# Veliki sat s riječima

**Kukrika, Vedran**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:601519

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-24**

*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Sveučilišni studij**

# VELIKI SAT S RIJEČIMA

**Diplomski rad**

**Vedran Kukrika**

**Osijek, 2020**

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

**Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit**

**Osijek, 20.09.2020.**

**Odboru za završne i diplomske ispite**

# Imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit

| | |
|---|---|
| **Ime i prezime studenta:** | Vedran Kukrika |
| **Studij, smjer:** | Diplomski sveučilišni studij Računarstvo |
| **Mat. br. studenta, godina upisa:** | D-992R, 20.09.2019. |
| **OIB studenta:** | 96023713112 |
| **Mentor:** | Izv. prof. dr. sc. Ivan Aleksi |
| **Sumentor:** | |
| **Sumentor iz tvrtke:** | |
| **Predsjednik Povjerenstva:** | Izv.prof.dr.sc. Tomislav Keser |
| **Član Povjerenstva 1:** | Izv. prof. dr. sc. Ivan Aleksi |
| **Član Povjerenstva 2:** | Izv. prof. dr. sc. Damir Blažević |
| **Naslov diplomskog rada:** | Veliki sat s riječima |
| **Znanstvena grana rada:** | **Arhitektura računalnih sustava (zn. polje računarstvo)** |
| **Zadatak diplomskog rada:** | (Temu rezervirao Vedran Kukrika) Potrebno je napraviti veliki zidni sat s riječima koristeći wemos D2 mini lite i LE diode WS2812b. |
| **Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):** | Izvrstan (5) |
| **Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:** | Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda<br>Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda<br>Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda<br>Razina samostalnosti: 3 razina |
| **Datum prijedloga ocjene mentora:** | 20.09.2020. |

| | |
|---|---|
| Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija: | Potpis: |
| | Datum: |

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

# IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

**Osijek, 26.09.2020.**

| | |
|---|---|
| **Ime i prezime studenta:** | Vedran Kukrika |
| **Studij**: | Diplomski sveučilišni studij Računarstvo |
| **Mat. br. studenta, godina upisa:** | D-992R, 20.09.2019. |
| **Turnitin podudaranje [%]:** | 7 |

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Veliki sat s riječima**

izrađen pod vodstvom mentora Izv. prof. dr. sc. Ivan Aleksi

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

## Sadržaj

1. UVOD ..... 1
1.1. Zadatak diplomskog rada ..... 1
2. VELIKI SAT S RIJEČIMA ..... 2
2.1. Struktura i građa sata ..... 3
3. REALIZACIJA VELIKOG SATA S RIJEČIMA ..... 4
3.1. Korišteni alati i tehnologije ..... 4
3.1.1 ATMEGA 328P – Arduino ..... 4
3.1.2 WS2812b LED ..... 5
3.1.3 DS3231 RTC ..... 7
3.1.4 IR senzor ..... 8
3.2. Građa i karakteristike velikog sata s riječima ..... 9
3.2.1. Struktura i funkcionalnost sata ..... 9
3.2.2. Prikaz vremena ..... 10
3.2.3. Mjerenje vremena ..... 12
3.3. Shema sata ..... 13
3.4. Algoritam upravljanja ..... 14
3.4.1. Upravljanje izvršnom jedinicom ..... 14
3.4.2. Očitavanje vremena ..... 15
3.5. Realizacija sata ..... 16
3.5.1. Izrada drvene baze od medijapana ..... 16
3.5.2. Izrada tiskane pločice ..... 18
3.5.3. Sastavljanje sata ..... 20
3.5.4. Podešavanje sata ..... 23
3.5.5. Testiranje funkcionalnosti ..... 24
4. ZAKLJUČAK ..... 26
LITERATURA ..... 27
SAŽETAK ..... 28
ABSTRACT ..... 29
ŽIVOTOPIS ..... 30
PRILOZI ..... 31

# 1. UVOD

Cilj ovog diplomskog rada je proučiti i dizajnirati model velikog sata s riječima primjenom Arduino razvojne platforme i pripadajućeg mikrokontrolera. Za razliku od uobičajenih, modernih satova koji su uvriježeni u današnjem društvu, sat s riječima nema niti jedan broj, kazaljku niti display već samo slova. Prema definiranom algoritmu u mikrokontroleru, sat pomoću svijetlećih dioda osvjetljava slova koja tvore riječi, odnosno rečenicu sa točnim vremenom. Kroz sljedećih nekoliko poglavlja ovog diplomskog rada detaljno će biti pojašnjeno na koji način i kako je izrađen model sata, te koje su sve tehnologije, odnosno alati korišteni u izradi.

## 1.1. Zadatak diplomskog rada

Zadatak ovog diplomskog rada je projektirati, izraditi i testirati model velikog sata s riječima, te omogućiti njegovo udaljeno upravljanje i podešavanje. Sat će sadržavati WS2812b LE-Diode, elektroničke pločice, Arduino i DS323 sklop za mjerenje vremena. Pored toga, osnovni izazovi su dizajn kućišta sata, dizajn i izrada elektroničke pločice te pisanje programa za mikrokontroler.

## 2. VELIKI SAT S RIJEČIMA

Poznati moderni satovi su mehanički, te se većinom se sastoje od analognih kazaljki kojima upravlja opruga i pokazuju vrijeme na temelju sekundi. Njihov se dizajn nije uvelike promijenio sve od 15. stoljeća kada su osmišljeni, sve dok početkom 20. stoljeća nije uveden kristalni oscilator koji je današnji standard za analogne satove, pa tako i one s LCD-om (engl. *Liquid Cristal Display*), poznatije kao „digitalni“.

Za razliku od poznatih, modernih satova, ovaj sat ne prikazuje vrijeme korištenjem mehaničkih kazaljki ili LCD displaya, već koristi 16x16 matricu slova gdje svaki element matrice prikazuje jedno slovo u riječi. Odnosno, ovaj sat prikazuje vrijeme osvjetljavanjem slova u riječi koje potom tvore rečenicu koja govori koliko je sati.

Na primjer, „Sada je sedam sati i petnaest minuta“ je rečenica sa 7 riječi odnosno 36 slova. Dakle, na satu će zasvijetliti 36 svjetlećih dioda ispod određenih slova kako bi tvorile tu rečenicu.

**Slika 2.1:** Matrica slova

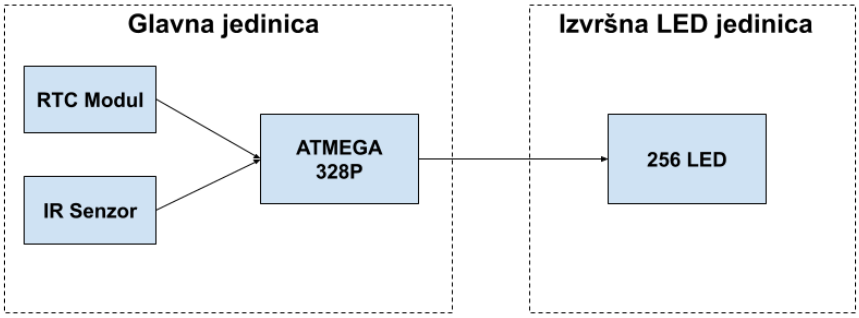
## 2.1.Struktura i građa sata

Ovaj sustav se sastoji od nekoliko cjelina:

- **Glavna jedinica** – jedinica zadužena za mjerenje vremena i način prikaza. Na njoj se nalazi mikrokontroler i mjerač vremena. Mikrokontroler ima zadaću da od mjerača vremena prikupi podatke, obradi ih i odluči na koji način će ih prikazati. Glavna jedinica ima mogućnost spajanja s računalom za potrebe ažuriranja softvera.

- **Izvršna LED jedinica** – jedinica zadužena za prikaz vremena. Sastoji se od 4 ploče od kojih svaka sadrži 64 LE diode. Ona prima naredbu od glavne jedinice koje LE diode će upaliti na kojoj poziciji.

Shematski prikaz organizacije sustava prikazan je na slici 2.2:




**Slika 2.2:** Shematski prikaz organizacije sustava sata s riječima

# 3. REALIZACIJA VELIKOG SATA S RIJEČIMA

Kao što je napomenuto o u prethodnom poglavlju, sat se sastoji od glavne jedinice i izvršne LED jedinice. U ovom poglavlju bit će preciznije opisan način realizacije sata, sa hardverske i softverske strane, te pojašnjeno zašto je korištena određena komponenta.

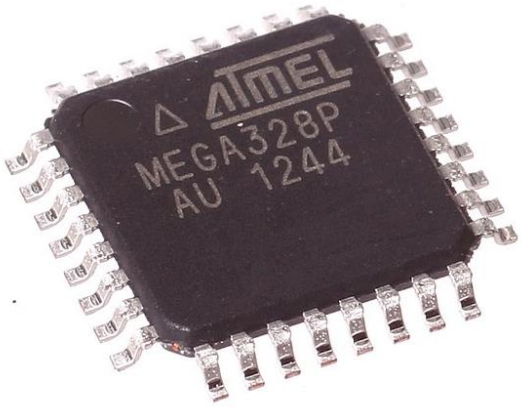
## 3.1. Korišteni alati i tehnologije

### 3.1.1 ATMEGA 328P – Arduino

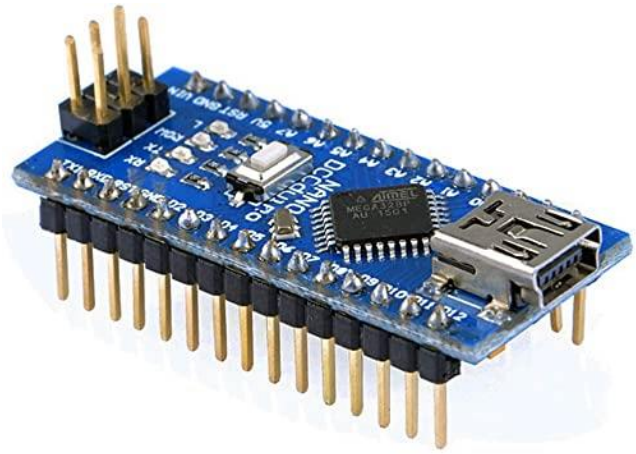
Atmel ATMEGA 328P je dobro poznati mikrokontroler, po tome što se koristi u većini Arduino razvojnih pločica poput Arduino Nano, Arduino Uno, i sl.

Arduino je open-source platforma koja omogućava vrlo jeftino i jednostavno konstruiranje hardverskih i softverskih uređaja, te omogućava spajanje računala s fizičkim svijetom.
Arduino je stvorila talijanska tvrtka SmartProjects 2005. godine rabeći 8-bitne mikrokontrolere Amtel AVR, s ciljem stvaranja jednostavne, male i jeftine platforme s kojom bi mogli ostvariti povezanost računala sa stvarnim svijetom.

Glavni dio Arduina jesu mikrokontroleri. Mikrokontroler je računalo sadržano na jednom integriranom sklopu. Arduino okruženje najčešće koristi 8-bitne mikrokontrolere koje proizvodi tvrtka ATMEL.
Na slici 3.1 i 3.2 prikazani su Arduino razvojna pločica i ATMEGA 328P mikrokontroler.




**Slika 3.1:** ATmega 328P mikrokontroler [8]



**Slika 3.2:** Arduino Nano razvojna pločica [1]

### 3.1.2 WS2812b LED

Svjetleća dioda, poznata pod nazivom LE dioda (engl. *Light emitting diode)* je elektronička poluvodička komponenta koja prilikom prolaska električnog signala emitira optički signal (svjetlost).

Osnovna verzija LE diode ima dvije elektrode – katodu i anodu. Anoda se spaja na pozitivan pol napajanja, katoda na negativan. Kad je spojena na taj način, može se reći da je dioda propusno polarizirana. Kod propusno polarizirane diode elektroni prolazeći kroz p-n spoj emitiraju energiju koja se dijelom pretvara u toplinu a dijelom u zračenje. To emitiranje energije ljudskom oku je vidljivo i može se reći da dioda „svijetli“. Boja tog svjetla varira u ovisnosti o poluvodiču i primjesama u njemu - od infracrvenog, preko vidljivog, do ultraljubičastog spektra. Na slici 3.3 prikazan je izgled svjetlećih dioda.

**Slika 3.3:** LE dioda [7]

**Slika 3.4**: WS2812b LE dioda [4]

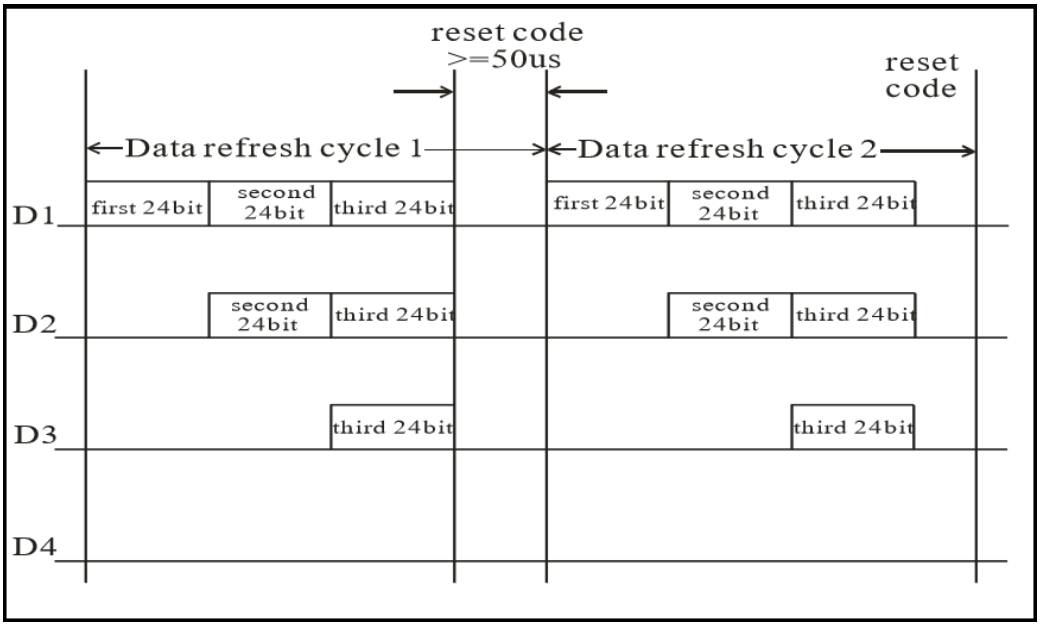
No, za razliku od običnih LE dioda, WS2812b pored poluvodičkog elementa koji emitira svjetlost, sadrži integrirani mikrokontroler koji omogućava upravljanje pojedinom diodom. WS2812b se sastoji od tri diode – crvene, plave i zelene. Sve tri diode se nalaze u istom kućištu kao i mikrokontroler koji s njima upravlja.

Na kućištu WS2812b LE diode nalaze se četiri izvoda, a to su:

- GND – negativni pol napajanja
- VDD – pozitivni pol napajanja
- DIN – ulazni podatkovni pin
- DOUT – izlazni podatkovni pin

Ove LE diode su dizajnirane na način da se mogu spajati u seriju, tako da je adresa pojedine LE diode određena njezinim položajem u serijskom spoju. Odnosno, za upravljanje velikim brojem dioda potreban je samo jedan pin mikrokontrolera. Na ovaj način moguće je spojiti 256 RGB LE dioda na samo 1 pin ATMEG-a, što je upravo razlog odabira ove vrste LE diode i jednostavnog mikrokontrolera.

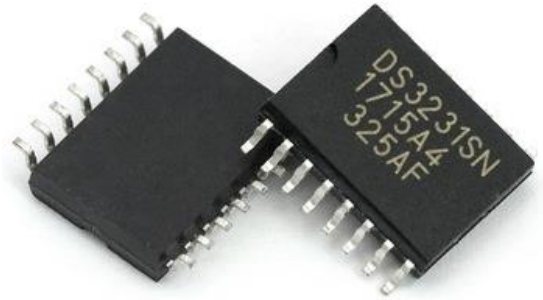
Na DIN izvod svjetleće diode mikrokontroler šalje niz „0“ i „1“. Od tog niza, mikrokontroler u samoj svjetlećoj diodi sprema prvih 24 bita, odnosno 3 bajta. Koriste se 3 bajta zato što se koriste 3 boje (crvena, zelena i plava), na taj način intenzitet svake boje definiran je u 256 razina (0-255). Nakon što primi 3 bajta, ostale bitove koji dolaze na DIN prosljeđuje na DOUT koji je spojen na DIN kontakt iduće diode, i tako se postupak ponavlja onoliko puta koliko ima dioda u spoju. Primjer komunikacije prikazan je na slici 3.5




**Slika 3.5**: WS2812b komunikacija među diodama [4]

### 3.1.3 DS3231 RTC

RTC – (engl. *Real Time Clock*) je uređaj koji se koristi za mjerenje vremena. Odnosno, to je integrirani sklop koji ima zadatak brojanja vremena čak i kada nestane glavno napajanje sustava. On uz sebe ima bateriju koja ga napaja u slučaju nestanka napajanja, tako da kad se sustav pokrene, mikrokontroler učita stanja registara iz RTC integriranog sklopa kako bi znao trenutno vrijeme. Ovaj RTC integrirani sklop ima mogućnost brojanja sati, minuta, sekundi, godina, sve do 2100. godine. Njegov izgled je prikazan na slici 3.6.




**Slika3.6:** Izgled DS3231.

Osnovni problem kod RTC integriranih sklopova je taj što su kristali koji se koriste u njima osjetljivi na temperaturu. Odnosno, osciliraju brže i sporije ovisno o promjeni temperature. Time se može dobiti kriva procjena vremena. Kod DS3231 nema tog problema, zato što koristi temperaturno osjetljivi kristal – TCXO(engl. *Temperature compensated crystal oscillator*) koji prilagođava svoje oscilacije temperaturi.

DS3231 je relativno jeftin, koristi I2C sučelje kao komunikaciju sa mikrokontrolerom, te dopušta bilo kakvu bateriju do 3V kao vanjsko napajanje, što ga čini izvrsnom komponentom za primjenu u sustavu koji ovaj rad proučava.

### 3.1.4 IR senzor

IR senzor (engl. *Infrared sensor*) je senzor koji može vidjeti infracrveni spektar zračenja, koji je ljudskom oku nevidljiv.

U ovom slučaju navedeni IR senzor se koristi kao prijemnik za daljinski upravljač. Daljinski upravljač emitira infracrveni signal na frekvenciji od 38kHz. Za daljinski upravljač se koristi 38kHz frekvencija kako ostala infracrvena zračenja (poput npr. sunčevog) ne bi imala utjecaja na signal koji se prenosi, odnosno kako ne bi došlo do interferencije i greške u prijenosu.

Svaka tipka na daljinskom upravljaču je programirana određenim kodom koji se prenosi kroz infracrveni signal nakon pritiska tipke. Mikrokontroler nakon detekcije pomoću IR senzora dekodira signal i registrira koja je tipka pritisnuta.

**Slika 3.7:** IR senzor sa daljinskim upravljačem

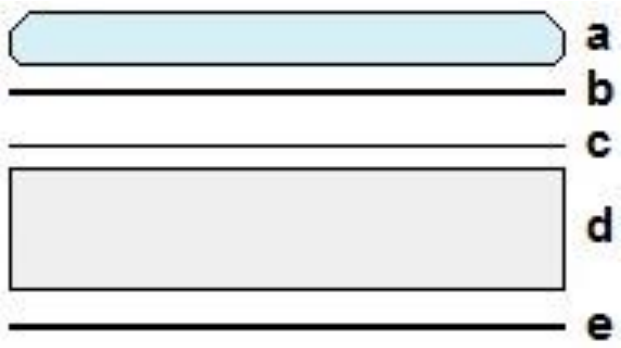
IR senzor prikazan na slici 3.7 na sebi ima 3 pina. Od ta tri pina, dva su korištena za napajanje senzora, a jedan kao izlaz iz senzora. Kada senzor ne raspoznaje signal, izlaz mu je na naponskoj razini napajanja (logička 1), kada raspozna 38kHz signal izlaz mu je na logičkoj 0.

Upravo zbog svoje jednostavnosti i niske cijene, ovaj senzor je korišten u proučavanom sklopu kako bi se pomoću njega prvi puta postavilo vrijeme sata.

## 3.2. Građa i karakteristike velikog sata s riječima

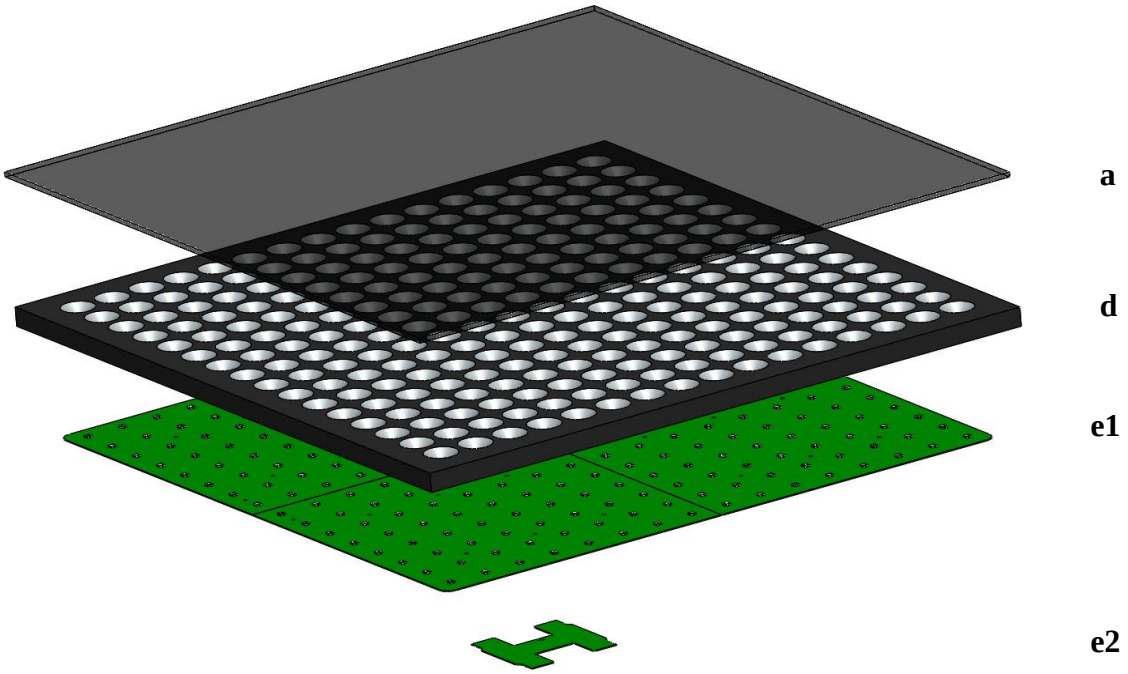
### 3.2.1. Struktura i funkcionalnost sata

Sat je zamišljen prvenstveno kako bi bio relativno jednostavan za izvedbu. Na slici 3.8 prikazana je izvedba sata u slojevima:




**Slika 3.8:** 5 slojeva sata [9]

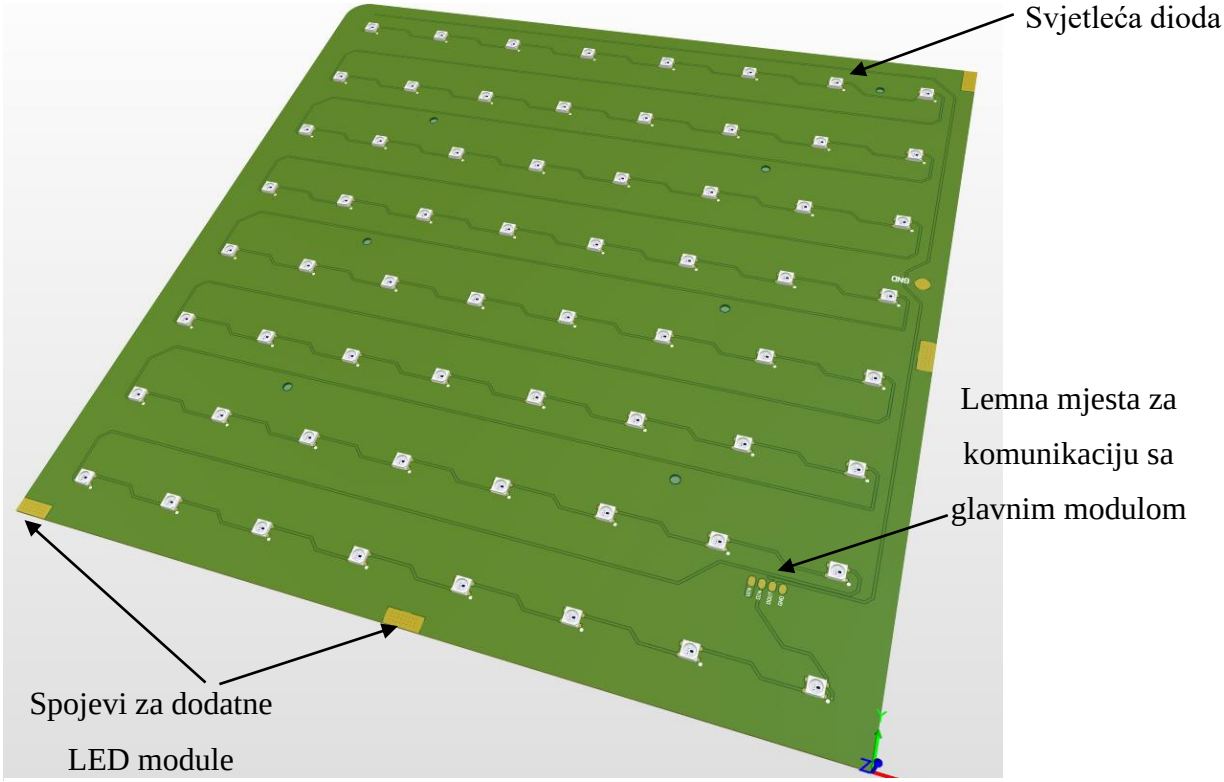
Osnova svega je drvena baza od medijapana (d), na koju je nalijepljena zamućena folija (c), zatim slijedi staklo (a) koje sa svoje donje strane ima nalijepljenu masku sa slovima(b). Sa donje strane medijapana nalazi se 4 tiskane pločice (LED paneli) sa 64 svjetleće diode na svakoj, koje tvore izvršnu LED jedinicu (e1). Na pločice se lemljenjem pričvršćuje glavna jedinica s mikrokontrolerom (e2) koja upravlja radom izvršne jedinice. Detaljniji prikaz slojeva prikazan je na slici 3.9:




**Slika 3.9:** Slojevi sata s riječima

### 3.2.2. Prikaz vremena

U ovom poglavlju pobliže će se pojasniti rad izvršne LED jedinice. Kao što je napomenuto u prethodnom poglavlju, izvršna LED jedinica se sastoji od 256 svjetlećih dioda raspoređenih na 4 tiskane pločice (prikazano na slici 3.8 – sloj e1). Jedna tiskana pločica sadrži 64 svjetleće diode i dimenzije je 280x280mm. Može se reći da se jedna izvršna LED jedinica sastoji od 4 modula. Izgled jednog modula prikazan je na slici 3.10.




**Slika 3.10**: LED modul

LED modul sa jede strane ima svjetleće LE diode, a s druge strane svaka dioda ima pripadni kondenzator.

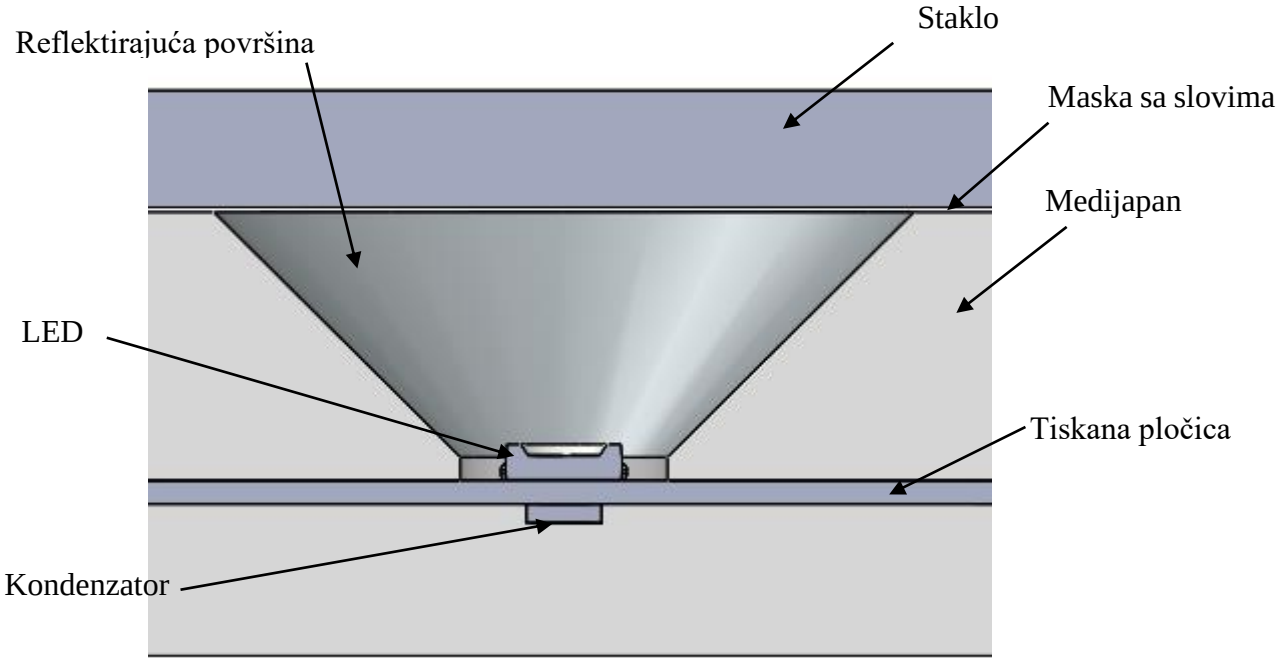
Na rubovima modula se nalaze spojevi pomoću kojih se spajaju 4 modula. Jedan spoj je za pozitivni pol napajanja (+) a drugi spoj je za negativni pol napajanja (-).

U donjem desnom dijelu modula se nalaze 4 dodatna lemna mjesta, od toga su 2 spoja za prijenos napajanja na glavnu jedinicu, jedan spoj za ulaz podataka na panel, jedan spoj za izlaz podataka iz panela.

Jedan po jedan modul se umeću u stražnju stranu medijapan drvene baze. Kada se umetnu sva 4 modula, spojevi se zaleme kako bi se moduli spojili, te se kao krajnji korak moduli sa vijcima spoje za medijapan.

U medijapanu se nalazi onoliko rupa koliko ima svjetlećih dioda. Kroz svaku rupu prolazi dioda te osvjetljava slovo. Rupe su napravljene u obliku reflektora na način da je donji promjer rupe (uz LED) 9mm, a gornji promjer (uz slovo) 30mm. Površina je prebojana reflektirajućom bojom kako bi se zrake svjetlosti sa diode bolje odbijale.

Na slici 3.11 prikazan je presjek jedne rupe i svjetleće diode, sa pojašnjenjima.




**Slika 3.11:** Prikaz smještaja svjetleće diode

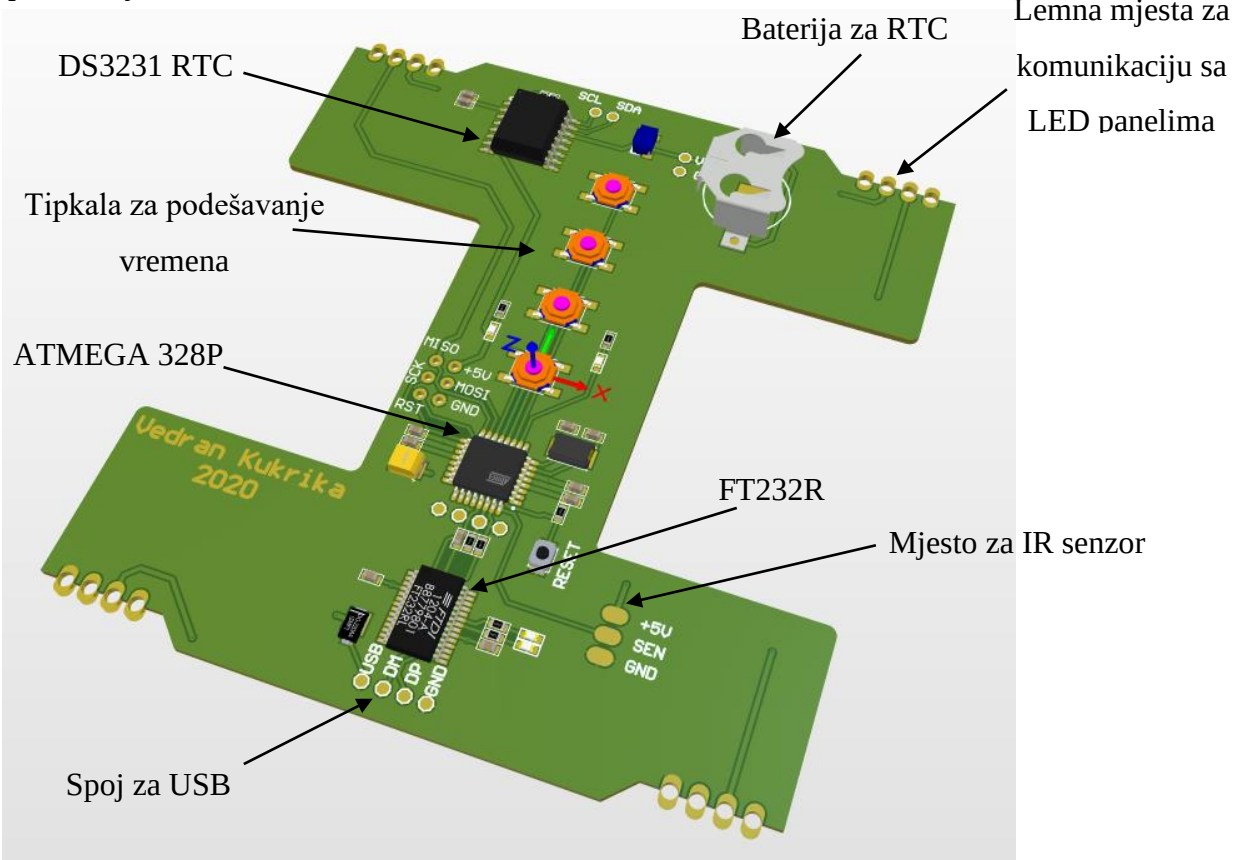
Na ovaj način olakšano je dizajniranje i sastavljanje proizvoda, a samim time spušta se i krajnja cijena proizvoda.

Shema spoja LED modula nalazi se u prilogu P5

### 3.2.3. Mjerenje vremena

Za mjerenje vremena zadužena je glavna jedinica. Glavna jedinica na sebi sadrži već prije spomenuti ATMEGA 328P mikrokontroler, DS3231 RTC mjerač vremena, IR senzor te FT232R integrirani krug za UART komunikaciju, nekoliko tipkala i bateriju.

Oblik glavne jedinice prilagođen je tako da se može zalemiti na stražnju stranu 4 LED modula, odnosno na 4 prije spomenuta lemna mjesta (kao što je prikazano na slici 3.10). Detaljniji prikaz modula prikazan je na slici 3.12.




**Slika 3.12:** Glavni modul

Glavnu jedinicu je potrebno zalemiti sa ukupno 16 lemnih spojeva na LED module. Lemni moduli se nalaze u 4 ugla glavne jedinice. Pored toga, potrebno je žicama spojiti IR senzor sa glavnim modulom, zato što IR senzor mora biti negdje na rubu pločice gdje će detektirati daljinski upravljač.

Za očuvanje vremena potrebno je koristiti standardnu LR44 bateriju koja se umetne u mjesto predviđeno za bateriju na pločici. Alternativno, žice baterije se mogu zalemiti na lemna mjesta za bateriju i moguće je koristiti neku drugu vrstu baterije.

Ukoliko dođe do kvara IR senzora ili njegovog daljinskog upravljača, moguće je podesiti vrijeme na satu koristeći 4 tipkala na modulu. Shema glavne jedinice prikazana je u prilogu P4.

## 3.3. Shema sata

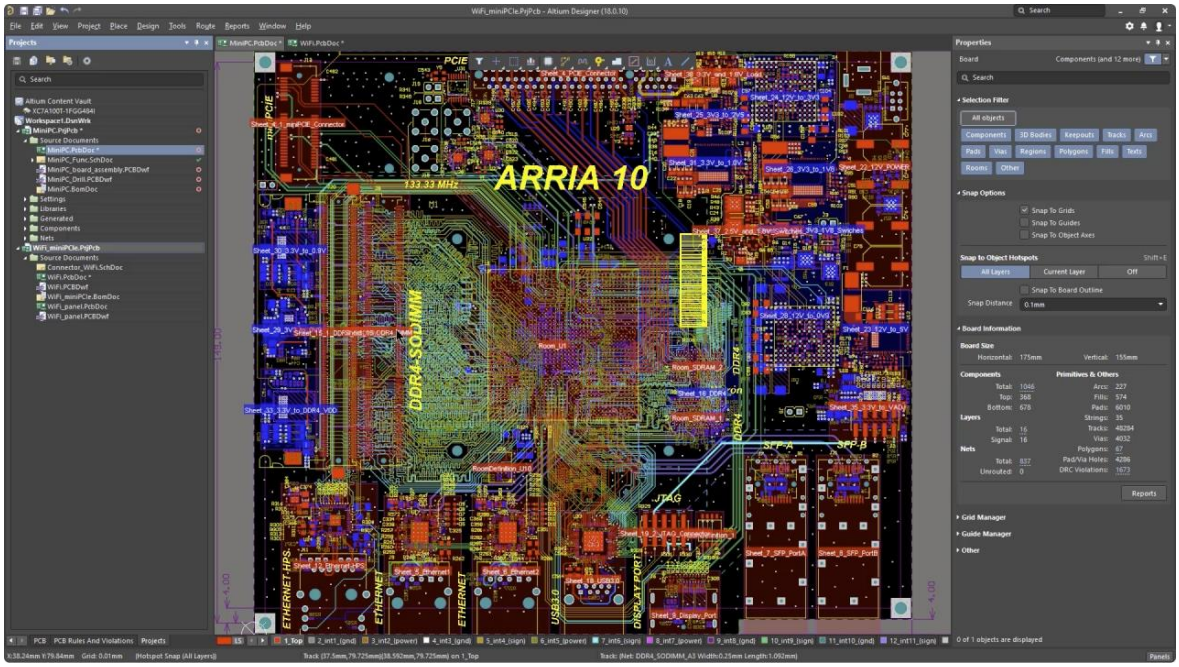
Shema sustava dizajnirana je koristeći računalni program Altium Designer tvrtke Altium Limited. Altium Designer je napredni alat namijenjen upravo za dizajn tiskanih pločica prema prethodno nacrtanoj shemi. Pored dizajna, neke od osnovnih prednosti korištenja ovog alata su:

- Integracija s bazama većih dobavljača komponenata
- Interaktivno 3D uređivanje modela komponenata
- Simulacija preslušavanja signala na tiskanoj pločici
- Izračun impedancija vodova

Korisničko sučelje Altium Designer-a prikazano je na slici 3.13.

Shema jednog LED modula i popis korištenih komponenata nalazi se u prilogu P5.

Shema glavne jedinice i popis korištenih komponenata nalazi se u prilogu P4.

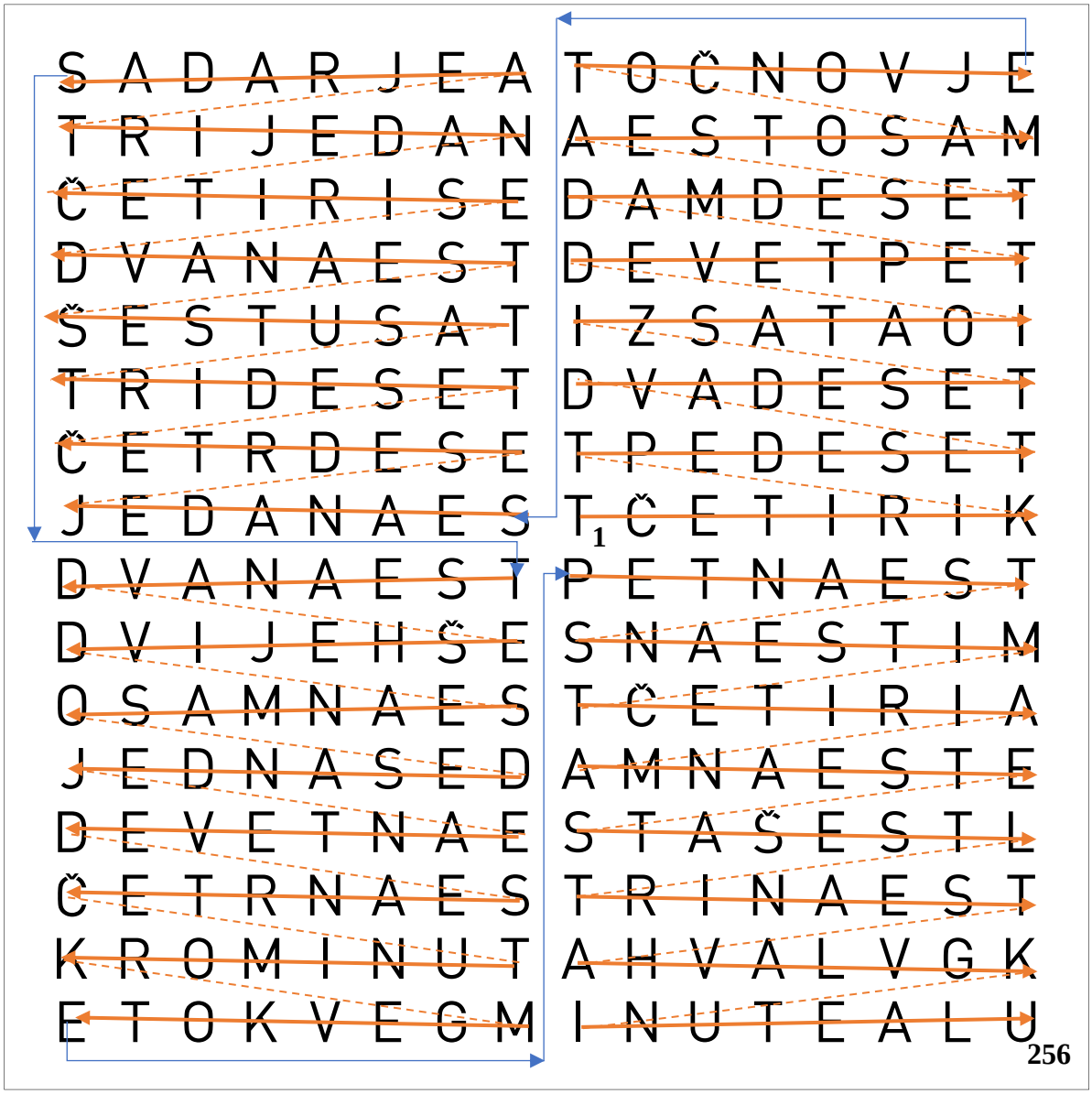



**Slika 3.13:** Altium Designer

## 3.4. Algoritam upravljanja

### 3.4.1. Upravljanje izvršnom jedinicom

Za upravljanje svjetlećim diodama potrebno ih je adresirati prema vremenu. Zbog toga je svakom slovu dodijeljen redni broj LE diode koja se nalazi pod njim. Redni brojevi idu od 1 (prva dioda) do 256 (zadnja dioda). Način dodjeljivanja ovisi o tome kako su diode spojene na izvršnoj LED jedinici. Način spajanja i broj pojedine diode prikazan je na slici 3.14:




**Slika 3.14:** Raspored brojeva svjetlećih dioda na ploči.

Kako bi se omogućio rad s diodama definirana je Words.h datoteka zaglavlja u kojoj se nalaze 2 matrice. Jedna matrica predstavlja sate a druga minute. Broj redaka predstavlja broj sati odnosno minuta. Matrica hourWords dimenzija 12x13 sadrži definiciju sati, odnosno popis dioda koje trebaju svijetliti kada se prikazuje određeni sat.

Analogno tome, matrica minuteWords dimenzije 59x30 sadrži popis dioda koje trebaju svijetliti kada se prikazuju minute na satu.

Zaglavlje Words.h nalazi se u prilogu P2.

### 3.4.2. Očitavanje vremena

Očitavanje vremena se vrši I2C protokolom iz DS3231 RTC integriranog sklopa. I2C je standardni protokol i kod njega se komunikacija između uređaja obavlja pomoću dvije linije: SDA i SCL. Svaka komponenta na sabirnici može implementirati protokol na dva načina:

- Kao upravljač (upravlja sabirnicom)
- Kao izvršitelj (izvršava naredbe)

U ovom slučaju, ATMEGA 328P je definiran kao upravljač a DS3231 RTC kao izvršitelj.

U programu mikrokontrolera koji je priložen u prilogu P1 vidljivo je da se putem I2C sabirnice konstantno očitava vrijeme sa DS3231, obrađuje i prikazuje na izvršnoj jedinici kroz funkciju updateTime().

## 3.5. Realizacija sata

### 3.5.1. Izrada drvene baze od medijapana

Za konstruiranje 3D modela ovog sata korišten je CAD (engl. *Computer Aided Design*) računalni alat. Zbog toga, moguće je precizno odrediti dimenzije svakog djela sata, te koristiti taj 3D model za CNC (engl. *Computer Numerical Control*) obradu.

Zbog toga korišten je medijapan, vlaknasta ploča srednje gustoće izrađena od proizvoda dobivenih razbijanjem ostataka tvrdog drveta ili mekog drveta u drvena vlakna, često u defibratoru, kombiniranjem voska i veziva od smole te oblikovanjem u ploče primjenom visoke temperature i pritiska. Izgled neobrađene medijapan ploče prikazan je na slici 3.15:

**Slika 3.15**: Ploče medijapana [10]

Medijapan je gušćeg i tvrđeg sastava od iverice koja se slično proizvodi, a samim time je pogodan za različite obrade CNC strojevima.

Računalno numeričko upravljanje, računalom podržano numeričko upravljanje ili jednostavno CNC upravljanje je upravljanje strojevima, najčešće alatnim, pomoću posebnih kodiranih naredbi (instrukcija) programskog jezika G koje se učitavaju u upravljačkom računalu. U CNC sustavu procesor omogućuje izmjenu računalnog programa na samom stroju i moguće je provesti izmjene i tijekom strojne obrade predmeta. To svojstvo omogućuje veliku fleksibilnost u radu i uštedu vremena. Još jedna prednost CNC upravljanja je što je program potrebno napraviti samo jednom, nakon toga se samo mijenja materijal za obradu.

Prikaz CNC stroja i CNC obrade drveta nalazi se na slici 3.16.

**Slika 3.16**: CNC obrada drveta [11]

Za izradu drvene baze sata korišteni su sljedeći alati na CNC stroju:

- Glodalo 6mm
- Glodalo 12mm
- Glodalo 20mm
- Upuštač 90° 30mm

Navedeni alati su standardni pribor svakog seta alata za obradu drveta, zbog čega je vrlo jednostavno proizvesti ovaj komad drveta. Samim time, proizvodnja je i jeftinija. Neki od korištenih alata za obradu drveta prikazani su na slici 3.17.

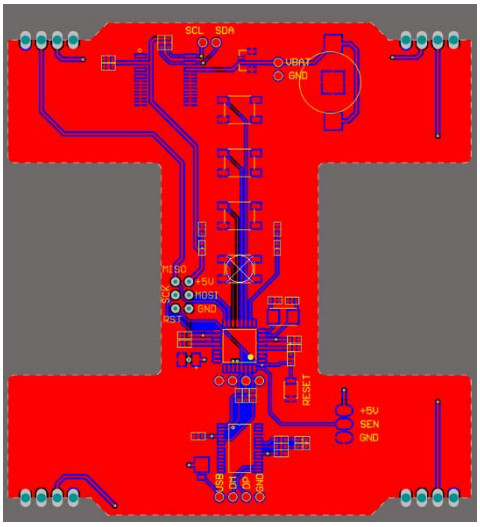
**Slika 3.17**: CNC alati za obradu drveta

### 3.5.2. Izrada tiskane pločice

Tiskana pločica (engl. *printed circuit bord*) naziv je za sredstvo koje se koristi za međusobno mehaničko povezivanje elektroničkih komponenata. Glavni sastav joj je podloga na kojoj se različitim vodljivim materijalima (bakar i sl.) oblikuje nekakva vodljiva struktura (spojevi).

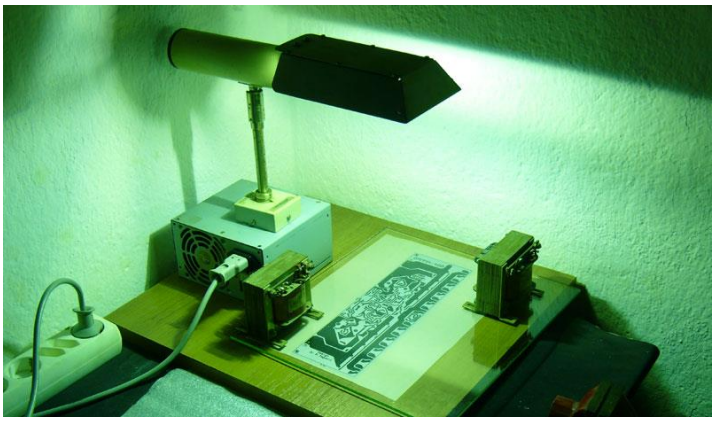
Tiskana pločica se izrađuje u nekoliko koraka:

1.) Izrada nacrta tiskane pločice – Nacrt se izrađuje prema shemi koja je prethodno dizajnirana. Prema shemi program razaznaje gdje i kako treba komponenta biti spojena, prema čemu se dalje crta tiskana pločica. Kao primjer, nacrt tiskane pločice za glavnu jedinicu prikazan je na slici 3.18.




**Slika 3.18**: Nacrt tiskane pločice za glavnu jedinicu

2.) Ispis i osvjetljavanje – Drugi korak označava ispis svakog sloja pločice na prozirnu foliju, te osvjetljavanje foto-osjetljivog UV laka na pločici. Folija se stavi preko pločice, te se skupa stave pod UV izvor svjetla na neko određeno vrijeme.

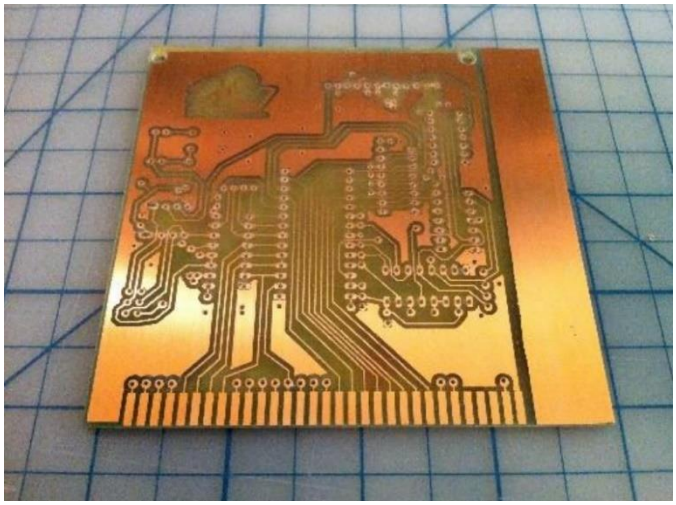


**Slika 3.19**: Osvjetljavanje pločice

3.) Razvijanje i jetkanje – Ovaj korak je ključan. U ovom koraku pločica se prvo opere u razvijaču koji naglasi prenesene linije sa folije. Te linije čine zaštitni sloj bakra koji se neće izjetkati. Kod jetkanja se bakar koji nema zaštitni sloj nagrize kiselinom. Za jetkanje se mogu koristiti mješavina solne kiseline i hidrogena.

**Slika 3.20**: Jetkanje pločice

4.) Posljednji korak je bušenje i završna obrada. U ovom koraku buše se rupe za lemljenje komponenata, prilagođava se oblik pločice i sl. Izgled pločice nakon završne obrade prikazan je na slici 3.21.



**Slika 3.21**: Završena tiskana pločica

Bitno je napomenuti da se tokom cijelog procesa izrade koriste agresivne kiseline i opasni ručni alati, te je preporučeno koristiti zaštitnu opremu!

### 3.5.3. Sastavljanje sata

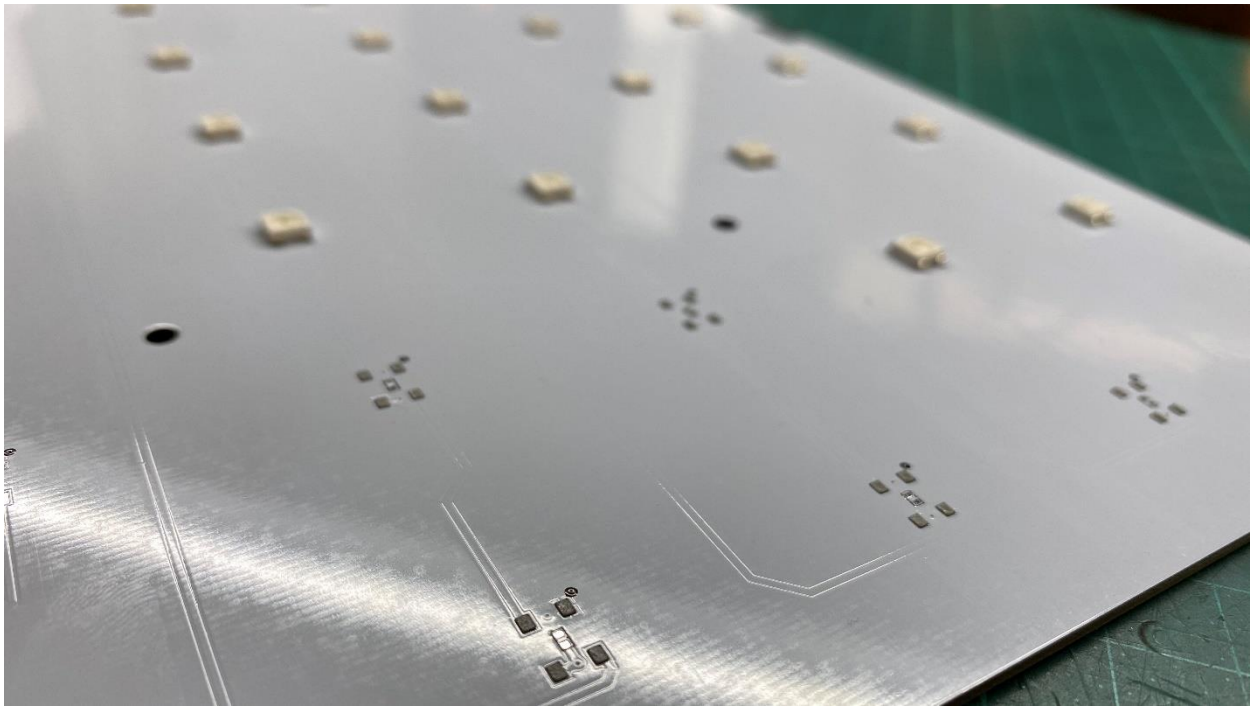
Sastavljanje sata sastoji se od nekoliko koraka:

1.) Lemljenje tiskanih pločica
2.) Sastavljanje drvene baze od medijapana
3.) Lijepljenje folije na staklo

1.) Lemljenje tiskanih pločica

Kada se pločice naruče kod dobavljača, one se dostavljaju bez komponenata na njima. Osnovna zadaća ovog koraka je lemljenje komponenata na pločicu. U ovom slučaju te komponente su (prema shemi u prilogu P5) 64 svjetleće diode i 64 kondenzatora na jednom LED panelu.

Taj postupak se provodi tako što se na lemna mjesta nanese lemna pasta (koja je sačinjena od vrlo sitnih kuglica lema u lemnoj tekućini) na koju se stave komponente, potom se ploča sa komponentama postavi u pećnicu kako bi se pasta otopila i trajno spojila komponente.

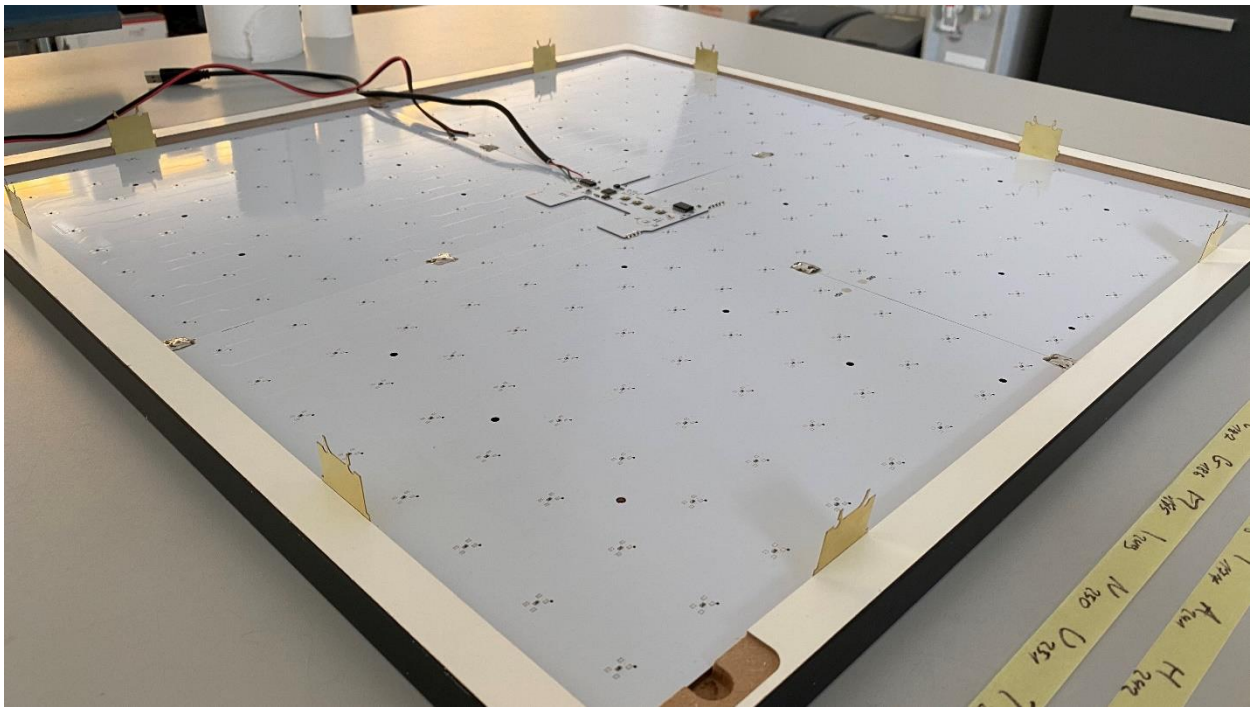


**Slika 3.22**: Završena tiskana pločica sa lemnom pastom

Na slici 3.22 su prikazana lemna mjesta sa pastom i postavljane diode. Idući korak je lemljenje pločice u pećnici za lemljenje SMD komponenata. Isti postupak ponavlja se sa glavnom jedinicom.

2.) Sastavljanje drvene baze od medijapana

U drugom koraku potrebno je prethodno zalemljene LED panele i glavnu jedinicu spojiti te montirati u bazu od medijapana. Kod ovog procesa LED paneli se umetnu u bazu, svaki panel se mora poravnati kako bi bio točno 0.5mm udaljen od ruba drveta, te učvrstiti sa 6 vijaka u drvenu bazu. Nakon toga, na njih se zalemi glavna jedinica. Fotografija postavljenih panela i glavne jedinice prikazana je na slici 3.23.



**Slika 3.23**: Montaža LED panela

3.) Lijepljenje folije na staklo

U ovom koraku potrebno je nalijepiti neprozirnu foliju na prednje staklo. Ovim korakom se postiže da svijetle samo slova sata, a LE diode izgledaju „skriveno“. Staklo je naručeno od proizvođača po dimenzijama sata, 60x60 cm. Također, kako bi se izbjegle ozljede, staklo je strojno obrušeno na rubovima.

Foliju sa izrezanom matricom slova potrebno je nalijepiti besprijekorno, bez prašine, mjehurića zraka i sl. Zbog toga se cijeli proces odvija pod vodom, odnosno, staklo se stavi u vodu i folija se lijepi na staklo dok je pod vodom. Na ovaj način moguće je lakše i preciznije namjestiti foliju na staklo.

Proces lijepljenja prikazan je na slici 3.24:

**Slika 3.24**: Lijepljenje folije na staklo [9]

### 3.5.4. Podešavanje sata

Kada se sat prvi puta upali, on očita vrijednost iz DS3231 integriranog sklopa i prikazuje tu vrijednost. U većini slučajeva ta vrijednost nije točna, te je zbog toga potrebno podesiti sat na točno vrijeme.

To se može postići pomoću prije spomenutog daljinskog upravljača. Slika 3.25 prikazuje korišteni daljinski upravljač. Na slici su označene tipke koje se koriste za namještanje.

**Slika 3.25**: Daljinski upravljač za podešavanje vremena

Kao što se može vidjeti na slici, za podešavanje se koriste 3 tipke. Pritiskom na tipku „OK“ sat ulazi u način rada za podešavanje vremena. Prvo je na redu postavljanje sati, te su svijetleće diode koje prikazuju vrijeme zelene. Tipkama „GORE“ i „DOLJE“ pomjera se trenutno vrijeme. Sljedećim pritiskom tipke „OK“ postavljaju se minute istim postupkom. Pritisak tipke „OK“ završava postavljanje vremena i vraća sat u normalan način rada.

### 3.5.5. Testiranje funkcionalnosti

Testiranje se sastoji od nekoliko testova:

1.) Testiranje LED panela
2.) Testiranje potrošnje struje

1.) Testiranje LED panela

U ovom koraku potrebno je svaki LED panel spojiti na napajanje i provjeriti jesu li se sve svjetleće diode dobro zalemile na ploču. Ukoliko neka dioda nije dobro zalemljena ona neće raditi, a pošto su im podatkovne linije spojene u seriju, sve diode nakon neće raditi. Na taj način vrlo je lagano detektirati i ukloniti kvar. Na slici 3.26 prikazano je testiranje jednog od četiri panela.

**Slika 3.26**: Testiranje zasebnog LED panela

Ovaj postupak potrebno je ponoviti za sva 4 panela, te kada se spoje sva 4 panela zajedno.

2.) Testiranje potrošnje struje

Nakon što je testirana ispravnost lemljenja panela, potrebno je testirati potrošnju struje panela. To se provodi na sličan način kao prethodni korak, samo se u seriju sa napajanjem dodaje ampermetar koji mjeri potrošnju struje. Važno je napomenuti da je napon napajanja sata +5V.

Budući da se WS2812b dioda sastoji od 3 diode - crvene, zelene i plave, potrebno je testirati potrošnju za svaku od boja, te za bijelu boju koja se tvori od sve tri boje. Za očekivati je da će bijela boja biti najveći potrošač struje.

Rezultati testa su prikazani u tablici 3.1:

| | Crvena | Zelena | Plava | Bijela |
|---|---|---|---|---|
| LED panel 1 | 0.83 A | 0.88 A | 0.80 A | 2.30 A |
| LED panel 2 | 0.82 A | 0.88 A | 0.81A | 2.31A |
| LED panel 3 | 0.86 A | 0.86 A | 0.80A | 2.35A |
| LED panel 4 | 0.83 A | 0.85 A | 0.82A | 2.30 A |

**Tablica 3.1**: Testiranje svakog LED panela

Iz rezultata testa može se zaključiti da su sve brojke približno jednake kod svakog panela, odnosno da su sve ledice dobro zalemljene i da ne bi trebalo biti nikakvih nepredviđenih problema tokom rada.

# 4. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu predstavljen je postupak izrade velikog sata s riječima. Koristeći WS2812b svjetleće diode omogućene su mnoge nove značajke koje čine ovu modernu vrstu sata vrlo atraktivnom. Neke od tih značajki su: mijenjanje boja, prikazivanje animacija, itd. Također, ove diode omogućuju danju nadogradnju sustava u bilo kojem trenutku. Korištenjem Arduino razvojnog okruženja u ovom projektu pojeftinjuje se i olakšava izvođenje ovog uređaja. ATMEGA 328P je svojom cijenom i karakteristikama u potpunosti zadovoljio tehnološke zahtjeve potrebne za ostvarivanje navedenog sata. Za potrebe ovog diplomskog rada izrađen je prototip uređaja. Svaka komponenta je zasebno izrađena i testirana kako bi se utvrdila kvalitetna funkcionalnost ovog sata za buduće korištenje.

## LITERATURA

[1] Arduino, pristup 18.9.2020
https://hr.wikipedia.org/wiki/Arduino

[2] CNC upravljanje, pristup 18.9.2020
https://hr.wikipedia.org/wiki/CNC_upravljanje

[3] Atmel ATMEGA 328P, pristup 18.9.2020
http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf

[4] WS2812b LED, pristup 18.9.2020
https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812B.pdf

[5] FT232R USB to UART, pristup 18.9.2020
https://www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232R.htm

[6] DS3231 Datasheet, pristup 18.9.2020
https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf

[7] Svjetleća dioda, pristup: 20.9.2020

https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetle%C4%87a_dioda

[8] ATmega328, pristup 20.9.2020

https://en.wikipedia.org/wiki/ATmega328

[9] Sat sa riječima, pristup 20.9.2020

https://www.elektronika.ba/841/sat-sa-rijecima/

[10] Medijapan, pristup 20.9.2020

https://www.emajstor.hr/clanak/173/Medijapan_iverica_ili_nesto_drugo

[11] Woodshop news, pristup 20.9.2020

https://www.woodshopnews.com/features/look-before-you-leap

# SAŽETAK

Praćenje vremena velika je okupacija i predmet razvijanja od samog početka organiziranog života čovjeka. Zbog toga u ovom radu razrađen je još jedan od načina za praćenje vremena – sat. Ovakva verzija sata poznata pod nazivom „Sat s riječima“ prisutna je u brojnim varijantama, jedna od njih je predstavljena u ovom radu. Korištenjem WS2812b svjetlećih dioda i Arduino razvojne platforme postignuta je jednostavnost od strane dizajna elektronike. Osnovne komponente pored elektroničkih su medijapan ploča i staklo debljine 3mm, koje su lako dostupne, te se time ostvaruje niska cijena samog proizvoda. Velika mogućnost personalizacije prikaza na ovakvom satu ostavlja mogućnost daljnjeg razvijanja uređaja.



Ključne riječi: Sat, DS3231, Arduino, tiskana pločica, LED, CNC obrada,

# ABSTRACT


## Summary

The human need to know and keep track of time, along with technological advances, has led to numerous versions of timekeeping devices - clocks. In addition to many already realized types and versions of clocks, this paper presents another, more modern, way of execution. Using WS2812b LEDs, many new features are enabled that make this modern type of clock very attractive. Some of these features are changing colors, displaying animations, etc. Also, these diodes allow system upgrades at any time. Using the Arduino development environment in this project makes this device cheaper and easier to run. With its price and characteristics, the ATMEGA 328P has fully met the technical requirements necessary for the realization of this clock. For the needs of this diploma work, a prototype of the device was made. Each component has been manufactured and tested separately to determine the quality and functionality of this clock for future use.



**Keywords:** Clock, DS3231, Arduino, printed circuit board, LED, CNC machining

# ŽIVOTOPIS

Vedran Kukrika rođen je 12. veljače 1995. godine u Osijeku. Pohađao je osnovnu školu Franje Krežme od 2003. do 2010. godine i završio ju sa vrlo dobrim uspjehom. Po završetku osnovne škole, 2010. godine upisuje Elektrotehničku i prometnu školu Osijek, smjer tehničar za mehatroniku. Srednjoškolsko obrazovanje završava 2014. godine sa odličnim uspjehom. Iste godine polaže državnu maturu i upisuje Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, stručni studij smjer Automatika, na kojem stječe radne navike i znanja iz područja automatike. Nakon završetka stručnog studija, 2017. godine upisuje razlikovnu godinu na istom fakultetu i zapošljava se u osječkoj tvrtki „ORQA“. Iduće godine završava razlikovnu godinu i upisuje diplomski sveučilišni studij robotike i umjetne inteligencije.

Potpis studenta:

_____

# PRILOZI

## P1 Program za mikrokontroler izvršne jedinice

```
#include <FastLED.h>
#include <IRremote.h>
#include <Wire.h>
#include <DS3231.h>
#include "Config.h"
#include "Words.h"

DateTime currentTime;
DateTime pastTime;

decode_results result;
RTClib rtc;

CRGB leds[NUM_OF_PIXELS];
IRrecv recv(RECV_PIN);
DS3231 Clock;

void setup() {
  FastLED.addLeds<WS2812B, DOUT_PIN, GRB>(leds, NUM_OF_PIXELS);
  Serial.begin(9600);
  recv.enableIRIn();
  randomSeed(analogRead(0));
  Wire.begin();
  Clock.setClockMode(false);
}

void loop() {

  currentTime = rtc.now();

  if (currentTime.minute() != pastTime.minute())
  {
    if (currentTime.hour() > 12)
    {
      updateTime(DateTime(currentTime.year(), currentTime.month(), currentTime.day(), currentTime.hour() - 12,
currentTime.minute(), currentTime.second()));
    }
    else if (currentTime.hour() == 0)
    {
      updateTime(DateTime(currentTime.year(), currentTime.month(), currentTime.day(), 12, currentTime.minute(),
currentTime.second()));
    }
    else
    {
      updateTime(currentTime);
    }
    pastTime = currentTime;
  }


  if (recv.decode(&result))
  {
    delay(10);

    if (result.value == BTN_OK)
    {
      setTime();
      result.value = 0;
    }
    updateTime(rtc.now());
    recv.resume();
  }
```

```
  delay(10);
}

void updateTime(DateTime currentTime)
{
  FastLED.clear(true);

  bool randomB = (random(0, 10) > 5);

  uint16_t index = 0;

  for (int i = 0; i < ADDITIONAL_LENGTH; i++) // set sada je / trenutno je
  {
    if (randomB || currentTime.minute() == 0)
    {
      index = pgm_read_byte(&(additionalWords[2][i])) - 1;
      leds[index] = CRGB::White;
    }
    else
    {
      index = pgm_read_byte(&(additionalWords[1][i])) - 1;
      leds[index] = CRGB::White;
    }
  }

  for (int i = 0; i < HOURS_LENGTH; i++) // set hours
  {
    index = pgm_read_byte(&(hourWords[currentTime.hour() - 1][i])) - 1;
    if (index != 0)
    {
      leds[index] = CRGB::White;
    }
  }

  leds[31] = CRGB::White;

  if (currentTime.minute() != 0)
  {
    for (int i = 0; i < MINUTES_LENGTH; i++) // set minutes
    {
      index = pgm_read_byte(&(minuteWords[currentTime.minute() - 1][i])) - 1;

      if (currentTime.minute() == 11)
        leds[index] = CRGB::White;

      if (index != 0)
      {
        leds[index] = CRGB::White;
      }
    }
  }
  FastLED.show();
}


void printSetupNumber(int number, bool isHour)
{
  FastLED.clear();

  uint16_t index = 0;

  if (isHour)
  {
    for (int i = 0; i < HOURS_LENGTH; i++) // set hours
    {
      index = pgm_read_byte(&(hourWords[number - 1][i])) - 1;
```

```
      if (index != 0)
      {
        leds[index] = CRGB::Green;
      }
    }
  }
  else
  {
    for (int i = 0; i < MINUTES_LENGTH; i++) // set minutes
    {
      index = pgm_read_byte(&(minuteWords[number - 1][i])) - 1;
      if (index != 0)
      {
        leds[index] = CRGB::Green;
      }
    }
  }

  FastLED.show();
}

void setTime()
{
  int hours = currentTime.hour();
  int minutes = currentTime.minute();
  int step = 0;

  while (step < 4)
  {
    if (recv.decode(&result))
    {
      delay(10);
      if (result.value == BTN_OK) {
        step++;
      }

      if (step == 1)
      {
        if (result.value == BTN_UP && hours < 12) {
          hours++;
        }
        if (result.value == BTN_DOWN && hours > 1) {
          hours--;

        }
        if (hours == 12)
          hours = 1;
        printSetupNumber(hours, true);
      }

      if (step == 2)
      {
        if (result.value == BTN_UP && minutes < 60) {
          minutes++;
        }
        if (result.value == BTN_DOWN && minutes > 1) {
          minutes--;
        }
        if (minutes == 60)
          minutes = 1;

        printSetupNumber(minutes, false);
      }

      if (step == 3)
      {
        Clock.setHour(hours);
```

```
        Clock.setMinute(minutes);
        step++;
      }
      delay(10);
      recv.resume();

    }
    delay(10);
  }
}
```

## P2 Words.h zaglavlje programa

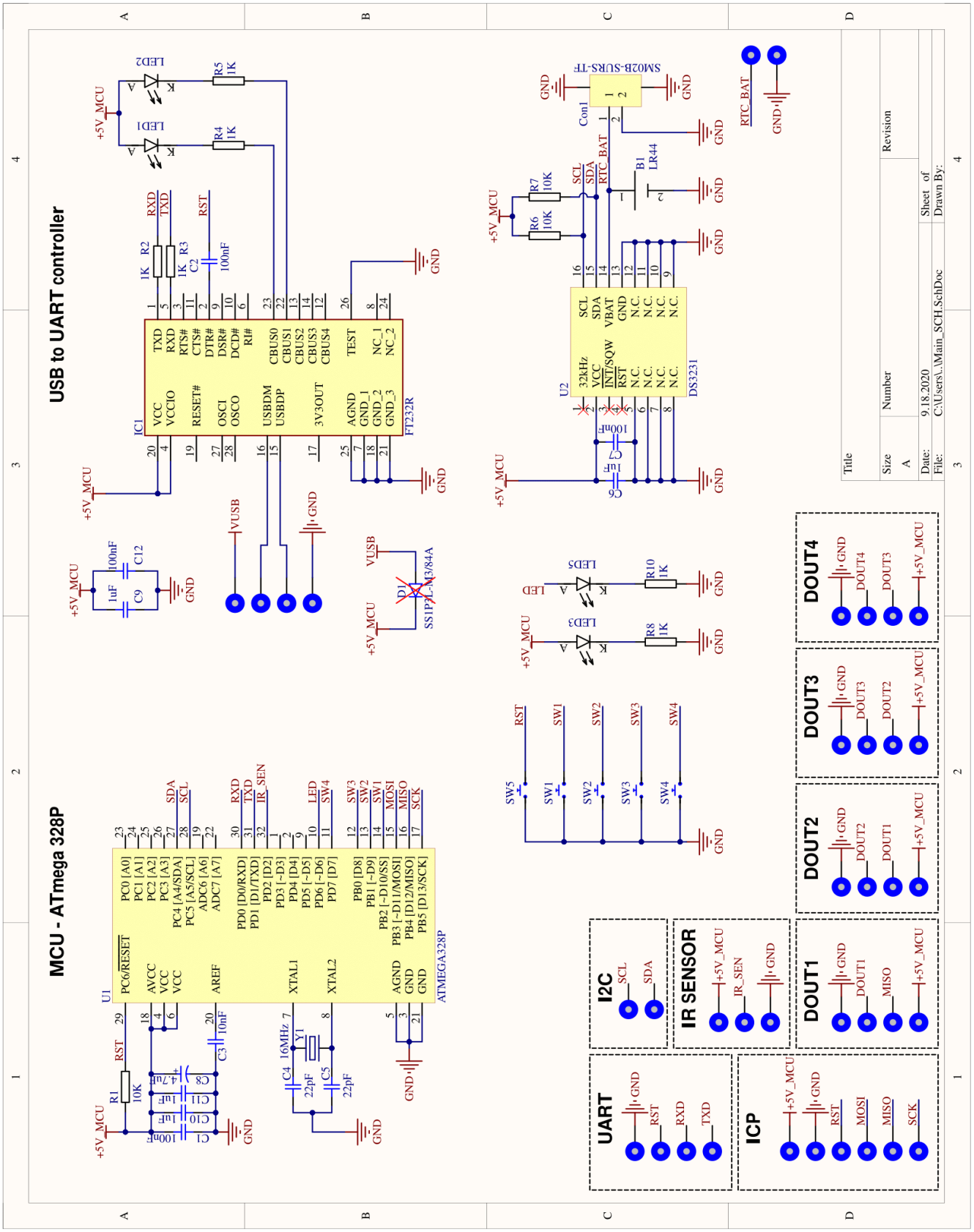
```
#pragma once
#ifndef WORD_H
#define WORD_H
#endif // !WORD_H


#define HOURS_LENGTH 13
#define MINUTES_LENGTH 30
#define ADDITIONAL_LENGTH 7

const uint16_t hourWords[12][13] PROGMEM =
{
	{117,116,115,114,113,27,28,29},//1
	{104,103,102,27,28,29,30},//2
	{120,119,118,27,28,29,30},//3
	{112,111,110,109,108,107,27,28,29,30},//4
	{38,39,40,91,90,89,25},//5
	{96,95,94,93,91,90,89,25},//6
	{106,105,41,42,43,91,90,89,25},//7
	{53,54,55,56,91,90,89,25},//8
	{33,34,35,36,37,91,90,89,25},//9
	{44,45,46,47,48,91,90,89,25},//10
	{117,116,115,114,113,49,50,51,52,91,90,89,25},//11
	{104,103,102,101,100,99,98,97,91,90,89,25}//12
};

const uint16_t minuteWords[59][30] PROGMEM =
{
	{160,159,158,157,156,181,180,179,178,177,241}, //1
	{144,143,142,141,140,185,249,250,251,252,253},//2
	{88,87,86,185,249,250,251,252,253},//3
	{2,3,4,5,6,7,185,249,250,251,252,253},//4
	{193,194,195,181,180,179,178,177,241},//5
	{228,229,230,231,181,180,179,178,177,241},//6
	{155,154,153,217,218,181,180,179,178,177,241},//7
	{152,151,150,149,181,180,179,178,177,241},//8
	{168,167,166,165,164,181,180,179,178,177,241},//9
	{12,13,14,15,16,181,180,179,178,177,241},//10
	{72,71,70,69,68,67,66,65,1,181,180,179,178,177,241},//11
	{136,135,134,133,132,131,130,129,181,180,179,178,177,241},//12
	{233,234,235,236,237,238,239,240,181,180,179,178,177,241},//13
	{176,175,174,173,172,171,170,169,233,181,180,179,178,177,241},//14
	{193,194,195,196,197,198,199,200,181,180,179,178,177,241},//15
	{138,137,201,202,203,204,205,206,181,180,179,178,177,241},//16
	{155,154,153,217,218,219,220,221,222,223,181,180,179,178,177,241},//17
	{152,151,150,149,148,147,146,145,209,181,180,179,178,177,241},//18
	{168,167,166,165,164,163,162,161,225,226,181,180,179,178,177,241},//19
	{17,18,19,20,21,22,23,24,181,180,179,178,177,241},//20
	{17,18,19,20,21,22,23,24,160,159,158,157,156,181,180,179,178,177,241},//21
	{17,18,19,20,21,22,23,24,144,143,142,141,140,185,249,250,251,252,253},//22
	{17,18,19,20,21,22,23,24,233,234,235,185,249,250,251,252,253},//23
	{17,18,19,20,21,22,23,24,210,211,212,213,214,215,185,249,250,251,252,253},//24
	{17,18,19,20,21,22,23,24,193,194,195,181,180,179,178,177,241},//25
	{17,18,19,20,21,22,23,24,228,229,230,231,181,180,179,178,177,241},//26
	{17,18,19,20,21,22,23,24,155,154,153,217,218,181,180,179,178,177,241},//27
	{17,18,19,20,21,22,23,24,152,151,150,149,181,180,179,178,177,241},//28
	{17,18,19,20,21,22,23,24,168,167,166,165,164,181,180,179,178,177,241},//29
	{88,87,86,85,84,83,82,81,181,180,179,178,177,241},//30
	{88,87,86,85,84,83,82,81,160,159,158,157,156,181,180,179,178,177,241},//31
	{88,87,86,85,84,83,82,81,144,143,142,141,140,185,249,250,251,252,253},//32
	{88,87,86,85,84,83,82,81,233,234,235,185,249,250,251,252,253},//33
	{88,87,86,85,84,83,82,81,210,211,212,213,214,215,185,249,250,251,252,253},//34
	{88,87,86,85,84,83,82,81,193,194,195,181,180,179,178,177,241},//35
	{88,87,86,85,84,83,82,81,228,229,230,231,181,180,179,178,177,241},//36
```

```
	{88,87,86,85,84,83,82,81,155,154,153,217,218,181,180,179,178,177,241},//37
	{88,87,86,85,84,83,82,81,152,151,150,149,181,180,179,178,177,241},//38
	{88,87,86,85,84,83,82,81,168,167,166,165,164,181,180,179,178,177,241},//39
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,181,180,179,178,177,241},//40
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,160,159,158,157,156,181,180,179,178,177,241},//41
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,144,143,142,141,140,185,249,250,251,252,253},//42
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,233,234,235,185,249,250,251,252,253},//43
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,210,211,212,213,214,215,185,249,250,251,252,253},//44
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,193,194,195,181,180,179,178,177,241},//45
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,228,229,230,231,181,180,179,178,177,241},//46
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,155,154,153,217,218,181,180,179,178,177,241},//47
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,152,151,150,149,181,180,179,178,177,241},//48
	{80,79,78,77,76,75,74,73,9,168,167,166,165,164,181,180,179,178,177,241},//49
	{10,11,12,13,14,15,16,181,180,179,178,177,241},//50
	{10,11,12,13,14,15,16,160,159,158,157,156,181,180,179,178,177,241},//51
	{10,11,12,13,14,15,16,144,143,142,141,140,185,249,250,251,252,253},//52
	{10,11,12,13,14,15,16,233,234,235,185,249,250,251,252,253},//53
	{10,11,12,13,14,15,16,210,211,212,213,214,215,185,249,250,251,252,253},//54
	{10,11,12,13,14,15,16,193,194,195,181,180,179,178,177,241},//55
	{10,11,12,13,14,15,16,228,229,230,231,181,180,179,178,177,241},//56
	{10,11,12,13,14,15,16,155,154,153,217,218,181,180,179,178,177,241},//57
	{10,11,12,13,14,15,16,152,151,150,149,181,180,179,178,177,241},//58
	{10,11,12,13,14,15,16,168,167,166,165,164,181,180,179,178,177,241}//59
};

const uint16_t additionalWords[3][7] PROGMEM =
{
	{32}, //i
	{128,127,126,125,123,122},//sada je
	{57,58,59,60,61,63,64}
};
```

## P3 Config.h zaglavlje programa

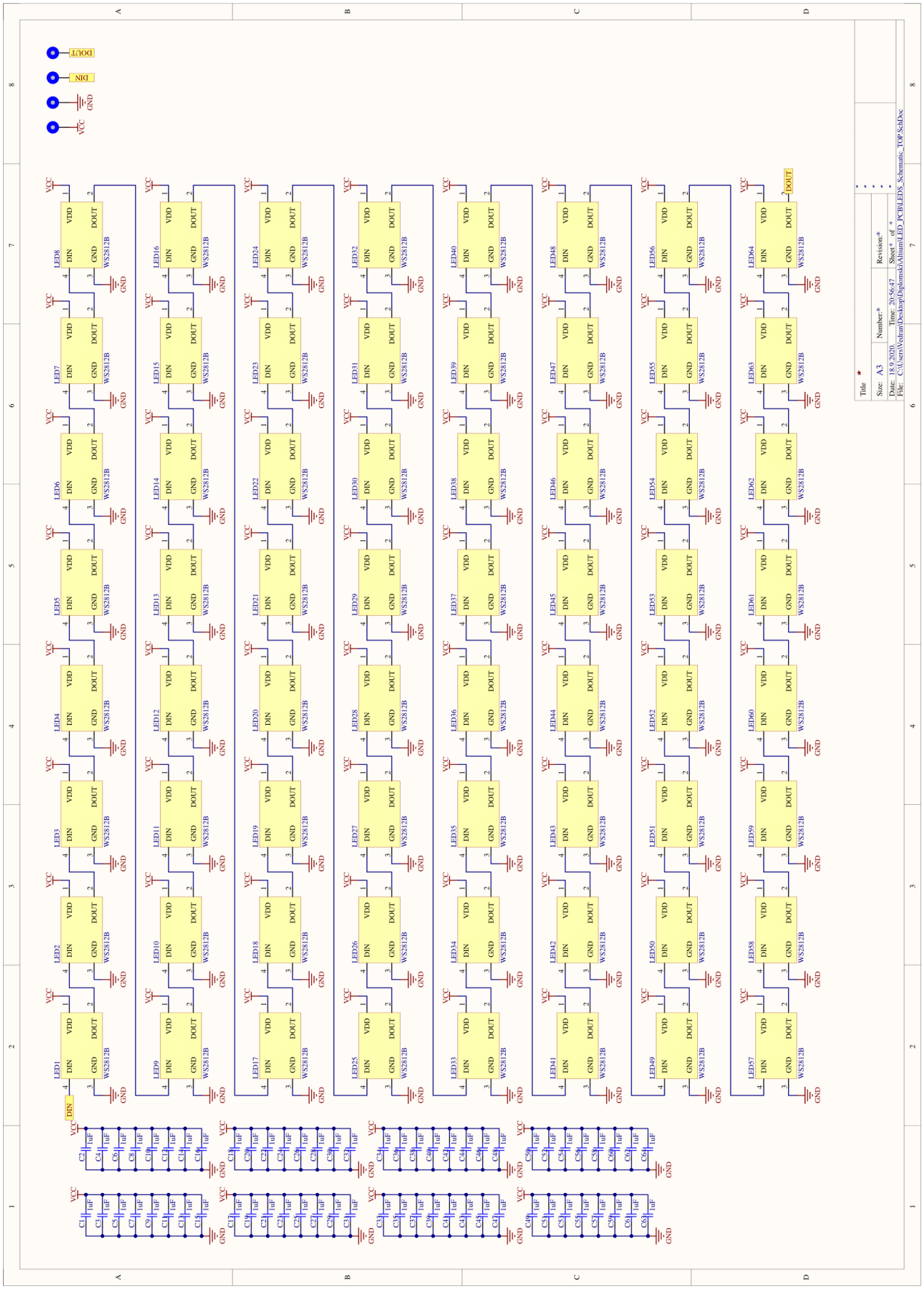
```
#pragma once
#ifndef CONFIG_H
#define CONFIG_H
#endif // !CONFIG_H

#define RECV_PIN 2

#define NUM_OF_PIXELS 256
#define DOUT_PIN 12

#define BTN_UP 0xFF18E7
#define BTN_DOWN 0xFF4AB5
#define BTN_LEFT 0xFF10EF
#define BTN_RIGHT 0xFF5AA5
#define BTN_OK 0xFF38C7
```

## P4 Shema i popis komponenata glavne jedinice



| Vrijednost | Opis | Oznaka | Kućište | Referenca | Količina |
|---|---|---|---|---|---|
| LR44 | SM BUTTON CELL ON TAPE & REEL | B1 | 2996TR | Battery holder LR44 | 1 |
| 100nF | Capacitor | C1, C2, C7, C12 | 0603-capacitor | Capacitor_MLCC_ALL | 4 |
| 10nF | Capacitor | C3 | 0603-capacitor | Capacitor_MLCC_ALL | 1 |
| 22pF | Capacitor | C4, C5 | 0603-capacitor | Capacitor_MLCC_ALL | 2 |
| 1uF | Capacitor | C6, C9, C10, C11 | 0603-capacitor | Capacitor_MLCC_ALL | 4 |
| 4.7uF | Electrolytic capacitor | C8 | 1311 Tantal | Cap El | 1 |
| SM02B-SURS-TF | Connector Header Surface Mount, Right Angle 2 position | Con1 | SM02B-SURS-TF | SM02B-SURS-TF | 1 |
| SS1P3L-M3/84A | Schottky Diodes & Rectifiers 30volt 1.0amp | D1 | DO-220AA | Diode | 1 |
| FT232R | Integrated Circuit | IC1 | SSOP 28 | FT232R | 1 |
| LED | LED, Low Power, SMD, 0.8mm x 1.6mm | LED1, LED2, LED3, LED5 | LED SMD 1.6X0.8 | LED 1.6x0.8mm | 4 |
| 10K | Resistor | R1, R6, R7 | 0603-Resistor | Resistor_ALL | 3 |
| 1K | Resistor | R2, R3, R4, R5, R8, R10 | 0603-Resistor | Resistor_ALL | 6 |
| Tactile switch | | SW1, SW2, SW3, SW4 | Switch | Switch | 4 |
| Tactile switch | | SW5 | B3U-1000P(M) | Switch | 1 |
| ATMEGA328P | ATMEGA328P-AU - 8 Bit Microcontroller, ATmega, 20 MHz, 32 KB, 2 KB, 32 Pins, TQFP | U1 | ATMEGA328P | ATMEGA328P-AU | 1 |
| DS3231 | extremely accurate I2C<br><br>real-time clock (RTC) with an integrated temperaturecompensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. | U2 | SOIC 16 .300 | DS3231 | 1 |
| 16MHz | CRYSTAL 16.0000MHZ 18PF SMD | Y1 | 3.2X5MM CRYSTAL | 16MHz Crystal | 1 |

## P5 Shema i popis komponenata izvršne jedinice



| Vrijednost | Opis | Oznaka | Kućište | Referenca | Količina |
|---|---|---|---|---|---|
| 1uF | Capacitor | C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C30, C31, C32, C33, C34, C35, C36, C37, C38, C39, C40, C41, C42, C43, C44, C45, C46, C47, C48, C49, C50, C51, C52, C53, C54, C55, C56, C57, C58, C59, C60, C61, C62, C63, | 0402-CAPACITOR | Capacitor_MLCC_ALL | 64 |
| WS2812B | Intelligent control LED integrated light source | LED1, LED2, LED3, LED4, LED5, LED6, LED7, LED8, LED9, LED10, LED11, LED12, LED13, LED14, LED15, LED16, LED17, LED18, LED19, LED20, LED21, LED22, LED23, LED24, LED25, LED26, LED27, LED28, LED29, LED30, LED31, LED32, LED33, LED34, LED35, LED36, LED37, LED38, LED39, LED40, LED41, LED42, LED43, LED44, LED45, LED46, LED47, LED48, LED49, LED50, LED51, LED52, LED53, LED54, LED55, LED56, LED57, LED58, LED59, LED60, LED61, LED62, LED63, LED64 | WS2812B | WS2812B | 64 |