO-220	SOT-223		
ADJUST	1	1	I	Output voltage adjustment pin. Connect to a resistor divider to set $V_O$
INPUT	3	3	I	Supply input pin
OUTPUT	2	2, 4	O	Voltage output pin

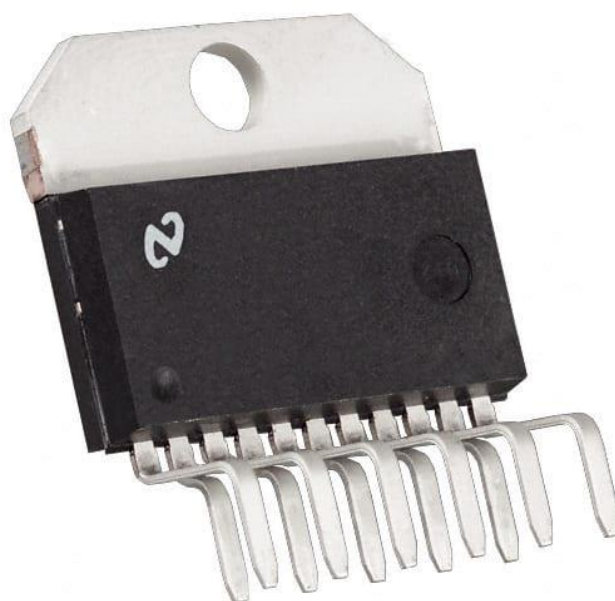
**Slika 8. Opis pinova za regulator napona LM317**

### 3.3 LMD18201

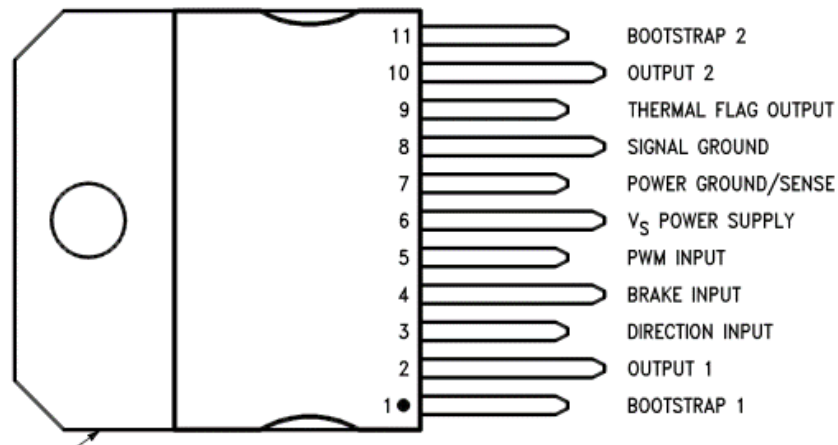
LMD18201 je H-most sa jednim čipom, koji služi za upravljanje istosmjernim motorima. Integrirani H-most driver je dizajniran na način da minimizira zvuk okidanja i da smanji elektromagnetske smetnje pri svom radu. Uređaj pruža veliku fleksibilnost s obzirom da nudi 4 načina rada. Pomoću njega elektromotor se može vrtjeti u oba smjera, mirovati i kočiti, što upravo nama treba za upravljanje rampom. Pruža izlaznu struju do 3A, i može podnijeti maksimalni napon od 55 V. Opremljen je zaštitom protiv pregrijavanja, što u našem slučaju dobro dođe, no za spuštanje i podizanje rampe to neće biti toliko nužno.

Pri odabiru motora za spuštanje i podizanje rampe moramo paziti da izaberemo motor dovoljne snage. S obzirom da imamo rampu od 3 metra, težine 5 kg, te zahtjev vremena podizanja do 4 sekunde, motor nam mora biti snage 30W. Pri izboru konektora za motor, pazilo se da se izabere konektor koji može izdržati tako veliku struju. Izabrali smo konektor 695402400222, nominalnog iznosa struje 9A, te nominalnog napona od 250V što zadovoljava naše potrebe.

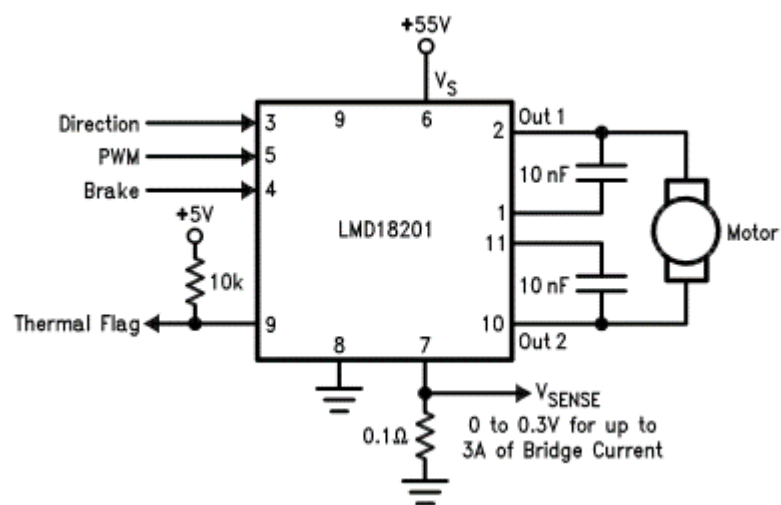
Za potrebe ovog rada odabrao se DC servomotor proizvođača *ROBOTIS*, model 902-0089-001. To je servomotor čije napajanje iznosi 24V, te nazivne struje od 1.9A što naš H-most može podnijeti.



**Slika 9. H-most LMD18201**



Slika 10. Raspored pinova H-mosta LMD18201

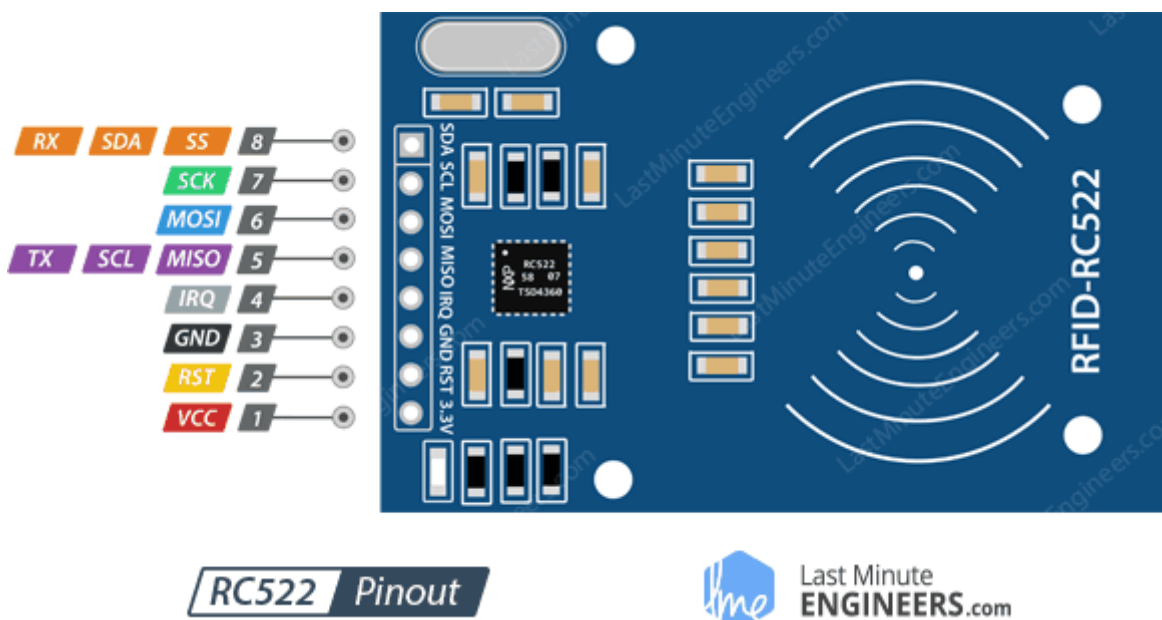


Slika 11. Schema spajanja H-mosta LMD18201



### 3.4 RC522 RFID MODULE

RC522 je RF modul koji se sastoji od RFID čitača i RFID kartice. RFID (Radio-frequency identification) je bežična i beskontaktna tehnologija koja koristi radio frekvenciju kako bi se razmjenjivale informacije između prijenosnih uređaja/memorija i host računala. Modul RC522 funkcionira na 13.56MHz što se klasificira kao industrijski signal, te se može koristiti bez ikakvih dodatnih licenci. Za njegov rad je preporučeno dostaviti ulazni napon od 3.3 V. RC522 modul sastoji se od 8 pinova od kojih 4 služe za komunikaciju (master/slave). U ovom projektu zamisljeno je da se gotov RC522 ugrađuje na projektiranu tiskanu pločicu.



**Slika 12. RFID RC522 modul i njegovi pinovi**

### 3.5. HC-S04

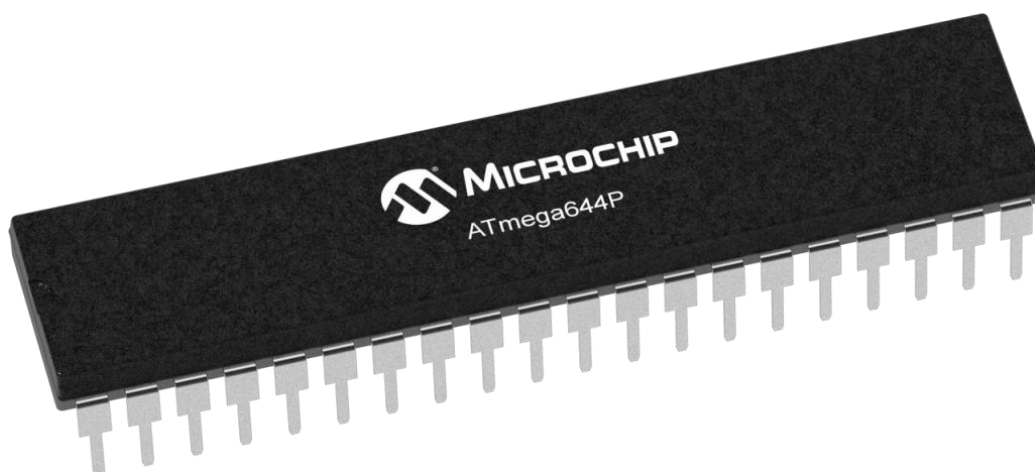
HC-S04 je ultrazvučni senzor koji omogućava mjerenje udaljenosti bez kontakta u rasponu od 2cm do 4m. Preciznost mjerenja iznosi 3mm. Koristit ćemo ga kao gotov modul, koji će se spojiti na pločicu. Modul se sastoji od odašiljača i prijamnika, te upravljačkog kruga. Za svoj rad zahtjeva ulazni napon od 5 V. Ultrazvučni senzor funkcionira na principu odašiljanja visokih frekvencija, te primanju istih, mjereći vrijeme potrebno da bi se zvuk odbio, računa udaljenost predmeta ispred sebe. U ovom radu će nam služiti kako bi odredili u kojem trenutku auto više nije ispod rampe, kako bi se ona mogla natrag spustiti.



**Slika 13. Ultrazvučni senzor HC-SR04 i njegovi pinovi**

### 3.6. ATmega644P-20PU

ATmega644P-20PU je mikro kontroler od kompanije Atmel i dio je AVR obitelji. AVR je skupina mikro kontrolera koji se baziraju na modificiranoj Harvard arhitekturi. AVR modeli su bili prvi od mikro kontrolera koji su koristili na samom čipu *flash* memoriju za pohranu informacija. ATmega644P-20PU ima 20 DIP(*dual inline package*) pinova i radi na frekvenciji od 20 MHz. Posjeduje 64 KB programabilne flash memorije, 4 KB SRAM-a i 2 KB EEPROM-a za pohranu podataka. Također ima 32 pina za ulaz/izlaz informacija, 2 USART pina za serijsku komunikaciju i razna druga periferna sučelja kao što su SPI i I2C bus. Dizajniran je za upotrebu u širokom rasponu primjena, kao što su potrošačka, industrijska i automobilska sustava.



Slika 14. ATmega644P-20PU

#### 5.1. Pinout

##### 5.1.1. PDIP

(PCINT8/XCK0/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0/PCINT0)
(PCINT9/CLKO/T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1/PCINT1)
(PCINT10/INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2/PCINT2)
(PCINT11/OC0A/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3/PCINT3)
(PCINT12/OC0B/ $\overline{SS}$ ) PB4	5	36	PA4 (ADC4/PCINT4)
(PCINT13/MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5/PCINT5)
(PCINT14/MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6/PCINT6)
(PCINT15//SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7/PCINT7)
$\overline{RESET}$	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2/PCINT23)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1/PCINT22)
(PCINT24/RXD0) PD0	14	27	PC5 (TDI/PCINT21)
(PCINT25/TXD0) PD1	15	26	PC4 (TDO/PCINT20)
(PCINT26/RXD1/INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS/PCINT19)
(PCINT27/TXD1/INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK/PCINT18)
(PCINT28/XCK1/OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA/PCINT17)
(PCINT29/OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL/PCINT16)
(PCINT30/OC2B/ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2A/PCINT31)

Power

Ground

Programming/debug

Digital

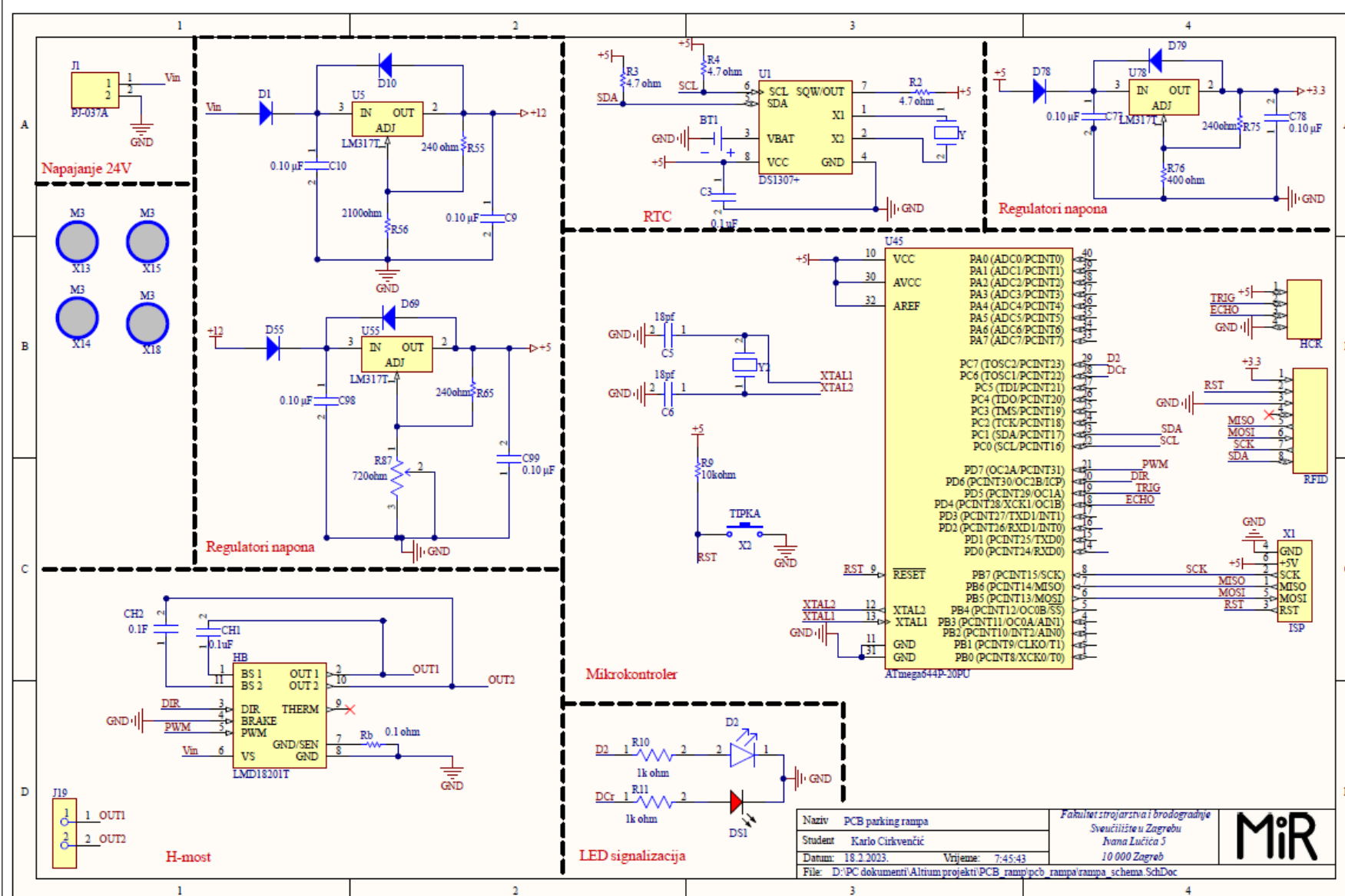
Analog

Crystal/Osc

Slika 15. Raspored pinova ATmega644P-20PU

## 4. Altium Designer dokumenti

### 4.1 SchDoc



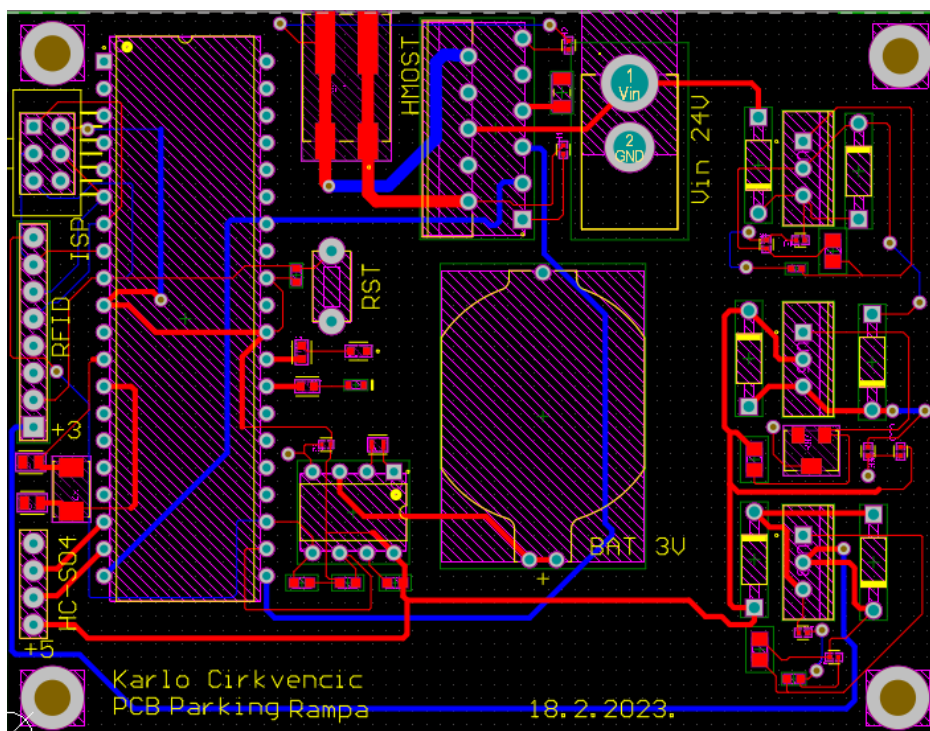
## 4.2 PcbDoc

Nakon završenog spajanja schematica, sljedeći je korak izabrane komponente razmjestiti na pločicu na što bolji način. Na izrađenoj pločici koristit ćemo dva layera za vođenje signala (Bottom i Top layer).

<div>+ Add     Modify     Delete</div>							
#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk	Df
	Top Overlay		Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.4mil	3.5	
1	Top Layer		Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric 1	FR-4	Dielectric		12.6mil	4.8	
2	Bottom Layer		Signal	1oz	1.4mil		
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.4mil	3.5	
	Bottom Overlay		Overlay				

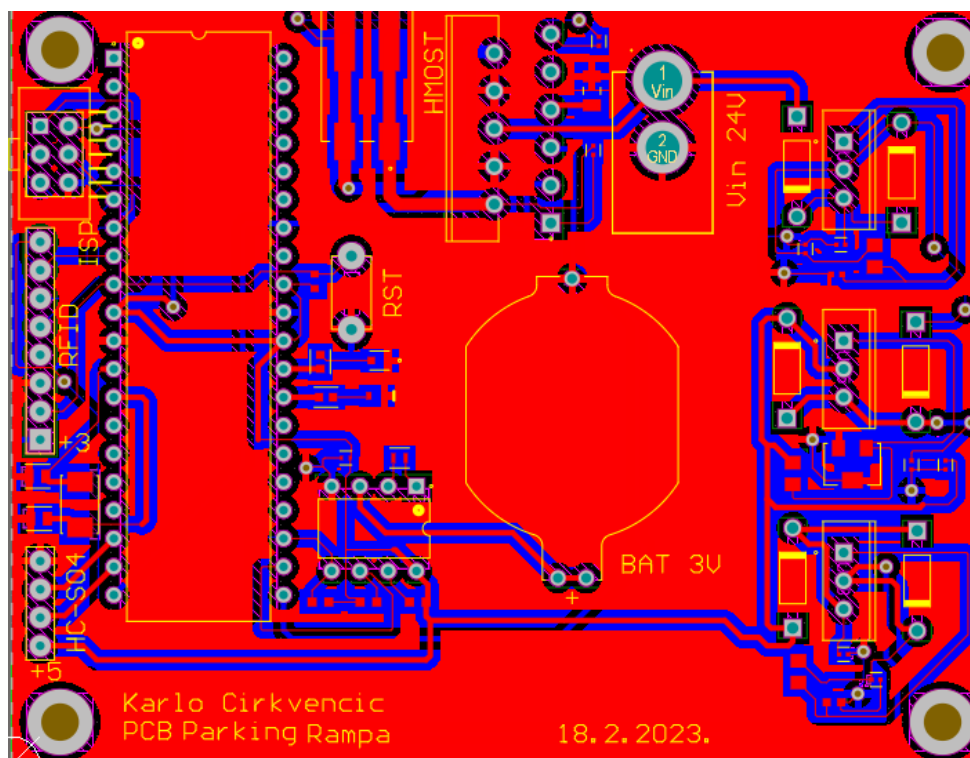
Slika 16. Layer Stack Manager

Koristila se ručna metoda spajanja komponentata na PCB pločicu.

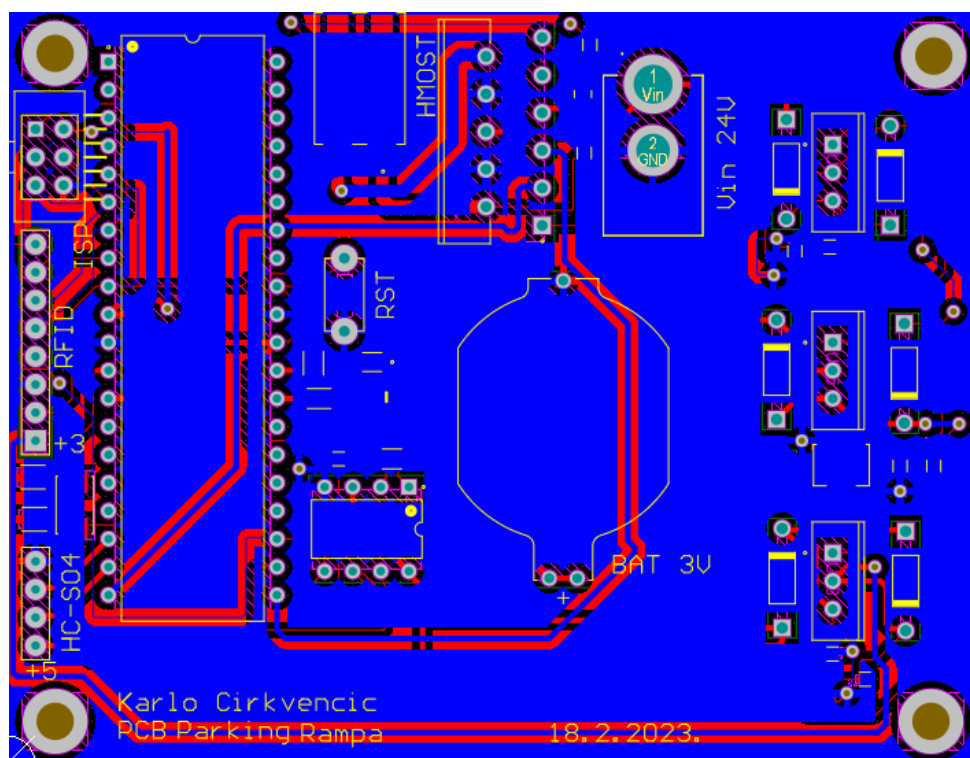


Slika 17. Povezivanje komponentata

Nakon što smo spojili sve komponente, preostalo nam je povezati GND pomoću Polygon pour-a, na Top i Bottom layeru.



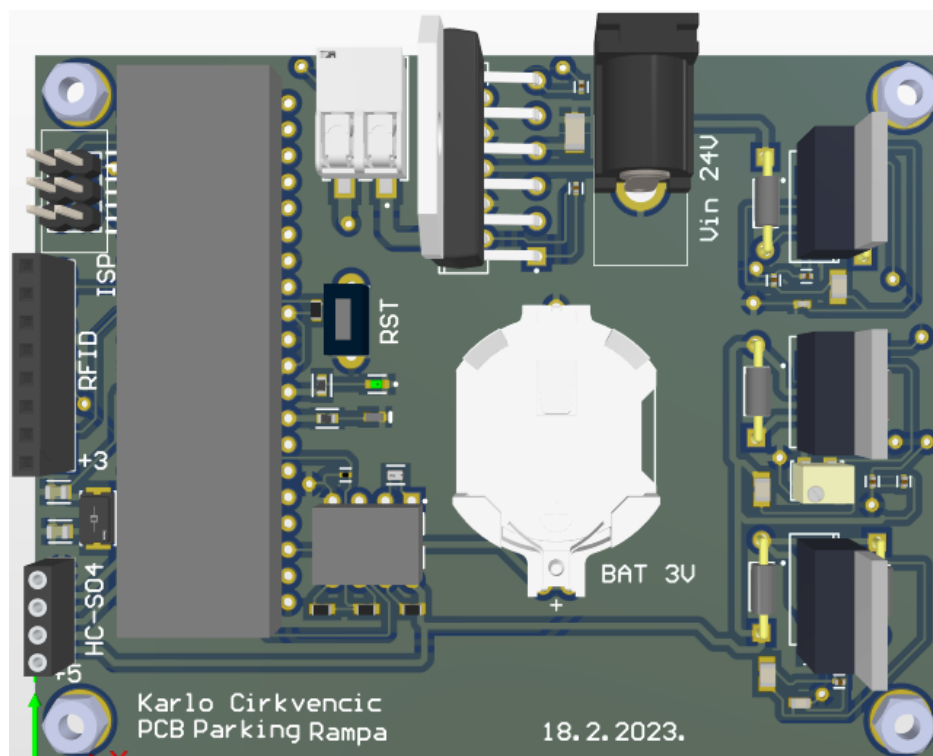
Slika 18. Top layer



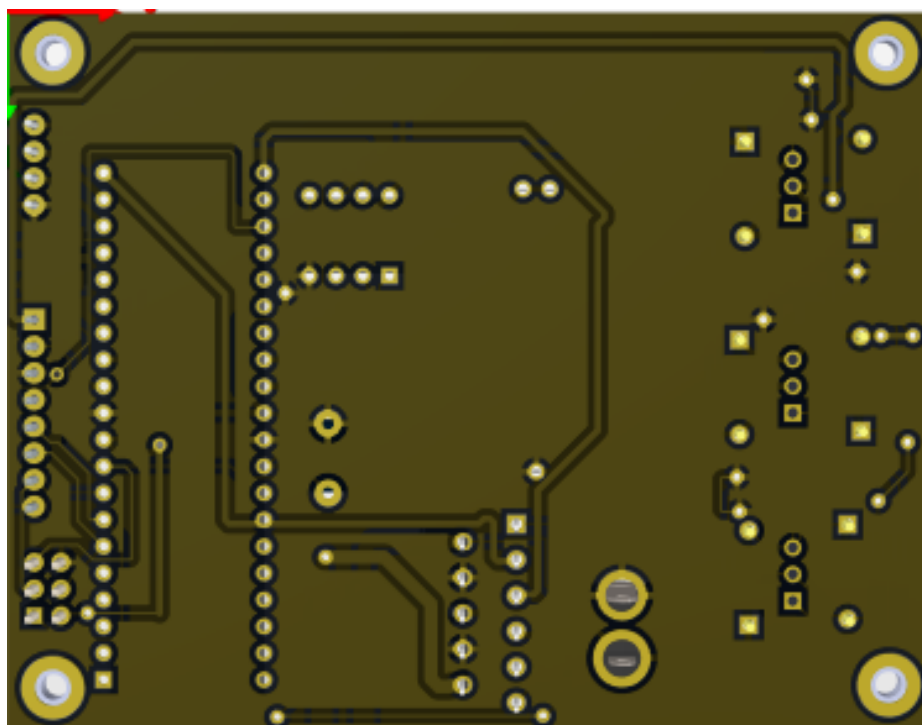
Slika 19. Bottom layer



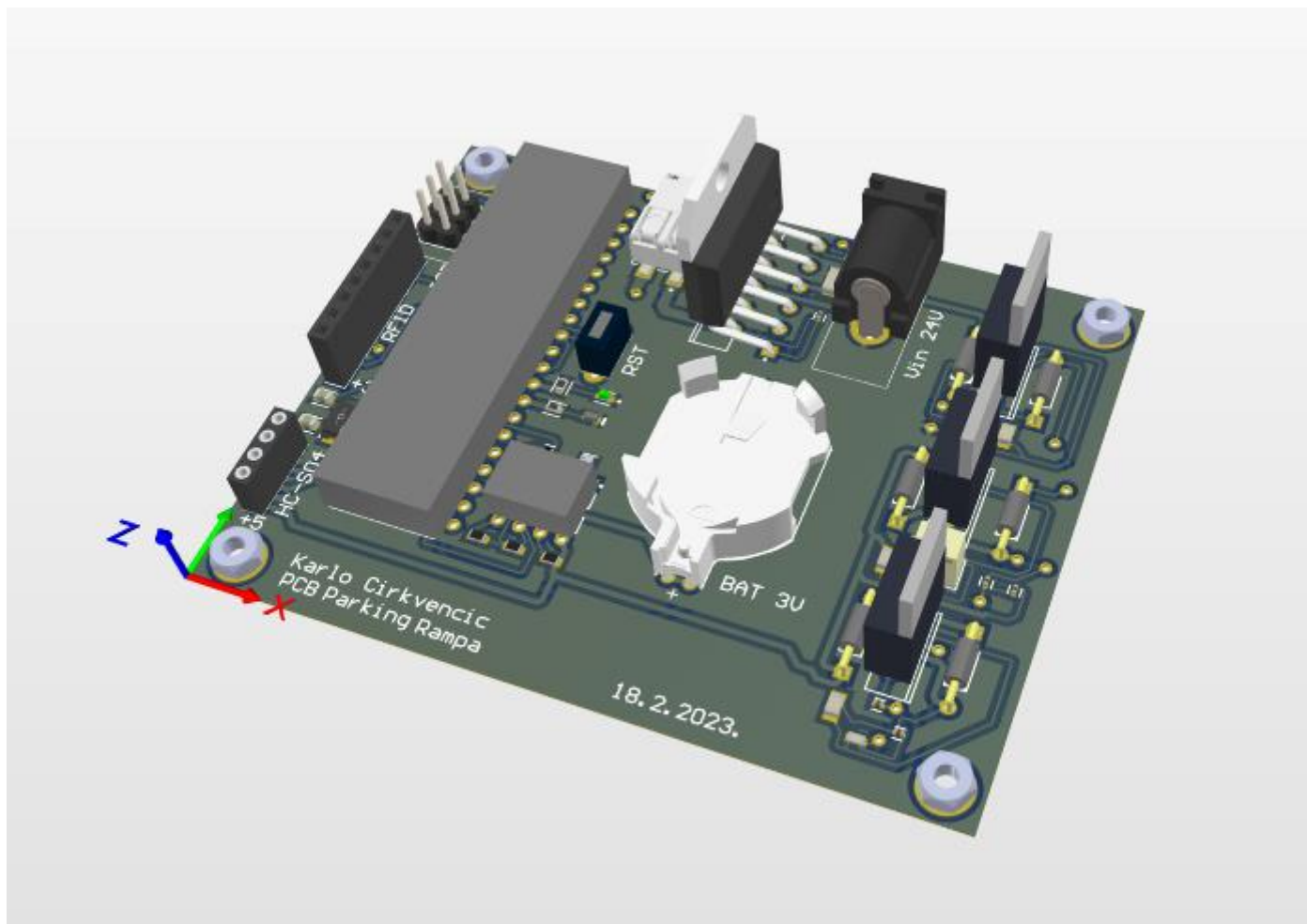
### 4.3. 3D model



Slika 20. 3D model top view



Slika 21. 3D model bottom view



Slika 22. 3D model



## 5. Uputa za programera

Linija	Funkcija	Komponenta
PB7	SCK	Komunikacija prema RFID-u RC522
PB5	MOSI	
PB6	MISO	
PC1	SDA	
PD4	ECHO	HCR-S04
PD5	TRIG	H-most
PD7	PWM	
PD6	DIR	
PC7	D2	Led diode
PC6	DCr	
RESET	RESET	Resetiranje

## 6. Popis materijala

Comment	Description	Quantity	Supplier	Price
120591-1	Lithium Battery Holder for CR2032 3V Cell	1	Digi-Key	\$3,25
0.1 uF	CAP CER 0.1UF 16V X7R 0402	3	Digi-Key	\$0,30
18pf	CAP CER 18PF 50V C0G/NP0 0805	2	Digi-Key	\$0,20
C0402C104K8PACTU	CAP CER 0.1UF 10V X5R 0402	4	Digi-Key	\$0,40
0.1uF	CAP CER 0.1UF 10V X5R 0402	1	Digi-Key	\$0,10
0.1F	CAP CER 0.1UF 10V X5R 0402	1	Digi-Key	\$0,10
1N4002-T	1.0 A Rectifier, 15 pF, 100 V, -65 to 150 degC, 2-Pin DO-41 Pla	6	Digi-Key	\$1,20
LTST-C190GKT	LED GREEN CLEAR CHIP SMD	1	Digi-Key	\$0,25
TLMS1100-GS08	LED, RED, 2.1 V, -40 to 100 degC, 2-Pin SMD (0603), RoHS, Tap	1	Digi-Key	\$0,25
LMD18201T	3-Amp, 55 Volt H-Bridge, 11-pin TO-220	1	Digi-Key	\$24,32
CON-SIL-4	SIL 4p	1	Digi-Key	\$0,20
PJ-037A	Connector	1	Digi-Key	\$0,69
695402400222	WR-LECO_4,00MM PITCH_2PIN_SMT_HO	1	Digi-Key	\$0,85
4.7 ohm	Precision Thick Film Chip Resistor, 4.7 KOhm, +/- 1%, -55 to 1	3	Digi-Key	\$1,26
10kohm	Chip Resistor, 10 KOhm, +/- 1%, 0.1 W, -55 to 155 degC, 0603	1	Digi-Key	\$0,77
1k ohm	RES SMD 1K OHM 0.1% 1/10W 0603	2	Digi-Key	\$0,30
240 ohm	240ohm	2	Digi-Key	\$0,56
2100ohm	2.1K	1	Digi-Key	\$0,71
240ohm	240ohm	1	Digi-Key	\$0,28
720ohm	TRIMMER 1K OHM 0.25W J LEAD TOP	1	Digi-Key	\$2,33
0.1 ohm	0.1 ohm resistor	1	Digi-Key	\$0,70
CON-SIL-8F	SIL 8p male	1	Digi-Key	\$0,30
DS1307+	64 x 8, Serial, I2C Real-Time Clock, 5.0V, 8-Pin PDIP, 0 to 70 d	1	Digi-Key	\$5,41
LM317T	3-Terminal Adjustable Regulator, 3-pin TO-220	3	Digi-Key	\$10,71
ATmega644P-20PU	8-bit AVR Microcontroller, 2.7-5.5V, 20MHz, 64KB Flash, 2KB	1	Digi-Key	\$8,05
ISP	In System Programming	1	Digi-Key	\$0,20
TIPKA	Tipkalo	1	Digi-Key	\$0,10
M3	Vijak	4	Digi-Key	\$0,40
9HT12-32.768KAZF-T	Quartz Crystal 32.768kHz, 30ppm, 12.5pF, 90kΩ	1	Digi-Key	\$1,26
ABM3-16.000MHZ-D2Y	Crystal 16MHz ±20ppm 18pF SMD-2 5mm x 3.2mm	1	Digi-Key	\$0,58
400ohm	400ohm	1	Digi-Key	\$0,33

Za izradu PCB pločice, potrebno je izdvojiti 66,36\$ bez servomotora, RFID-a i ultrazvučnog senzora. Cijena RFID čitača iznosi 9,36\$, cijena ultrazvučnog senzora iznosi 4,50\$, te dok se to pribroji komponentama potrebnima za izradu PCB pločice ukupna cijena projekta bez servomotora iznosi 80,22\$. Za servomotor je još potrebno izdvojiti minimalno od 200-500\$. Ideja je da ova pločica bude primjenjiva na više vrsti rampi, iz tog razloga cijena servomotora se može znatno razlikovati ovisno o veličini, težini i vrsti rampe.

## Literatura

- [1] Prezentacije objavljene na stranici kolegija Projektiranje mikroprocesorskih sustava, Mladen Crneković
- [2] Altium Designer Official page <https://www.altium.com/>, 28.1.2023.
- [3] Digi-Key , <https://www.digikey.com/> 28.1.2023.