

Uređaj za mjerenje kapaciteta punjivih baterija upravljan mikrokontrolerom

Ivšak, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:225662>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-30**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 485/EL/2021

**Uređaj za mjerenje kapaciteta punjivih baterija upravljani
mikrokontrolerom**

Mario Ivšak, 2046/336

Varaždin, srpanj 2021.godine



Sveučilište Sjever

Odjel za elektrotehniku

Završni rad br. 485/EL/2021

Uređaj za mjerenje kapaciteta punjivih baterija upravljani mikrokontrolerom

Student

Mario Ivšak, 2046/336

Mentor

Miroslav Horvatić, dipl. ing.

Varaždin, srpanj 2021. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za elektrotehniku

STUDIJ: preddiplomski stručni studij Elektrotehnika

PRISTUPNIK: Mario Ivšak

IMENAR

DATUM: 21.06.2021.

RELEKSIJ: Automatsko upravljanje

NASLOV RADA

Uređaj za mjerenje kapaciteta punjivih baterija upravljan mikrokontrolerom

NASLOV RADA NA
ENGL. JEZIKU

Microcontroller-controlled rechargeable battery capacity meter

MENTOR: Miroslav Horvatić, dipl. ing.

ZVANJE: predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. mr. sc. Ivan Šumiga, dipl. ing., viši predavač
2. mr. sc. Matija Mikac, dipl. ing., viši predavač
3. Miroslav Horvatić, dipl. ing., predavač
4. dr. sc. Ladislav Havaš, docent, rezervni član
- 5.

Zadatak završnog rada

BRIG: 485/EL/2021

OPIS

Potrebno je realizirati uređaj za mjerenje kapaciteta punjivih baterija upravljan ESP8266 mikrokontrolerom. Uređaj treba imati mogućnost prikaza izmjerenih podataka na vlastitom OLED displeju i na web stranici.

U radu je potrebno:

- osmisli i objasni princip rada uređaja
- odaberi sklopovske komponente uređaja i realiziraj sklopovlje uređaja
- osmisli i realiziraj programsku podršku za ESP8266 mikrokontroler
- osmisli i realiziraj web aplikaciju za prikaz izmjerenih podataka
- ispitaj rad realiziranog uređaja.

ZADATAK UROČEN

25.6.2021.



Predgovor

Zahvaljujem se svom mentoru, Miroslavu Horvatiću dipl. ing. na pomoći oko završnog rada, razumijevanju i strpljivosti. Zahvaljujem također svim profesorima i djelatnicima Sveučilišta Sjever koji su mi bili na usluzi. Zahvalio bih i svojoj obitelji i svima koji su bili uz mene kroz moje školovanje.

Sažetak

Cilj rada je realizirati uređaj za mjerenje i prikaz kapaciteta litij-ionske baterije. Opisani uređaj koristit će NodeMCU ESP8266 mikrokontroler. Mikrokontroler detektira je li baterija punjiva i u slučaju da jest, mjeri kapacitet baterije. Izmjerene podatke mikrokontroler ispisuje na OLED displeju i šalje računalu koje te podatke prikazuje na web stranici.

Kako bi se moglo odrediti koliko je vremena potrebno da se baterija isprazni, neophodno je znati kapacitet baterije i potrošnju elektroničkog sklopa kojeg baterija napaja. Za procjenu kapaciteta baterije potrebno je poznavati vremenske promjene struja i napona u strujnom krugu sastavljenom od baterije i trošila. Pomoću navedenog sklopa baterija će se prazniti kroz otpornik. Istovremeno će se mjeriti struja kroz otpornik i računati kapacitet baterije. Najvažniji parametar kod mjerenja kapaciteta baterije je takozvani Soc (State of charge) ili stanje napunjenosti. Navedeni parametar govori koliki postotak naboja ostaje u bateriji. Sve ćelije u bateriji trebale bi imati jednak napon ako je baterija „zdrava“ tj. ispravna. Kapacitet baterije izražava se u amper-satima (Ah) ili miliamper-satima (mAh). Kapacitet baterije daje informaciju kolika je količina energije pohranjena u bateriji. Kod napajanja trošila iz baterije, na bateriji većeg kapaciteta napon baterije će padati sporije nego što pada napon na bateriji manjeg kapaciteta.

Ključne riječi: mikrokontroler ESP8266, kapacitet baterija, OLED displej, otpor, Soc

Summary

The goal of this work is to realize a device for measuring and displaying the capacity of lithium-ion batteries. The described device will use a NodeMCU ESP8266 microcontroller. The microcontroller detects if battery is rechargeable and in case it is, the measuring capacity of the battery. The measured microcontroller data is printed on an OLED display and sent to the computers that display the data on the web page.

To be able to determine how long it takes for the battery to discharge, you need to know the capacity of the battery and the consumption of the electronic circuit powered by the battery. To estimate the capacity of the battery, it is necessary to know the time changes of the structure and voltage in the circuit composed of batteries and consumers. Using the specified assembly, the battery will be discharged through the resistor. At the same time, the current through the resistor will be measured and the battery capacity will be calculated. The most important parameter when measuring battery capacity is the so called Soc or state of charge. The specified parameter tells what percentage of the charge remains in the battery. All cells in the battery should have equal voltage if the battery is "healthy". Battery capacity is expressed in ampere-hours (Ah) or milliampere-hours (mAh). Battery capacity provides information about the amount of energy stored in batteries. When powering the consumer from batteries, the battery voltage will drop more slowly on a higher capacity battery than on a lower capacity battery.

Keywords: ESP8266 microcontroller, battery capacity, OLED display, resistance, Soc

Popis korištenih kratica

ESP8266 Mikrokontroler tvrtke Espressif Systems

OLED An organic light-emitting diode (OLED or organic LED)

Tehnologija koja koristi organske svjetleće diode za proizvodnju slike

SOC State of charge

Stanje napunjenosti (baterije)

MOSFET The metal–oxide–semiconductor field-effect transistor

Metal-oksidni-poluvodič tranzistor sa efektom polja

SSID Service set identifier

Identifikator postavljenog servisa

RAM Random access memory

Memorija nasumičnog pristupa

mA A milliamps

Miliamperi

WiFi Wireless fidelity

Bežična veza

Sadržaj

| | | |
|---------------------|--|----|
| 1. | Uvod | 1 |
| 2. | Baterije..... | 2 |
| 2.1. | Povijest baterija..... | 2 |
| 2.2. | Punjive (sekundarne) baterije | 4 |
| 2.3. | Vrste litij-ionskih baterija..... | 6 |
| 2.4. | Kapacitet baterija | 8 |
| 3. | Komponente uređaja za mjerenje kapaciteta baterije | 9 |
| 3.1. | Mikrokontroler..... | 9 |
| 3.2. | I2C komunikacija | 9 |
| 3.3. | ADS1115 | 10 |
| 3.4. | OLED display | 11 |
| 3.5. | Enkoder..... | 11 |
| 3.6. | Optoparovi | 12 |
| 3.7. | Otpornici | 14 |
| 3.8. | Tiskana pločica | 15 |
| 3.9. | Tranzistor..... | 15 |
| 4. | Praktični dio | 17 |
| 4.1. | Shema sklopa..... | 17 |
| 4.2. | Dijagram toka programa..... | 18 |
| 4.3. | Programski kod..... | 21 |
| 4.4. | Opis gotovog sklopa..... | 24 |
| 5. | Web stranica | 26 |
| 5.1. | Izrada web stranice..... | 26 |
| 5.2. | Prikaz web stranice | 27 |
| 6. | Ispitivanje rada sklopa | 28 |
| 7. | Cijena | 37 |
| 8. | Zaključak | 38 |
| 9. | Literatura | 39 |
| Popis slika | 41 | |
| Popis tablica | 43 | |

1. Uvod

Kako bi se odredilo u kakvom je stanju baterija koja napaja neki strujni krug, korisno je provesti mjerenje kapaciteta baterije. Takvo mjerenje dati će informaciju ima li baterija dovoljan kapacitet da uspješno napaja trošila koja su na nju priključena. Na kapacitet baterije utječe i njezina starost i prijašnja namjena. Baterija ima ograničeni broj ciklusa punjenja i pražnjenja. Povećanje temperature na kojoj radi baterija dodatno smanjuje životni vijek baterije. Ako baterija nije ispravna u strujnom krugu može nastati šteta. Neispravna baterija ne obavlja svoju zadaću ili je obavlja nedovoljno dugo, a postoji opasnost i od zapaljenja baterije. Kako bi se spriječili takvi neželjeni događaji, prije puštanja baterija u pogon korisno je provjeriti stanje baterije i izmjeriti njezin kapacitet. Mjerenje će se vršiti pomoću mikrokontrolera (NodeMCU ESP8266), a opisani uređaj za mjerenje kapaciteta baterija sadrži i otpornike, shunt, optopar, ADS1115 (analogno-digitalni pretvornik), MOSFET, hladnjak za MOSFET, konektore i enkoder. Prikaz stanja uređaja i ispis podatka o kapacitetu baterije vrši se na OLED displeju uređaja. Osobno računalo može putem WiFi veze komunicirati s ESP8266 mikrokontrolerom koji se nalazi u prikazanom uređaju. Podaci o kapacitetu baterije mogu se na osobnom računalu prikazati u obliku web stranice. ESP8266 će učitati vrijednost metodom kod koje će se potpuno napunjena baterija isprazniti kroz otpornik, mjeri se struja kroz otpornik i pomoću nje računa kapacitet. Kao teret koristit će se keramički otpornik od 0.1Ω 5W. Mikrokontroler se napaja preko vanjskog izvora ili računala u kojeg ulazi 5V sa strujom 0.5A. Enkoder služi za odabir izbornika i parametara kod OLED-a. Prikaz osim na OLED-u bit će i na web stranici. Nakon što se napiše program, on se mora učitati na ESP. Unosi se SSID i lozinka za spajanje na kućni internet. Nakon što završi spajanje na kućni internet, na serijskom ispisu će se ispisati IP adresa servera. Kako bi se ustanovilo koliki je kapacitet baterije koristit će se uvjeti koji su realizirani preko if-else grananja i ovisno o ispunjenom uvjetu dobiva se određeni ispis na OLED-u i web stranici. Na OLED displeju uređaja dobiva se ispis napona, struje i kapaciteta dok pokus traje, a iznosa kapaciteta se ispiše kad je pokus gotov i dobiva se informacija da je baterija prazna. U OLED izborniku se bira struja koja prazni bateriju, broj ćelija i vrsta baterije. Ako je napon baterije manji od dozvoljenog MOSFET se isključuje i nema pražnjenja baterije, a ako napon bude u granicama ispisuje se trenutna vrijednost. Ako baterija nije prošla test najbolje bi bilo odložiti je za to predviđeno mjesto, jer je ona opasni otpad zato što sadrži olovo, živu i ostale toksične tvari. Velika većina baterija se može reciklirati. Litij-ionske baterije ne sadrže opasne tvari pa njihovo odlaganje nije problem.

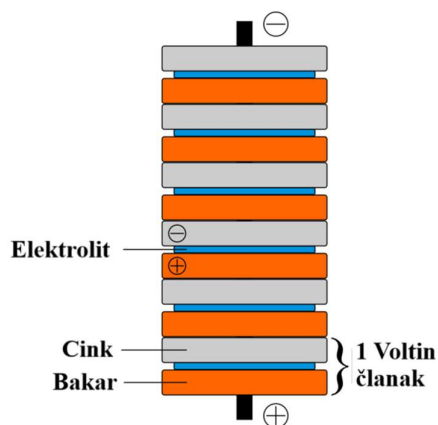
2. Baterije

Baterije su skup jedne ili više ćelija koje kemijskom reakcijom stvaraju protok elektrona u strujnom krugu. Baterije se sastoje od tri osnovne komponente: katode ('+') , anode ('-') i neke vrste elektrolita (tvari koja kemijski reagira s katodom i anodom). Kad su anoda i katoda baterije spojene u strujni krug, dolazi do kemijske reakcije između anode i elektrolita. Ta reakcija uzrokuje protok elektrona kroz krug i povratak u katodu gdje se odvija druga kemijska reakcija. Nakon što se materijal u katodi ili anodi potroši ili se više ne može koristiti u reakciji, baterija nije u stanju proizvesti električnu energiju i tada se kaže da je baterija „prazna“. Baterije koje se, nakon što se isprazne, moraju baciti poznate su kao primarne, a baterije koje se mogu puniti nazivaju se sekundarne ili punjive baterije. Baterije su prijenosni spremnik električne energije.

2.1. Povijest baterija

Benjamin Franklin je 1749. godine prvi puta upotrijebio izraz "baterija" kako bi opisao skup povezanih kondenzatora koji je koristio za svoje eksperimente s električnom energijom. Kondenzatori su se punili statičkim generatorom, a praznili dodirivanjem metala s njihovom elektrodom.

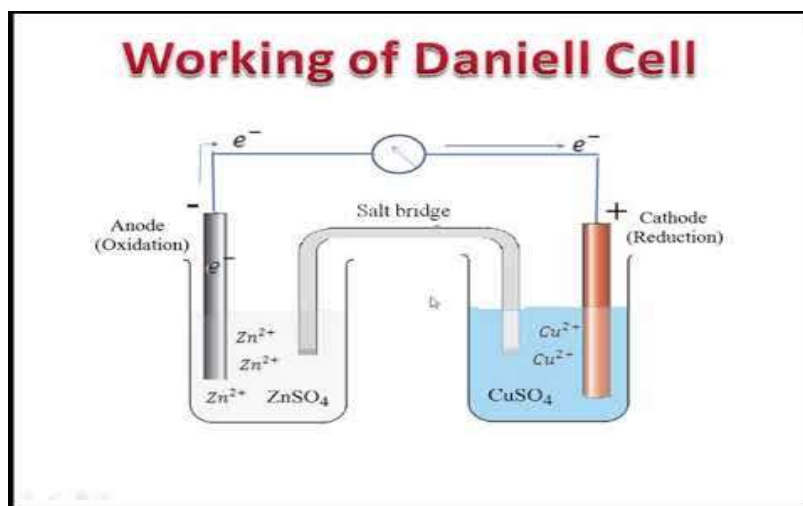
Izumitelj moderne baterije je Alessandro Volta. Volta je 1800. godine izumio prvu bateriju koja je postala poznata kao Voltina hrpa (Voltaic pile) [1].



Slika 2.1 Voltina hrpa [2]

Prvu praktičnu bateriju izumio je John Frederic Daniell 1836. godine.

Baterija se sastojala od bakrenog lonca napunjenog bakar (II) sulfatom u koji je uronjen neostakljen zemljani spremnik. Kasnija varijanta Daniellove ćelije nazvana je gravitacijska ćelija. Izumio ju je 1860-ih godina francuz Callaud.



Slika 2.2 Danielova ćelija [3]

Gravitacijska ćelija [4] se sastojala od staklene posude u kojoj je bakrena katoda bila smještena na dnu, a cinkova anoda ovješena ispod ruba. Oko katode su se raspršili kristali bakrenog sulfata i staklenka se zatim napunila destiliranom vodom. Protjecanjem struje, na vrhu oko anode, stvorio se sloj otopine cinkovog sulfata. Gornji sloj cinkovog sulfata odvojen je od donjeg sloja bakrenog sulfata zbog niže gustoće i polariteta ćelije. Nedostatak gravitacijske ćelije je taj što struja mora stalno teći kako se otopine bakrenog i cinkovog sulfata ne bi miješale difuzijom. Zato je baterija neprikladna za isprekidanu upotrebu.

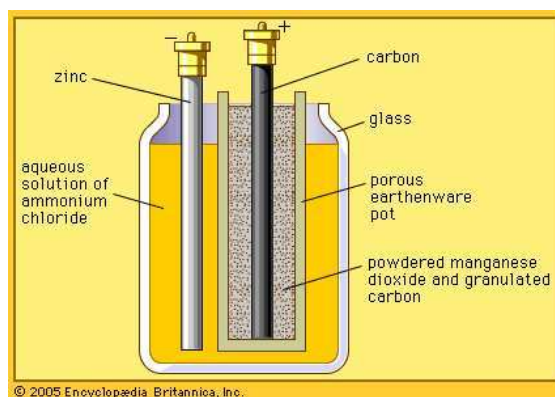


Slika 2.3 Gravitacijska ćelija [5]

Groveovu ćeliju [6] 1839. godine izumio je William Robert Grove. Sastoji se od cinkove anode natopljene sumpornom kiselinom i platinske katode natopljene dušičnom kiselinom. Obje

elektrode međusobno su odvojene poroznom zemljanom posudom. Groveova ćelija omogućuje visoku struju i gotovo dvostruko veći napon od Daniellove ćelije što ju je jedno vrijeme činilo omiljenom ćelijom američkih telegrafskih mreža. Mana joj je što za vrijeme rada stvara otrovne pare dušikovog oksida. Dodatne mane ćelije su elektroda od platine, jer je platina skup materijal, te nagli pad napona prilikom smanjenja naboja ćelije.

Leclanchéova ćelija [7] vrsta je galvanskog članka koji je otkrio francuz Georgesu Leclanchéu.



Slika 2.4 Leclanchéove ćelije tj. njezin presjek [8]

Punjive baterije izumio je 1859. godine francuski fizičar Gaston Planté koristeći dva valjana lista olova potopljena u sumpornu kiselinu.

Reverziranje električne struje kroz bateriju kemija bi se vratila u prvobitno stanje stvarajući tako prvu punjivu bateriju. Camille Alphonse Faure je 1881. godine poboljšao Plantéov dizajn formirajući olovne listove u ploče.

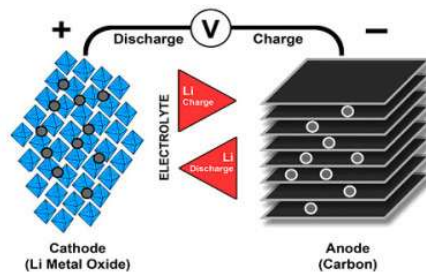
2.2. Punjive (sekundarne) baterije

Punjive baterije se sastoje od različitih kombinacija elektrolita i elektrodnih materijala kao što su olovna kiselina, cink-zrak, nikal-kadmij (NiCd), nikal-metal-hidrid (NiMH), litij-ion (Li-ion), litij-željezov fosfat (LiFePO₄) i litij-ionski polimer (Li-ion polimer). Tijekom procesa punjenja baterije pozitivni aktivni materijal oksidira stvarajući elektrone, a negativni materijal se reducira trošeći elektrone. Elektrolit može poslužiti kao jednostavan ublaživač za unutarnji protok iona između elektroda, kao kod litij-ionskih i nikal-kadmij ćelija, ili može aktivno sudjelovati u elektrokemijskim reakcijama, kao kod olovnih stanica. Napon izvora treba biti veći od napona akumulatora da bi prisilio struju da u njega teče, ali ne previše jer bi se akumulator mogao oštetiti.

Vrste sekundarnih (punjivih) baterija [9]:

- 1.) Olovna kiselina je najstariji oblik punjivih baterija. Ne zahtijevaju redovito održavanje pod koje spada dodavanje vode u stanice. Dobra strana im je što ispuštaju manje plina od poplavljenih „mokrih“ olovno kiselinskih baterija. Zbog toga su pogodne za korištenje u zatvorenim i slabo ventiliranim prostorima. Punjenje se sastoji od 3 faze: punjenje konstantnom strujom, vršno punjenje i održavanje u napunjenom stanju.. Prednosti olovnih baterija su dugi vijek trajanja, slabo zagrijavanje i temperatura punjenja može premašiti 30°C. Olovna baterija ima veća i dosljednija očitavanja kapaciteta. Nedostaci olovnih baterija su dugo punjenje baterija i više si podložne koroziji. Olovo je otrovno i stvara problem odlaganja.
- 2.) Nikal-kadmijeva (NiCd) baterija. Aktivne komponente punjive NiCd baterije čine u napunjenom stanju niklov oksid hidroksid (NiOOH) u pozitivnoj elektrodi i kadmij (Cd) u negativnoj elektrodi. Obično je elektrolit kalijev hidroksid (KOH). NiCd baterije se koriste tamo gdje je potreban dugi vijek trajanja (oko 10 godina), gdje su struje pražnjenja velike i temperature ekstremne. Nisu skupe za proizvodnju. NiCd baterija je jedna od najsigurnijih i najizdržljivijih baterija. Punjenje tih baterija je ultra brzo, ali se iz ekoloških razloga zamjenjuju drugim kemijskim elementima koji su pogodniji za okoliš. I dalje se te baterije koriste u zrakoplovima. Nedostaci NiCd baterija su veliko samopražnjenje (oko 10% u prvom mjesecu skladištenja što dovodi do gotovo potpunog pražnjenja tijekom godine skladištenja), memorijski efekt, nemogućnost pohrane velikih količina energije, te visoko toksične.
- 3.) Nikal-metal-hidrid (NiMH) baterija. Kemijska reakcija koja se događa na pozitivnoj elektrodi slična je reakciji nikal-kadmijeve ćelije (NiCd). Obje baterije koriste nikal oksid hidroksid (NiOOH) u pozitivnoj elektrodi. Kao negativnu elektrodu NiMH baterije upotrebljavaju leguru koja apsorbira vodik umjesto kadmija. Prednosti NiMH baterija pred NiCd baterijama su: 30–40 posto veći kapacitet od standardnih NiCd baterija, manja toksičnost, manji memorijski efekt, širi raspon radne temperature, mogućnost recikliranja. Nedostaci su: ograničeni vijek trajanja, veliko samopražnjenje, zagrijavanje kod brzog punjenja i pražnjenja, osjetljivost na prekomjerno punjenje i iskoristivost samo oko 65%.
- 4) Litij-ionske(Li-ion) baterije. Nominalni napon ćelije je 3,6 V. Kod Litij-ionskih baterija katoda je metalni oksid dok se anoda sastoji od poroznog ugljika. Tijekom pražnjenja baterije ioni teku od anode prema katodi kroz elektrolit i separator, zatim naboj mijenja smjer i ioni teku od katode prema anodi. Prednosti su što zahtjeva malo održavanje, nema

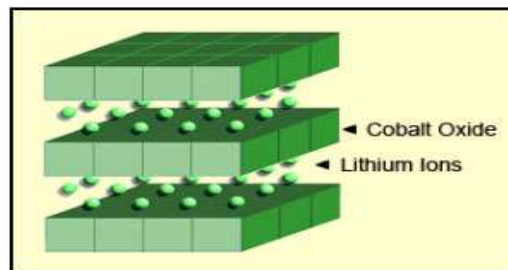
memoriju pa joj nije potrebno potpuno pražnjenje da bi ostala „dobra“, malo samopražnjenje, brzo punjenje, velik kapacitet, mali unutrašnji otpor i dobra učinkovitost. Nedostaci su visoka cijena i potreba za zaštitom kruga u kojem se nalazi zato što može doći do kontakta metalne čestice s drugim dijelovima baterije pri čemu nastaje kratki spoj. Baterija je osjetljiva na niske temperature (ispod 0°C).



Slika 2.5 Litij-ionske baterije i princip punjenja i pražnjenja [10].

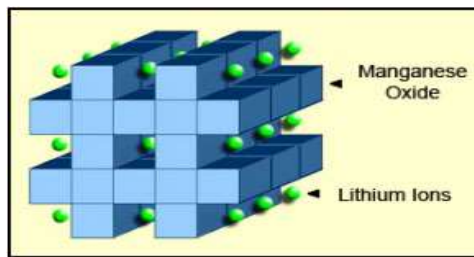
2.3. Vrste litij-ionskih baterija [11]

- a) Litij kobaltov oksid (LiCoO_2) LCO - katoda je načinjena od kobaltovog oksida, a anoda od grafitnog ugljika. Nedostatak Li-kobalta je kratak životni vijek, ograničene mogućnosti opterećenja i niska toplinska stabilnost. Radno područje baterije je od 3 V do 4,2 V po ćeliji. Koriste se najviše u mobilnim telefonima, tabletima i prijenosnim računalima.



Slika 2.6 LCO baterija i njezina struktura [12]

- b) Litij manganov oksid (LiMn_2O_4) LMO - imaju mali kapacitet, ali imaju veliku snagu. Prednost im je visoka toplinska stabilnost. Imaju velike struje pražnjenja zbog niskog unutarnjeg otpora što omogućuje brzo punjenje. Nominalni napon je 3,7 V, a radno područje je od 3 V do 4,2 V po ćeliji. Primjenjuju se kod medicinskih alata, električnih alata i strojeva.



Slika 2.7 LMO i njena struktura [13]

- c) Litij nikel mangan kobaltov oksid (LiNiMnCoO_2) NMC - katoda je načinjena od kombinacije obično jedna trećina nikla, jedna trećina mangana i jedna trećina kobalta, poznata kao 1-1-1, dok je anoda grafitna. Nominalni napon je 3,6 V i 3,7 V, a radno područje je od 3 V do 4,2 V po ćeliji. Baterije pružaju veliki kapacitet i veliku snagu. Koriste se kod električnih vozila.
- d) Litijev željezni fosfat (LiFePO_4) LFP - katodni materijal je litijev željezni fosfat, a anoda je grafitna ugljikova elektroda s metalnom podlogom. Prednosti su im niska cijena, mala toksičnost i dugi životni vijek. Nedostaci su mali kapacitet i veliko samopražnjenje. Nominalni napon im je 3,2 V i 3,3 V, a radni napon od 2,5 V do 3,65 V po ćeliji.



Slika 2.8 LFP i NMC i njihov sastav [14]

- e) Litij nikel kobalt aluminij oksid (LiNiCoAlO_2) NCA - baterije koriste aktivni materijal na pozitivnom polu (to je katoda kada se baterija prazni). Baterije nude veliki kapacitet, veliku snagu i imaju dugi vijek trajanja. Nedostaci su da su skupe i nesigurne. Nominalni napon im je 3,6 V, a tipično radno područje od 3 V do 4,2V po ćeliji. Jedna od najpoznatijih firmi koja koristi ove baterije je Tesla.
- f) Litijev titanat (Li_2TiO_3) LTO - katoda je načinjena od litij-mangan-oksida, a anoda je grafitna. Prednosti su im dugi životni vijek, širok raspon temperatura i jako brzo punjenje.

Nedostaci su što imaju mali kapacitet i što su skupe. Nominalni napon im je 2,4 V, a radno područje od 1,8 V do 2,85 V po ćeliji.

2.4. Kapacitet baterija

Skladištenje energije u baterijama se dijeli u tri odjeljka :

1. „Prazna zona“ – dio koji se može ponovno napuniti
2. „Dostupna energija“ – dio koji je raspoloživ za korištenje
3. Neupotrebljivi dio ili „sadržaj stijene“ – dio koji je postao neaktivan zbog česte upotrebe i starenja



Slika 2.9 Odjeljci baterije[15]

Kako neupotrebljivi dio baterije raste, vrijeme punjenja se skraćuje. Brže vrijeme punjenja na izbljedjelim baterijama primjetno je kod baterija na bazi nikla, olovne kiseline, ali ne kod Li-iona. U normalnim uvjetima kapacitet pada linearno, ali duboka pražnjenja nanose veliku štetu. Bolje je češće puniti bateriju umjesto da se baterija isprazni do kraja. Iznimka su baterije na bazi nikla koje je preporučljivo periodično prazniti za kontrolu „memorije“. Glavni faktori za tzv. Smrt olovnih baterija su: korozija, starenje, sulfacija. Kod baterija na bazi nikla to su ćelije u kojima se stvaraju kristali, dok kod litij-ionskih je razlog oksidacija ćelija zbog upotrebe i starenja.

3. Komponente uređaja za mjerenje kapaciteta baterije

U nastavku rada navedene su komponente korištene u izradi sklopa te je ukratko opisana njihova primjena.

3.1. Mikrokontroler

Mikrokontroler je kompaktni integrirani sklop napravljen za upravljanje određenim operacijama u ugrađenom sustavu. Mikrokontroleri imaju procesor, memoriju i programibilne ulazno/izlazne (U/I) periferne uređaje na jednom čipu. Mikrokontroleri obično sadrže do nekoliko desetaka ulazno/izlaznih pinova opće namjene (GPIO-General-purpose input/output). Arhitektura mikrokontrolera temelji se na arhitekturi po Von Neumannu ili Harvardu. Procesor mikrokontrolera temelji se na složenom skupu instrukcija (CISC) ili reduciranom skupu instrukcija (RISC). NodeMCU ESP8266 je jeftina IOT mikrokontrolerska platforma s otvorenim kodom. ESP8266 je wifi SOC (sustav na čipu) koji proizvodi Espressif Systems. Razvojna ploča ESP-12E sadrži čip ESP8266 koji ima 32-bitni RISC mikroprocesor koji radi na podesivoj taktnoj frekvenciji od 80 do 160 MHz. ESP-12E sadrži 128kB unutrašnjeg RAM-a, 4 Mb vanjske memorije i 802.11b/g/n Wi-Fi sklop pomoću kojeg može postaviti vlastitu mrežu. Potrebni radni napon za rad ESP modula je od 3 do 3,6 V. Pločica sadrži i LDO regulator napona. NodeMCU se povezuje mikroUSB-om s računalom. ESP8266 sadrži ukupno 30 pinova. Pinovi se mogu dodijeliti svim vrstama perifernih zadataka, uključujući: ADC kanal, UART(universal asynchronous receiver-transmitter), PWM izlazi, SPI(Serial Peripheral Interface), I2C i I2S [16].

3.2. I2C komunikacija

Za I2C komunikaciju je potrebna I2C sinkrona serijska sabirnica na koju se komponente spajaju izravno. Broj komponenata koje se smiju spojiti na sabirnicu ograničen je kapacitetom pojedine linije koji iznosi 400 pF. Sabirnice koje koriste I2C komunikaciju su SDA (serial Data) sabirnice za prijenos podataka i SCL (Serial clock) sabirnice za prijenos takta. One se spajaju preko otpornika (pull up) [17] na napajanje. Najčešća brzina prijenosa podataka sabirnicama je 100 kbit/s u standardnom načinu rada. Standard definira 7-bitne adrese. Svaka poruka ima adresni okvir koji

sadrži binarnu adresu izvršitelja i jedan ili više podatkovnih okvira koji sadrže podatke koji se prenose. Poruka također uključuje uvjete pokretanja i zaustavljanja, bitove za čitanje / pisanje i ACK / NACK bitove između svakog okvira podataka. Svaka komponenta može implementirati I2C standard na dva načina: kao upravljač (engl. Master) i kao izvršitelj (engl. Slave).

Uvjet pokretanja komunikacije: SDA linija prebacuje se iz visoke logičke razine u nisku logičku razinu prije nego što SCL linija prijeđe iz visoke logičke razine u nisku logičku razinu. Uvjet zaustavljanja komunikacije je prebacivanje SDA linije s niske logičke razine u visoku logičku razinu nakon što SCL linija prijeđe iz niske logičke razine u visoku. Prednosti I2C komunikacije su jednostavnost implementacije, spajanje komponenata sa samo dvije žice i to što jedan upravitelj može kontrolirati više izvršitelja.

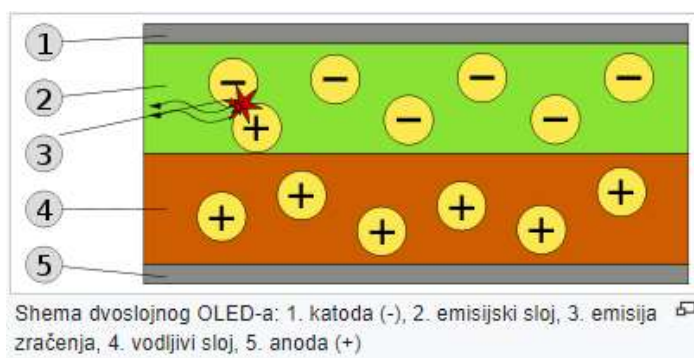
3.3. ADS 1115

Signal je elektromagnetski val koji se koristi za prijenos podataka. Analogni signal je kontinuirani signal. Digitalni signal je diskretan, te ima dva stanja. Analogni signal prikazuje se sinusnim valovima, dok se digitalni signal prikazuje pravokutnim valovima. Prednosti analognog prijenosa podataka su sljedeće: analogna obrada signala je jednostavnija, analogni signali su prikladniji za prijenos zvuka i slike i koriste manju širinu frekvencijskog pojasa od digitalnih signala. Mane analognog prijenosa podataka su niža kvaliteta podataka i osjetljivost kabela koji prenose analogne signale na vanjske utjecaje pri čemu signali lako gube kvalitetu i mogu se izobličiti. Prednosti digitalnog prijenosa podataka su mogućnost komprimiranja i šifriranja podataka. Nedostaci digitalnog prijenosa podataka su gubici prilikom kvantizacije, složeniji sustavi za obradu signala i ograničena brzina procesora. Uređaji iz skupine ADS111x su precizni 16-bitni analogno-digitalni pretvarači koji koriste I2C komunikaciju. ADS1115 ima 4 ulazna kanala, brzinu uzorkovanja od 860sps (samples, uzoraka). Sadrži ulazni multipleksor (MUX) koji omogućuje dva diferencijalna ili četiri jednostrana ulazna mjerenja. Tip sučelja koje ADS1115 koristi je I2C. ADS1115 se sastoji od 2 GND, SCL, SDA, ADDR, VCC, ALRT i 4 ulazna pina. Analogno-digitalni pretvarač je pretvarač podataka koji omogućuje povezivanje digitalnih sklopova sa stvarnim svijetom. Pretvarač kodira analogni signal u binarni kod. Analogni signali mogu biti kontinuirani i pružati beskonačan broj različitih vrijednosti napona. Digitalni krugovi, s druge strane, rade s binarnim signalom koji može poprimiti samo dva diskretna stanja, stanje logički "0" (LOW) ili stanje logički

"1" (HIGH). Proces pretvorbe uključuje kvantizaciju ulaza, ali sadrži malu količinu pogreške ili šuma. Analogno-digitalni pretvarač ne obavlja pretvorbu kontinuirano. Pretvarač vrši pretvorbu povremenim uzorkovanjem ulaza, ograničavajući dopuštenu širinu pojasa ulaznog signala.

3.4. OLED display

OLED je naprava koja emitira svjetlost. Načinjena je od niza tankih organskih filmova između dva vodiča - katode i anode. Najviše zauzete i najmanje zauzete molekularne orbitale (HOMO i LUMO) organskih poluvodiča analogne su valenciji i vodljivosti anorganskih poluvodiča. OLED zasloni su emisijski zasloni kojima nije potrebno pozadinsko osvjetljenje. Tanji su i učinkovitiji od LCD zaslona. Prednosti OLED-a u odnosu na LCD su bolja kvaliteta slike, veća ekonomičnost, duži vijek trajanja te mogućnost dizajniranja ultra tankih, fleksibilnih i sklopivih zaslona. Nedostaci OLED-a su veća cijena, ograničeni vijek trajanja te osjetljivost na sunčevu svjetlost i vodu. Vrste OLEDA [18] : Passive-matrix OLED (PMOLED), active-matrix OLED (AMOLED), transparent OLED (TOLED), top-emitting OLED, sklopivi OLED, bijeli OLED.

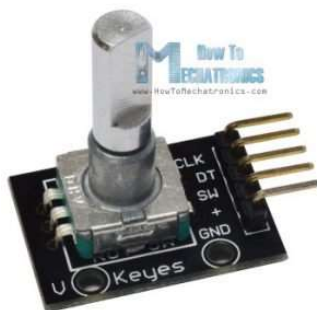


Slika 3.1 Shema dvoslojnog OLED-a [19]

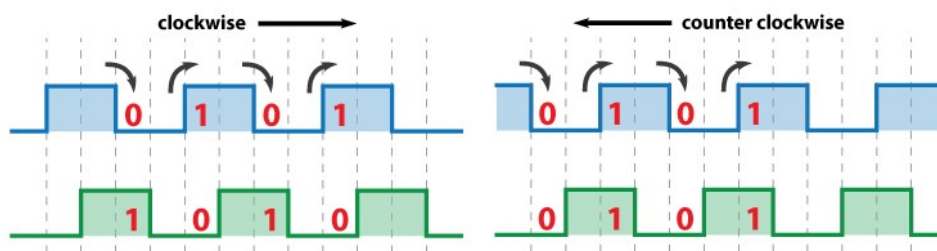
3.5. Enkoder

Rotacijski enkoder je elektromehanički uređaj, jedna vrsta senzora položaja, koji se koristi za određivanje kuta rotirajuće osovine. Pretvara rotaciju osovine tj. kutni položaj u električni,

digitalni ili analogni signal. Enkoderi se dijele na inkrementalne i apsolutne. Enkoder se sastoji od diska s ravnomjerno razmaknutim kontaktima spojenima na zajednički pin GND (Ground) te dva druga odvojena kontakta CLK (Clock) i DT (Data). Kada se enkoder počne okretati, pinovi CLK i DT uspostavljaju kontakt s pinom GND. Jedan pin dolazi u kontakt prije drugog pina pa se na izlazu dobe dva pravokutna signala. CLK i DT signali međusobno su pomaknuti u fazi za 90° .



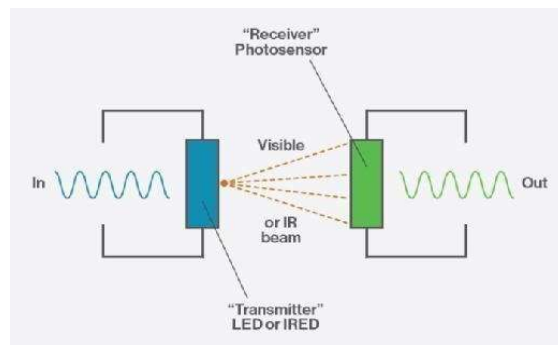
Slika 3.2 Rotacijski enkoder [20]



Slika 3.3 Impulsi enkodera [20]

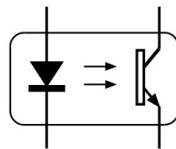
3.6. Optoparovi

Optopar, opto-izolatori ili optički izolatori nazivi su za poluvodički uređaj koji se koristi za prijenos električnog signala između elektroničkih krugova, a istovremeno drži te krugove međusobno električno izoliranim. Opto-izolatori sprječavaju pojavu previsokog napona koji bi mogao loše utjecati na sustav koji prima signal. Opto-izolator se sastoji od diode koja emitira svjetlost (LED), laserske diode ili IRED (infracrvene dioda) za prijenos signala i fotosenzora (ili fototranzistora) koji prima signal. Elektronička oprema, kao i vodovi za prijenos signala i električne energije, podložni su prenaponima od radiofrekvencijskih prijenosa, udarima groma i skokovima u napajanju. Da bi se izbjegli poremećaji, opto-izolatori omogućuju sigurno sučelje između visokonaponskih komponenata i niskonaponskih uređaja.



Slika 3.4 Princip rada opto-izolatora [21]

Optoizolator je uređaj koji nalikuje na integrirani krug ili tranzistora s dodatnim vodovima. Najčešća brzina optoizolatora za digitalne i analogne optičke izolatore iznosi 1 Mb/sec. Razlika između optoizolatora i optopara je u mogućnosti optoizolatora da izolira napone veće od 5000V, dok optoparovi izoliraju napone do 5000 V. Simbol optopara prikazan je na slici 3.5.

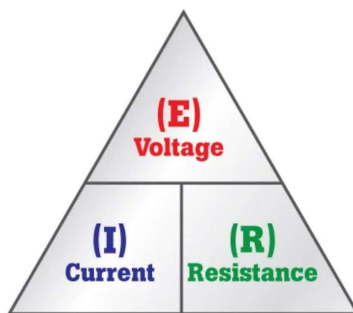


Slika 3.5 Simbol optopara [22]

Obzirom na različite karakteristike komponenata koje sadrže, proizvođači za svaki optopar i optoizolator u katalogima navode parametre poput omjera trenutnog prijenosa CTR (Current transfer ratio), propusnosti, ulazne struje i maksimalnog napona izlaznog uređaja.

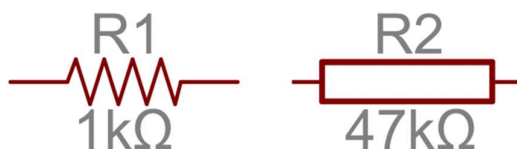
3.7. Otpornici

Otpornici su pasivne elektroničke komponente koje svojim otporom ograničavaju protok struje u električnom krugu. Otpornici spadaju u pasivne komponente zato što mogu disipirati električnu energiju, ali ju ne mogu stvoriti. Stavljaju se u električni krug gdje je potrebno ograničiti struju, podijeliti napon ili da se spriječi nepoznato stanje pina kod mikrokontrolera. Otpor otpornika mjeri se u Ω (Om) i označava se velikim slovom R. Osnovni zakon elektrotehnike kojim se računa otpor zove se Ohmov zakon. Ohmov zakon kaže da je struja kruga (I) jednaka omjeru napona (E ili U) i otpora kruga (R). Formula: $I=E/R$.



Slika 3.6 Ohmov zakon [23]

Shematski simboli otpornika:



Slika 3.7 Simbol otpornika [24]

Lijevo je simbol otpornika prema ANSI standardu označavanja, a desno simbol prema DIN standardu označavanja.

Otpornici se obično dijele na [25]: Otpornici sa žičanim namotajima, otpornici od metalnog filma, folija otpornik, otpornici od ugljikovog sastava (CCR), otpornici s ugljičnim filmom. Promjenjivi otpornici se dijele na: potencioetre, digitalne potencioetre i reostate.

3.8. Tiskana pločica

Tiskane pločice služe za povezivanje elektroničke komponente. Tiskane pločice obično su tanke ravne pločice izrađene od električki nevodljivih podloga sa slojevima bakrene folije. Pločice mogu imati više slojeva bakra. Svaka pločica ima šest standardnih komponenti koje su: prepreg, laminat, bakrena folija, maska za lemljenje, sitotisak i završna obrada. Postupak dimenzioniranja tiskane pločice se sastoji od sljedećih koraka:

1. crtanja električne sheme
2. simulacije i analize rada sklopa
3. izrade nacрта tiskanih veza
4. izrade tiskane pločice (PCB)
5. lemljenja elektroničkih komponentata na tiskanu pločicu



Slika 3.8 Prikaz tiskane pločice [26]

3.9. Tranzistori

Tranzistor su izumili fizičari William Shockley, John Bardeen i Walter Brattain. Tranzistori su se izvorno proizvodili na bazi germanija. Tranzistor je poluvodički uređaj za pojačanje, upravljanje i generiranje električnih signala. Osnovne namjene tranzistora su kao sklopka i kao pojačalo. Tranzistor je aktivna komponenta integriranih sklopova tzv. "mikročipova" koji često sadrže milijarde mikročipova. Tranzistori imaju tri kontakta: emiter, bazu i kolektor ili odvod, uvod i upravljačku elektrodu. Napon ili struja dovedeni na jedan par kontakata tranzistora upravljaju strujom kroz drugi par kontakata. Budući da kontrolirana (izlazna) snaga može biti veća od upravljačke (ulazne) snage, tranzistor može pojačati signal. Pri tome se dodatna snaga potrebna na

izlazu tranzistora uzima iz vanjskog izvora napajanja. Tranzistori se dijele na bipolarne (NPN, PNP) i unipolarne (JFET, MOSFET) tranzistore [27].

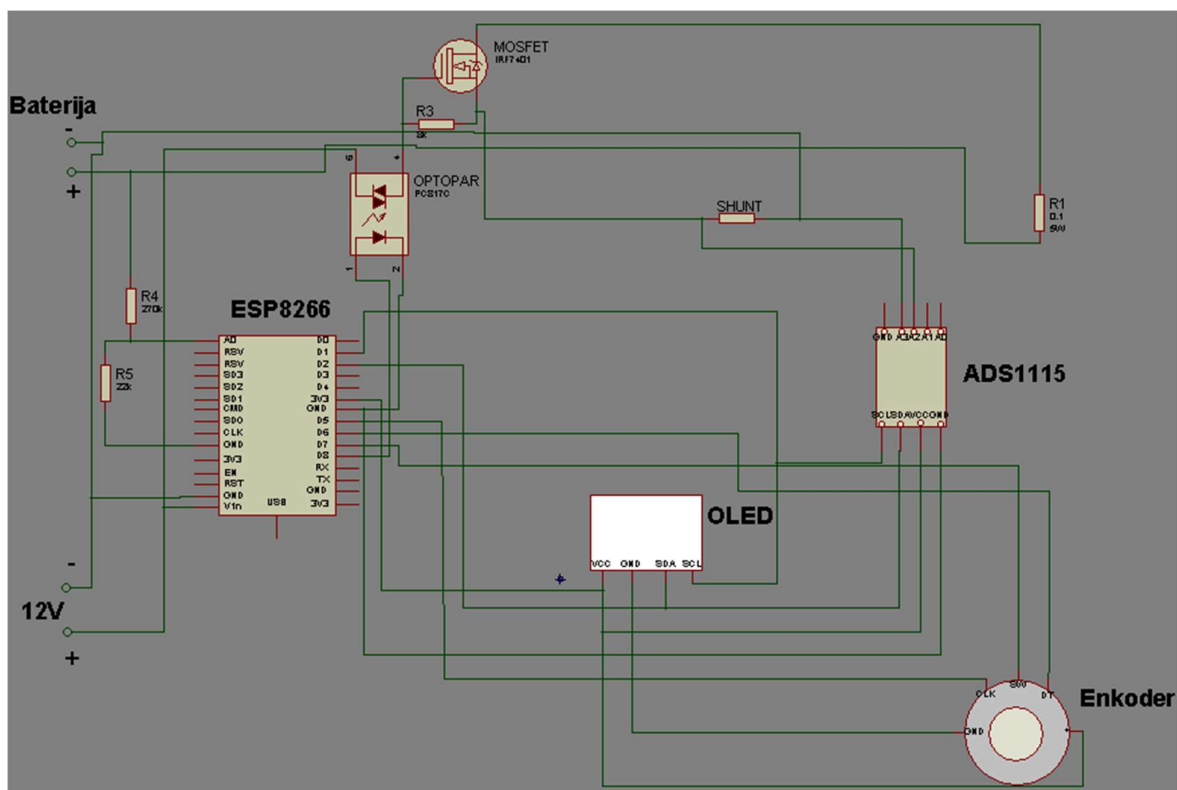
Bipolarni tranzistori se sastoje od 2 pn-spoja. Kod PNP tranzistora većinski nosioci su šupljine, a kod NPN tranzistora elektroni. Osnovni spojevi bipolarnog tranzistora su spoj zajedničke baze, spoj zajedničkog emitera i spoj zajedničkog kolektora.

Unipolarni tranzistori su tranzistori s efektom polja (FET, Field-effect transistor). FET koristi električno polje za kontrolu protoka struje. Najveća primjena FET-a je u integriranim krugovima jer troše malo snage. Tranzistor se sastoji od poluvodičkog kanala s elektrodama na krajevima tzv. odvod (engl. drain) i uvod (engl. source), (engl. gate) su vrata postavljena u neposrednoj blizini kanala koja omogućuju da električni naboj utječe u kanal. Upravljačka elektroda kod FET-a služi da kontrolira protok nosioca naboja promjenom veličine i oblika vodljivog kanala. FET-ove dijelimo na P-tip i N-tip ovisno o protoku struje u poluvodičkom kanalu. Vrste FET-ova su JFET, MOSFET i MOSFET s duplim upravljačkim ulazima.

4. Praktični dio

4.1. Shema sklopa

MOSFET se spaja na pull-up otpornik da ne bi došlo tzv. Floating ili nepoznatog stanja. MOSFET se spaja još na optopar zbog zaštite od prenapona, dok je source ili uvod spojen na shunt. Shunt koji je korišten je 10A 75mV. ESP-ov izlazni napon kojim napaja sklop iznosi 3,3 volta. Na ulaz mikroprocesora su spojeni otpornici od 22k Ω i 270k Ω



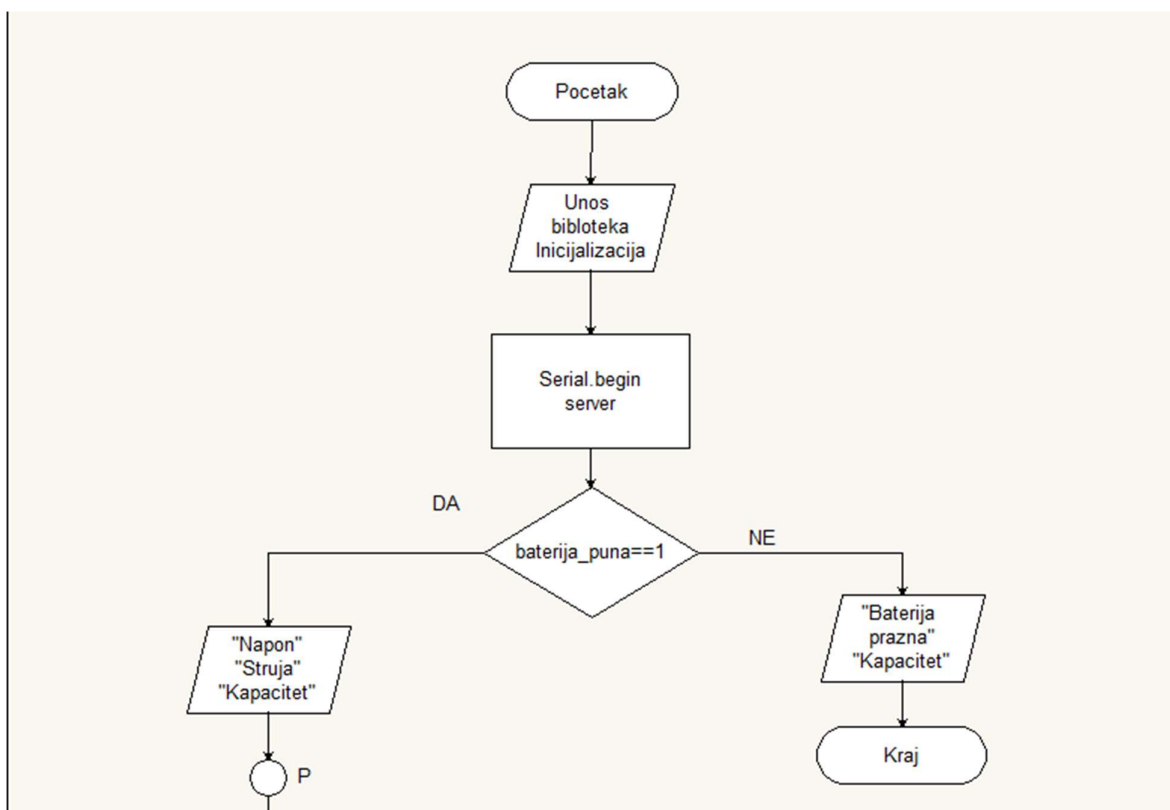
Slika 4.1 Elektronička shema sklopa

ESP se spaja na računalo preko mirkoUSB kabela. OLED display se spaja tako da se GND spoji na GND, VCC na 3V3, SCK se spoji na D1, a SDA na D2 pin. Isto tako je spojeno i na ADS1115-u. Napajanje enkodera je spojeno na 3V3, uzemljenje na GND, pin DT je spojen na D6, pin CLK na pin D5 i pin SW je spojen na D7. Kod ADS-a, pinovi A2 i A3 su spojeni na krajeve shunta. Drugi pinovi shunta spajaju se na MOSFET-ov source priključak i na minus baterije koja se ispituje. Pin drain se spaja na keramički otpornik R1, a drugi pin otpornika na plus. Optopar se spaja na pin D8, na MOSFET na pin gate, te na napajanje i uzemljenje. R4 i R5 predstavljaju

naponsko dijelilo i spajaju se na A0 na ESP-u. Sklop još ima mogućnost spajanja izvora 12V za slučaj da zatreba veće napajanje.

4.2. Dijagram toka programa

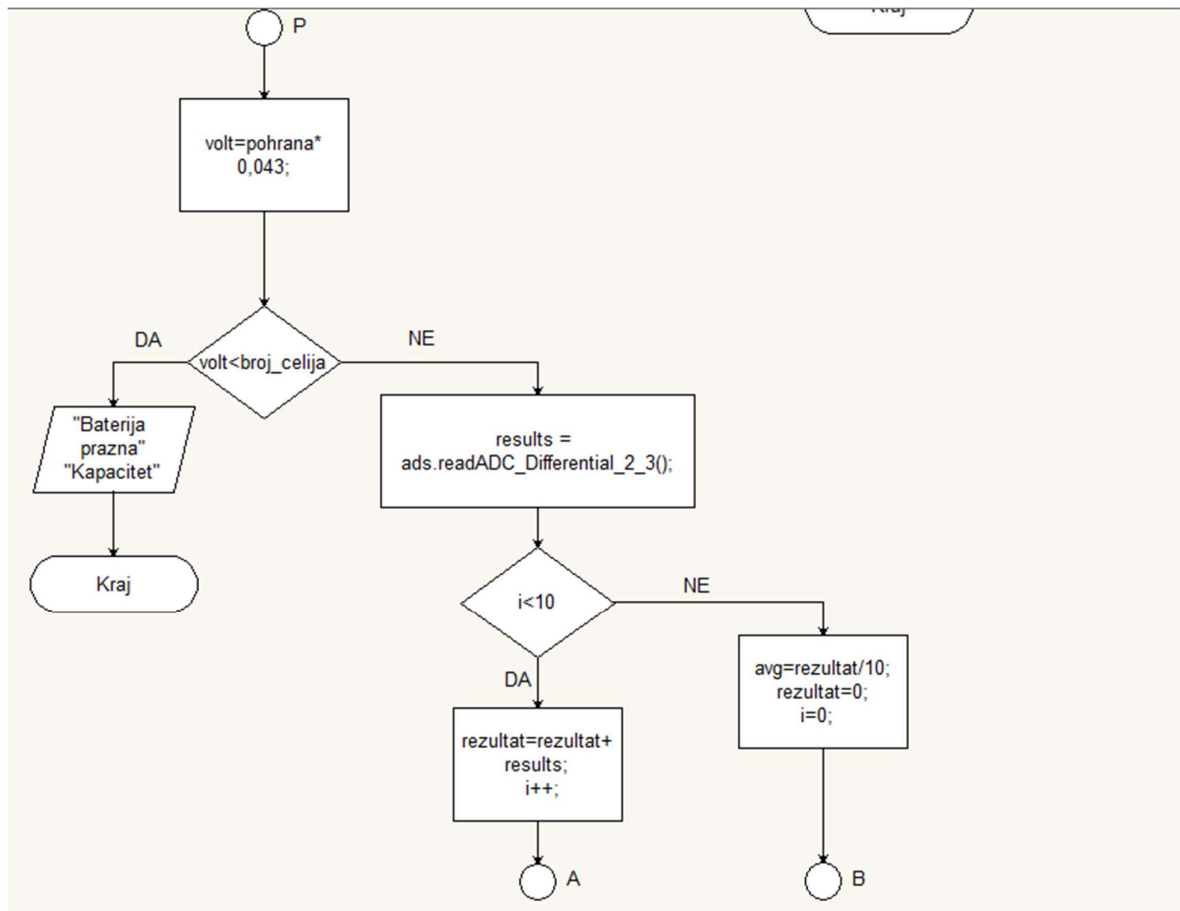
Na sljedećem dijagramu toka bit će prikazan princip rada dijela programa koji upravlja radom sklopa.



Slika 4.2 Dijagram tijeka početka programa

Na početku programa učitavaju se biblioteke s predefiniranim funkcijama koje se koriste u programu, zadaju se početne vrijednosti varijablama te se sklop spaja na server.

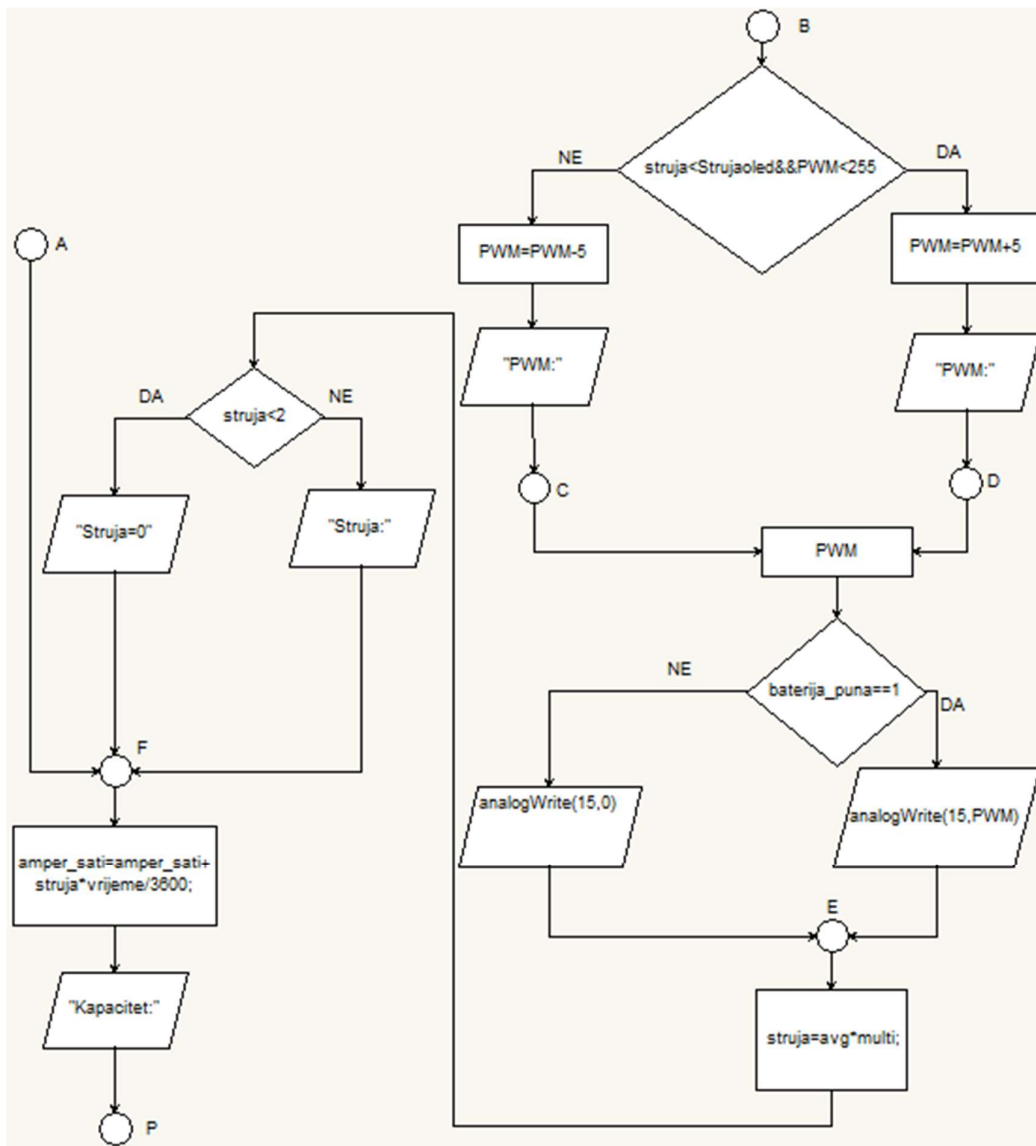
Prvo grananje provjerava stanje baterije tj. njezin kapacitet. Ako je baterija prazna, ispisuje se da je baterija prazna i završava program. Ako baterija nije prazna, započinje ispitivanje baterije ispisom trenutne struje pražnjenja, trenutnog napona baterije i kapaciteta.



Slika 4.3 Početak petlje i glavnog grananja (uvjet $i < 10$)

Nakon toga program ulazi u petlju. Na početku petlje određuje se napon baterije ($volt = pohrana * 0,043$). Uspoređivanjem napona baterije ($volt$) s naponom po ćeliji ($broj_celija$), namještenim na izborniku OLED-a pomoću enkodera, određuje se je li baterija ispražnjena. Ako je prilikom pražnjenja baterije napon pao ispod napona ćelije, baterija se smatra ispražnjenom. U tom slučaju ispisuje se poruka „Baterija prazna“, iznos kapaciteta baterije i završava program odnosno ispitivanje baterije. Ako baterija još nije ispražnjena, s AD pretvornika se očitava struja pražnjenja i njezina vrijednost pohranjuje u varijablu *results*.

Kod prve iteracije petlje varijabla *i* ima inicijalnu vrijednost 0 pa se, zbog ispunjenja uvjeta $i < 10$, vrijednost varijable *results* dodaje varijabli *rezultat* također inicijaliziranoj na 0. Varijabla *i* se uvećava za 1 te se računa i ispisuje kapacitet baterije. Taj se dio programa, zbog uvjeta $i < 10$, izvede 10 puta. Kod 11. iteracije petlje, za obavljenih 10 mjerenja struje pražnjenja, računa se prosječna vrijednost i pohranjuje u varijablu *avg*. Varijabla *i* se također postavlja na 0.



Slika 4.4 Drugi dio glavnog grananja (uvjet $i < 10$)

Ukoliko je prosječna struja manja od 2mA, zaokružuje se na 0, a inače se pomoću njezine prave vrijednosti računa kapacitet baterije ($struja * vrijeme / 3600$), pridodaje varijabli *amper_sati* i ispisuje na OLED-u. Varijabla *rezultat*, u kojoj je bio pohranjen zbroj 10 vrijednosti struje pražnjenja, postavlja se na 0 i tako priprema za sljedećih 10 vrijednosti.

U 11. iteraciji petlje struja pražnjenja (*struja*) uspoređuje se i s konstantom *strujaoled* iznosa 900, a varijabla *PWM* s vrijednošću 255. Ukoliko je struja pražnjenja manja od 900mA, a varijabla *PWM* manja od 255, *PWM* se uvećava za 5 i tako ubrzava pražnjenje baterije i sam proces određivanja kapaciteta baterije. U protivnom se vrijednost varijable *PWM* smanjuje za 5 da bi se baterija zaštitila od pregrijavanja.

Vrijednost varijable *PWM* ne prikazuje se na zaslonu, već samo zapisuje u serial. Vrijednošću *PWM-a* se preko optocoupler-a upravlja širinom kanala MOSFET-a koja onda određuje struju MOSFET-a odnosno struju pražnjenja baterije.

Kad se baterija isprazni, *PWM* se postavlja u nulu (*analogWrite(15,0)*) i odmah na početku sljedeće iteracije petlje završava program.

4.3. Programski kod

Na sljedećim slikama će biti screenshotovi najbitnijih dijelova programa.

```
// Unos biblioteka
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_ADS1015.h>
#include <WiFiSettings.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display širina, u pixelima
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display visina, u pixelima

// Inicijalizacija za SSD1306 display povezan pomoću I2C komunikacije (SDA, SCL pinovi)
#define OLED_RESET -1 // Reset pin
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
// wifi-----

// spajanje na internet ruter
const char* ssid = "Mariol";
const char* password = "lkj987asd123";

// identifikacija parametara
float struja, amper_sati, avg, rezultat, volt;
float vrijeme=0.1; // vrijeme jednog ciklusa programa
int pohrana, PWM=0, i=0;
// Web server port 80 postavljanje
WiFiServer server(80);
```

Slika 4.5 Uvodni dio programa

Prva slika prikazuje uključivanje biblioteka potrebnih za rad s funkcijama, definiranje dimenzija OLED-a i unos podataka za spajanje na kućni internet.

```

// Postavljanje trenutnog vremena
unsigned long currentTime = millis();
// Prošlo vrijeme
unsigned long previousTime = 0;
// Definicija pauze u milisekundama (primjer: 2000ms = 2s)
const long timeoutTime = 2000;

float multi=1.04;//konstata za množenje sa šantom 10A 75mV
Adafruit_ADS1115 ads;

// definiranje pinova enkodera
#define encoder0PinA D6
#define encoder0PinB D5
#define encoder0Press 13
volatile unsigned int encoder0Pos = 0;
volatile bool encoderPrevA = 0;
volatile bool encoderPrevB = 0;
uint32_t timer=0;
int vrstabat=0;
int brojcel=0;
float broj_celija=0;
int valC=0;
int Strujaoled=900;

```

Slika 4.6 Definiranje pinova i početnih vrijednosti

Potom sve varijable dobivaju svoju početnu vrijednost i definiraju se pinovi enkodera.

```

byte clk;
byte menuCount = 1;
byte dir = 0;
bool runState = false;
byte baterija_puna =1 ;

void setup() {
  // konfiguracija gpio pinova
  pinMode(encoder0Press, INPUT_PULLUP);
  pinMode(encoder0PinA, INPUT);
  pinMode(encoder0PinB, INPUT);

  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); //povezivanje displaya sa adresom
  display.clearDisplay(); //naredba za čišćenje display OLED-a
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(0, 0);
  display.setTextSize(1);
  display.print("Dobro dosli");
  display.setCursor(0, 9 * 2);
  display.print("Mario Ivsak");
  display.setCursor(0, 9 * 4);
  display.print("Završni rad");
  display.setCursor(0, 9 * 5);
  display.display();
}

```

Slika 4.7 Konfiguracija OLED-a

Display se povezuje s adresom (0x3C), čisti se zaslon i zatim ispisuje poruka dobrodošlice: „Dobar dan“, „Mario Ivsak“, „Završni rad“. Zaslon dobrodošlice traje 10 sekundi.

```

-----
// Ispis na OLED-u
  if(baterija_puna==1){
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1,2);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0,0);
    display.print("Struja:");
    display.println(struja);
    display.print("Napon: ");
    display.println(volt);
    display.print("Kapacitet:");
    display.println(amper_sati);
    display.display();}
  else if (baterija_puna==0)
  {
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1,2);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0,0);
    display.println("Baterija prazna");
    display.print("Kapacitet:");
    display.println(amper_sati);
    display.display();
  }
}

```

Slika 4.8 Postavljanje ispisa varijabli i vrijednosti

Nakon toga se na OLED display ispisuju struja, napon i kapacitet ukoliko je baterija ispravna, a ukoliko nije, ispisuje se da je baterija prazna i da je njezin kapacitet 0.

```

// Upravljanje ispitivačom-----

        results = ads.readADC_Differential_2_3();
if(i<11)
{rezultat=rezultat+results;
i++;
}
else
{avg=rezultat/10;
rezultat=0;
{
|

// Ograničenje struje-----
if(struja<Strujaoled&&PWM<255)
{ PWM=PWM+5;
  Serial.print("PWM=");
  Serial.println(PWM);
}
  else if (PWM>256)
{PWM=PWM-5;
  Serial.print("PWM=");
  Serial.println(PWM);
}

  if(baterija_puna==1) analogWrite(15, PWM);
  else analogWrite(15,0);
}

```

Slika 4.9 Upravljanje ispitivačem i ograničenje struje

Zadaje se čitanje s ADC-a te računanje prosječne vrijednosti nakon 10 mjerenja. Nakon toga se ograničuje struja pomoću PWM-a.

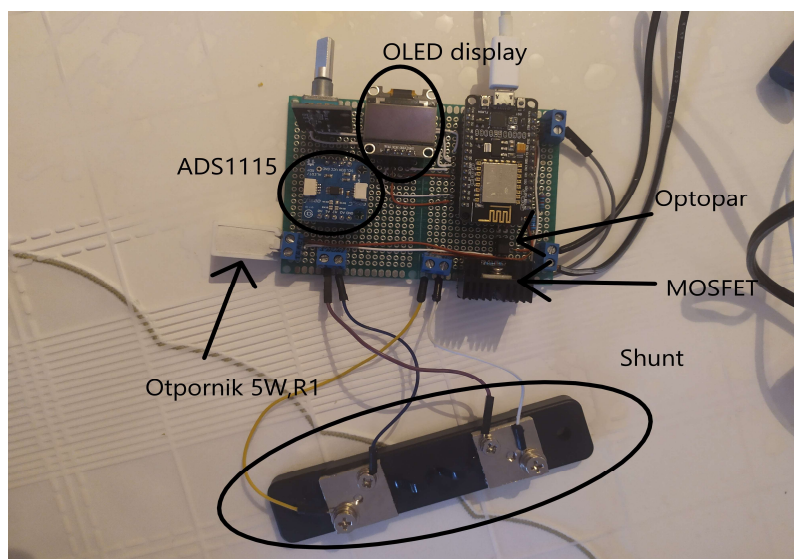
```
//Izračun potrošnje-----  
  
struja=avg*multi;  
  
if(struja<2)  
{  
  struja=0;  
}  
else{  
  Serial.print("Struja:");  
  Serial.println(struja);  
}  
  i=0;  
}  
amper_sati=amper_sati+struja*vrijeme/3600;  
Serial.print("Kapacitet:");  
Serial.println(amper_sati);  
  
}  
  
delay(50);  
}
```

Slika 4.10 Izračun kapaciteta

Očitava se struja i računa kapacitet pomoću formule navedene u kodu.

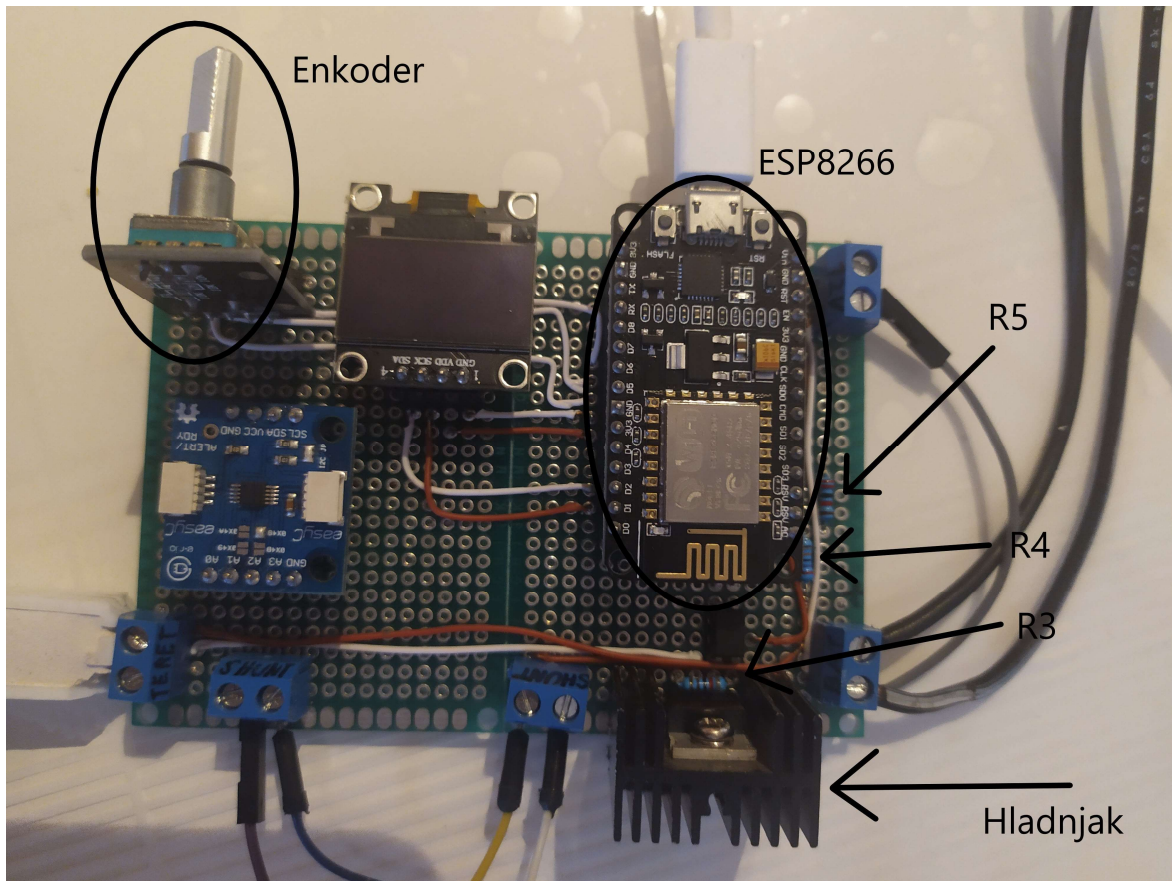
4.4. Opis gotovog sklopa

U nastavku su prikazane fotografije gotovog sklopa s označenim komponentama te je dati opis korištenih komponenti.



Slika 4.11 Sklop s označenim komponentama

OLED display služi za prikaz parametara, izbornika i rezultata. Parametri u izborniku se odabiru pomoću enkodera, pritiskom na tipku enkodera. ADS1115 je 16-bitni analogno-digitalni pretvornik koji radi s frekvencijom uzorkovanja 860Hz preko I2C. ADS integrirani sklop sadrži pojačalo s podesivim pojačanjem, do x16, koje služi za pojačanje malih signala i tako omogućuje preciznije mjerenje (1bit = 0.125mV). Optoparom se upravlja MOSFET, a MOSFET se koristi za kontrolu struje i upravljanje. Otpornik od 5W je teret preko kojeg se prazni baterija. Shunt služi za mjerenje struje.



Slika 4.12 Sklop s preostalim komponentama

Esp 8266 je „mozak“ svega i služi za upravljanje sklopom. Otpornici kod mikroprocesora služe kao dijelilo napona.

5. Web stranica

5.1. Izrada web stranice

Prvo se unose SSID i lozinka kućnog interneta. Server čeka da klijent uspostavi vezu. Petlja se ponavlja dok je klijent spojen. Kada klijent uspostavi vezu sa serverom, otvara se stranica. U kodu na slici 5.1 oblikuje se zaglavlje stranice.

```
// Web dio programa
int16_t results;
WiFiClient client = server.available(); // Čekanje klijenata

if (client) {
  Serial.println("New Client.");
  String currentLine = "";
  currentTime = millis();
  previousTime = currentTime;
  while (client.connected() && currentTime - previousTime <= timeoutTime) { // petlja dok je klijent spojen
    currentTime = millis();
    if (client.available()) {
      char c = client.read();
      Serial.write(c);
      header += c;
      if (c == '\n') {
        if (currentLine.length() == 0) {
          client.println("HTTP/1.1 200 OK");
          client.println("Content-type:text/html");
          client.println("Connection: close");
          client.println();
          // HTML ispis web stranice
          client.println("<!DOCTYPE html><html>");
          client.println("<HEAD><meta http-equiv='refresh' content='3'></HEAD>");
          client.println("<head><meta name='viewport' content='width=device-width, initial-scale=1'>");
          client.println("<link rel='icon' href='data:,'>");
        }
      }
    }
  }
}
```

Slika 5.1 Uspostava veze s klijentom

Linijom `<!DOCTYPE html>` započinje oblikovanje web stranice. Oblikuje se zaglavlje stranice.

```
// Uredjenje stila web stranice
client.println("<style>html { font-family: Helvetica; display: inline-block; margin: 0px auto; text-align: center;}");
client.println(".button { background-color: #195BEA; border: none; color: white; padding: 16px 40px;");
client.println("text-decoration: none; font-size: 30px ; margin: 2px; cursor: pointer;}");
client.println(".button2 {background-color: #77878A;}</style></head>");

// Web starnica zaglavlje
client.println("<body><h1 style=font-size:45px;> Sklop za ispitivanje kapaciteta baterija </h1>");

// Ispis struje,napona i snage
client.print("<p style=font-size:30px;> Struja: " "</p>");
client.print(struja);
client.print(" mA");
client.print("<p style=font-size:30px;>Napon: " "</p>");
client.println(volt);
client.print(" V");
client.print("<p style=font-size:30px;> Snaga: " "</p>");
client.println(amper_sati);
client.print(" mAh");
client.println("</body></html>");

// Izlaz iz petlje
break;
} else {
  currentLine = "";
}
} else if (c != '\r') {
```

Slika 5.2 Stil i oblikovanje web stranice

Oblikovanje teksta i stila izgleda web stranice vrši se naredbama prikazanim na slici 5.2. Na web stranici se ispisuju vrijednosti struja, napona i kapaciteta koji se osvježavaju svakih nekoliko sekundi. Svaki parametar ima svoju vrijednost i mjernu jedinicu. Za font je uzeta Helvetica“, oznake 45 px i 30 px označavanju veličinu slova. Oznaka h1 označava head, p označava paragraf.

5.2. Prikaz web stranice

Sklop za ispitivanje kapaciteta baterija

Struja:

1.14 mA

Napon:

3.35 V

Kapacitet:

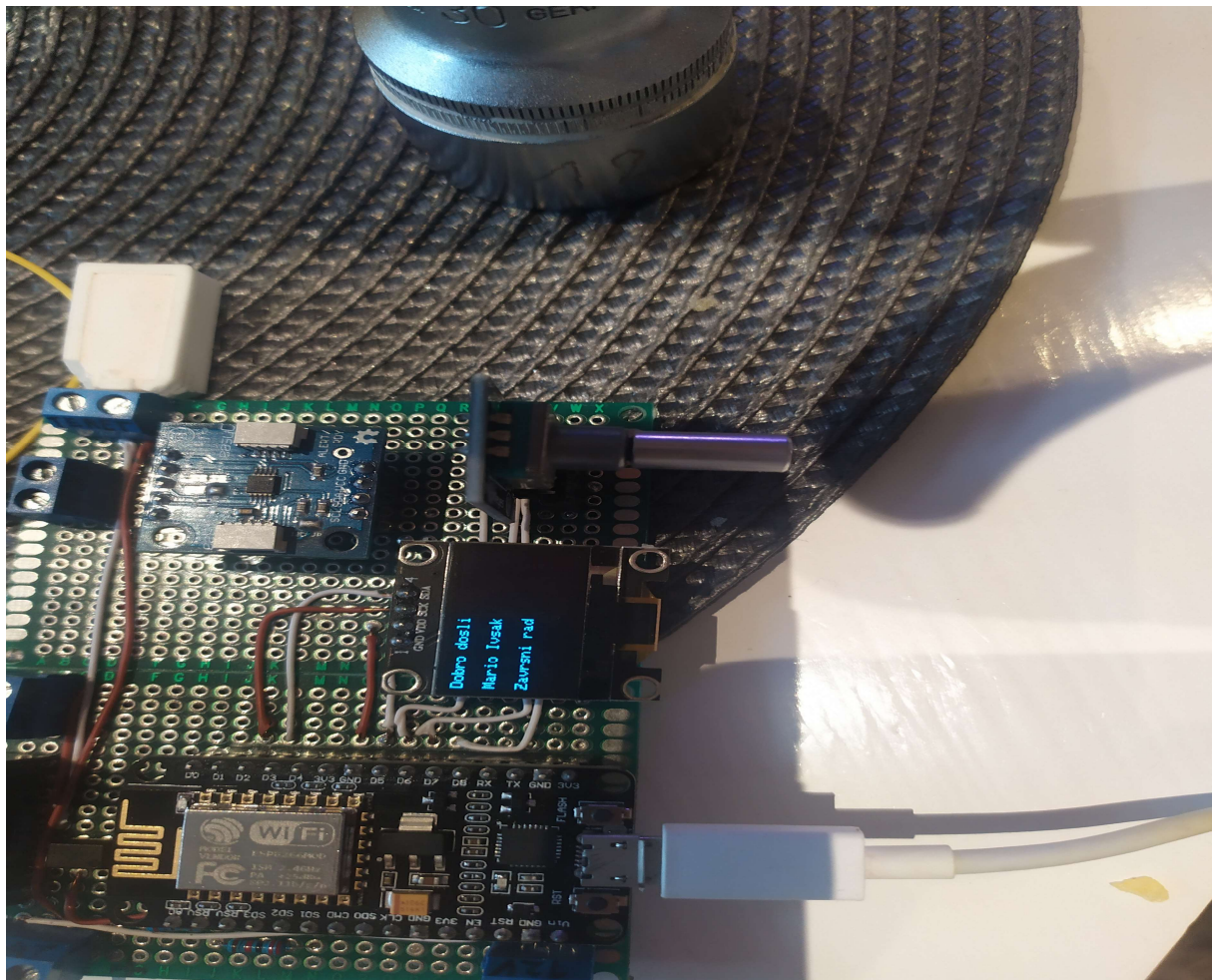
1.56 mAh

Slika 5.3 Izgled web stranice

Izgled web stranice prilikom ispitivanja loše baterije prikazan je na slici 5.3.

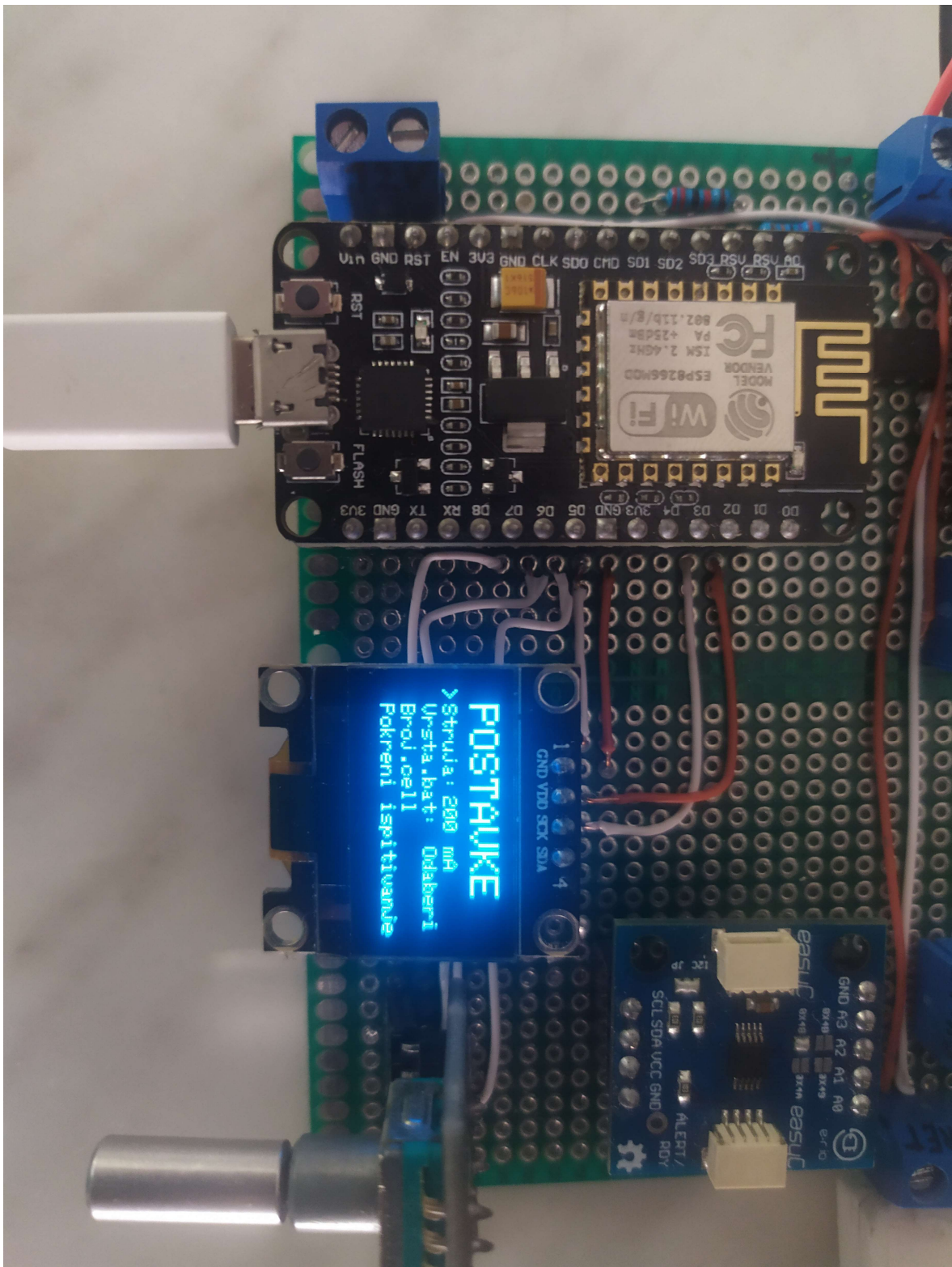
6. Ispitivanje rada sklopa

Nakon priključenja sklopa na napajanje, na OLED-u se ispisuje poruka dobrodošlice (slika ispod).



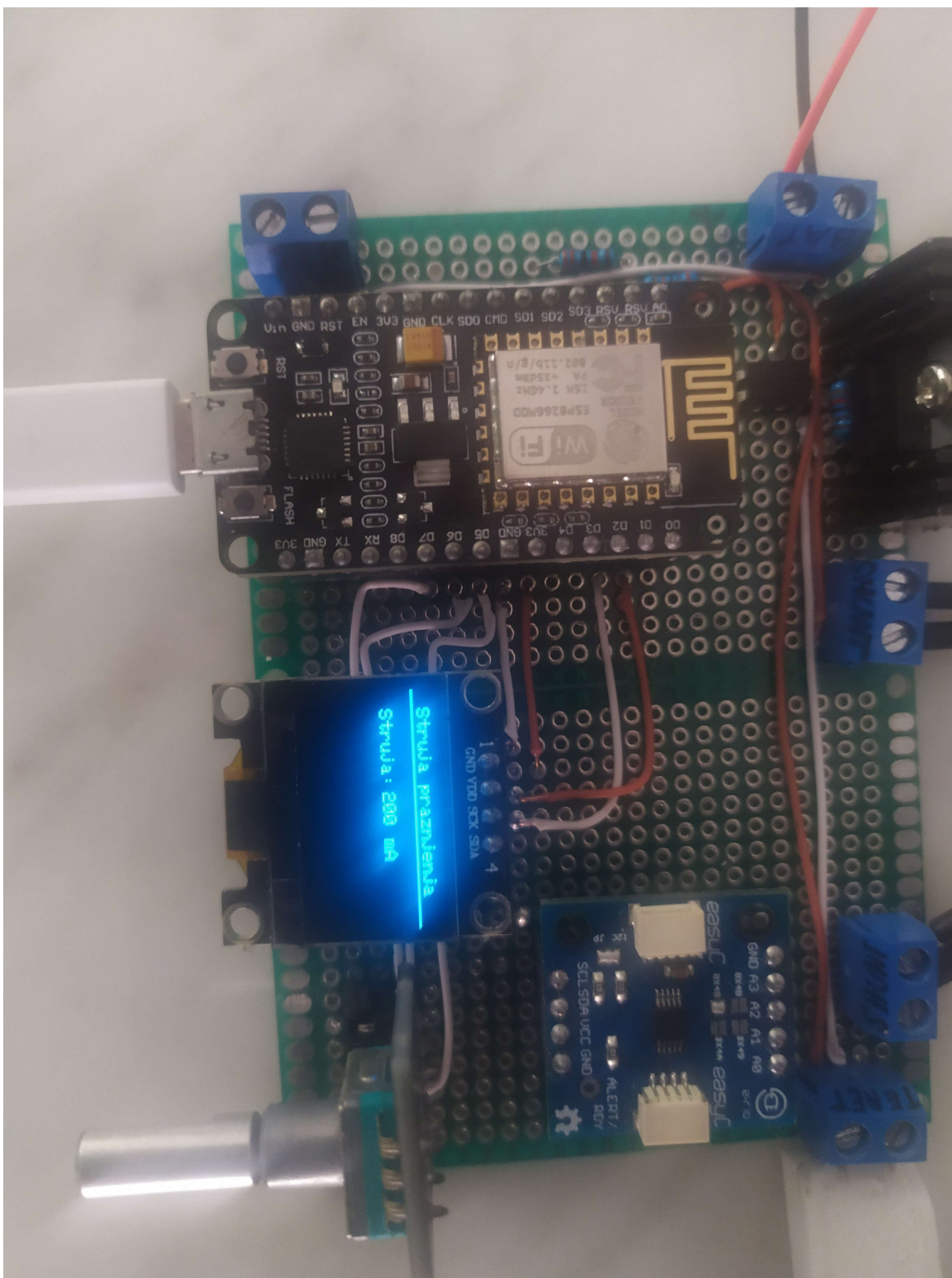
Slika 6.1 Display dobrodošlice

Zatim se otvara početni izbornik za odabir parametara pokusa (struja pražnjenja, vrsta baterija, broj ćelija) koji se odabiru pomoću enkodera. U izborniku *Struja* zadaje se struja pražnjenja kojom će se prazniti baterija. U izborniku *Vrste baterije* u ponudi su baterije: Li-on, NiMH, NiCD i Pb. Izbornik *Broj ćelija* sadrži brojeke od 1 do 4, gdje 1 označava bateriju s jednom ćelijom, 2 s dvije ćelije, 3 s tri ćelije i 4 s četiri ćelije.



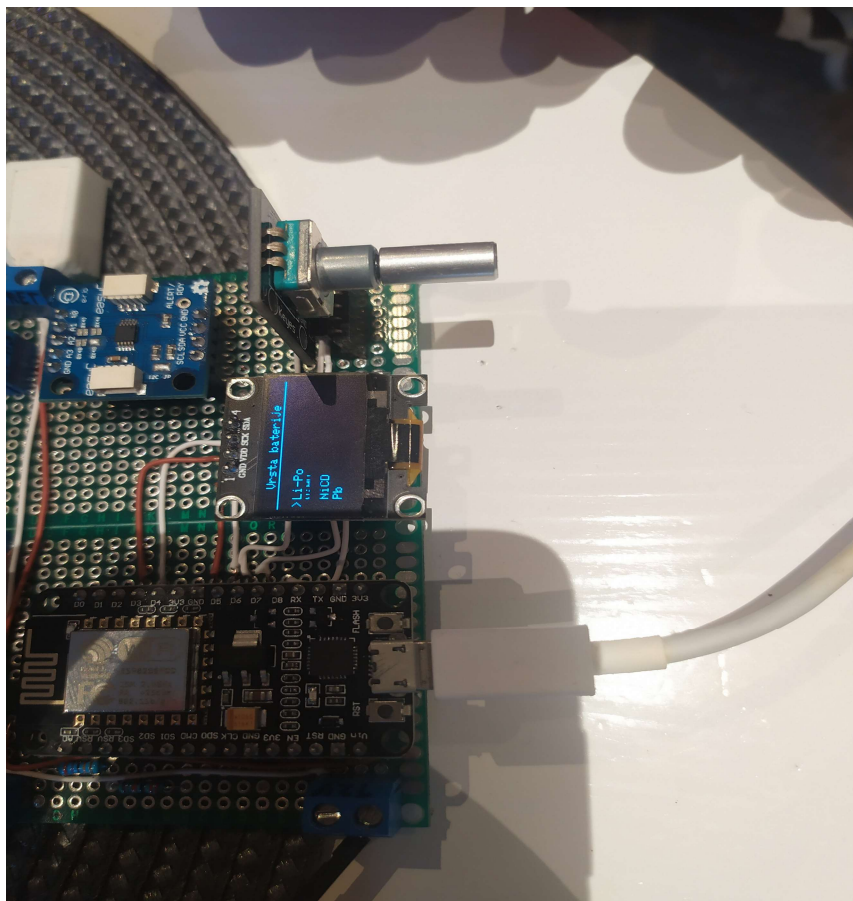
Slika 6.2 Postavke izbornika

Za struju pražnjenja odabrana je struja od 200 mA.



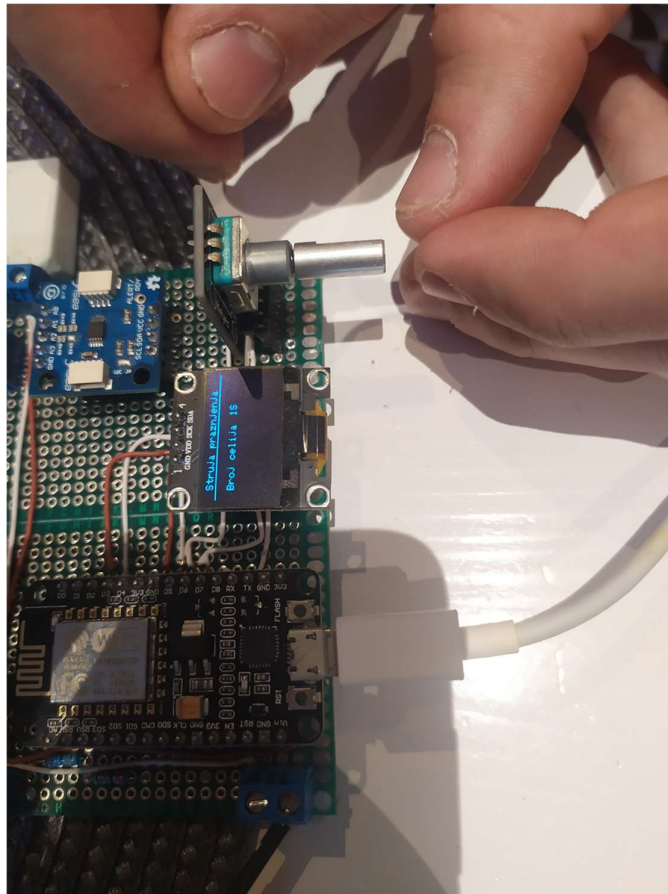
Slika 6.3 Odabir struje pražnjenja

Ispitivana baterija je Li-Po baterija napona 3,7V s jednom ćelijom. Te se vrijednosti upisuju u početnom izborniku.



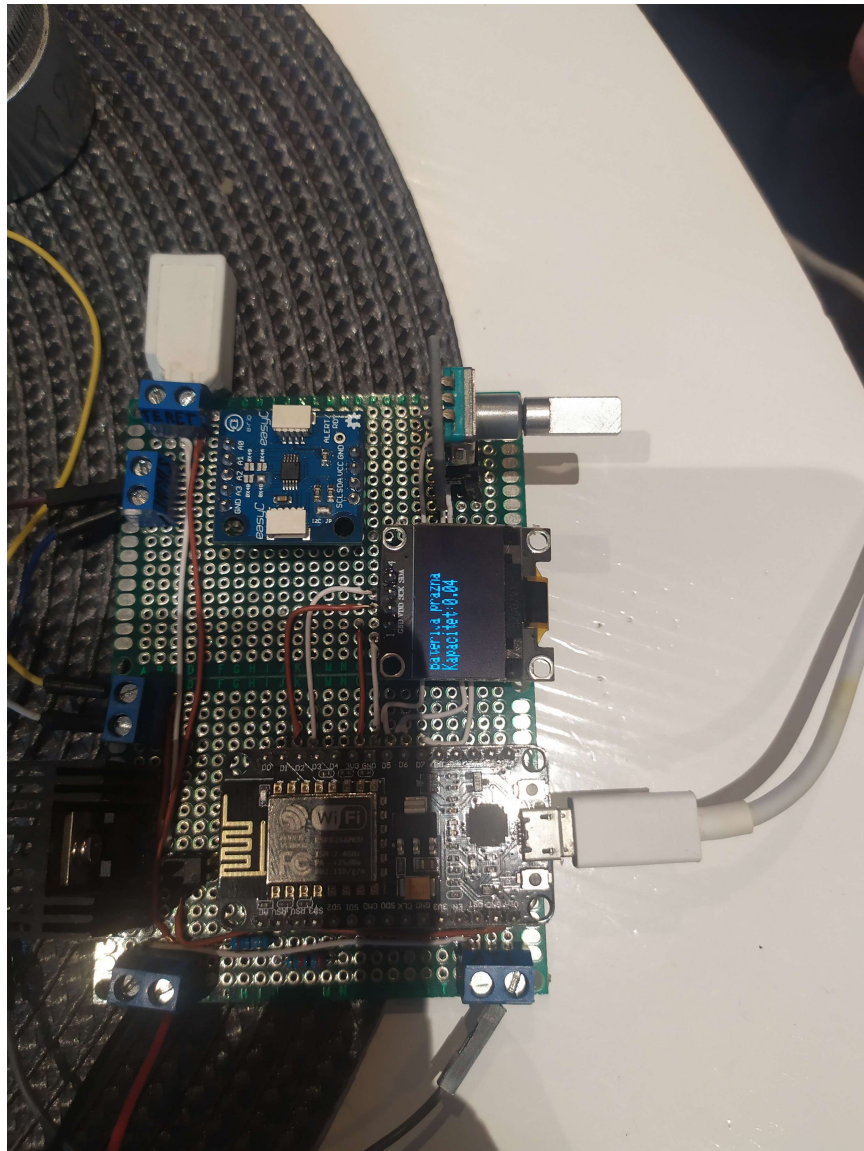
Slika 6.4 Odabir vrste baterije

Na slici je prikazan slučaj kada je u izborniku „vrsta baterije“ odabrana je Li-Po vrsta baterije.



Slika 6.5 Odabir broja ćelija

Parametri pokusa mogu se pratiti i na web stranici što je pogodno za rad na udaljenosti. Kad se napravi pokus s lošom baterijom, odmah se dobije prikaz - prazna baterija i kapacitet približno nula što znači da baterija nije za nikakvu uporabu.



Slika 6.6 Prikaz rezultata ispitivanja loše baterije

Nakon toga se promjeni baterija i s istim parametrima napravi drugi pokus. Na slici se može vidjeti tijekom pokusa. Na OLED displayu je ispisano „Baterija prazna“, a vrijednost njezina kapaciteta - 0.04 mAh.

Sklop za ispitivanje kapaciteta baterija

Struja:

141.23 mA

Napon:

4.02 V

Kapacitet:

2.18 mAh

Slika 6.7 Početak ispitivanja ispravne baterije s jednom ćelijom

Sklop za ispitivanje kapaciteta baterija

Struja:

0.51 mA

Napon:

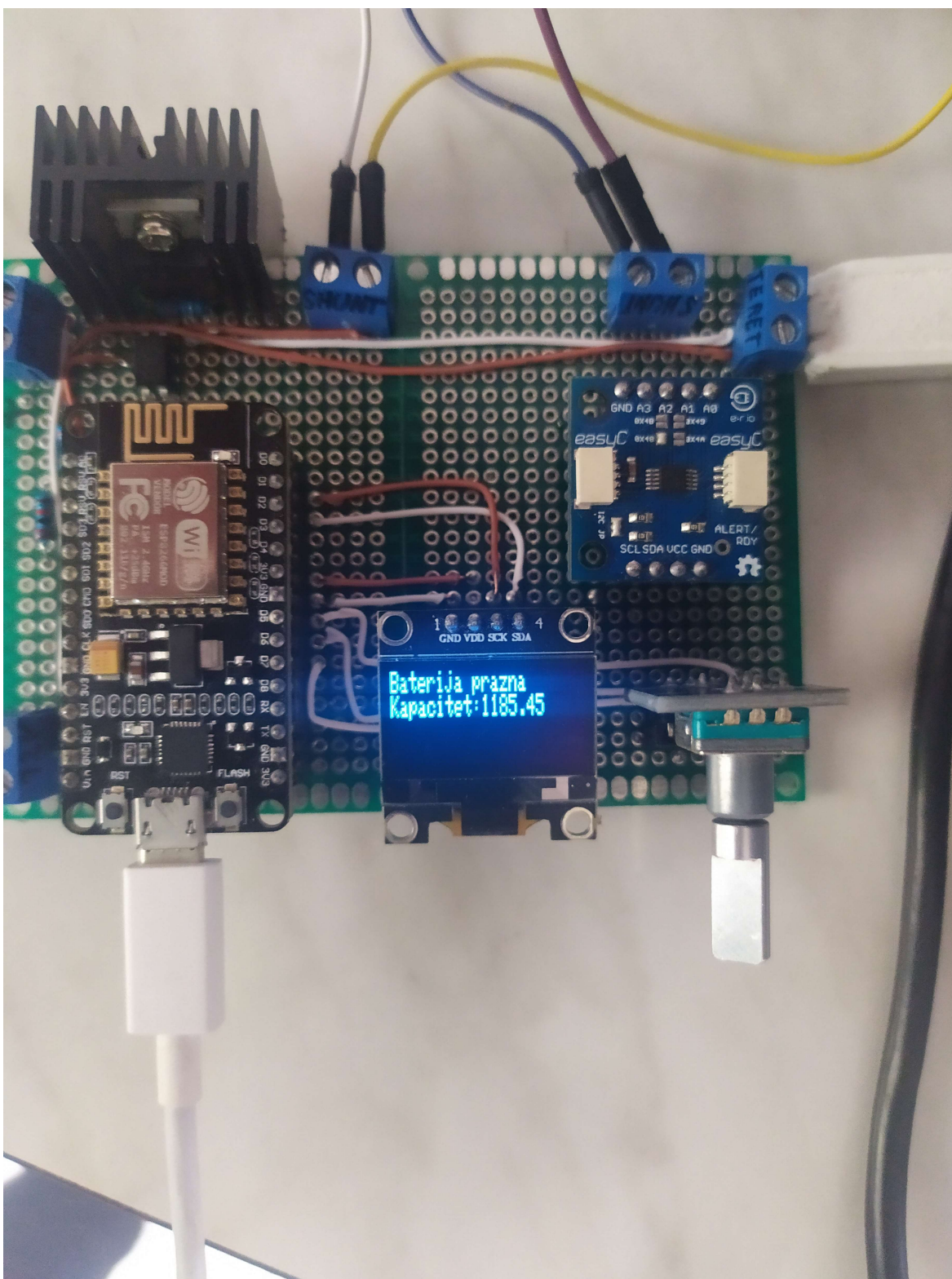
3.45 V

Kapacitet:

1185.45 mAh

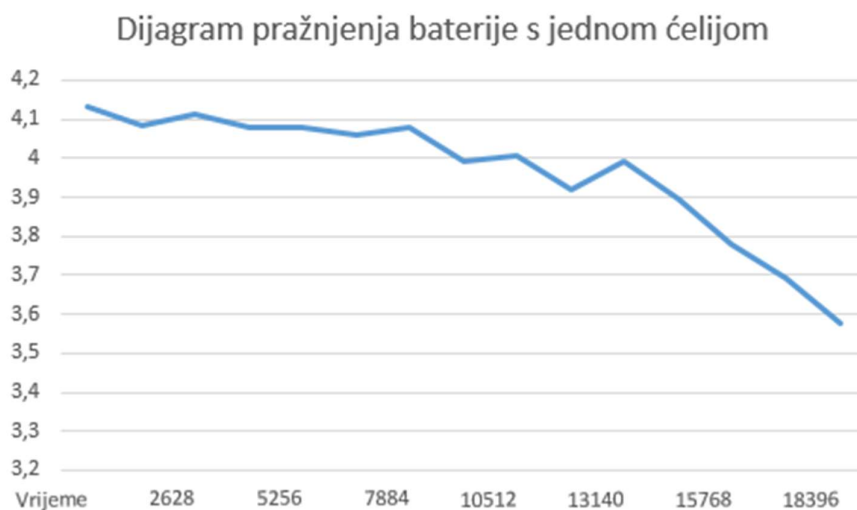
Slike 6.8 Kraj ispitivanja ispravne baterije s jednom ćelijom

Na kraju ispitivanja ispisuje se kapacitet testirane baterije koji iznosi 1185.45 mAh.



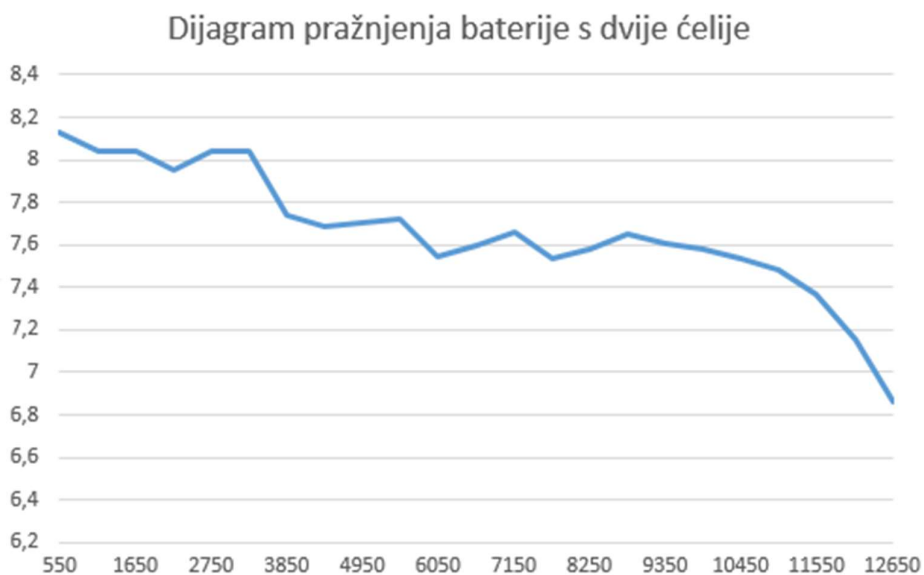
Slika 6.9 Kraj ispitivanja i ispis kapaciteta na OLED-u

Ispisuje se kapacitet baterije i završava pokus. Ispisani kapacitet baterije pokazuje je li baterija upotrebjljiva ili ju je potrebno zamijeniti novom.



6.10 Dijagram pražnjenja baterije s jednom ćelijom

Kod baterija s jednom ćelijom snimljeno je kako napon pada od 4,15 V do 3,5 V. Na x osi je vrijeme u sekundama, a na y osi je napon u voltima. Kad je izmjereni napon manji od 3,5 V mjerenje završava i pokus je gotov.



6.11 Dijagram pražnjenja baterije s dvije ćelije

Dijagram pražnjenja baterije s dvije ćelije prikazuje kako napon pada s vremenom odnosno kako se prazni baterija. X os prikazuje vrijeme izraženo u sekundama, a y os prikazuje napon izražen u voltima. Pražnjenje baterije je trajalo 12650 sekundi, što iznosi 210.8 minuta. Kada sklop učita napon manji od 6.4 V, pokus prestaje i ispisuje se da je baterija prazna te koliki joj je kapacitet. Daljnje pražnjenje baterije nije pogodno jer može doći do oštećenja baterije.

7. Cijena

U nastavku su navedene cijene komponenta uređaja za ispitivanje baterija. One, naravno, ovise o proizvođaču i trgovini u kojoj se kupuju. Neke okvirne cijene prikazane su u tablici.

| | Hrvatska | Kina |
|------------------------------------|-----------------|--------------------|
| NodeMCU ESP8266 | 125,00kn | 6,47 \$ / 40,75 kn |
| OLED display 128x64 | 50,00kn | 2 \$ / 12,60 kn |
| Rotacijski enkoder | 20,00kn | 2,15 \$ / 13,54 kn |
| Shunt 10A 75mV | 29,00kn | 2,52 \$ / 15,87 kn |
| ADS1115 | 69,00kn | 4,6 \$ / 28,97 kn |
| Otpornik 5W 0.1 Ω | 1,23kn | 0,134 \$ / 0,84 kn |
| MOSFET IRF740 | 9,38kn | 0,164\$ / 1,03 kn |
| Optocoupler PC817C | 3,18kn | 0,063 \$ / 0,40 kn |
| Ostali otpornici | 1,00kn | 0,03 \$ / 0,19 kn |
| Tiskana pločica | 24,00kn | 1,44\$ / 9,07kn |
| Ukupna cijena komponentata: | 331,79kn | 114,9 kn |

Tablica 7.1 Cijena sklopa

8. Zaključak

U ovome radu prikazano je kako kod kuće napraviti jednostavni uređaj za mjerenje kapaciteta punjivih baterija. U radu je prikazana shema spajanja i potreban programski kod te su ukratko objašnjeni korišteni elementi. Na kraju rada izmjereni su kapaciteti nekih baterija. Sklop je koristan za ispitivanje stanja manjih baterija kod kuće. Sklop ima svoja ograničenja kao što je jačina struje koja odmah veže za sobom vrijeme ispitivanja baterije. Mana sklopa je dugo vrijeme ispitivanja u slučaju baterija većeg kapaciteta zbog ograničene jakosti struje. Ispitivanje, ovisno o kapacitetu, može potrajati od nekoliko minuta do nekoliko sati. Dodatno ograničenje prikazanog sklopa je to da se ne mogu ispitivati baterije koje imaju napon veći od 41 V, primjerice akumulatori i baterije koje imaju više od 4 ćelije. Ti se nedostaci mogu ukloniti uz određene modifikacije sklopa. Sklop bi se mogao unaprijediti dodavanjem dijela programskog koda kojim bi se na web stranici u realnom vremenu crtao graf pražnjenja baterije.

9. Literatura

- [1] <https://libraries.mit.edu/collections/vail-collection/topics/electricity/the-voltaic-pile/>, dostupno 13.5.2021
- [2] https://hr.wikipedia.org/wiki/Voltin_niz#/media/Datoteka:Voltin_%C4%8Dlanak_1.png, dostupno 16.5.2021
- [3] <https://i.ytimg.com/vi/X0JE605PvPM/hqdefault.jpg>, dostupno 16.5.2021
- [4] <https://batteryindustry.tech/dictionary/gravity-cell/>, dostupno 13.5.2021
- [5] https://etc.usf.edu/clipart/35700/35725/gravity_35725_md.gif, dostupno 15.5.2021
- [6] <https://americanhistory.si.edu/fuelcells/origins/origins.htm>, dostupno 13.5.2021
- [7] <https://www.upsbatterycenter.com/blog/what-is-a-leclanche-cell/>, dostupno 13.5.2021
- [8] <https://www.britannica.com/technology/Leclanche-cell>, dostupno 13.5.2021
- [9] <https://www.prba.org/battery-safety-market-info/types-of-batteries/>, dostupno 15.5.2021
- [10] https://eprints.grf.unizg.hr/2859/1/Z854_Pongrac_Mihael.pdf, dostupno 15.5.2021
- [11] https://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion, dostupno 15.5.2021
- [12] [https://batteryuniversity.com/img/content/li_1\(1\).jpg](https://batteryuniversity.com/img/content/li_1(1).jpg), dostupno 15.5.2021
- [13] [https://batteryuniversity.com/img/content/li_3\(1\).jpg](https://batteryuniversity.com/img/content/li_3(1).jpg), dostupno 15.5.2021
- [14] <https://nickelinstitute.org/media/4795/nmc-lfp-02.jpg>, dostupno 15.5.2021
- [15] https://www.cadex.com/_content/3_segments.jpg, dostupno 15.5.2021
- [16] <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/I2C-vs-I2S.html>, dostupno 14.5.2021
- [17] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pull-up-resistors>, dostupno 12.5.202
- [18] <https://electronics.howstuffworks.com/oled3.htm>, dostupno 13.5.2021
- [19] <https://hr2.wiki/wiki/OLED>, dostupno 15.5.2021
- [20] <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/rotary-encoder-works-use-arduino/>, dostupno 17.2.2021
- [21] <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/optoisolator>, dostupno 17.5.2021
- [22] https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/transistor/what-is-a-photocoupler-optocoupler-optoisolator.php, dostupno 17.5.2021
- [23] <https://www.fluke.com/en-us/learn/blog/electrical/what-is-ohms-law>, dostupno 12.5.2021
- [24] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/resistors/all>, dostupno 12.5.2021

- [25] <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/direct-current/chpt-2/resistors/>, dostupno 12.5.2021
- [26] <https://www.planetanalog.com/goodbye-fr-4-were-going-to-miss-you/#>, dostupno 17.5.2021
- [27] https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/fet-field-effect-transistor/what-is-a-fet-types-overview.php, dostupno 17.5.2021

Popis slika

- Slika 2.1 Voltina hrpa
- Slika 2.2 Danielova ćelija
- Slika 2.3 Gravitacijska ćelija
- Slika 2.4 Leclanchéove ćelije tj. njezin presjek
- Slika 2.5 Litij-ionske baterije i princip punjenja i pražnjenja
- Slika 2.6 LCO baterija i njezina struktura
- Slika 2.7 LMO i njezina struktura
- Slika 2.8 LFP i NMO i njihov sastav
- Slika 2.9 Odjeljci baterija
- Slika 3.1 Shema dvoslojnog OLED-a
- Slika 3.2 Rotacijski enkoder
- Slika 3.3 Impulsi enkodera
- Slika 3.4 Princip rada opto-izolatora
- Slika 3.5 Simbol optopara
- Slika 3.6 Ohmov zakon
- Slika 3.7 Simbol otpornika
- Slika 3.8 Prikaz tiskane pločice
- Slika 4.1 Elektronička shema sklopa
- Slika 4.2 Dijagram tijeka početka programa
- Slika 4.3 Početak petlje i glavnog grananja (*uvjet $i < 10$*)
- Slika 4.4 Drugi dio glavnog grananja (*uvjet $i < 10$*)
- Slika 4.5 Uvodni dio programa
- Slika 4.6 Definiranje pinova i početnih vrijednosti
- Slika 4.7 Konfiguracija OLED-a
- Slika 4.8 Postavljanje ispisa varijabli i vrijednosti
- Slika 4.9 Upravljanje ispitivačem i ograničenje struje
- Slika 4.10 Izračun kapaciteta
- Slika 4.11 Sklop s označenim komponentama
- Slika 4.12 Sklop s preostalim komponentama
- Slika 5.1 Uspostava veze s klijentom
- Slika 5.2 Stil i oblikovanje web stranice
- Slika 5.3 Izgled web stranice
- Slika 6.1 Display dobrodošlice

Slika 6.2 Postavke izbornika

Slika 6.3 Odabir struje pražnjenja

Slika 6.4 Odabir vrste baterije

Slika 6.5 Odabir broja ćelija

Slika 6.6 Prikaz rezultata ispitivanja loše baterije

Slika 6.7 Početak ispitivanja ispravne baterije s jednom ćelijom

Slika 6.8 Kraj ispitivanja ispravne baterije s jednom ćelijom

Slika 6.9 Kraj ispitivanja i ispis kapaciteta na OLED-u

Slika 6.10 Dijagram pražnjenja baterije s jednom ćelijom

Slika 6.11 Dijagram pražnjenja baterije s dvije ćelije

Popis tablica

Tablica 7.1 Cijena sklopa



IZJAVA O AUTORSTVU

I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, **Ivšak Mario** pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom: **Uređaj za mjerenje kapaciteta punjivih baterija upravljani mikrokontrolerom** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:

Ivšak Mario

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, **Ivšak Mario** neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom završnog rada pod naslovom: **Uređaj za mjerenje kapaciteta punjivih baterija upravljani mikrokontrolerom** čiji sam autor.

Student:

Ivšak Mario

(vlastoručni potpis)