

# Zidni sat s riječima

---

**Cebić, Franko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:893229>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-26**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Preddiplomski sveučilišni studij  
Elektrotehnike smjer Komunikacije i informatika**

**ZIDNI SAT S RIJEČIMA  
Završni rad**

**Franko Cebić**

**Osijek, 2021.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 02.09.2021.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Franko Cebić
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	4498, 23.07.2018.
<b>OIB studenta:</b>	50262045181
<b>Mentor:</b>	Izv. prof. dr. sc. Ivan Aleksi
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Zidni sat s riječima
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Arhitektura računalnih sustava (zn. polje računarstvo)</b>
<b>Predložena ocjena završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	02.09.2021.
<b>Datum potvrde ocjene Odbora:</b>	08.09.2021.
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, 10.09.2021.

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Franko Cebić
<b>Studij:</b>	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	4498, 23.07.2018.
<b>Turnitin podudaranje [%]:</b>	3

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Zidni 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

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Zadatak završnog rada .....	1
<b>2. PREGLED POSTOJEĆIH RJEŠENJA.....</b>	<b>2</b>
<b>3. KONCEPTUALNO RJEŠENJE.....</b>	<b>5</b>
3.1. Dizajn elektronike .....	5
3.2. Dizajn kućišta .....	7
3.3. Korisničko sučelje .....	9
3.4. Program .....	10
<b>4. IZRADA I ZAVRŠENI PROZVOD.....</b>	<b>13</b>
4.1. Izrada kućišta .....	13
4.2. Spajanje i izrada senzora .....	15
4.3. Sklapanje .....	16
4.4. Završen proizvod.....	17
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>19</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>21</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>22</b>
<b>PRILOG A: Programski kod zidnog sata s riječima .....</b>	<b>23</b>

# 1. UVOD

Cilj rada je napraviti sat koji riječima iskazuje vrijeme. Takva inačica sata nije novitet kao što je vidljivo u pregledu postojećih rješenja. Iako koncept nije nov, korištenjem suvremenih tehnologija poput mikroupravljača moguće je dodatno poboljšati proizvod. Dizajniranjem intuitivnog korisničkog sučelja i implementacijom različitih senzora u rješenje dobivamo napredniji proizvod. Modeliranje kućišta sata napravljeno je preko Autodesk Tinkercad online platforme. Posvećena je posebna pažnja pri modeliranju dijelova kućišta tako da se pojednostavi proizvodnja na strojevima poput laserskog rezača i CNC stroja.

## 1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak ovog diplomskog rada je izraditi digitalni zidni sat koji prikazuje vrijeme s riječima. Potrebno je koristiti *Arduino Nano* mikroupravljački sustav, *WS2812b* LED traku te nekoliko slojeva pleksiglasa za kućište.

## 2. PREGLED POSTOJEĆIH RJEŠENJA

Sat s riječima prikazuje vrijeme uz pomoć riječi, odnosno ispisuje točno vrijeme u obliku rečenice. Kako bi se to postiglo uobičajeno je za satove s riječima da imaju dvodimenzionalne matrice ispunjene slovima koje tvore potrebne riječi. Iza svakog slova postavljeno je svjetleće tijelo koje u skladu s ostalim slovima osvjetljava nekakvu grupu, odnosno prikazuje riječ. Zbog takvog načina rada, sat s riječima se razlikuje od ostalih vrsta satova, ali i od drugih satova s riječima po: jeziku, položaju riječi i načinu slaganja rečenica, što su sve karakteristike koje određuje odabrana matrica slova.

Radi bolje predodžbe, ukoliko sat s kazaljka mora prikazati 7 sati i 30 minuta on će malu kazaljku imati u smjeru broja sedam, a veliku kazaljku iznad broja šest. Digitalni sat sa sedam segmentnim prikazom brojeva jednostavno će ispisati brojeve 7 i 30 a između njih prikazati dvotočku. Sat s riječima će riječima prikazati „SEDAM SATI I TRIDESET MINUTA“.

Kako bi se mogao dizajnirati sat koji može biti konkurentan sa sličnim proizvodima na tržištu, prvo treba pogledati kakva je ponuda. Koristeći te informacije, može se krenuti u proces dizajniranja i izrade.

Prvo opisano rješenje najbližije je većini postojećih proizvoda koji se nalaze na tržištu. Tu se radi o satovima manjih dimenzija, plastičnog kućišta, s nepromjenjivom matricom slova na engleskom jeziku koja prikazuje vrijeme u petominutnim intervalima. Česti nedostatak ovakvih satova je nemogućnost kontroliranja jačine svjetlosti, što dovodi do smetnji pri očitavanju vremena u uvjetima niske ili visoke razine okolne svjetlosti. Vrlo su jednostavni, od funkcionalnosti imaju samo prekidač za paljenje sata pa su zbog toga i jeftini. Neke pozitivne karakteristike bi bile: jednostavnost namještanja vremena, moderan dizajn i veličina sata.

Primjer takvog sata je *Word Clock* kompanije *Sharper Image* [1].



**Slika 2.1.** WORD CLOCK kompanije *Sharper Image*. [1]

Drugo rješenje je puno luksuznije, bolje promišljeno i modularnog dizajna. Radi se o liniji satova tvrtke *QLOCKTWO* [2]. Nude satove u šest različitih veličina i tri izvedbe: 45 cm x 45 cm, 90 cm x 90 cm, 180 cm x 180 cm u zidnoj varijanti, 13,5 cm x 13,5 cm u stolnoj varijanti te dvije veličine ručnih satova, 35 mm x 35 mm i 39 mm x 39 mm. Ono po čemu se *QLOCKTWO* satovi ističu od ostalih satova s riječima jest njihov modularan dizajn i kvaliteta materijala i izrade. Svaki sat se sastoji od tijela na koje je moguće staviti različita lica odnosno različite matrice slova te se tako, uz podešavanje sata na rad uz drugu matricu, vrlo jednostavno može promijeniti jezik rada sata. Lica su izrađena od metala ili akrila, pričvršćuju se magnetima za tijelo te se mogu naručiti u različitim bojama, završnim obradama i jednim od 20 podržanih jezika [2]. Osim modularnog dizajna i kvalitetnog materijala, siromašni su u funkcionalnosti, pa osim namještanja vremena nemaju nikakvih ostalih postavki.





**Slika 2.2.** Primjeri satova s rječima tvrtke *QLOCKTWO*. [2]

Kroz promatranje već postojećih rješenja možemo preuzeti poželjne značajke te ih prilagoditi našem rješenju kako bi postigli konkurentan, ali i inovativan proizvod koji nadilazi trenutna rješenja u domeni funkcionalnosti. Trenutna rješenja su ograničena u pogledu prilagodbe sata uvjetima u okolini i željama korisnika, pa unaprjeđenjem sata u tom smjeru povećat ćemo njegovu konkurentnost.

### 3. KONCEPTUALNO RJEŠENJE

Traženo rješenje prvenstveno mora biti modularno i to u smislu prilagodljivosti funkcija sata krajnjem korisniku. Kako bi ispoštovali sve tražene zahtjeve funkcionalnosti, njegove funkcije podijeljene su u funkcionalne blokove.



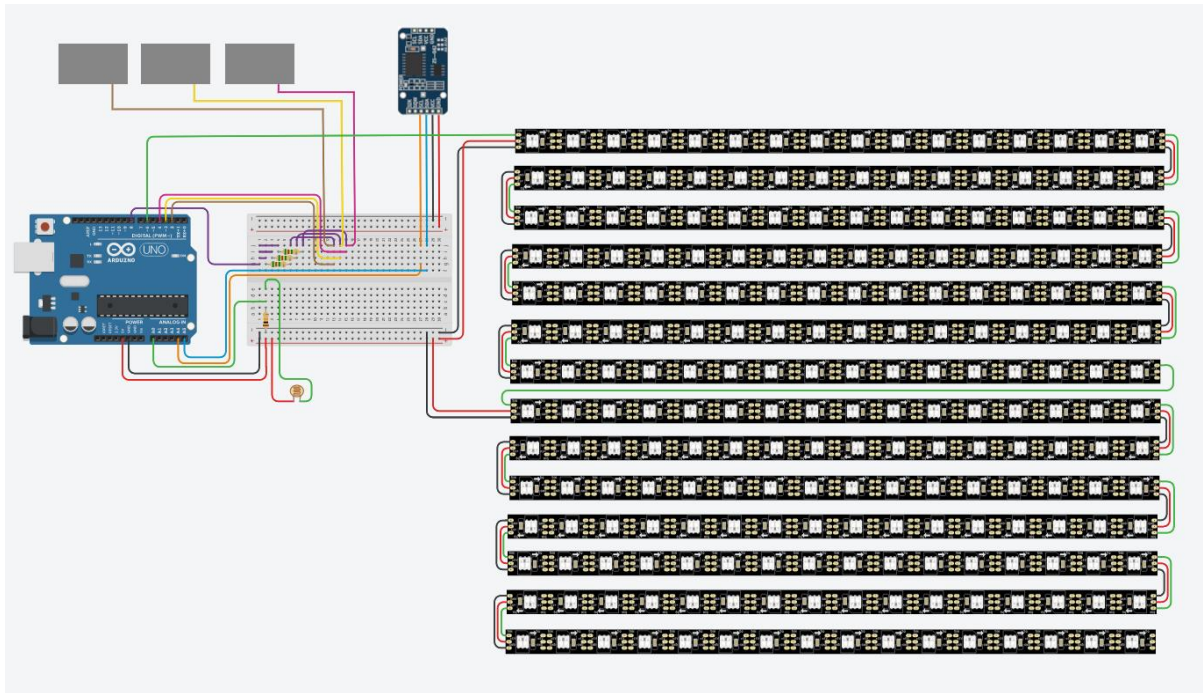
**Slika 3.1.** Grafički prikaz funkcionalnih blokova

Ulazni blok predstavlja sve ulazne uređaje kojima korisnik može podešavati funkcije sata te uz njih predstavlja i sve senzore koji satu povećavaju razinu autonomnosti. Upravljački blok sastoji se od svih komponenata koje pokreću funkcije sata. Izlazi blok se pak sastoji od svih dijelova koji izvršavaju te funkcije, odnosno pretvaraju informacije iz digitalne domene u analognu.

Kroz čitav proces dizajniranja protkane su ove ideje.

#### 3.1. Dizajn elektronike

Mozak cijelog uređaja jest *ATmega328P* mikroupravljač smješten na kompaktnoj i povoljnoj *Arduino Nano* razvojnoj pločici. *ATmega328P* ima 32 KB *flash* memorije u koju se sprema programski kod koji korisnik unese, 2 KB *SRAM* memorije u koju programski kod spremljen na mikroupravljaču može spremati varijable, te 1 KB *EEPROM* memorije u koju korisnik direktno može spremati konstante koje njegov program koristi, pa iz toga vidimo da je uz brzinu od 16 MHz integrirani sklop vrlo sposoban za lakše računalne zadatke. Potencijal *ATmega328P* tek otključava *Arduino Nano* razvojna pločica jer ga stavlja u vrlo primamljivo pakiranje širine 18 mm, dužine 45 mm i težine 5 grama, savršeno za korištenje na eksperimentalnim pločicama koje su itekako poželjne u fazi razvoja. U takvom pakiranju imamo 14 digitalnih I/O pinova, od kojih šest ima mogućnost modulacije širine impulsa (*PWM*), te uz to 8 analognih ulaznih pinova na koje se mogu spojiti razni senzori kako bi mikroupravljač primao informacije iz svoje okoline. Operativni napon cijele pločice jest 5 V istosmjerne struje, pa ćemo to trebamo imati na umu pri odabiru ostalih komponenti i napajanja. [3]



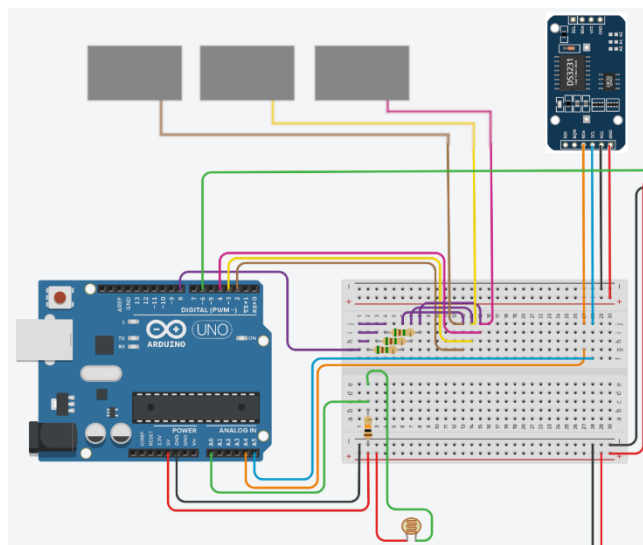
**Slika 3.2.** Prikaz spojne sheme cijelog elektroničkog sklopa.

Za prikaz vremena, koristi se matrica sačinjena od 16 x 14 *WS2812b* LE dioda. *WS2812b* su individualno adresirane RGB LE diode, koje je vrlo jednostavno za programirati i koristiti uz pomoć samo jednog vodiča, te im je za rad potrebno 5 V istosmjerne struje što je idealno za ovu primjenu. Svaki paket dioda sastoji se od crvene, zelene i plave LE diode te RGB upravljača u veličini 5050 (5mm x 5mm). Najlakši način za izradu 16 x 14 matrice *WS2812b* dioda jest koristeći LED traku. Odabir trake, odnosno broja LE dioda po dužnom metru koje se nalaze na traci uvelike utječe na fizičku veličinu sata, stoga je odabrana traka sa 60 LE dioda po dužnom metru, gdje je razmak između dioda 12 mm. [4]

Kako bi se uz pomoć mikroupravljača točno mjerilo vrijeme i imala mogućnost mjerenja vremena i kada je uređaj isključen, koristi se *DS3231 RTC (Real-Time Clock)* modul. Kao što mu i samo ime kaže cijeli modul je rađen oko *DS3231 RTC* integriranog sklopa koji čuva informacije o sekundama minutama, satima, danu, datumu, mjesecu i godini. Među navedenim korištene su informacije o minutama i satima. Kako bi mogao što točnije mjeriti vrijeme koristi temperaturno kompenzirani kristalni oscilator (*TCXO*) koji nije podložan promjenama vanjske temperature. Uz navedeno ima i ugrađen držač za *CR2032* bateriju napona 3 V koja napaja modul radi neprekidnog mjerenja vremena, čak i kada je uređaj ugašen. Na jednoj punoj bateriji modul može funkcionirati minimalno 8 godina. Sve to radi uz točnost od +/- 2 minute po godini. [5]

Za kontroliranje jačine svjetla implementiran je senzor detekcije razine svjetla. Realiziran je pomoću fotootpornika i otpornika od 10 k $\Omega$ . Uz pomoć takvog senzora mikroupravljaču je omogućeno da sam podešava jačinu svjetla u usporedbi s jačinom svjetla u okolini.

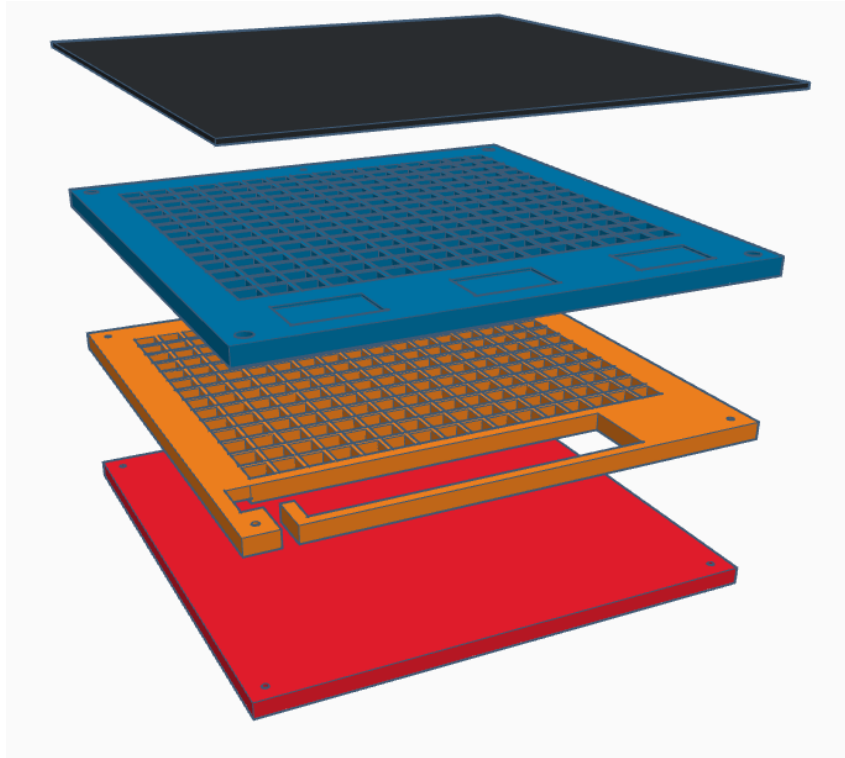
Glavni dio ulazne jedinice napravljen je pomoću tehnologije kapacitivnog senzora. Na takav način, umjesto klasičnih tipkala, koriste se kapacitivne tipke realizirane pomoću komada lima debljine 2 mm, širine 5 cm i visine 3 cm. Osim toga dimenzionirani su otpornici od 5.2 M $\Omega$  na povratnim linijama senzora.



Slika 3.3. Uvećan prikaz spojne sheme bez LED trake.

### 3.2. Dizajn kućišta

Pri dizajniranju kućišta sata potrebno je razmišljati o nekoliko faktora. Veličina kućišta ovisi o gustoći LE dioda na LED traci koju koristimo. Nadalje, treba uzeti u obzir i moguće alate koji mogu napraviti dijelove kućišta, a time i kako te dijelove spojiti u jednu cjelinu. Iz tog razloga kućište je dizajnirano u 4 sloja koji se lako mogu proizvesti na CNC stroju ili laserskom rezaču.

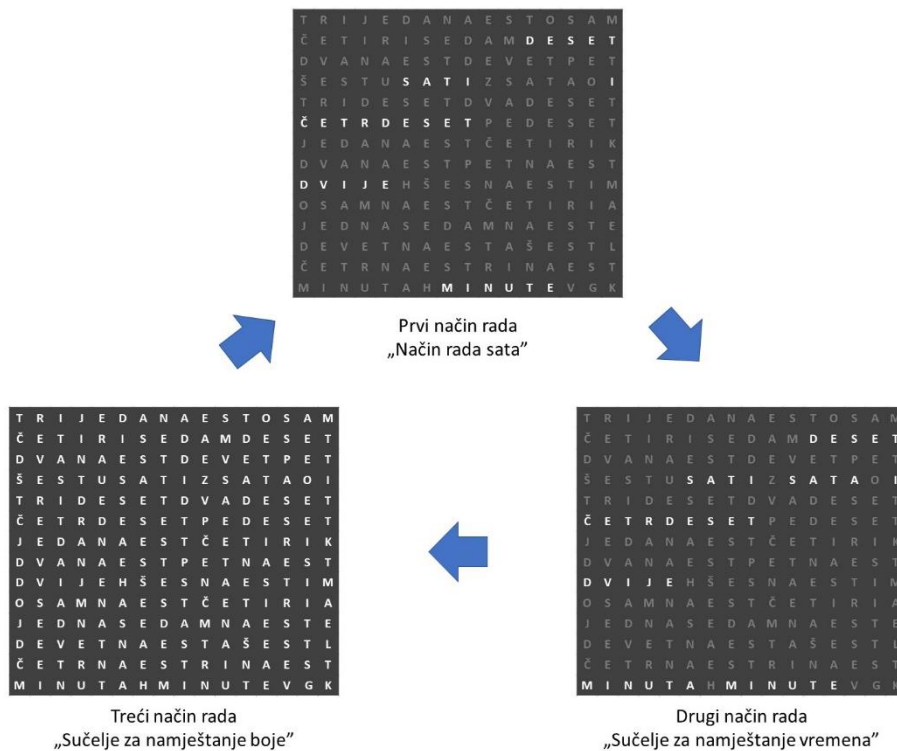


**Slika 3.4.** Slojeviti dizajn kućišta prikazan u 3d prostoru.

Prvi, drugi i treći sloj (slojevi crvene, narančaste i plave boje redom na slici 5) čine tijelo sata u koje su smještene sve funkcionalne jedinice sata. Slojevi tijela međusobno su povezani s četiri vijka u svojim kutovima kako bi sačinjavali čvrstu cjelinu nakon postavljanja elektroničkih komponenti u njihovu unutrašnjost. Prvi sloj služi kao podloga za postavljanje matrice LE dioda, u unutrašnjost drugog sloja postavlja se sva elektronika te ulaz naponskog kabela, dok se u trećem sloju nalaze komponente ulazne jedinice sata. Četvrti sloj je (sloj crne boje na slici 5) licesata na kojemu se nalazi matrica slova te on čini jednu modularnu komponentu sata. Cilj ovakvog slojevitog dizajna nije samo jednostavnost proizvodnje već i jednostavna mogućnost promjene lica. Ono poželjno treba biti izrađeno od lakog materijala jer je pričvršćeno magnetima na tijelo sata, što omogućava lagano skidanje i postavljanje, a samim time i njegovu promjenu.

### 3.3. Korisničko sučelje

Kako bi se moglo upravljati postavkama uređaja bilo je potrebno osmisliti nekakvo korisničko sučelje preko kojega bi se pružila jednostavna i lagana kontrola. Rješenje tog problema pronađeno je u dodavanju tri kapacitivne tipke uz pomoć kojih se mogu namjestiti sve potrebne funkcionalnosti sata. Iz navedenog razloga su osmišljena tri različita načina rada gdje je prvi primaran način rada (prikaz vremena), dok preostala dva služe za namještanje boje i vremena. Pritiskom na prvu kapacitivnu tipku koja se nalazi u doljnjem lijevom kutu sata mijenjamo način rada u kojem sat u tom trenutku funkcionira, dok funkcije ostale dvije kapacitivne tipke, u sredini doljnjeg dijela sata i doljnjem desnom uglu sata, ovise o načinu rada u kojem je sat u trenutku njihova pristika.



Slika 3.5. Dizajn korisničkog sučelja s tri načina rada.

Tako je prvi (primaran) način rada, koji stupa na snagu pri paljenju uređaja, način rada gdje sat samo prikazuje trenutno vrijeme. Druga i treća kapacitivna tipka ne služe nikakvoj svrsi u ovom načinu rada. Kod pritiska prve kapacitivne tipke, sat prebacuje svoj način rada na drugi način, odnosno na sučelje za namještanje vremena. To je jednostavno prepoznatljivo jer dok je sat u sučelju za namještanje vremena svijetliti će istovremeno slova „SATI“, „SATA“, „MINUTA“ i „MINUTE“ što se nikada ne može dogoditi u prvom načinu rada. Pritiskom druge tipke sat se

pomiče za jedan sat unaprijed, a pritiskom treće tipke sat se pomiče za jednu minutu unaprijed, te se dotične promjene u realnom vremenu primjećuju na ispisu sata. Za spremanje unesenih promjena potrebno je pritisnuti prvu tipku kako bi se sat prebacio na treći način rada. Tada sat prelazi na sučelje za namještanje boje. U sučelju za namještanje boje moguće je birati između četrnaest različitih boja slova, koja su redom: bijela, crvena, limeta, plava, žuta, cijan, ružičasta, siva, tamno crvena, maslinasta, zelena, ljubičasta, svijetlo plava, i tamno plava. Pritisak druge tipke mijenja boju po redu napisanom gore, a pritiskom treće tipke vraća se prethodna boja. Za spremanje unesenih promjena potrebno je stisnuti prvu tipku, koja ujedno i vraća na prvi način rada, odnosno način rada sata.

### 3.4. Program

Za programiranje *Arduino* razvojne pločice potrebno je koristiti *Arduino IDE* razvojno okruženje. To je službeno *Arduino* razvojno okruženje koje se može skinuti sa službene stranice *Arduina*. Programski jezik koji *Arduino* podržava je C++, pa je potrebno napisati kod u njemu.

Kao i u svakom C++ programskom kodu, na početku nalaze se sve dodatne biblioteke potrebne za uspješno izvršavanje.

```
#include <FastLED.h>
#include <Wire.h>
#include <ds3231.h>
#include <CapacitiveSensor.h>
```

**Slika 3.6.** Popis biblioteka uključenih u programski kod

Biblioteka pod nazivom *FastLED.h* potrebna je za funkcije vezane uz kontroliranje LE dioda, nazivno funkcije za postavljanje točne količine dioda u nizu, njihovu boju, svjetlinu i njihovo paljenje i gašenje.

*Wire.h* i *ds3231.h* su potrebne biblioteke za pravilno postavljanje i komunikacije mikroupravljača sa *DS3231 RTC* modulom.

Biblioteka *CapacitiveSensor.h* nam je potrebna za uspostavu i prilagodbu kapacitivnih tipki u svrhu njihovog ispravnog funkcioniranja.

```

LDRval = analogRead(A0);
LDRval = LDRval/4;
if(LDRval<25) LDRval = 25;
else if(LDRval>255) LDRval = 255;
FastLED.setBrightness(LDRval);

```

**Slika 9.7.** Dio programskog koda koji je zaslužan za automatsko namješanje jačine svjetline.

Dio programskog koda koji automatski namješta jačinu svjetline sata temelji se na cjelobrojnoj vrijednosti *LDRval*. U tu varijablu sprema se trenutno očitavanje s fotootpornika preko funkcije *analogRead(A0)*. Analognim očitanjem dobiva se digitalna vrijednost u rasponu od 0 do 1023. Zbog toga što funkcija *setBrightness()* očekuje vrijednost između 0 i 255, vrijednost varijable *LDRval* potrebno je prebaciti u taj raspon. To je najlakše učinjeno dijeljenjem vrijednosti *LDRval* s četiri, te se tako dobije vrijednost između 0 i 256. Međutim, postoje dva problema: prvi je taj što se sat pri očitavanju fotootpornika manjem od 2 može potpuno ugasiti, a drugi što nam maksimalna moguća vrijednost ipak prelazi zadane granice. Kao posljedica toga, koriste se dva grananja kako bi postavili čvrste granice za minimalnu i maksimalnu razinu svjetline.

```

if(t.hour == 1 || t.hour == 13) {
    setjedans();
    setsat();
} else if(t.hour == 2 || t.hour == 14) {
    setdvas();
    setsata();
} else if(t.hour == 3 || t.hour == 15) {
    settris();
    setsata();
} else if(t.hour == 4 || t.hour == 16) {
    setcetiris();
    setsata();
} else if(t.hour == 5 || t.hour == 17) {
    setpets();
    setsati();
} else if(t.hour == 6 || t.hour == 18) {
    setsests();
    setsati();
} else if(t.hour == 7 || t.hour == 19) {
    setsedams();
    setsati();
} else if(t.hour == 8 || t.hour == 20) {
    setosams();
    setsati();
} else if(t.hour == 9 || t.hour == 21) {
    setdevets();
    setsati();
} else if(t.hour == 10 || t.hour == 22) {
    setdesets();
    setsati();
}

```

**Slika 3.8.** Dio programskog koda koji je zaslužan za pravovremen prikaz riječi na satu.



Kako bi se u pravo vrijeme upalile LE diode, unutar *void loop()* funkcije napisan je niz uvjetnih grananja koje neprestano provjeravaju koliko je sati ili minuta. Na osnovi toga pozivaju funkcije napisane i prilagođene da bi namjestile potrebne LE diode u pripravno stanje, te će se dotične LE diode upaliti u sljedećem pokretanju *void loop()* funkcije.

```
void setdevets() {  
    leds[40].setRGB(Green, Red, Blue);  
    leds[41].setRGB(Green, Red, Blue);  
    leds[42].setRGB(Green, Red, Blue);  
    leds[43].setRGB(Green, Red, Blue);  
    leds[44].setRGB(Green, Red, Blue);  
}
```

**Slika 3.9.** Primjer funkcije nepovratnog tipa koja namješta LE diode potrebne za prikaz vremena.

Programski kod u cijelosti nalazi se pod poglavljem Prilozi.

## 4. IZRADA I ZAVRŠENI PROZVOD

### 4.1. Izrada kućišta

Izrada sata započeta je rezanjem i graviranjem dijelova kućišta sata na laserskom rezaču. Važnu ulogu u tome odigrao je materijal odabran za tijelo kućišta, a to je foreks. Foreks je materijal napravljen od tvrde pjene stisnute između dvije tanke PVC ploče. Osim njega, mogao se koristiti i medijapan. Oba materijala moguće je rezati na laserskom rezaču ili CNC stroju, oba materijala dolaze u pločama što je ključno za naš dizajn, no ovdje prednost ipak ima foreks jer je rjeđi, a time u istim dimenzijama i lakši.



**Slika 4.1.** PVC pjenasta ploča, također poznata kao foreks. [6]

Lice sata je napravljeno od akrilne ploče debljine 2 mm, koja je s jedne strane obojana s crnom mat akrilnom bojom u spreju na koju je ugravirana matrica slova veličine 16 x 14.

Nakon obavljenog rezanja i graviranja, te završne obrade ručnim alatima, unutrašnjost tijela sata obojana je reflektivnom srebrnom bojom na onim dijelovima gdje prolazi svjetlost proizvedena LE diodama kako bi se pospješila njihova efikasnost osvjetljavanja i jačina svjetline. Nakon toga obojan je ostatak kućišta akrilnom crnom mat bojom u spreju.



**Slika 4.2.** Dijelovi tijela sata nakon bojanja reflektivnih površina srebrnom reflektivnom bojom.



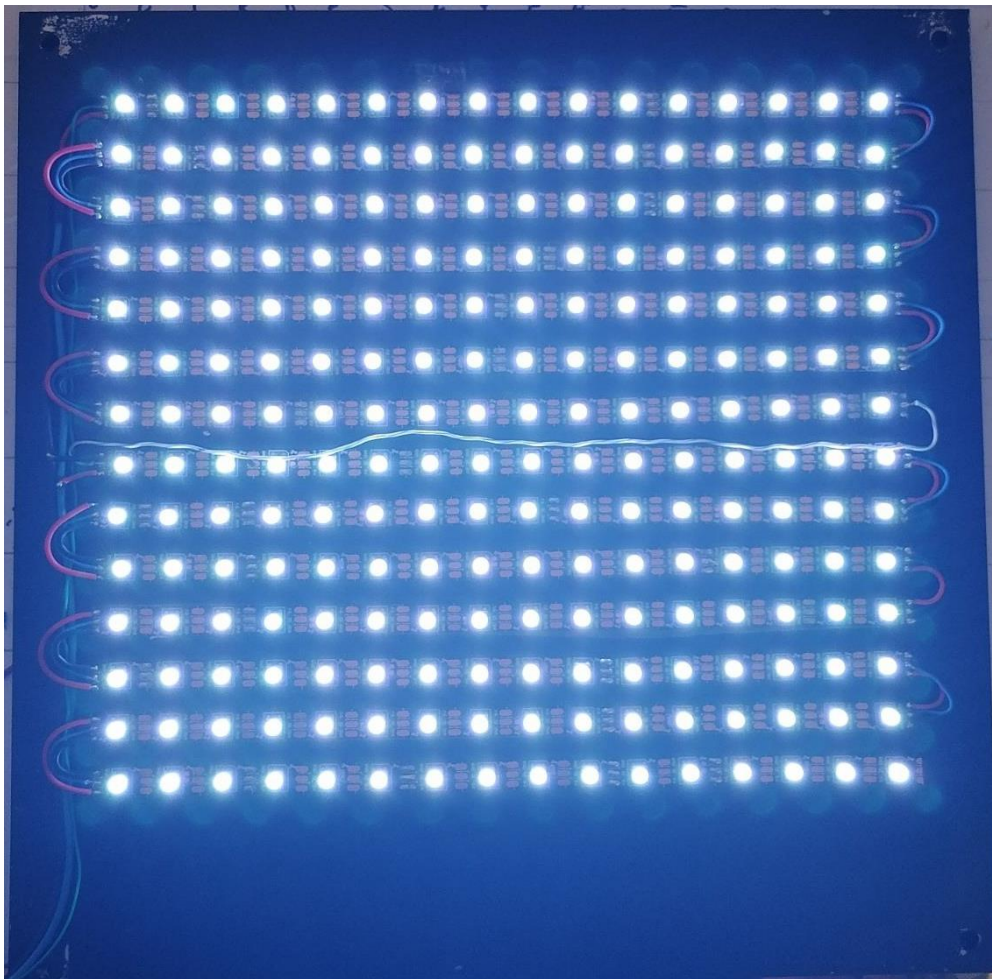
**Slika 4.3.** Dijelovi tijela sata nakon bojanja crnom akrilnom bojom.



**Slika 4.4.** Dijelovi tijela sata nakon završenog procesa bojanja.

## 4.2. Spajanje i izrada senzora

Spajanje elektroničkih komponenti započinje izradom matrice uz pomoć LED trake. LED traka razdvojena je na četrnaest dijelova gdje svaki dio sadrži šesnaest dioda. To je ukupno 224 LE diode te zbog korištenja trake gustoće 60 dioda po metru dužnom, ukupna dužina LED trake iznosi 373 cm. Zbog ograničene količine struje koja može teći kroz vodiče LED trake, LED traka se dijeli na dva zasebna bloka koja su međusobno spojena u paralelu. Stoga, prvih 7 dijelova LED trake je spojeno serijski i čine prvi blok, a drugih sedam dijelova LED trake je također spojeno serijski što čini drugi blok. Tako spojeni blokove smješteni su na prvi sloj tijela sata.

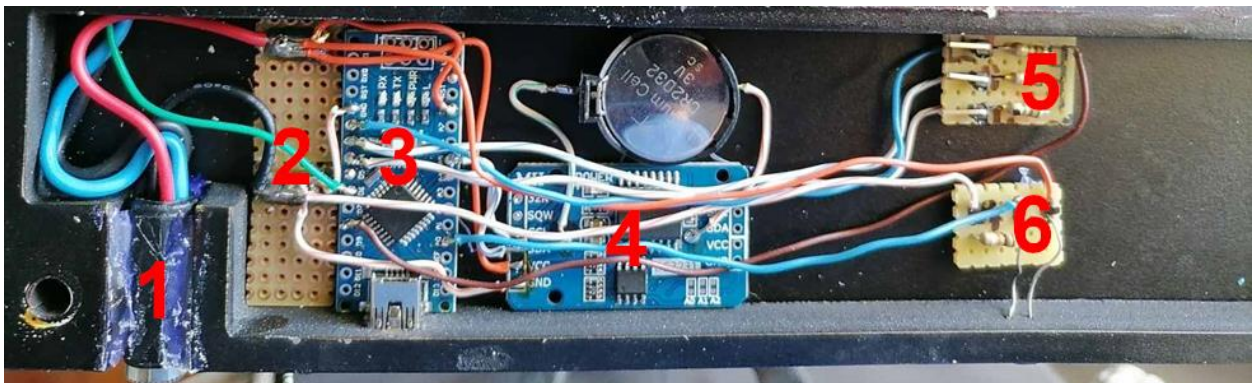


**Slika 4.5.** Testiranje rada matrice LE dioda.

Nadalje, spajanjem matrice, prvi sloj sata potpuno je napravljen te se prelazi na izradu drugog sloja. U drugom sloju prvo je ugrađen dvopolni utikač preko kojega se cijeli sat napaja istosmjernom strujom. Nakon toga postavljeni su pozitivni i negativni terminali na koje će se spajati sve komponente sata. Poslije toga ugrađena je *Arduino Nano* razvojna pločica, te pokraj nje *DS3132 RTC* modul. Na *DS3231 RTC* modulu izvršena je jedna preinaka, a to je da je držač

za CR2032 bateriju skinut s modula i premješten pokraj nje, jer je debljina modula bila veća od debljine sloja.

Izrađene su i dvije podređene pločice na kojima se nalaze komponente senzora. Na prvoj pločici nalaze se otpornik od 10 k $\Omega$  i fotootpornik uz tri vodiča potrebna za pravilno upravljanje sklopa senzora za očitavanje jačine osvjetljenja okoline. Na drugoj pločici nalaze se tri otpornika od 5.1 M $\Omega$  te je svaki spojen na jedan jednopolni utikač. Na svaki od jednopolnih utikača spaja se jedna kapacitivna tipka, a razlog tomu je što se kapacitivne tipke nalaze na idućem sloju, te je potrebno moći ukloniti idući (treći) sloj. Tako je dobivena mogućnost otpajanja kapacitivnih tipki, kako bi se moglo doći do drugog sloja uslijed popravka nekog kvara ili zamjene CR2032 baterije koja pogoni RTC modul.



**Slika 4.6.** Označeno brojem (1): Dvopolni utikač za napajanje; (2): pozitivni i negativni terminali; (3): Arduino Nano razvojna pločica; (4): DS3231 RTC modul; (5): sklop senzora kapacitivnih tipki; (6): sklop senzora za očitavanje jačine osvjetljenja okoline.

Završenim postavljanjem svih ovih komponenti u drugom sloju, preostaje samo izrada i postavljanje kapacitivnih tipki u treći sloj te njihovo spajanje na odgovarajući sklop. Time preostaje samo završno sklapanje sata.

### 4.3. Sklapanje

Tijelo i lice sata se sklapaju odvojeno jer koriste drugačije načine pričvršćivanja. Lice sata spaja se na tijelo uz pomoć magneta pa se proces sklapanja lica odnosi na lijepljenje magneta na obojanoj stranu akrilne ploče lica. Magneti moraju biti poravnati s glavama vijaka koji su dio kućišta, te s kontrolnim magnetom koji se nalazi na sredini gornjeg područja tijela kućišta.

Za sklapanje tijela poravnata sva tri sloja tijela tako da im se rupe u uglovima poklope, a tada su progurana četiri matična vijka kroz te rupe, pazeći da se glave vijaka nalaze u trećem sloju. Kada je to obavljeno potrebno vijci su učvršćeni s odgovarajućim maticama i podloškama.

Također je zalijepljen kontrolni magnet u rupu koja se nalazi na sredini gornjeg područja trećeg sloja.



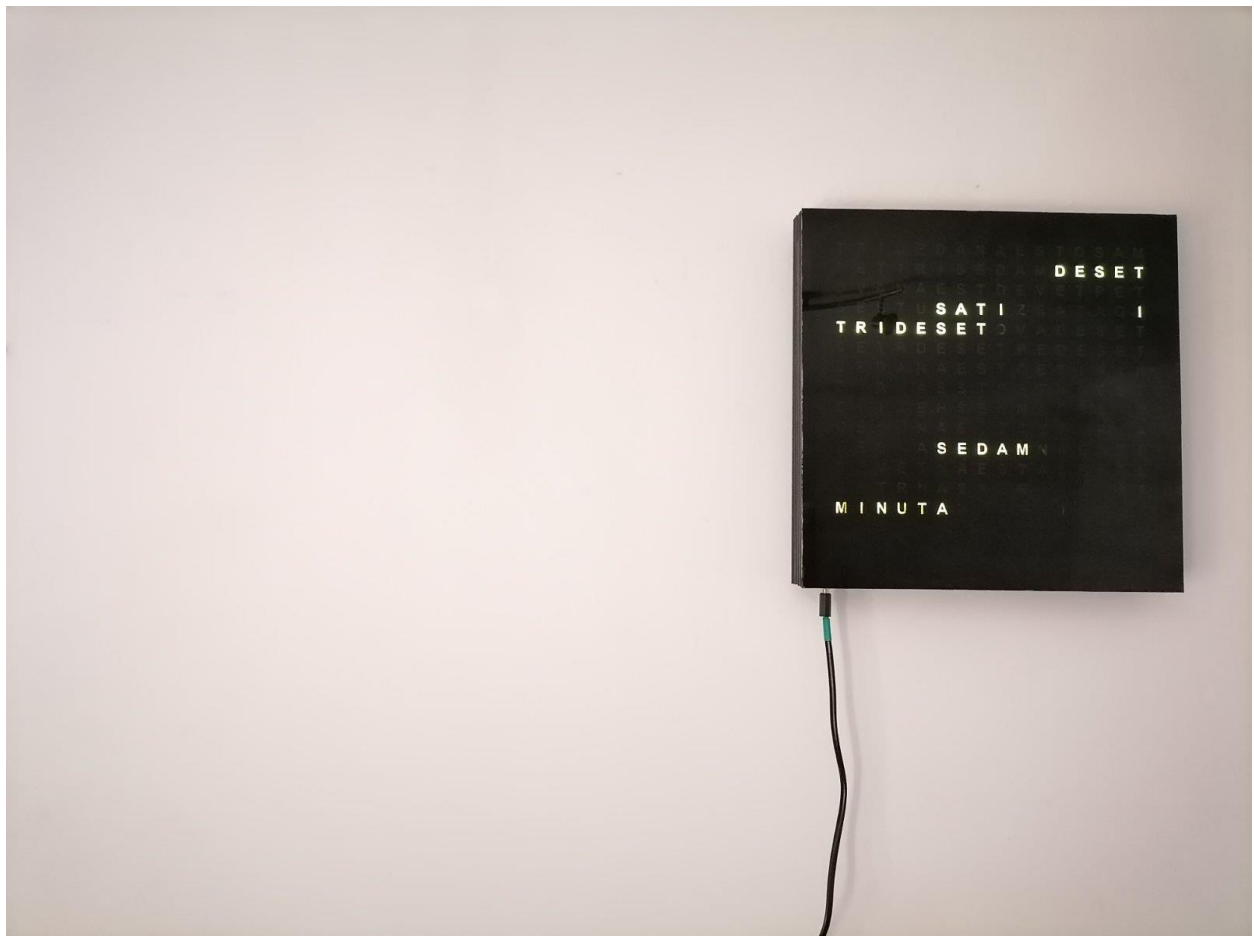
**Slika 4.7.** Magnet zalijepljen na lice sata.

#### **4.4. Završen proizvod**

Završen proizvod zadovoljava sve kriterije koje smo si postavili. Sat je uistinu modularan, modernog dizajna i jednostavan za korištenje što su sve kvalitete koje smo htjeli zadržati i unaprijediti.



**Slika 4.8.** Završen zidni sat s riječima s prikazom vremena u svijetlo plavoj boji.



**Slika 4.9.** Završen zidni sat s riječima s prikazom vremena u žutoj boji.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je postupak dizajniranja i izrade zidnog sata s riječima. Dokazano je da se uz pomoć mikroupravljača i LED trake takav zadatak može uspješno obaviti. Uz to, dodana funkcionalnost koja razdvaja ovo rješenje od ostalih, sličnih rješenja, postignuta je implementacijom jednostavnih i jeftinih senzorskih sklopova. Uz sklopove dizajnirano je i korisničko sučelje koje čine ovaj sat vrlo ugodnim i jednostavnim za korištenje. Na kraju, ono što najviše izdvaja ovaj sat od ostalih rješenja jest njegova modularnost, mogućnost izmjene matrice, mogućnost mijenjanja boje, automatska prilagodba jačine svjetla, jeftine komponente i jednostavna proizvodnja.



## LITERATURA

- [1] Sharper Image sat s riječima, <https://www.amazon.com/Sharper-Image-Electronic-Display-Contemporary/dp/B07CD7S9PZ> (pristupljeno ruj. 1. 2021.)
  
- [2] QLOCKTWO sat s riječima, <https://qlocktwo.com/> (pristupljeno ruj. 1. 2021.)
  
- [3] Arduino Nano, <https://docs.arduino.cc/hardware/nano> (pristupljeno kol. 28. 2021.)
  
- [4] WS2812B datasheet, <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812B.pdf> (pristupljeno kol. 28. 2021.)
  
- [5] DS3231 RTC modul, <https://lastminuteengineers.com/ds3231-rtc-arduino-tutorial/> (pristup kol. 28. 2021.)
  
- [6] Foreks materijal, <http://www.artsupply.com/brand/whitefblarge.jpg> (pristup ruj. 1. 2021.)

## SAŽETAK

Cilj rada je dizajnirati i napraviti sat s riječima uz pomoć *Arduino* razvojne pločice na kojoj se nalazi *ATmega328P* mikroupravljač, *WS2812b* LE diode i *DS3231* RTC modul. Sve to je objedinjeno u kućištu napravljenom od foreksa i pleksiglasa na laserskom rezaču. Osim tih osnovnih dijelova koriste se još i senzori poput kapacitivnih senzora koji služe kao tipke i fotootpornik kako bi detektirali okolno osvjetljenje. Uz osnovnu funkcionalnost pokazivanja i namještanja vremena, korisnik može mijenjati boju svjetla dok sam uređaj prilagođava svoju svjetlinu ovisno o okolini. Novonastali uređaj je modernog i praktičnog karaktera.

**Ključne riječi:** sat s riječima, Arduino, WS2812b, LED, DS3231 RTC, kapacitivni senzor, mikroupravljač

# WALL MOUNTED WORD CLOCK

## ABSTRACT

In this paper, a word clock is designed and constructed using an Arduino development board containing an *ATmega328P* microcontroller, *WS2812b* LE diodes and a *DS3231 RTC* module. All components are placed in a case made from forex board and acrylic sheets cut with a laser cutter. Other than those elementary parts it uses additional components like capacitive sensors which are used as buttons and a LDR to detect ambient light level. Along with the basic functionality of displaying and adjusting time, a user can change colors of the light while the device itself adjusts its brightness depending on the surrounding. Newly made device is of modern and practical character.

**Keywords:** word clock, Arduino, WS2812b, LED, DS3231 RTC, capacitive sensor, microcontroller

## **PRILOG A: Programski kod zidnog sata s riječima**

Programski kod zidnog sata s riječima nalazi se na CD-u koji je priložen uz ovaj rad.