

INDUSTRIJSKI MODUL ZA MIKROKONTROLERE I SBC RAČUNARE INDUSTRIAL MODULE FOR MICROCONTROLLERS AND SBC COMPUTERS

Goran Tanasić, Vladimir Rajs, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je razvoj PCB modula koji se koristi kao industrijski interfejs za mikrokontrolere i SBC računare kao što je „Raspberry Pi“, „Orange Pi“ itd. Modul sadrži 7 relejnih izlaza, 8 digitalnih ulaza, RS232 i RS485 interfejs, mikroBUS podršku, RTC/EEPROM modul i 24-bitni AD konvertor. Napajanje ploče, digitalni ulazi i izlazi su projektovani tako da rade na standardnom industrijskom naponu od 24V. Takođe, svi sklopovi osim mikroBUS-a i RTC/EEPROM modula su galvanski odvojeni što doprinosi robusnosti uređaja.

Ključne reči: mikroBUS, Raspberry Pi, industrija.

Abstract – In this paper the development of a PCB module which can be used as an industrial interface for microcontrollers and SBC computers like Raspberry Pi, Orange Pi etc. has been presented. The module consists of 7 relay outputs, 8 digital inputs, RS232 and RS485 interfaces, a mikroBUS expansion connector, an RTC / EEPROM module and a 24-bit AD convertor. The power supply, digital inputs and outputs are designed to work with standard industrial voltage of 24V. Also, all blocks except mikroBUS and RTC / EEPROM module are galvanically isolated which contributes to the module's robustness.

Key words: mikroBUS, Raspberry Pi, industry

1. UVOD

Industrijsko upravljanje je oduvek predstavljalo velik motiv za razvoj industrijske upravljačke elektronike. Ranije su namenski razvijane elektronske jedinice koje su bile vezane isključivo za određeni tip uređaja, tako da je bilo teško iskoristiti jednom razvijeni sistem za upravljanje različitim mašinama i procesima. Sa pojavom mikrokontrolera došlo je do razvoja PLC-ova (*programmable logic controller*) koji su neverovatno olakšali industrijsko upravljanje. Ovi kontroleri omogućavaju korisniku brz razvoj upravljačkog softvera, velik izbor periferija, komunikacionih protokola i izvršavanje složenih zadataka. Svaki PLC se sastoji od centralne procesorske jedinice koja je spregnuta sa nekim ulazno-izlaznim modulom.

Često postoji komunikacija sa korisničkim interfejsom koji je zasnovan na ekranu ostljivom na dodir. Postoje i određeni PLC-ovi na tržištu koji u sebi već imaju ugrađen HMI (*human machine interface*). U ovom radu je opisan mikrokontrolerski modul koji može da se koristi za upravljanje manjim industrijskim procesom gde je korisniku omogućen izbor procesorske jedinice.

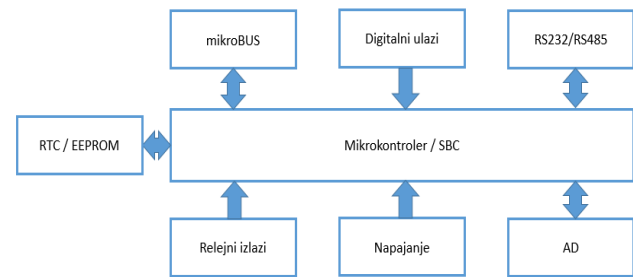
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Rajs, docent.

Samim tim korisnik može da bira programski jezik koji želi da upotrebi za programiranje logike ovog mini upravljačkog sistema.

2. RAZVOJ HARDVERA

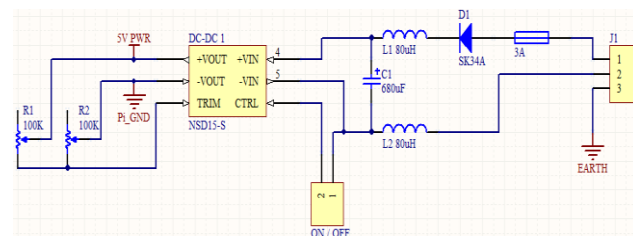
Šematski i PCB dizajn modula je izveden u programskom paketu „Altium designer 2009“. PCB ploča je širine 107 mm što odgovara standardnom industrijskom kućištu za PCB ploče. Ovo omogućava jednostavnu ugradnju modula u industrijske upravljačke ormane. Ploča sadrži *polygon-pour* na oba sloja koji su vezani na *EARTH* konektor. Blok šema modula data je na slici 1.



Slika 1. Blok šema modula

2.1. Napajanje

Modul se napaja sa 24V što predstavlja industrijski standard. Galvanska izolacija je postignuta upotrebom DC-DC konvertorskog modula. Napojni sklop sadrži izmenjivi topljivi osigurač čija se nominalna jačina struje koristi u zavisnosti od odabranog tipa mikrokontrolera odnosno SBC računara. Takođe je ugrađena zaštita od pogrešnog polariteta napona, LC filter, podešavanje izlaznog napona kao i izvodi za uključivanje / isključivanje modula. Električna šema bloka napajanja data je na slici 2.

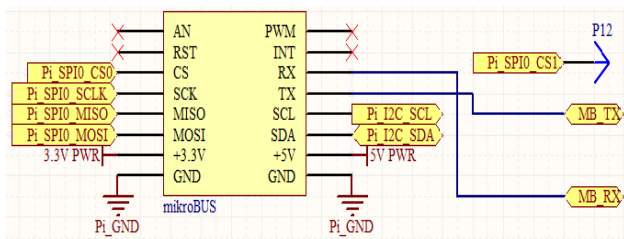


Slika 2. Električna šema bloka napajanja

2.2. mikroBUS

MikroBUS [1] je otvoreni standard koji je razvila kompanija „Mikroelektronika“ iz Srbije. Zasniva sa SPI, UART i I2C protokolima. Ovaj standard omogućava dodavanje raznovrsnih dodatnih periferija na modul. Modul ne podržava AN, RST, PWM i INT signale. Modul podržava do dva mikroBUS uređaja. U slučaju korišćenja dva

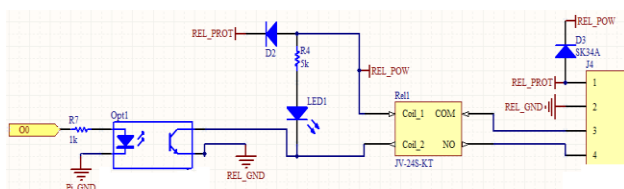
mikroBUS uređaja predviđena je *piggy-back* metoda ugradnje gde je obezbeđeno odvojeno povezivanje CSI signala. Električna šema mikroBUS bloka data je na slici 3.



Slika 3. Električna šema mikroBUS bloka

2.3. Digitalni izlazi

Modul poseduje 7 relejnih izlaza koji koriste nezavisno napajanje sa zaštitom od pogrešnog polariteta napajanja. Relejni blok je galvanski odvojen pomoću optokaplera. Takođe je ugrađena svetlosna indikacija za stanje uključenosti svakog od releja. Releji poseduju samo *NO* (*normal open*) kontakte. Električna šema jednog relejnog bloka sa napajanjem je prikazana na slici 4.

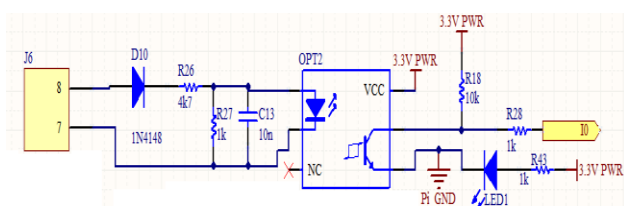


Slika 4. Električna šema relejnog izlaza

2.4. Digitalni ulazi

Modul poseduje 8 digitalnih ulaza koji su prilagođeni za senzore sa *NPN* i *PNP* tipovima izlaza. Digitalni ulazi su galvanski odvojeni, nezavisni su jedan od drugog, poseduju zaštitu od pogrešnog polariteta kao i svetlosnu indikaciju.

Ulazno kolo se zasniva na *RC* filteru i *Schmitt trigger* optokapleru *PC900*. Električna šema jednog digitalnog ulaza data je na slici 5.

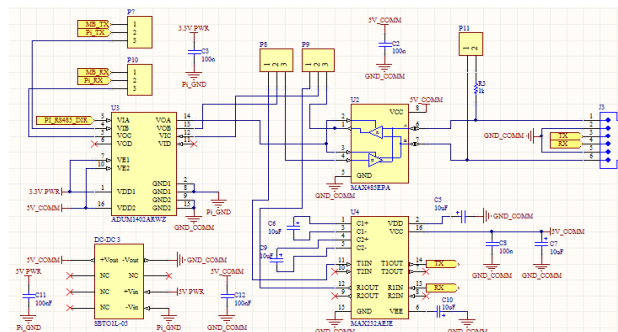


Slika 5. Električna šema digitalnog ulaza

2.5. RS485 / RS232

Modul poseduje *RS485* i *RS232* interfejsje koji su zasnovani na *UART* [2] protokolu koji podržava većina mikrokontrolera i *SBC* računara. Konektor za mikrokontroler / *SBC* računar podržava samo jedan *UART* tako da korisnik mora da definiše, koristeći *jumper-e*, da li će se *UART* koristiti za mikroBUS, *RS485* ili *RS232* komunikaciju. *RS485* interfejs je zasnovan na integrisanom kolu *MAX485* dok je *RS232* interfejs zasnovan na integrisanom kolu *MAX232*. Galvanska izolacija je izvedena upotrebom optičkih izolatora *ADUM* serije proizvođača *Analog devices* i *DC-DC* konvertora proizvođača *Meanwell*. Konektor *RS232/RS485* koji se koristi za povezivanje sa ostalim uređajima je standardni

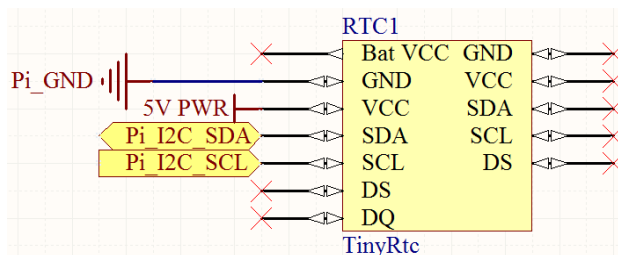
ženski *RJ45* konektor sa 6 kontakata. Električna šema *RS485 / RS232* bloka data je na slici 6.



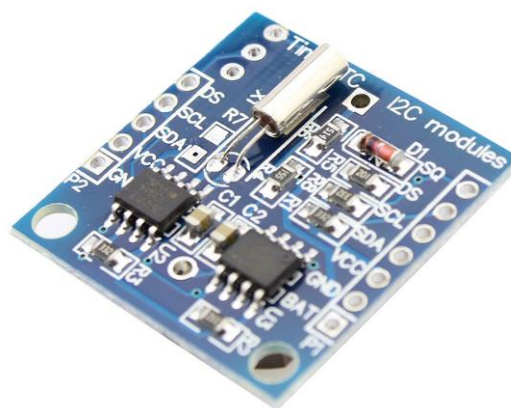
Slika 6. Električna šema RS485 / RS232 bloka

2.6. RTC / EEPROM

Ploča podržava ugradnju *Tiny RTC / EEPROM* modula koji je zasnovan na integrisanim kolima *DS1307* i *24C02*. Oba integrisana kola koriste *I2C* komunikacioni protokol. Pored toga, modul sadrži kućište za ugradnju baterije napona 3.3V koja se koristi za neprekidno napajanje *RTC-a*. Upotreba ovog modula je značajna prilikom logovanja kritičnih događaja u toku procesa upravljanja. Takođe, velik broj mikrokontrolera nema ugrađene ove funkcionalnosti. Električna šema *RTC / EEPROM* bloka data je na slici 7, dok je izgled modula dat na slici 8.



Slika 7. Električna šema RTC / EEPROM modula

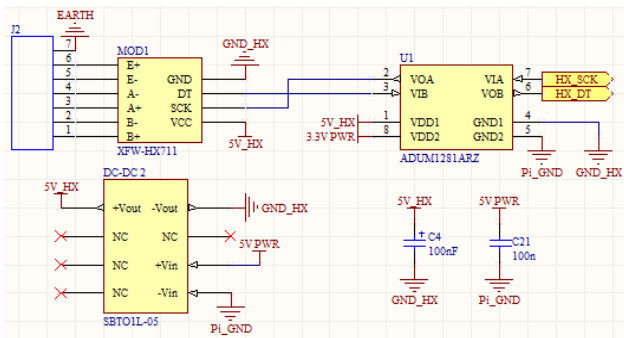


Slika 8. Izgled RTC / EEPROM modula [3]

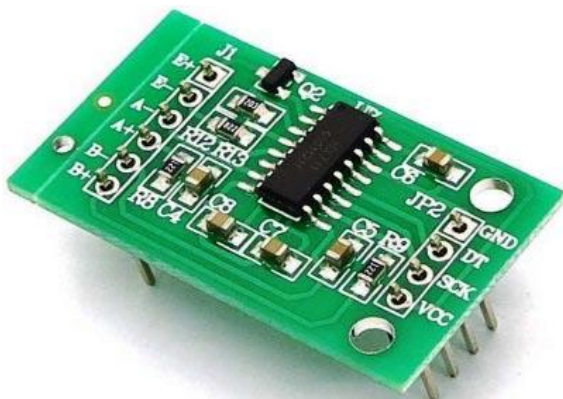
2.7. AD

Ploča sadrži *HX711 AD* modul [4] proizvođača *Avia semiconductor*. Ovaj modul podržava dva diferencijalna ulaza koji se koriste za senzore koje su zasnovani na mernim mostovima. Tipični senzori tog tipa su merne ćelije, senzori pritiska, senzori pomeraja itd. Modul sadrži integrisani *notch* filter od 50 i 60 Hz, programibilno pojačanje od 32, 64 i 128, podesivi broj merenja u sekundi itd. Galvanska izolacija je izvedena upotrebom optičkog izolatora *ADUM1281ARZ* proizvođača *Analog devices* i

DC-DC konvertora SBT01L-05 proizvođača Meanwell. Električna šema AD bloka data je na slici 9, dok je izgled modula prikazan na slici 10.



Slika 9. Električna šema AD bloka



Slika 10. Izgled AD modula

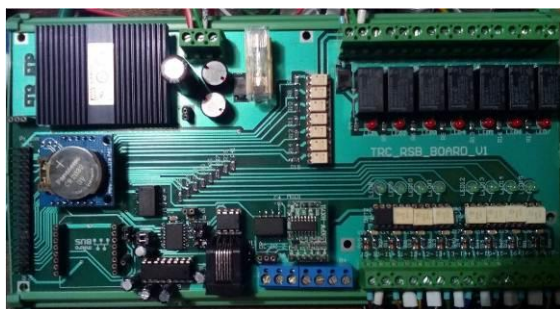
2.8. Štampana ploča

Štampana ploča je izrađena u dvoslojnoj tehnologiji. Ploča pored navedenih blokova, sadrži kontakte za testiranje kritičnih tačaka kao što su naponi DC-DC konvertora i signali komunikacionih linija.

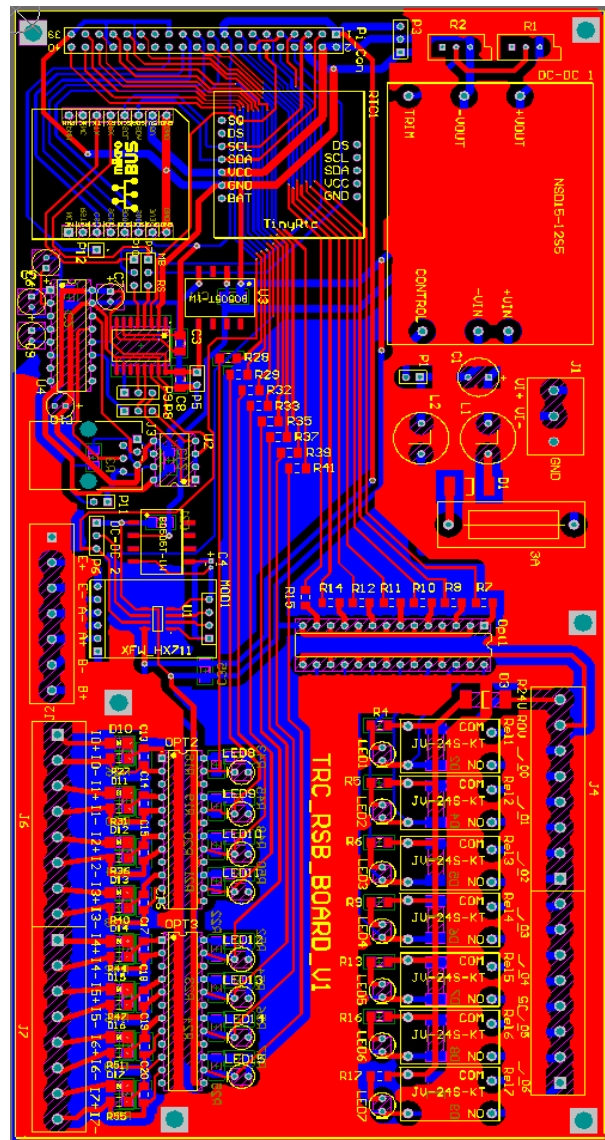
Svi konektori koji se koriste za povezivanje modula sa perifejama su industrijskog tipa.

Takođe su dodati bušeni otvori za ugradnju odstoynika u slučaju drugačijeg načina montiranja od industrijskog PCB kućišta za koji je ploča projektovana. Integrisana kola koja mogu zakazati (HX711, PC900, MAX232, MAX485, TLP627) u slučaju pogrešnog povezivanja sa okruženjem ili usled velikih EM smetnji, montiraju se u PDIP podnožja.

Na ovaj način je omogućeno brzo serviranje modula u slučaju kvara jer u tom slučaju nema potrebe za prelemljavanjem. Izgled izrađene ploče dat je na slici 11, dok je izgled dizajna štampane ploče dat na slici 12.



Slika 11. Izgled izrađene štampane ploče



Slika 12. Dizajn štampane ploče

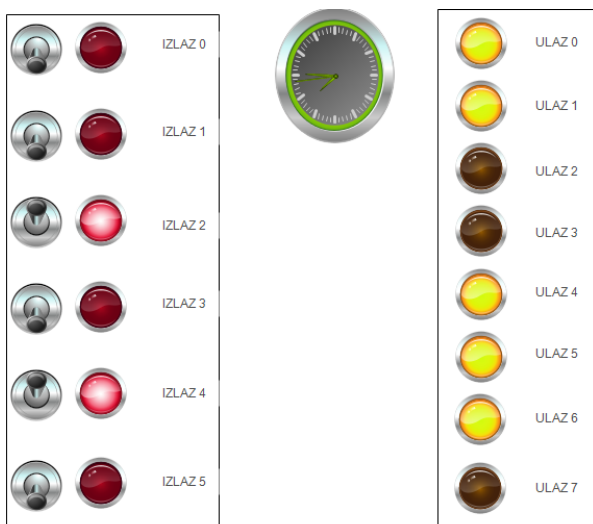
3. RAZVOJ SOFTVERA

Programiranje logike ovog modula zavisi od odabranog tipa mikrokontrolera/SBC računara. Korisniku je omogućen širok izbor programskih jezika u slučaju korišćenja Raspberry Pi SBC računara kao logičke jedinice. Najčešće korišćeni programski jezici za programiranje ovog SBC računara su Python, C, C++, Java, Codesys (podržava ladder logiku i vizuelizaciju) itd.

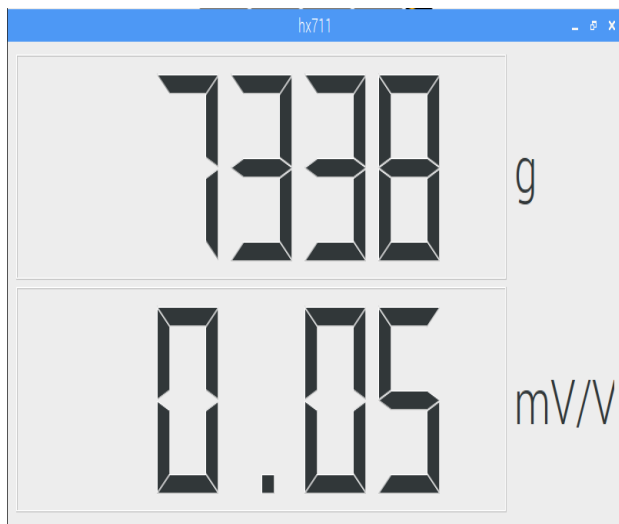
U slučaju korišćenja nekog od mikrokontrolera, najčešće korišćeni programski jezik je C, koji se uglavnom koristi sa razvojnim okruženjem (IDE-om) proizvođača mikrokontrolera. Testiranje ovog modula je izvršeno upotrebom Raspberry pi SBC računara.

Za različite funkcionalnosti modula razvijene su aplikacije koje su napisane u različitim programskim jezicima kako bi se demonstrirale mogućnosti razvoja upravljačke logike. Aplikacija razvijena u Codesys programskom paketu se koristi za demonstraciju funkcionalnosti digitalnih ulaza, izlaza i RTC modula, dok se aplikacija razvijena upotrebom Python-a i QT5 programskog paketa koristi za demonstraciju rada AD modula sa mernom ćelijom.

Obe aplikacije su razvijene sa vizualizacijom prilagođenom za 7" ekran osjetljiv na dodir proizvođača *Adafruit*. Vizualizacije obe aplikacije date su na slikama 13 i 14.



Slika 13. Codesys aplikacija



Slika 14. Python-QT5 aplikacija

4. PRIMENA

Praktična primena modula je prvenstveno industrijska, a može biti i edukativna. U industrijskog primeni, ovaj modul je idealan za manje dozirne sisteme jer podržava korišćenje memnih ćelija. Zahvaljujući *RS485* i *RS232* interfejsima omogućena je sprega sa raznim industrijskim uređajima koja podržavaju ovaj način komunikacije. U slučaju korišćenja *Raspberry pi SBC* računara kao logičke jedinice, moguće je implementirati većinu industrijskih protokola koji su zasnovani na *ethernet* interfejsu. Pored toga moguće je dodati i ekran osjetljiv na dodir za prikaz relevantnih informacija procesa i unos parametara od strane operatera.

Ovo su funkcionalnosti koje moderni *PLC*-ovi trenutno podržavaju. U edukativnoj primeni ovaj modul može da predstavlja razvojni system za obuku studenata, đaka, hobista itd. Podržava većinu interfejsa koji standardni mikrokontroleri podržavaju (*I2C*, *UART*, *SPI*, *bit bang*,

digitalne ulaze i izlaze) kao i širok izbor samih mikrokontrolera. Upotreba različitih logičkih jedinica podrazumeva izradu adaptera za spregu sa modulom. Korisnici bi upotrebom ovog modula mogli relativno brzo i efikasno da upravljaju različitim aktuatorima i obrađuju signale sa raznih senzora koji se koriste u industriji.

5. ZAKLJUČAK

Trend automatskog upravljanja sve više i više raste što podstiče razvoj malih upravljačkih sistema koji su modularni i jednostavni za upotrebu. U ovom radu je predstavljena izrada jednog takvog sistema, opisane su njegove mogućnosti, raznovrsnost i primena. Projektovani modul ispunjava sve funkcionalnosti projektnog zadatka. Testiranja pojedinačnih blokova modula su izvršena upotrebom *Raspberry pi SBC* računara u laboratorijskim uslovima.

Slede testiranja u konkretnoj primeni u industrijskom okruženju. Upotrebom ovog industrijskog modula, korisnici mogu sami da odaberu logičku jedinicu pa samim tim i programski jezik za razvoj logike. Modul u sprezi sa logičkom jedinicom predstavlja uređaj koji može da parira savremenim *PLC*-ovima. Pristupačna cena ovog modula u poređenju sa cenom nekog od *PLC*-ova u sličnoj klasi performansi i ulazno izlaznih opcija predstavlja veliku prednost. Dalji razvoj ovog projekta bi podrazumevao objedinjavanje modula sa ugrađenom logičkom jedinicom, ekranom osjetljivim na dodir kao i analognom izlaznom jedinicom.

6. LITERATURA

- [1] Internet sajt, specifikacija *mikroBus*-a <https://www.mikroe.com/mikrobus/>, septembar 2017
- [2] Internet sajt, specifikacija *UART* protokola <http://ece.colorado.edu/~ecen2120/Manual/uart/UART.html>, septembar 2017
- [3] Internet sajt, specifikacija i demo aplikacija *Tiny RTC* modula. https://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=Tiny_RTC, septembar 2017.
- [4] Internet sajt, *datsheet* *HX711* modula https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf, septembar 2017.

Kratka biografija:



Goran Tanasić rođen je u Sremskoj Mitrovici 1990. god. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjena elektronika odbranio je 2014.god.



Vladimir Rajs rođen je 1982. godine u Apatinu. Diplomirao je 2007, a doktorirao 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Od 2016. godine zaposlen je kao docent na Departmanu za elektroniku, energetiku i telekomunikacije FTN-a. Oblasti interesovanja su mu elektronika i primenjena elektronika