

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

Mladi raziskovalci za razvoj Šaleške doline

RAZISKOVALNA NALOGA

# **PAMETNA KUHALNA NAPRAVA**

Tematsko področje: Aplikativni inovacijski predlogi in projekti

Avtor:

Dejan Mežnarc, 3. letnik

Mentor:

Klemen Hleb, dipl. inž. elektrotehnike (UN)

Velenje, 2021

Raziskovalna naloga je bila opravljena na ŠCV Velenje, Elektro in računalniški šoli, 2021.

Mentor: Klemen Hleb, dipl. inž. elektrotehnike (UN)

Datum predstavitve: april 2021

## **KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD ŠC Velenje, šolsko leto 2020/2021

KG IoT / internet of things / kuhanje / pametna naprava

AV MEŽNARC, Dejan

SA HLEB, Klemen

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola

LI 2021

## **IN PAMETNA KUHALNA NAPRAVA**

TD Raziskovalna naloga

IJ SL

JI sl/en

AI V sklopu te raziskovalne naloge izdelam aplikacijo in pametno napravo za kuhanje. Cilj naloge je ugotoviti, če lahko z uporabo naprave skrajšamo čas kuhanja, zmanjšamo porabo električne energije in preprečimo morebitne neželjene situacije pri kuhanju. Na napravi večkrat skuham dve različni jedi, s pomočjo naprave in brez nje. Recept ene jedi mi je znan, druge pa ne. Ob kuhanju merim čas in porabo električne energije. Te podatke primerjam med seboj. Da simuliram okolje za pojavnost neželjenih situacij, mleko segrevam eno uro stopinjo pod vreliščem. Ugotovim, da z uporabo naprave zmanjšamo čas kuhanja, preprečimo pojavnost določenih neželjenih situacij in zmanjšamo porabo električne energije.

## **KEYWORD DOCUMENTATION**

ND ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2021

CX IoT / Internet of things / cooking / smart device

AU MEŽNARC, Dejan

AA HLEB, Klemen

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2021

PY 2021

TI **SMART COOKING APPLIANCE**

TR Research work

LA SL

AL sl/en

AB Within the following research paper context, I have created an application and a smart cooking appliance. The goal of the paper is to determine if the cooking time can be shortened, the power consumption reduced, and some cooking accidents prevented by using the appliance assistance. Two different dishes have been cooked several times, with and without the help of the appliance, as well as with a familiar and an unknown recipe. Alongside cooking, I have measured the time and power consumption, followed by this data being compared with each other. To simulate the environment for accident occurrences, I have heated milk for an hour at the temperature of one degree below the boiling point, thus finding out that the cooking time is reduced, certain accidents are prevented, and, the power consumption is decreased upon using the appliance assistance.

## Kazalo

1	Uvod .....	1
1.1	Ideja naloge .....	1
1.2	Hipoteze .....	1
2	Teoretični del .....	2
2.1	Obstoječe rešitve in njihovi problemi .....	2
2.1.1	Popolnoma avtonomni stroji .....	2
2.1.2	Pametni lonci .....	2
2.1.3	Kuhalne plošče s tehtnico .....	4
2.2	Merjenje .....	5
2.2.1	Temperatura .....	5
2.2.2	Masa (teža) .....	6
3	Praktični del .....	7
3.1	Načrtovanje in izdelava .....	7
3.1.1	Idejna zasnova .....	7
3.1.2	Indukcijska plošča .....	7
3.1.3	Mehanska izdelava .....	8
3.1.4	Načrtovanje veZIJ .....	9
3.1.5	Osnovne komponente v vezjih .....	11
3.1.6	Krmiljenje indukcijske plošče .....	12
3.1.7	Tehtanje vsebine posode .....	12
3.1.8	Merjenje temperature vsebine posode .....	12
3.1.9	Regulacija temperature .....	13
3.1.10	Program .....	14
3.1.11	Vmesnik na telefonu .....	16

3.1.12	Končen rezultat.....	17
3.1.13	Težave in rešitve.....	18
3.2	Metode merjenja .....	19
3.2.1	Test vretja vode .....	19
3.2.2	Test priprave jedi.....	20
3.2.3	Merjenje porabe eLEKTRIČNE enErgije.....	21
3.2.4	Test kuhanja mleka.....	21
4	Rezultati.....	22
4.1	Rezultati testov .....	22
4.1.1	Test vretja vode .....	22
4.1.2	Test priprave jedi.....	23
4.1.3	Merjenje porabe električne enrgije .....	24
4.1.4	Test kuhanja mleka.....	25
4.2	Hipoteze .....	26
5	Razprava .....	27
5.1	Ugotovitve .....	27
5.2	Nadaljnje delo in izboljšave.....	28
5.3	Zaključek .....	29
6	Viri in literatura .....	30
6.1.1	Viri slik.....	31
7	Priloge.....	32
7.1.1	Shema vezja v posodi .....	32
7.1.2	Shema vezja v indukcijski plošči .....	34
7.1.3	Recept za špagete.....	37
7.1.4	Recept za zelenjavno juho s perutnino .....	37

## Kazalo slik

Slika 1: Hamilton Beach pametni lonec .....	2
Slika 2: CrockPot pametni lonec .....	3
Slika 3: Zega Cookware lonec .....	3
Slika 4: Bosch Cookit .....	4
Slika 5: Indukcijska plošča s tehtnico .....	4
Slika 6: Tehtnica (pesa) na indukcijski plošči .....	4
Slika 7: Termistor .....	5
Slika 8: Merilni listič za merjenje deformacij (angl. strain gauge) .....	6
Slika 9: Wheatstovnov most .....	6
Slika 10: Indukcijska plošča Iska IC-2000S .....	7
Slika 11: 3D-model ohišja .....	8
Slika 12: Narisano tiskano vezje v posodi .....	9
Slika 13: Blokovna shema vezja v posodi .....	9
Slika 14: Narisano tiskano vezje v indukcijski plošči .....	10
Slika 15: Blokovna shema tiskanega vezja v indukcijski plošči .....	10
Slika 16: ESP32 .....	11
Slika 17: ATtiny84 .....	11
Slika 18: nRF24101 modul .....	11
Slika 19: HX711 .....	12
Slika 20: Diagram poteka za program vezja v posodi .....	14
Slika 21: Diagram poteka programa v vezju indukcijske plošče .....	15
Slika 22: Posnetek zaslona aplikacije za nadzor naprave .....	16
Slika 23: Posnetek zaslona v aplikaciji med kuhanjem .....	16
Slika 24: Podnožje modificirane indukcijske plošče .....	17
Slika 25: Vezje v ročaju posode .....	17
Slika 26: Kuhanje s pametnim načinom .....	24

## Kazalo tabel

Tabela 1: Rezultati testa vretja vode v ročnem načinu.....	22
Tabela 2: Rezultati testa vretja vode v avtomatskem načinu.....	22
Tabela 3: Čas in poraba pri kuhanju omake za špagete v ročnem načinu.....	23
Tabela 4: Čas in poraba pri kuhanju omake za špagete v avtomatskem načinu.....	23
Tabela 5: Čas in poraba pri kuhanju juhe v ročnem načinu.....	23
Tabela 6: Čas in poraba pri kuhanju juhe v avtomatskem načinu.....	23

## Kazalo grafikonov

Grafikon 1: Temperatura med gretjem mleka.....	25
--	----



# **1 Uvod**

## **1.1 Ideja naloge**

V vsaki kuhinji najdemo kuhalno ploščo, kuhinjsko tehtnico in kuharja, ki tu pa tam kaj prismoji.

Cilj naloge je združiti tehtnico in kuhalno ploščo v eno napravo, tej pa dodati še posodo s senzorji, ki bi skupaj s »pametjo« naprave preprečila morebitne neželene situacije pri kuhanju, omogočila lažje sledenje receptom ter zmanjšala porabo električne energije in časa.

S tako napravo bi olajšali kuhanje profesionalnim kuharjem in poenostavili sledenje zahtevnim receptom tudi amaterskim kuharjem.

## **1.2 Hipoteze**

- a) Čas, ki ga pripravimo za pripravo jedi, se bo z uporabo avtomatskega načina zmanjšal.
- b) Pri kuhanju z avtomatskim načinom se porabi manj električne energije.
- c) Ob uporabi avtomatskega načina se zgodi manj neželenih situacij pri kuhanju.

## **2 Teoretični del**

### **2.1 Obstoječe rešitve in njihovi problemi**

#### **2.1.1 POPOLNOMA AVTONOMNI STROJI**

Na trgu že obstaja nekaj popolnoma avtonomnih strojev, vendar so dizajnirani za pripravo samo ene jedi. Namenjeni so profesionalni rabi v gostiščih, nekaj takšnih naprav pa se najde tudi v domačih kuhinjah. Tipičen primer takega stroja je avtomat za kavo, obstajajo pa tudi različni kuhalniki za riž in jajca ter pametni lonci.

#### **2.1.2 PAMETNI LONCI**

V uporabi so pametni lonci s senzorji za temperaturo in z vgrajenimi grelci. Večinoma so dizajnirani/prodajani kot pametni ekonom lonci. Slabost teh loncev je, da niso praktični, saj potrebujejo lasten kabel in vtičnico. Zaradi vgrajenega grelca so težji, nekateri modeli pa niso vodoodporni, kar še dodatno otežuje čiščenje.



#### **HamiltonBeach**

Posoda z opcijo regulacije temperature, ki ima vgrajen električni grelec. Namenjena je počasnemu kuhanju pod pritiskom.

*Slika 1: Hamilton Beach pametni lonec*

## CrockPot

Tudi ta posoda ima vgrajeno regulacijo pritiska, vendar pa nima direktno vgrajenih temperaturnih sond (temperaturne sonde nimajo direktnega stika s hrano).



Slika 2: CrockPot pametni lonec



Slika 3: Zega Cookware lonec

## Zega Cookware

Ta posoda nima vgrajenega grelca, ampak samo temperaturne senzorje in časovnik. Preko aplikacije na telefonu uporabnika obvešča o stanju hrane v posodi. Je baterijsko napajana in vodoodporna, kar olajša čiščenje.



### Bosch Cookit

Ta naprava je še najbolj podobna moji zamisli. Ima vgrajen električni grelec, tehtnico, časovnik in motor za mešanje. Sestavni del je tudi odstranljiv namenski lonec, kar olajša čiščenje. Slabost je zelo veliko stojalo.

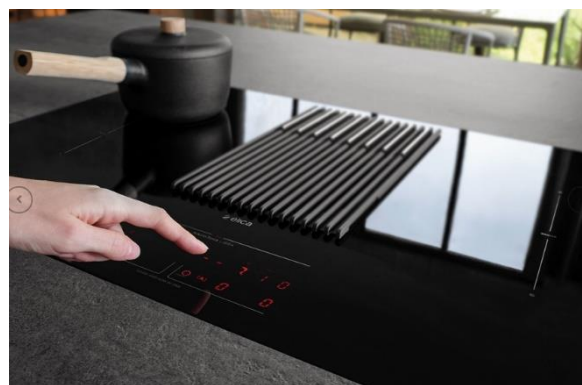
Slika 4: Bosch Cookit

### 2.1.3 KUHALNE PLOŠČE S TEHTNICO

Trenutno je na voljo le ena indukcijska plošča z vgrajeno tehtnico. Tehtamo lahko le na sredini, kjer ni grelnih elementov. Takšna rešitev ne omogoča tehtanja med procesom kuhanja jedi.



Slika 6: Tehtnica (pesa) na indukcijski plošči



Slika 5: Indukcijska plošča s tehtnico

## 2.2 Merjenje

Že obstoječe rešitve najpogosteje merijo temperaturo in tlak v posodi. Boshov Cookit pa meri tudi maso vsebine posode.

### 2.2.1 TEMPERATURA

Temperatura se lahko izmeri s termistorji. Termistor je upor, izdelan iz materiala, ki je posebej občutljiv na temperaturo okolice. Poznamo NTC (negativni temperaturni koeficient – upornost in temperatura sta obratno sorazmerna) in PTC (pozitivni temperaturni koeficient - upornost in temperatura sta sorazmerna) termistorje. V praksi se za merjenje temperature uporablja NTC.



*Slika 7: Termistor*

### 2.2.2 MASA (TEŽA)

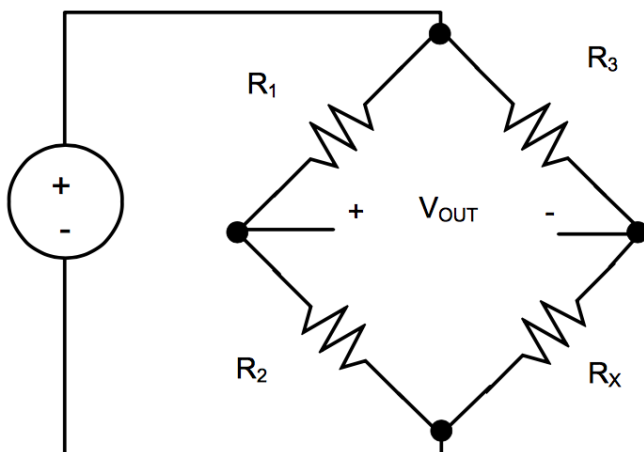
Maso lahko izmerimo s senzorjem sile tako, da zaznamo  $F_g$  in dobljeno silo delimo z gravitacijskim pospeškom.

$$F = ma$$

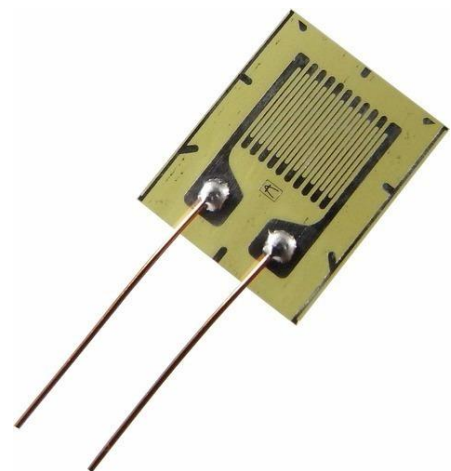
$$F_g = mg$$

$$m = \frac{F_g}{g}$$

Senzor sile je tanka navita žica v obliki črke S, ki je močno prilepljena na vzvod. Z upogibanjem vzvoda se žici spreminja dolžina in debelina, kar posledično povzroči majhno spremembo upornosti. V praksi se večinoma uporablja kombinacija štirih senzorjev, povezana v Wheatstonov most, da se upornost lažje izmeri, morebitne motnje pa se izničijo.



Slika 9: Wheatstovnov most



Slika 8: Merilni listič za merjenje deformacij (angl. strain gauge)

## 3 Praktični del

### 3.1 Načrtovanje in izdelava

#### 3.1.1 IDEJNA ZASNOVA

Modificirana posoda mora biti čim bolj praktična oziroma čim bolj podobna navadni.

##### Naloge posode:

- Merjenje temperature
- Signalizacija uporabniku (LED-indikator)
- Komunikacija z indukcijsko ploščo

##### Naloge modificirane indukcijske plošče:

- Tehtanje vsebine posode
- Regulacija temperature
- Povezava v splet
- Komunikacija s posodo

#### 3.1.2 INDUKCIJSKA PLOŠČA

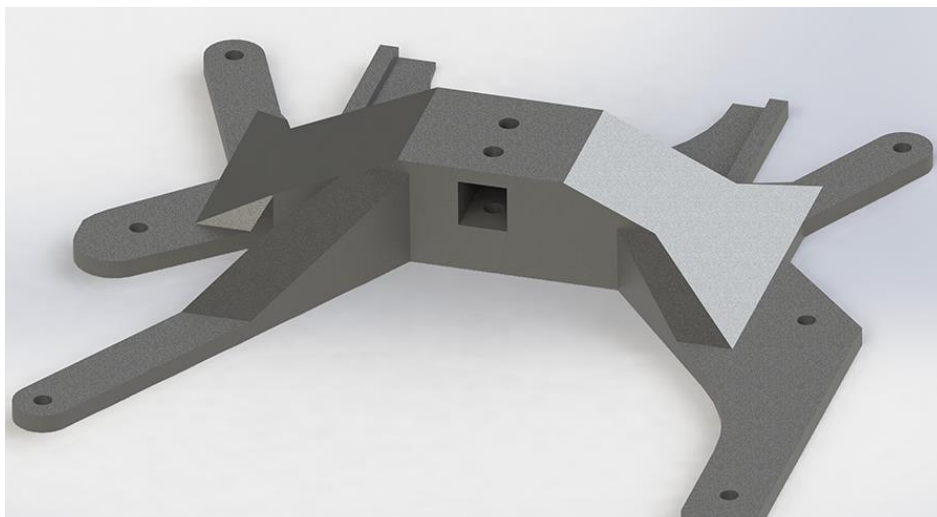
Razvoj osnovne indukcijske plošče ni v sklopu naloge, zato sem se odločil uporabiti že obstoječo indukcijsko ploščo *Iskra IC-2000S*. Obstoječe krmilno vezje indukcijske sem priredil in dodelal.



Slika 10: Indukcijska plošča Iskra IC-2000S

### 3.1.3 MEHANSKA IZDELAVA

Izdelal sem ogrodje za senzor teže. Najprej sem na računalniku izdelal model, nato sem ga natisnil s pomočjo 3D-tiskalnika. Ogrodje se bo nahajalo pod ohišjem indukcijske plošče, kjer ni visoke temperature. Za tiskanje sem uporabil PLA.



*Slika 11: 3D-model ohišja*



### 3.1.4 NAČRTOVANJE VEZIJ

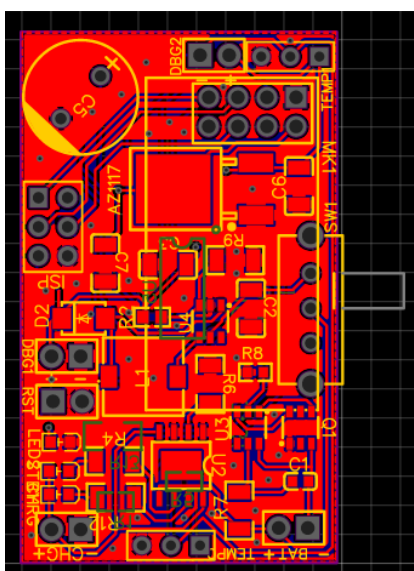
Celotna elektronika je fizično ločena na dvoje tiskanih vezij – v posodi in v indukcijski plošči.

#### TISKANO VEZJE V POSODI

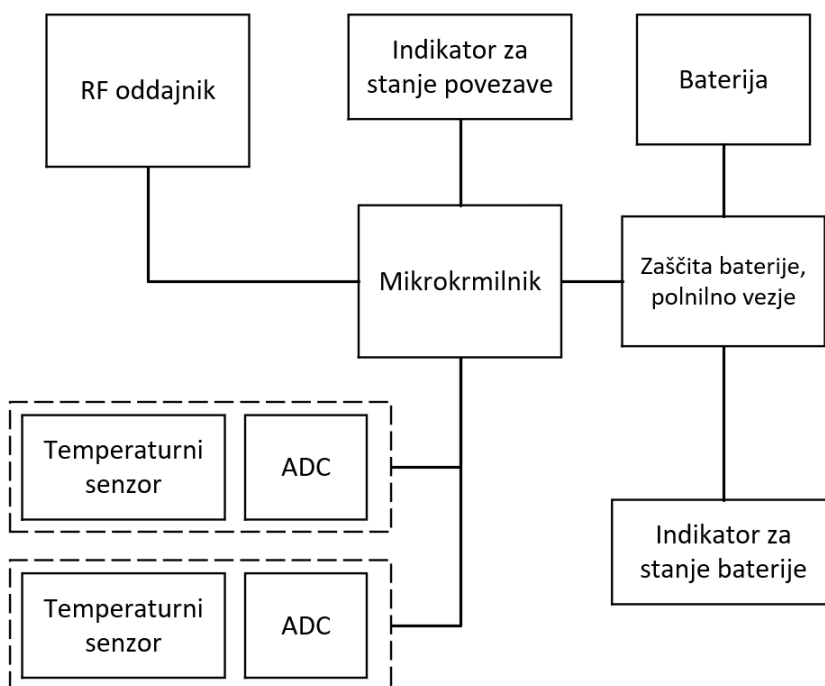
Tiskano vezje se bo nahajalo v ročaju posode, zato mora biti manjših dimenzij. Zaradi segrevanja posode morajo biti komponente temperaturno obstojne (ocenjujem, da v ročaju temperatura ne bo presegala 125 °C). Vezje je zasnovano tako, da omogoča enostavno dodajanje temperaturnih senzorjev za morebitno uporabo pri večjih posodah (največ 128).

Vezje je razdeljeno na 4 sekcije:

- krmilni del s signalizacijo uporabniku,
- tipala za temperaturo,
- napajalni del,
- radijski oddajnik.



Slika 12: Narisano tiskano vezje v posodi



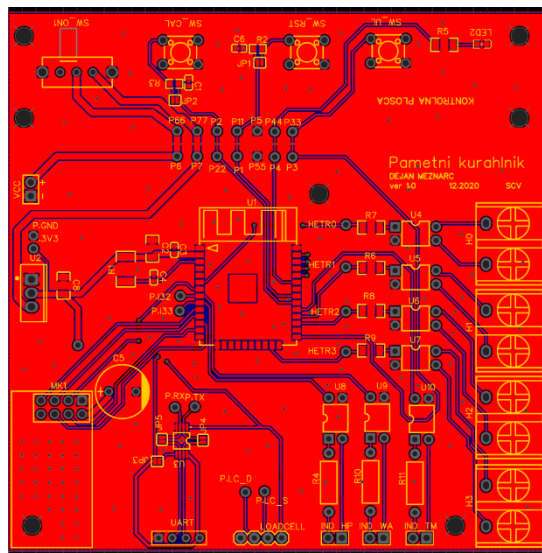
Slika 13: Blokovna shema vezja v posodi

## TISKANO VEZJE V INDUKCIJSKI PLOŠČI

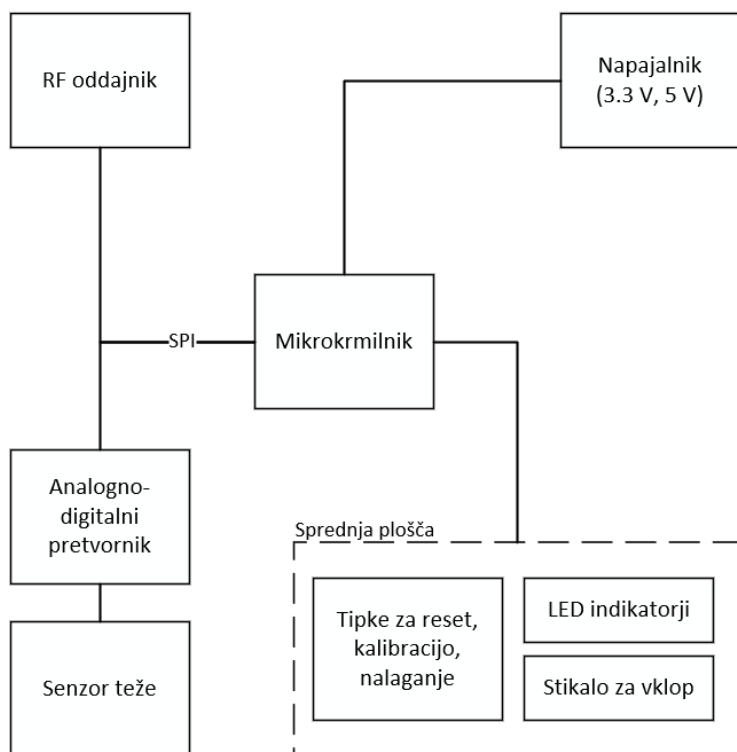
V nemodificirani indukcijski plošči je dvoje tiskanih vezij (napajalnik in krmilno vezje). Izdelal bom še dodatno tiskano vezje, ki ga bom povezal z obstoječim krmilnim vezjem preko optospojnikov.

Dodatno vezje je razdeljeno na 5 sekcij:

- krmilni del,
- ADC in filtracija za tipalo teže,
- gumbi za interakcijo,
- napajalni del,
- galvanska ločitev za krmiljenje indukcijske plošče.



Slika 14: Narisano tiskano vezje v indukcijski plošči



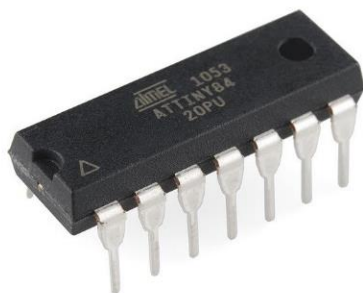
Slika 15: Blokovna shema tiskanega vezja v indukcijski plošči

### 3.1.5 OSNOVNE KOMPONENTE V VEZJIH

ESP32 – je mikrokrmilnik z vgrajeno WiFi in Bluetooth anteno, ki jo potrebujem za povezavo s telefonom. Ima dva jedra in podpira RTOS (real time operating system), kar omogoča enostavnejše programiranje. Uporabil sem ga za krmiljenje obstoječega vezja v indukcijski plošči. <sup>[3]</sup>



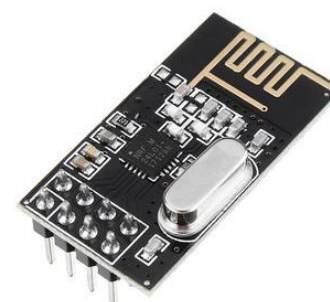
Slika 16: ESP32



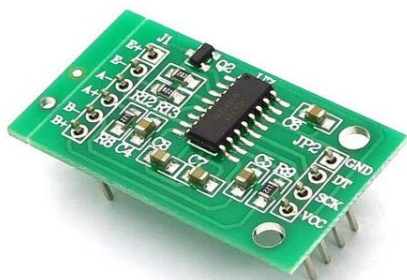
Slika 17: ATTiny84

ATTiny84 – je mikrokrmilnik, ki sem ga uporabil za krmiljenje elektronskega vezja v posodi. Izbral sem ga, ker lahko deluje na višjih temperaturah (150 °C) in podpira SPI-protokol za komunikacijo z nRF24L01. <sup>[4]</sup>

nRF24L01 – je komunikacijski modul, ki za prenos podatkov uporablja radijske frekvence.



Slika 18: nRF24L01 modul



Slika 19: HX711

HX711 – je 24-bitni analogno digitalni pretvornik, posebej zasnovan za uporabo z senzorji za merjenje deformacij (angl. strain gauge). Je dovolj natančen za potrebe merjenja količine hrane.

### 3.1.6 KRMILJENJE INDUKCIJSKE PLOŠČE

Za uspešno regulacijo temperature v posodi je potrebno uravnavanje izhodne moči grelca – v tem primeru izhodne moči indukcijske plošče. Dodatno vezje v indukcijski plošči simulira pritiske gumbov in odčitava vrednosti indikatorjev na že obstoječem uporabniškem vmesniku. S takim pristopom se omogoči oboje, ročno in avtomatsko upravljanje indukcijske plošče. Izbrana indukcijska plošča ima 20 stopenj izhodne moči (200 do 2000 W).

### 3.1.7 TEHTANJE VSEBINE POSODE

Pri kuhanju na indukcijski plošči nastaneta temperaturna in elektromagnetna motnja. Da bo meritev čim bolj natančna, sem senzor teže namestil pod ohišje celotne indukcijske plošče.

Uporabil sem mehansko že sestavljen/zlepljen senzor sile (angl. loadcell) s štirimi merilnimi lističi za deformacije (angl. strain gauge). Prenese lahko največ 100 N sile, kar je dovolj za pripravo vsakdanjih obrokov.

### 3.1.8 MERJENJE TEMPERATURE VSEBINE POSODE

Temperaturne senzorje sem pritrdil znotraj posode, da izmerijo čim bolj realno temperaturo hrane v posodi. Za preprečitev motenj, ki nastanejo kot posledica indukcije, so senzorji obdani s kovinskim čepom in imajo digitalni izhod.

Izbral sem DS18B20 zaradi enostavnega priklopa in digitalnega izhoda (ima vgrajen analogno digitalni pretvornik).

### 3.1.9 REGULACIJA TEMPERATURE

Referenčno temperaturo program doseže s prilagajanjem izhodne moči indukcijske plošče. Za regulacijo sem uporabil PI-zanko. Frekvenca regulacijske zanke je 1 Hz.

Trenutno napako program izračuna z razliko referenčne in trenutne temperature:

$$e(t) = T_{ref} - T(t)$$

Zmnožku trenutne napake in konstante  $K_p$  program prišteje zmnožek seštevka vseh napak in konstante  $K_i$  (spodnja enačba). Obe konstanti sem določil s poizkušanjem gretja enega litra vode.

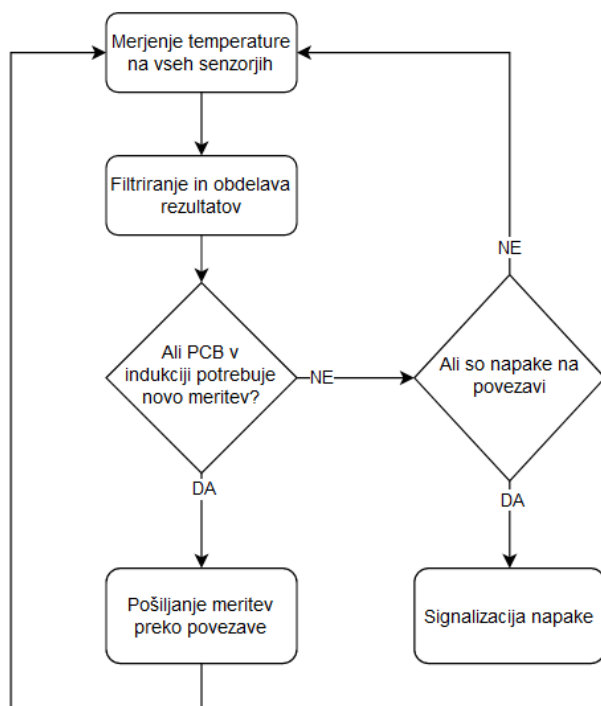
$$izhod = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt$$

Izhod se zaokroži na celo število. Večje kot je izhodno število, večja je moč gretja. Če je izhod manjši od 1, se gretje izklopi.

### 3.1.10 PROGRAM

Vse recepte sem moral razdeliti na posamezne korake. **Koraki recepta** so shranjeni v aplikaciji na telefonu in se zaporedoma pošiljajo (in izvedejo) na krmilju indukcijske plošče. Korak recepta vsebuje vse potrebne informacije za regulacijo temperature, tehtanje in merjenje časa.

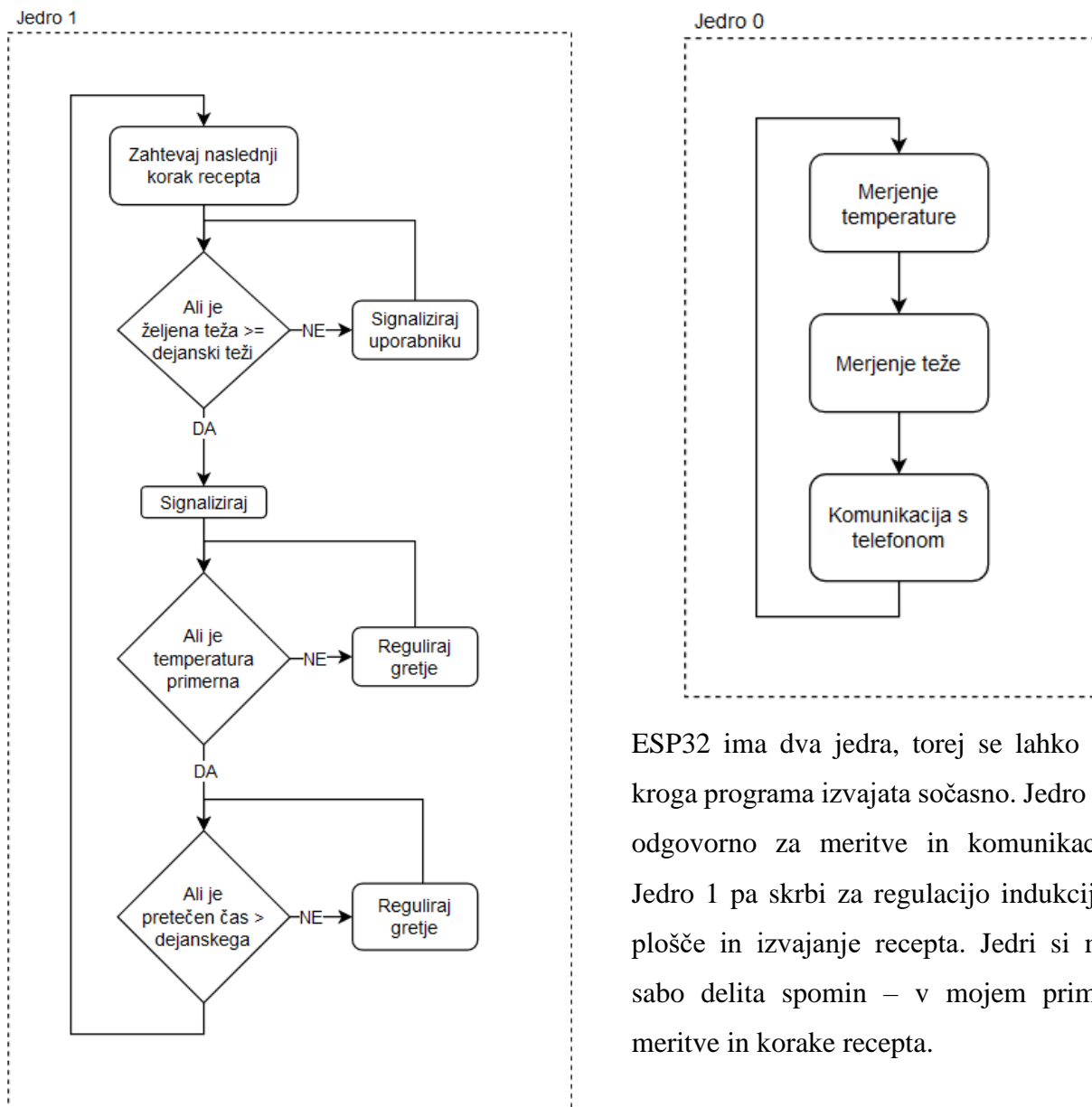
#### PROGRAM ZA ATTINY (PCB V POSODI)



Zaradi motenj, ki jih lahko povzročajo indukcijsko gretje, sem se odločil pri merjenju temperature vgraditi programski filter. Uporabljam tekoči povpreček, torej je končni rezultat povprečje zadnjih 8 meritev.

Slika 20: Diagram poteka za program vezja v posodi

## PROGRAM ZA ESP32 (PCB V PLOŠČI)

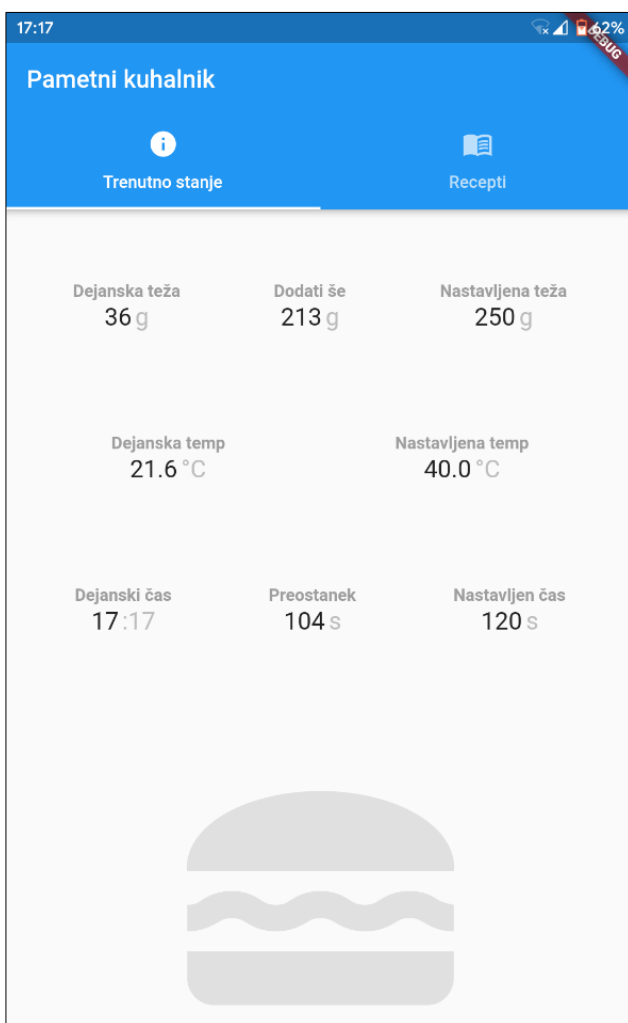


Slika 21: Diagram poteka programa v vezju indukcijske plošče

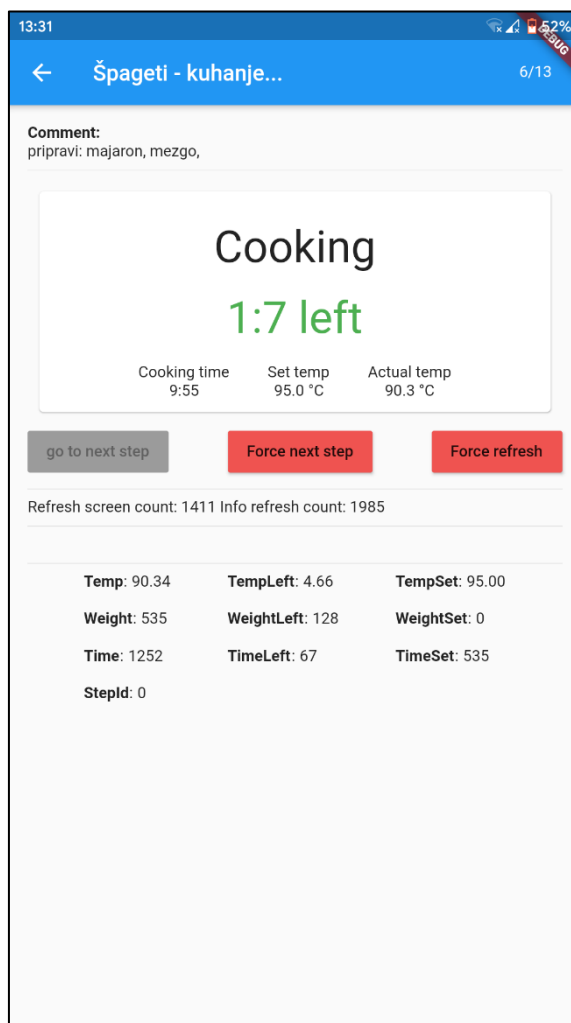
ESP32 ima dva jedra, torej se lahko dva kroga programa izvajata sočasno. Jedro 0 je odgovorno za meritve in komunikacijo. Jedro 1 pa skrbi za regulacijo indukcijske plošče in izvajanje recepta. Jedri si med sabo delita spomin – v mojem primeru meritve in korake recepta.

### 3.1.11 VMESNIK NA TELEFONU

Izdelal sem tudi aplikacijo na telefonu, ki se preko brezžične povezave poveže s krmiljem v indukcijski plošči. Aplikacija prikaže trenutno stanje celotnega sistema (temperatura, teža, čas, moč gretja ...) in omogoča enostavno sledenje receptu. Aplikacija je napisana v programskem jeziku Dart s pomočjo programskega ogrodja Flutter.



Slika 22: Posnetek zaslona aplikacije za nadzor naprave

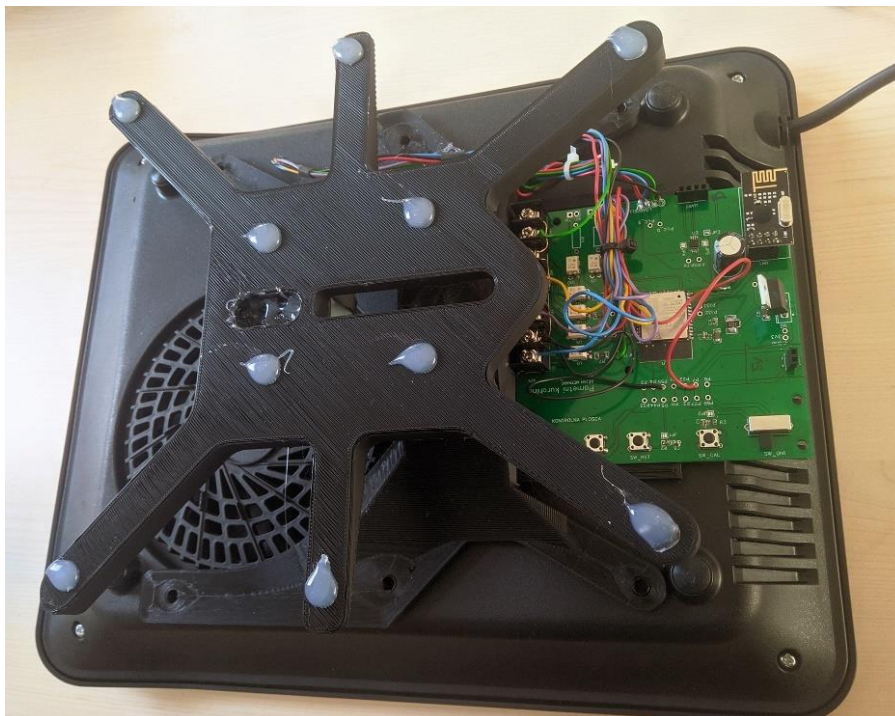


Slika 23: Posnetek zaslona v aplikaciji med kuhanjem

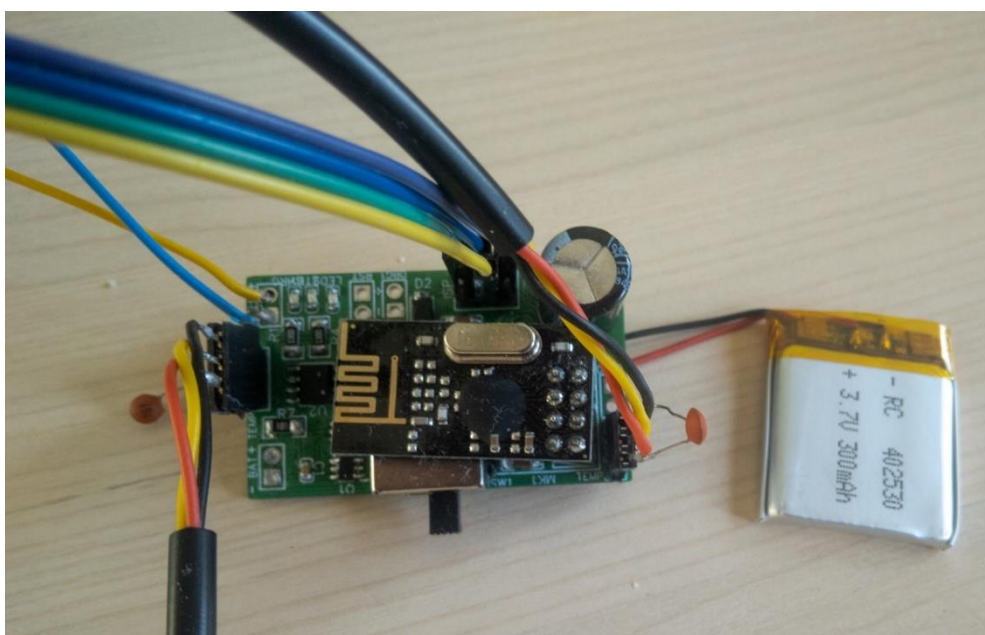


### 3.1.12 KONČEN REZULTAT

Na 3D natisnjeno podnožje sem z vročo pištolo nanese malo plastike, da ima boljši oprijem.



Slika 24: Podnožje modificirane indukcijske plošče



Slika 25: Vezje v ročaju posode

### **3.1.13 TEŽAVE IN REŠITVE**

#### **NAPAČNO ZAZNAVANJE TEŽE**

Že pri načrtovanju sem ugotovil, da zaznavanje teže direktno v posodi ali pa direktno pod keramiko ne bo možno. Temperaturne spremembe pri kuhanju (20-100 °C) bi vplivale na prevodnost žičk v merilnih lističih (angl. strain gauge), kar bi povzročilo nepravilno meritev teže. Zato sem se odločil namestiti senzor sile pod celotno indukcijsko ploščo, kjer se temperatura manj spreminja.

#### **SIMULIRANJE PRITISKA GUMBOV NA DOTIK**

Prvotno sem načrtoval, da bom lahko z optospojnikmi simuliral pritiske gumbov na dotik (ki so na indukcijski plošči). To ni mogoče, saj mikrokrmilnik v obstoječem krmilju indukcije zazna stalen dotik ob uporabi optospojnika.

Mikrokrmilnik zaznava dotik prsta z merjenjem kapacitivnosti. Razlog za zaznavanje stalnega dotika je interna kapacitivnost tranzistorja v optospojniku (15pF)<sup>[6]</sup>, ki je približno enako kapacitivnosti človeškega prsta (10-20 pF).

To bi sicer lahko rešil z uporabo optospojnikov drugačne notranje kapacitivnosti, vendar sem namesto njih uporabil releje.

## 3.2 Metode merjenja

Vse preizkuse sem izvedel na isti indukcijski plošči, v ročnem načinu (brez modifikacij) in v avtomatskem načinu (z uporabo aplikacije, senzorjev in regulacije ...).

### 3.2.1 TEST VRETJA VODE

V posodo sem nalil en liter vode. Pred gretjem sem izmeril njeno temperaturo. V ročnem načinu sem izhodno moč nastavil na maksimum, pri avtomatskem pa je algoritem sam upravljal z močjo. Izmeril sem čas, ki ga je potrebovala voda, da je dosegla 100 °C.

$$\textit{hitrost gretja vode} = \frac{100 \text{ }^{\circ}\text{C} - T_{\textit{začetna}}}{t}$$

Namen testa je ugotoviti, če sem s posegom vplival na moč gretja, oziroma če algoritem za regulacijo negativno vpliva na čas kuhanja.

### 3.2.2 TEST PRIPRAVE JEDI

Rezultat testa je čas, ki je potreben za pripravo različnih jedi. Čas se začne meriti z dodajanjem prve sestavine v lonec in konča z ugasnitvijo gretja. V ročnem načinu kuhar ugasne gretje ko preteče čas predviden po receptu. Pri tem si pomaga z analogno uro. V avtomatskem načinu naprava sama ugasne gretje glede na temperaturo in pretekli čas kuhanja.

Izbrane jedi:

- omaka za špagete,
- zelenjavna juha s perutnino.

Omako za špagete sem izbral, ker mi je recept poznan in jo lahko pripravim brez sledenja receptu.

Zelenjavno juho s perutnino sem izbral, ker je še nikoli nisem pripravljaj. Ker recepta ne poznam na pamet, moram slediti receptu, tehtati sestavine, gledati na uro, poizkušati ... To v teoriji potrebuje svoj čas, ki posledično vpliva tudi na celotni čas za kuhanje. Recept za juho sem poiskal na internetu in ga količinsko prilagodil.

Uporabljena voda ima v vseh eksperimentih temperaturo 14 °C. Meso in paradižnikov koncentrat sta pred uporabo hlajena v hladilniku (9 °C), druge sestavine in zelenjava pa imajo sobno temperaturo.

Namen testa je ugotoviti, če je kuhanje s pametnim načinom hitrejše.

*Recepti so v prilogi.*

### **3.2.3 MERJENJE PORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE**

Pri testu priprave jedi sem hkrati meril porabo električne energije. To sem izvedel s prenosnim merilcem električne energije priključenim v vtičnico, kjer je priključena indukcijska plošča. Cilj je ugotoviti, če s pametnim načinom porabimo manj električne energije zaradi teoretično krajšega časa kuhanja kljub povečani porabi zaradi vpliva algoritma in dodatne elektronike za uravnavanje temperature.

### **3.2.4 TEST KUHANJA MLEKA**

Namen testa je ugotoviti, če lahko pametni način prepreči pojav neželenih situacij (zažgana hrana, povrela voda, vzkipelo mleko).

Pri tem testu bom grel mleko brez mešanja. Test je uspešen, če po eni uri gretja ni nič zažganega (se ni prijelo na posodo in ne smrdi/izgleda zažgano) in mleko ni vzkipelo (vsa vsebina ostane v posodi).

Eksperimentalno sem ugotovil, da mleko vzkipi pri 97 °C. Zato sem mleko pri tem testu grel na 95 °C.

*\* Glede na vir [ 9 ] mora mleko vzkipeti malo nad vreliščem vode, ker vsebuje dodatne kemijske spojine. Napaka se pojavi v meritvi, ker so uporabljeni senzorji umerjeni na sobno temperaturo. To na test nima vpliva, saj sem uporabil iste senzorje.*

## 4 Rezultati

### 4.1 Rezultati testov

#### 4.1.1 TEST VRETJA VODE

*Tabela 1: Rezultati testa vretja vode v ročnem načinu*

ROČNI NAČIN				
Začetna temp	Končna temp	Čas	Sprememba temp	hitrost gretja vode
°C	°C	sek	K	K/sek
14,7	100	300	85,3	0,284
15,2	100	299	84,8	0,284
13,4	100	297	86,6	0,292
12,5	100	314	87,5	0,279
12,1	100	315	87,9	0,279
<b>Povprečje:</b>				<b>0,283</b>

*Tabela 2: Rezultati testa vretja vode v avtomatskem načinu*

AVTOMATSKI NAČIN				
Začetna temp	Končna temp	Čas	Sprememba temp	hitrost gretja vode
°C	°C	sek	K	K/sek
13,0	100	315	87	0,276
12,8	100	281	87,2	0,310
12,2	100	308	87,8	0,285
11,0	100	320	89	0,278
11,3	100	300	88,7	0,296
<b>Povprečje:</b>				<b>0,289</b>

Pri povprečju obeh testov 5 meritev ni prišlo do znatnih sprememb.

#### 4.1.2 TEST PRIPRAVE JEDI

Tabela 3: Čas in poraba pri kuhanju omake za špagete v ročnem načinu

ROČNI NAČIN - OMAKA ZA ŠPAGETE		
Št. Poizkusa	Čas	Poraba engrije
	mm:ss	Wh
A1	32:00	410
A2	30:05	440
A3	29:05	430
A4	26:56	350
A5	27:40	370
<b>Povprečje:</b>	<b>29:09</b>	<b>400</b>

Tabela 4: Čas in poraba pri kuhanju omake za špagete v avtomatskem načinu

AVTOMATSKI NAČIN - OMAKA ZA ŠPAGETE		
Št. Poizkusa	Čas	Poraba engrije
	mm:ss	Wh
B1	26:41	435
B2	24:41	410
B3	27:32	400
B4	22:15	340
B5	25:00	345
<b>Povprečje:</b>	<b>25:14</b>	<b>386</b>

Pri pripravljanju omake za špagete je avtomatski način za 11 % hitrejši. Poraba je za 3.5 % manjša.

Tabela 5: Čas in poraba pri kuhanju juhe v ročnem načinu

ROČNI NAČIN - JUHA		
Št. Poizkusa	Čas	Poraba engrije
	mm:ss	Wh
A1	57:03	870
A2	56:05	930
A3	45:00	790
A4	53:00	940
A5	44:19	830
<b>Povprečje:</b>	<b>51:05</b>	<b>872</b>

Tabela 6: Čas in poraba pri kuhanju juhe v avtomatskem načinu

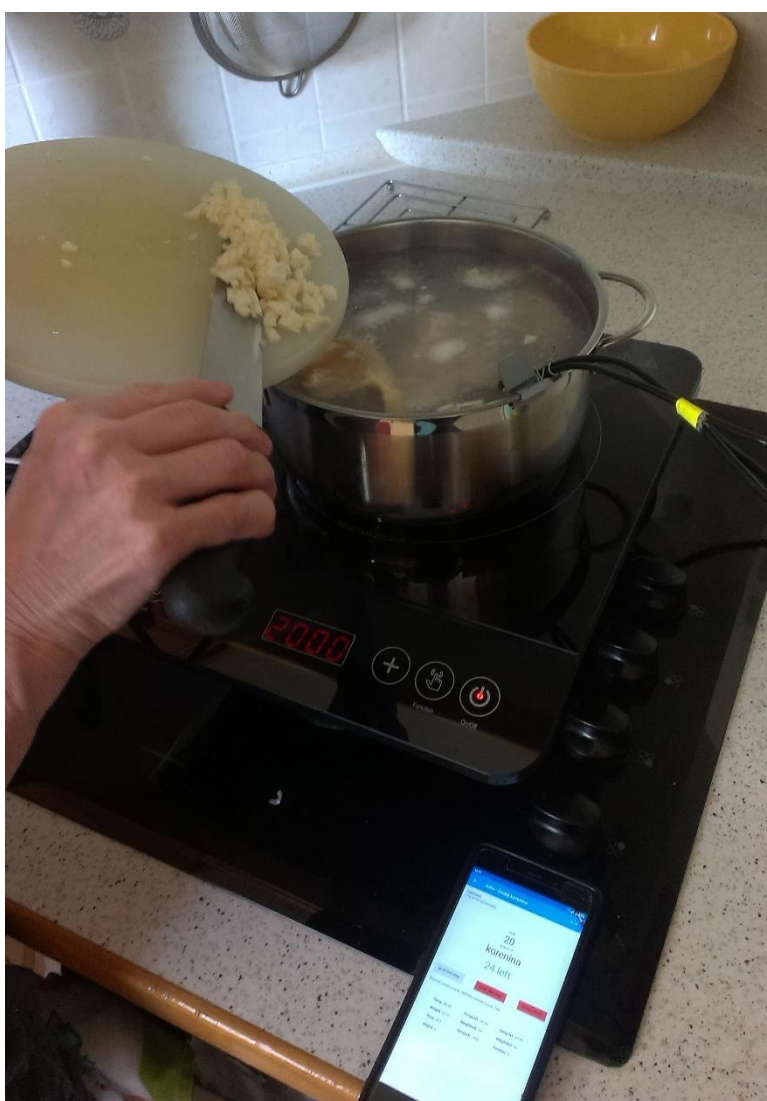
AVTOMATSKI NAČIN - JUHA		
Št. Poizkusa	Čas	Poraba engrije
	mm:ss	Wh
B1	37:50	520
B2	38:43	570
B3	41:06	570
B4	38:58	570
B5	39:30	600
<b>Povprečje:</b>	<b>39:13</b>	<b>566</b>

Pri kuhanju zelenjavne juhe je avtomatski način za 23,2 % hitrejši. Rezultati pri avtomatskem načinu so manj razpršeni (med največjim in najmanjšim časom oziroma porabo je manjša razlika).

### 4.1.3 MERJENJE PORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Pri kuhanju omake za špagete je avtomatski način porabil 1,04 % več električne energije. Pri pripravljanju juhe pa je avtomatski način porabil za 35 % manj električne energije.

Ocenjujem, da je razlog za tako odstopanje algoritem za uravnavanje temperature, ki je umerjen s pomočjo gretja/ohlajanja vode. Juha ima večjo vsebnost vode kot omaka za špagete, torej ima bolj podobne lastnosti vodi (toplotna prevodnost, toplotna difuzija, gostota).<sup>[2]</sup>

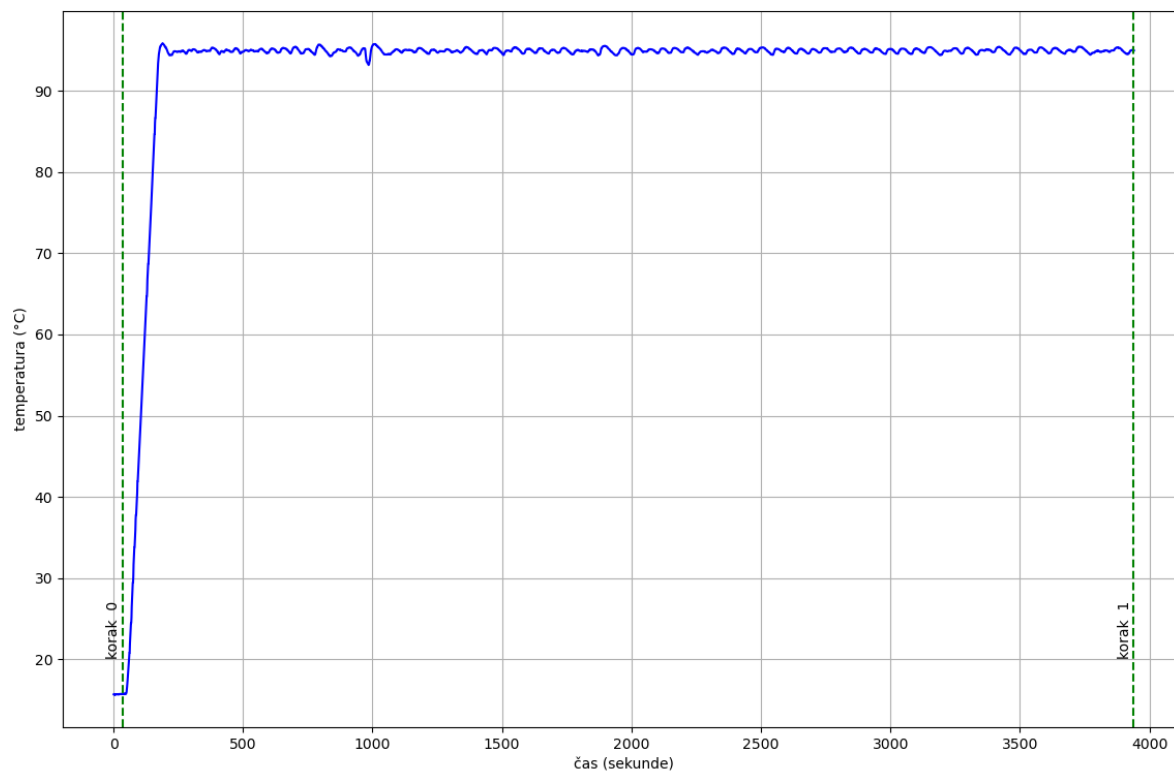


Slika 26: Kuhanje s pametnim načinom



#### 4.1.4 TEST KUHANJA MLEKA

Po gretju ni nič smrdelo ali izgledalo zažgano. Opazil sem le smetano na vrhu mleka, kar je pričakovano. Tekom celotne ure mleko ni niti enkrat prekipelo. Z grafa je razvidno, da je mleko ohranjalo temperaturo od 94 °C do 96 °C.



Grafikon 1: Temperatura med gretjem mleka

## 4.2 Hipoteze

### **A) ČAS, KI GA PRIPRAVIMO ZA PRIPRAVO JEDI, SE BO Z UPORABO AVTOMATSKEGA NAČINA ZMANJŠAL.**

Hipoteza je potrjena, saj je pri testu priprave jedi čas priprave avtomatskim načinom pri obeh obrokih krajši.

### **B) PRI KUHANJU Z AVTOMATSKIM NAČINOM SE PORABI MANJ ELEKTRIČNE ENRGIJE.**

Hipoteza je potrjena, saj je pri obeh obrokih pri kuhanju z avtomatskim načinu poraba manjša.

### **C) OB UPORABI AVTOMATSKEGA NAČINA SE ZGODI MANJ NEŽELJENIH SITUACIJ**

Hipoteza je potrjena. V kolikor je recept nastavljen pravilno, se hrana ne more skuhati preveč. To sem dokazal z enournim gretjem mleka, ki bi brez uporabe avtomatskega načina prekipelo.

## **5 Razprava**

### **5.1 Ugotovitve**

Ugotavljam, da naprava omogoča enostavnejše kuhanje tako znanih kot tudi neznanih jedi. Z uporabo avtomatskega načina je kuhanje bolj sproščeno, ker ni treba skrbeti za čas in za regulacijo temperature.

Temperaturna regulacija deluje bolje za kuhanje redkejših jedi, ker zaradi močnejših spontanih tokov v tekočini senzorji hitreje zaznajo spremembe temperature.

## **5.2 Nadaljnje delo in izboljšave**

### **NAPAJANJE VEZJA V LONCU PREKO INDUKCIJE**

Trenutno ima vezje v loncu baterijo, ki jo je potrebno polniti. Vsa elektronika v loncu bi se lahko brezžično napajala preko indukcije. S tem bi bila posoda bolj praktična, ker ne bi potrebovala baterije in zunanjega napajanja.

### **UPRAVLJANJE PREKO INTERNETA**

Že sedaj lahko ploščo upravljamo preko WiFi-ja, vendar je zato potrebna direktna lokalna povezava (telefon mora biti blizu naprave). Z upravljanjem preko interneta bi lahko ploščo krmilili od koderkoli (npr. iz službe bi lahko zagnali ogretje kosila in bi bila hrana ob prihodu domov topla).

### **INŠTALACIJA V KUHINJSKI ELEMENT**

Zaradi cenovnih razlogov sem uporabil namizno indukcijsko ploščo. Tak sistem bi se lahko brez večjih sprememb vgradil v kuhinjski element.

### **DINAMIČNO UMERJANJE ALGORITMA ZA URAVNAVANJE TEMPERATURE**

Trenutno je algoritem za uravnavanje temperature umerjen s pomočjo gretja in ohlajanja vode. Za doseganje večje energetske učinkovitosti bi lahko algoritem spremenili oziroma umerili za vsak recept ali dele posameznega recepta.

### **BREZSTOPENJSKA KONTROLA GRELNE MOČI**

Za preizkuse sem uporabil komercialno dostopno indukcijsko ploščo, ki ima 20 stopenj izhodne moči. Za bolj učinkovito delovanje algoritma za uravnavanje temperature bi bilo potrebnih več stopenj izhodne moči ali pa direktno kontrolirana indukcija.

### **SENZOR ZA MERJENJE NOTRANJE TEMPERATURE**

Na posodo bi lahko pritržil še senzor v obliki igle, ki se vstavi v meso. Tako bi še dodatno izboljšal temperaturno regulacijo in zagotovil, da je meso res kuhano.

### **5.3 Zaključek**

Naprava, ki sem jo naredil, olajša kuhanje tako znanih kot tudi neznanih jedi. Ker za pripravo jedi porabi manj električne energije, pozitivno vpliva na varovanje okolja. Z uporabo naprave prav tako prihranimo na času kuhanja. Med samim kuhanjem lahko počnemo tudi druge stvari, dokler nas telefon ne obvesti o potrebi po našem angažiranju pri kuhanju.

## 6 Viri in literatura

- [ 1 ] Uporabnik Altra, »Piščančja juha«, <https://www.kulinarika.net/recepti/juhe-in-zakuhe/piscancja-juha/20576/> [dostopno 12. 3. 2021]
- [ 2 ] Natan B. Vargaftik, »Handbook of Thermal Conductivity of Liquids and Gases«, <https://books.google.si/books?id=DFo1sZBwdNgC&printsec=frontcover&hl=sl#v=onepage&q&f=false> [dostopno 20. 3. 2021]
- [ 3 ] Atmel microchip, »ATtiny84 datasheet«, [http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7701\\_Automotive-Microcontrollers-ATtiny24-44-84\\_Datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7701_Automotive-Microcontrollers-ATtiny24-44-84_Datasheet.pdf) [dostopno 10. 12. 2020]
- [ 4 ] Espressif, »ESP 32 datasheet«, [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf)  
[dostopno 10. 12. 2020]
- [ 5 ] Bosch, »Cookit« <https://www.bosch-home.com/de/shop/kuechenmaschine-mit-kochfunktion/cookit>  
[dostopno 10. 1. 2021]
- [ 6 ] Toshiba, »TLP627 datasheet«, <https://toshiba.semicon-storage.com/ap-en/semiconductor/product/optoelectronics/detail.TLP627.html>  
[dostopno 11. 12. 2020]
- [ 7 ] »Boiling point of Milk« <https://van.physics.illinois.edu/QA/listing.php?id=1451>  
[dostopno 31. 1. 2021]

### 6.1.1 VIRI SLIK

Slika 1: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81OSkxkGUbL.\\_AC\\_SL1500\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81OSkxkGUbL._AC_SL1500_.jpg)

Slika 2: [https://m.media-amazon.com/images/I/81PPHdMlu7L.\\_AC\\_UY327\\_QL65\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/81PPHdMlu7L._AC_UY327_QL65_.jpg)

Slika 3: <https://www.zegacookware.com/>

Slika 4: [https://media3.bosch-home.com/Images/1200x/17065363\\_210222\\_Cookit\\_Funktionen\\_1600x1100.webp](https://media3.bosch-home.com/Images/1200x/17065363_210222_Cookit_Funktionen_1600x1100.webp)

Slika 6 in Slika 5: <https://www.youtube.com/watch?v=CUORzeQzQK8>

Slika 7: [https://leeselectronic.com/28758-large\\_default/ntc-thermistor-ms32-10015-10ohm.jpg](https://leeselectronic.com/28758-large_default/ntc-thermistor-ms32-10015-10ohm.jpg)

Slika 8: <https://d2vlcm6117u1fs.cloudfront.net/media%2F4db%2F4dbbbd0a-2171-46b3-9955-1e55ef7eb4e7%2FphpFHqYHM.png>

Slika 9: <https://5.imimg.com/data5/BG/MR/MY-41643329/strain-gauge-500x500.jpg>

Slika 10: <https://www.mall.cz/i/44783328/450/450>

Slika 16: [https://media.digikey.com/photos/Esspressif%20Systems/ESP32-WROOM-32-\(16MB\).jpg](https://media.digikey.com/photos/Esspressif%20Systems/ESP32-WROOM-32-(16MB).jpg)

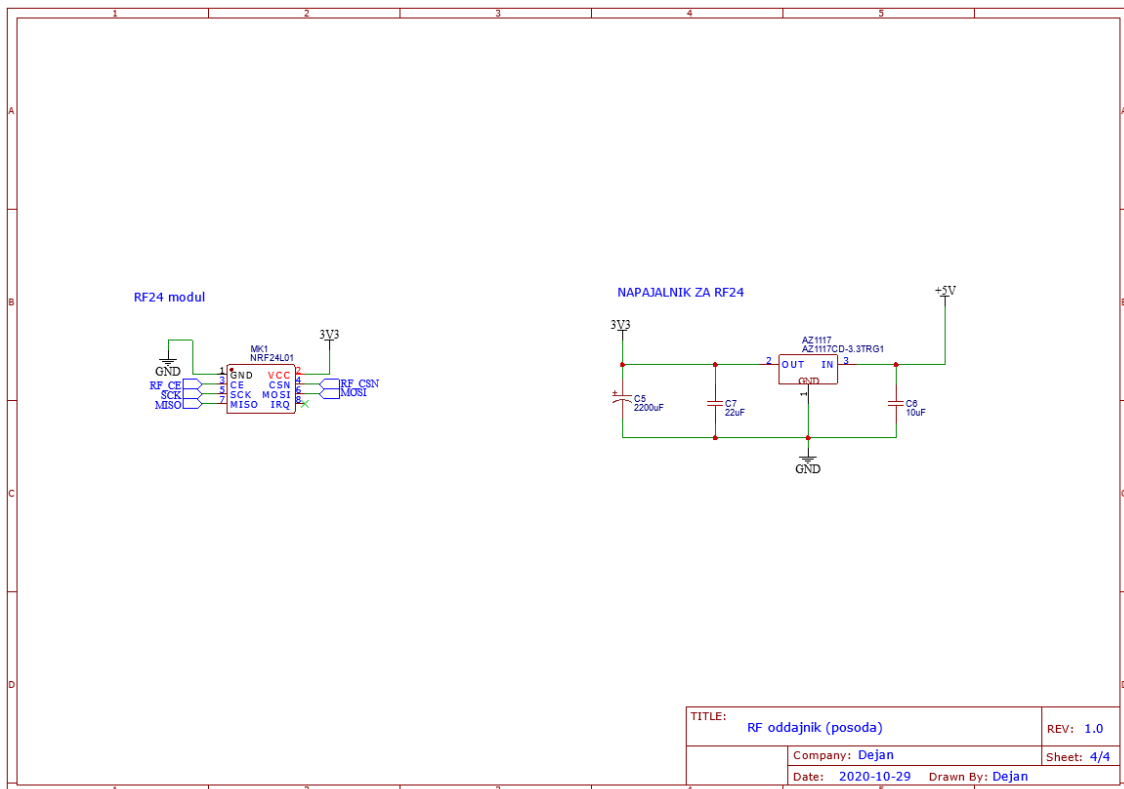
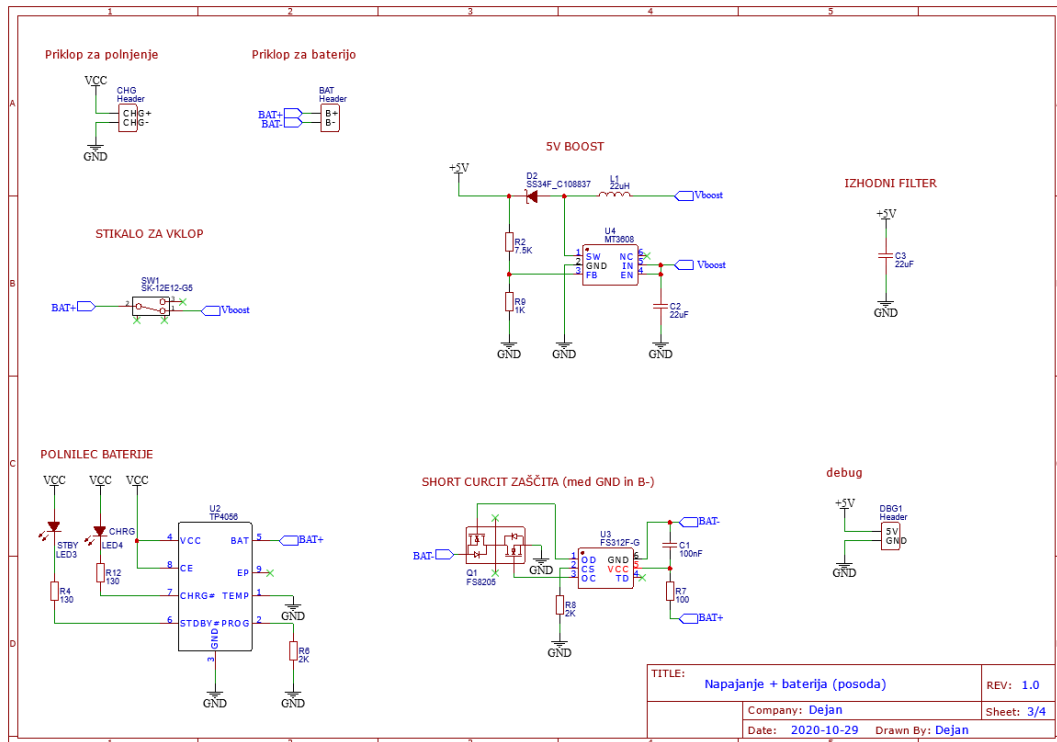
Slika 17: [https://core-electronics.com.au/media/catalog/product/cache/1/image/fe1bcd18654db18f328c2faaf3c690a/a/v/avr\\_14\\_pin\\_20mhz\\_8k\\_12a\\_d\\_-\\_attiny84\\_com-11232\\_01.jpg](https://core-electronics.com.au/media/catalog/product/cache/1/image/fe1bcd18654db18f328c2faaf3c690a/a/v/avr_14_pin_20mhz_8k_12a_d_-_attiny84_com-11232_01.jpg)

Slika 18 <https://www.aranacorp.com/wp-content/uploads/module-nrf24l01.jpg>

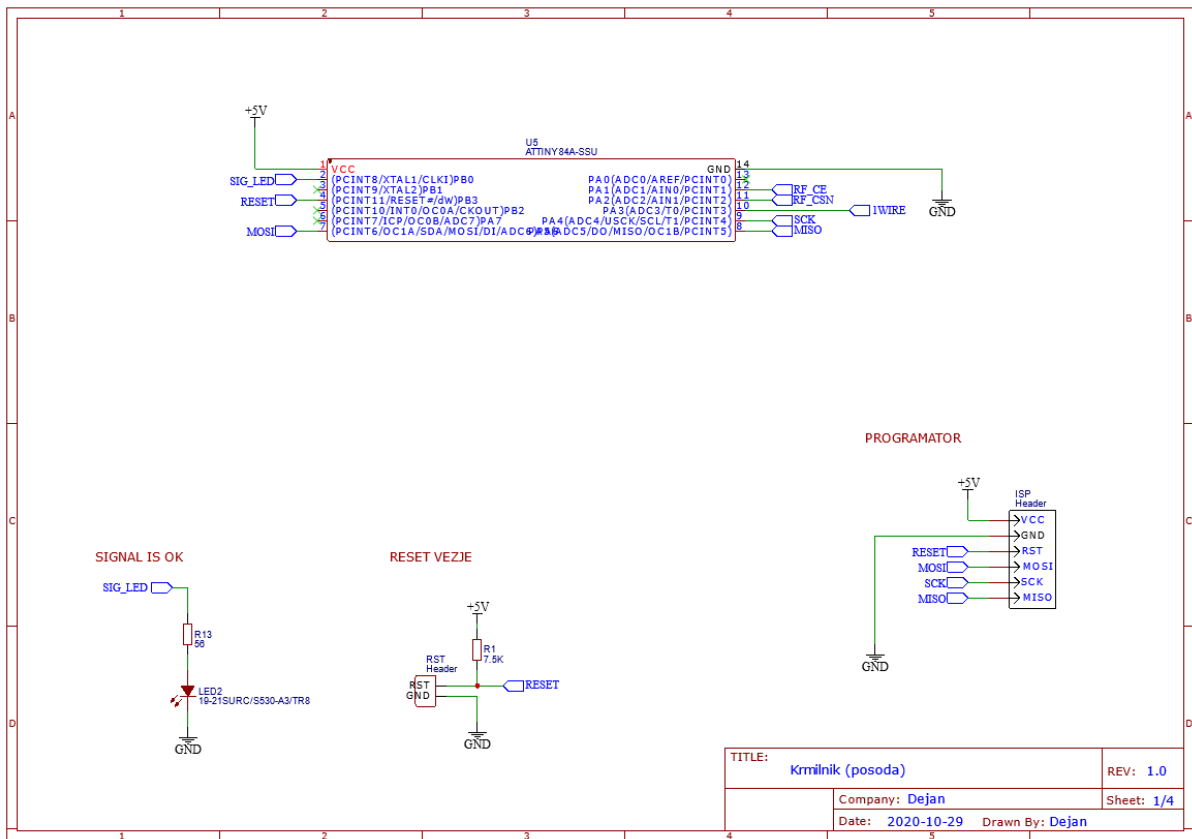
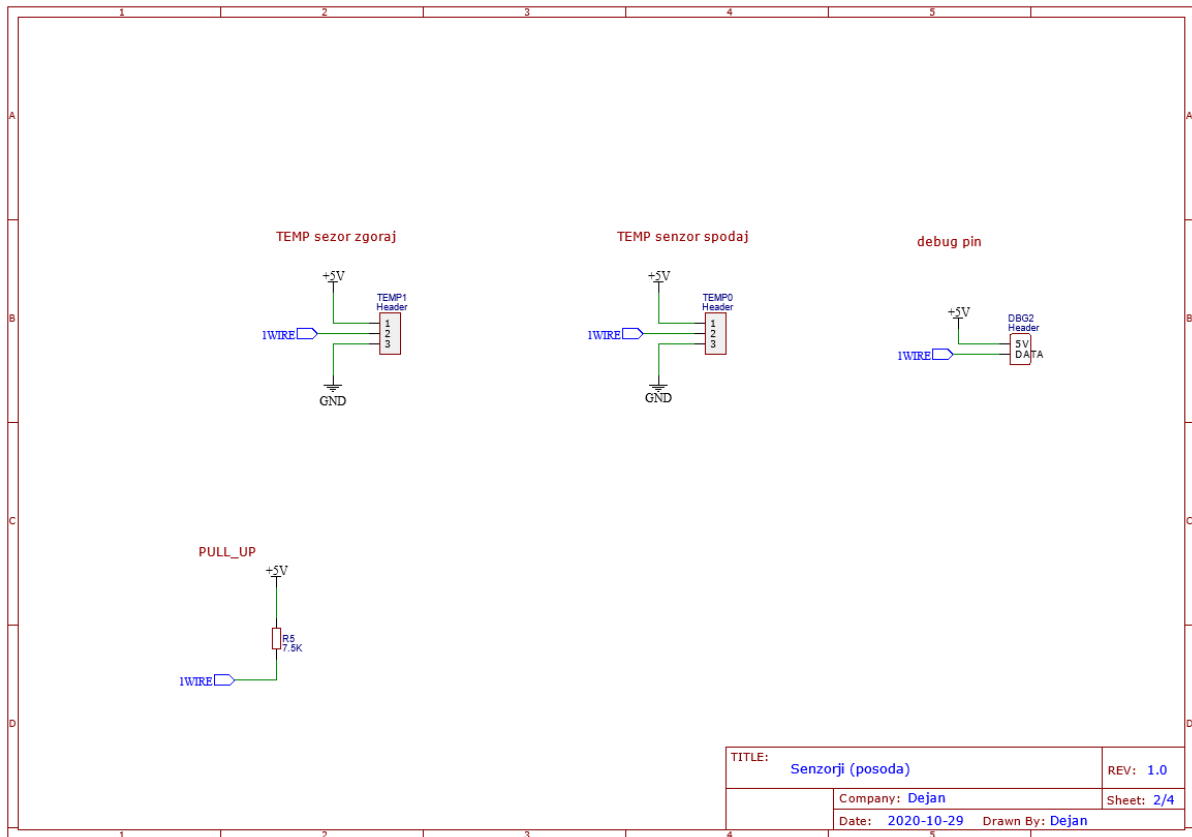
Slika 19: [https://cdn-media.itead.cc/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/i/m/im131029002\\_6\\_1.jpg](https://cdn-media.itead.cc/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/i/m/im131029002_6_1.jpg)

## 7 Priloge

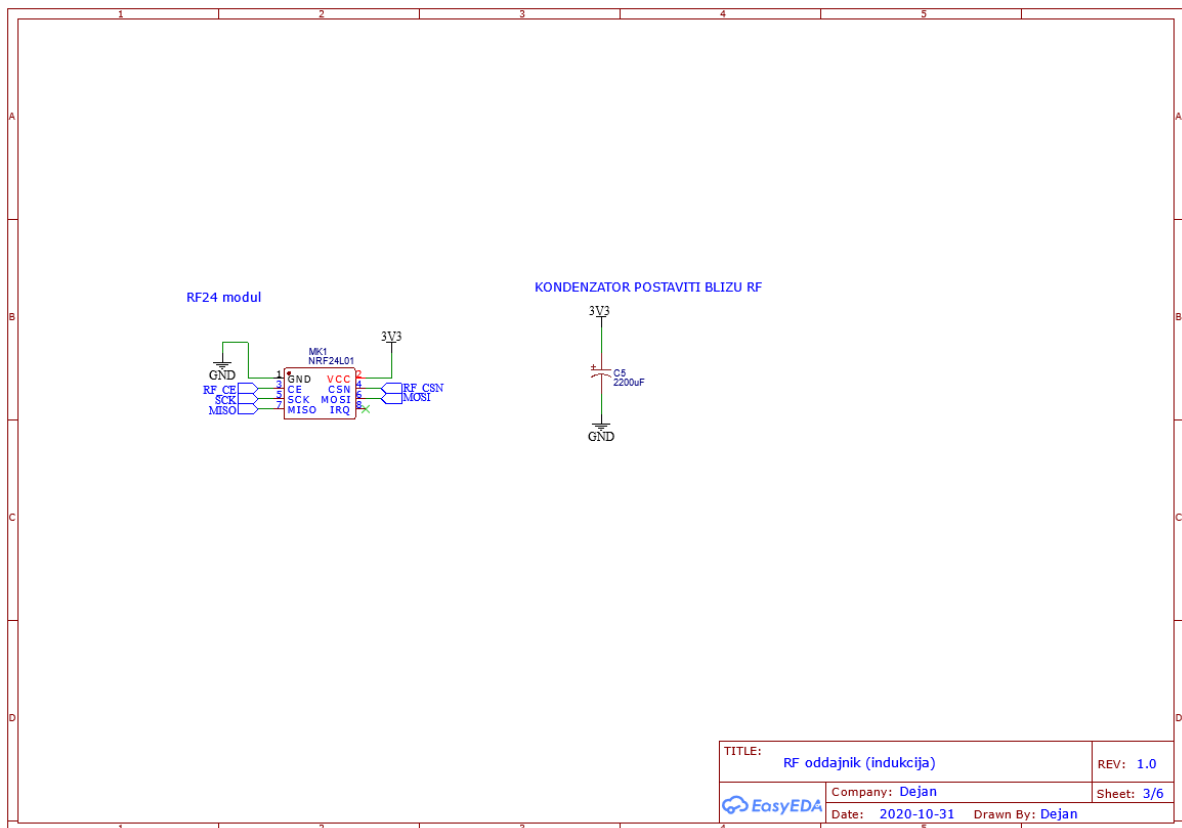
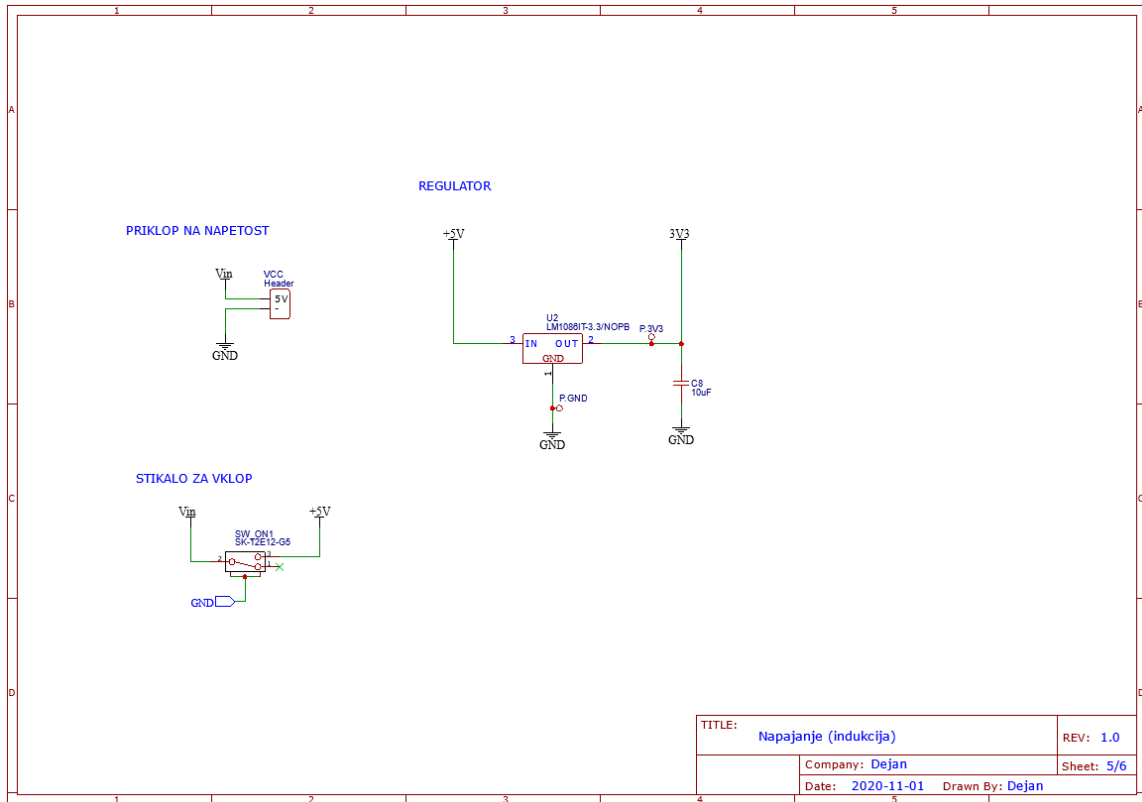
### 7.1.1 SHEMA VEZJA V POSODI

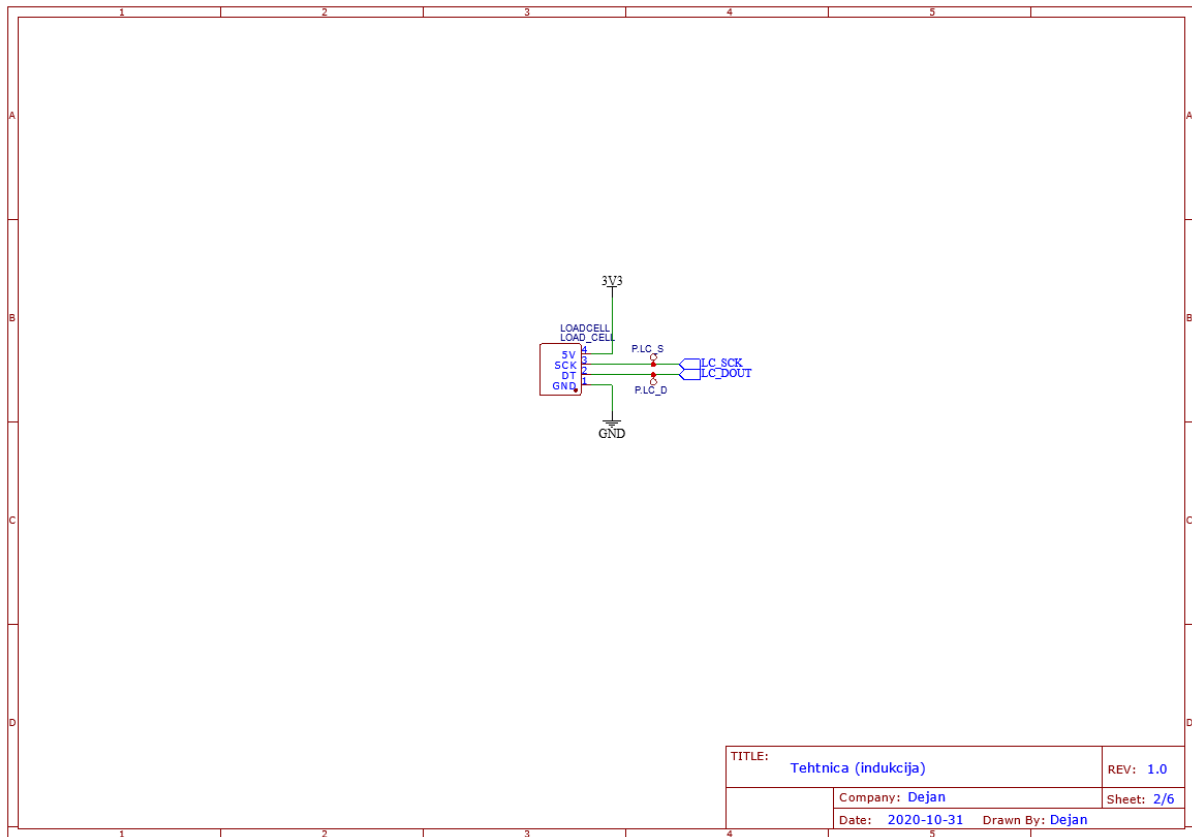
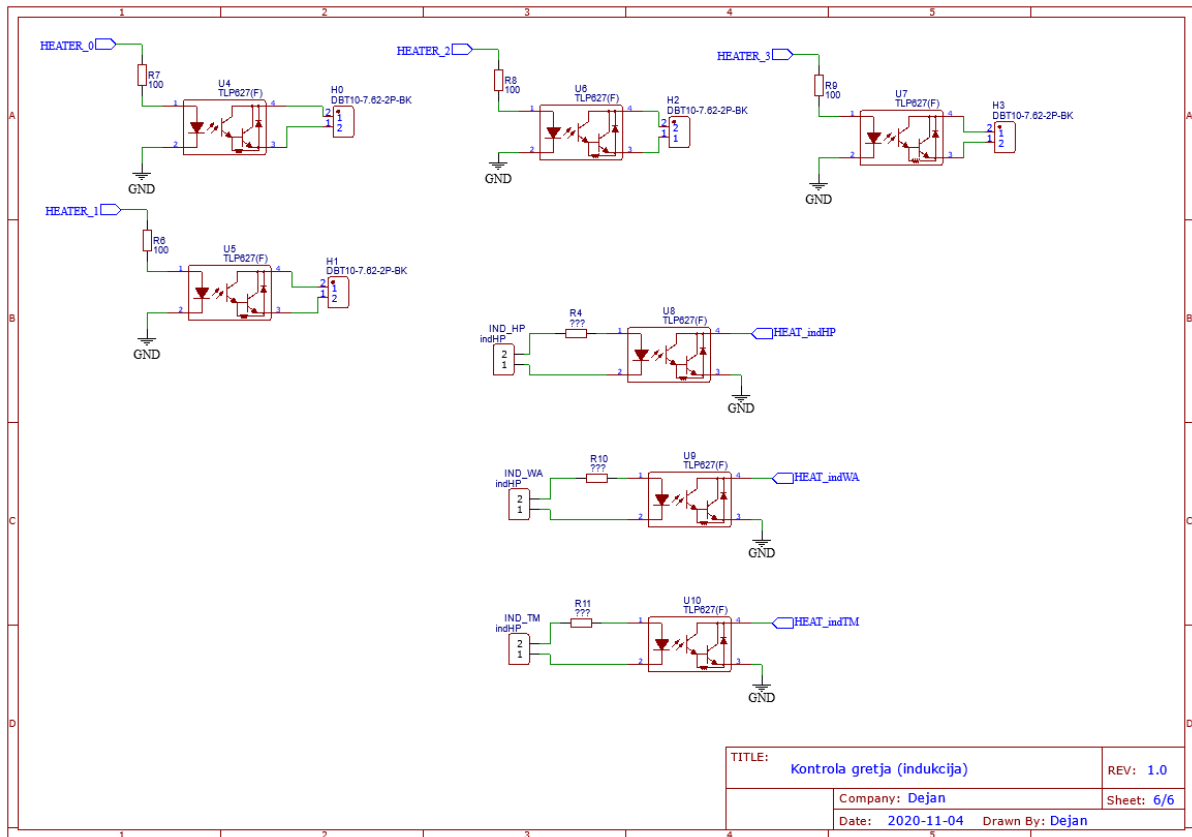


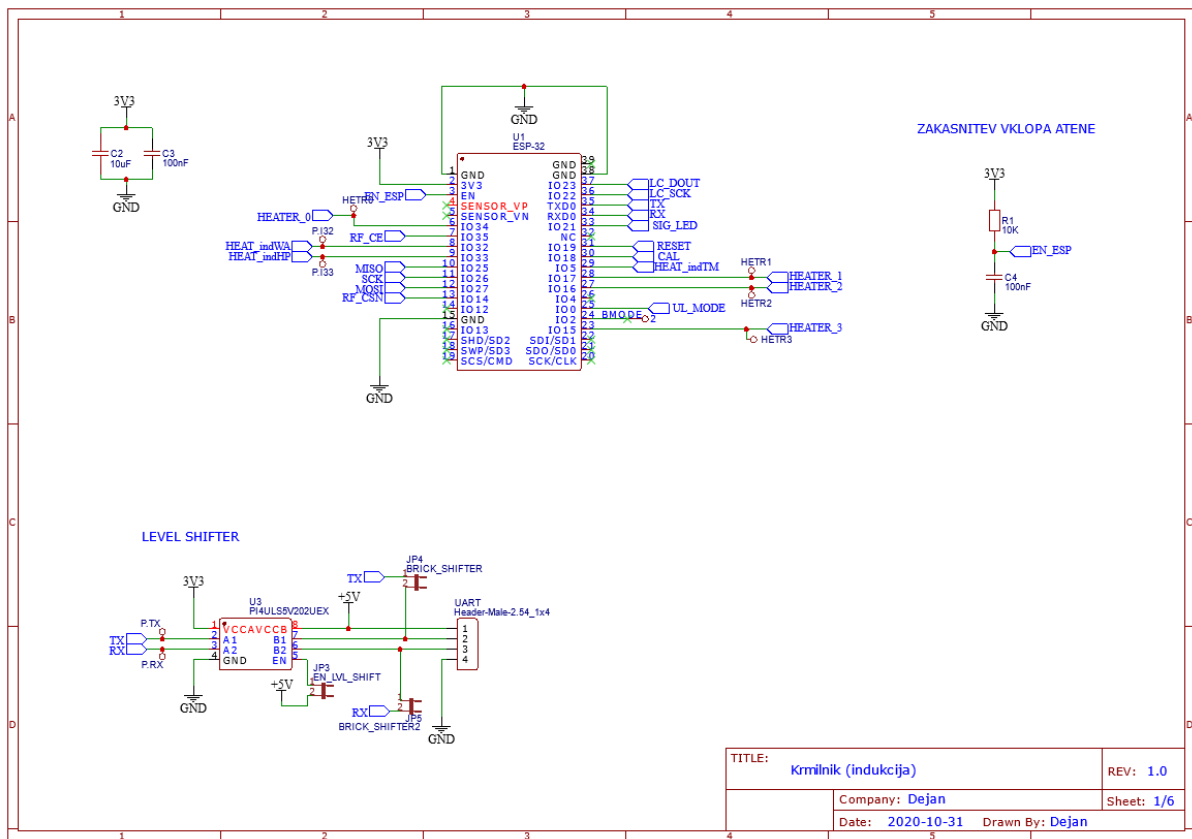
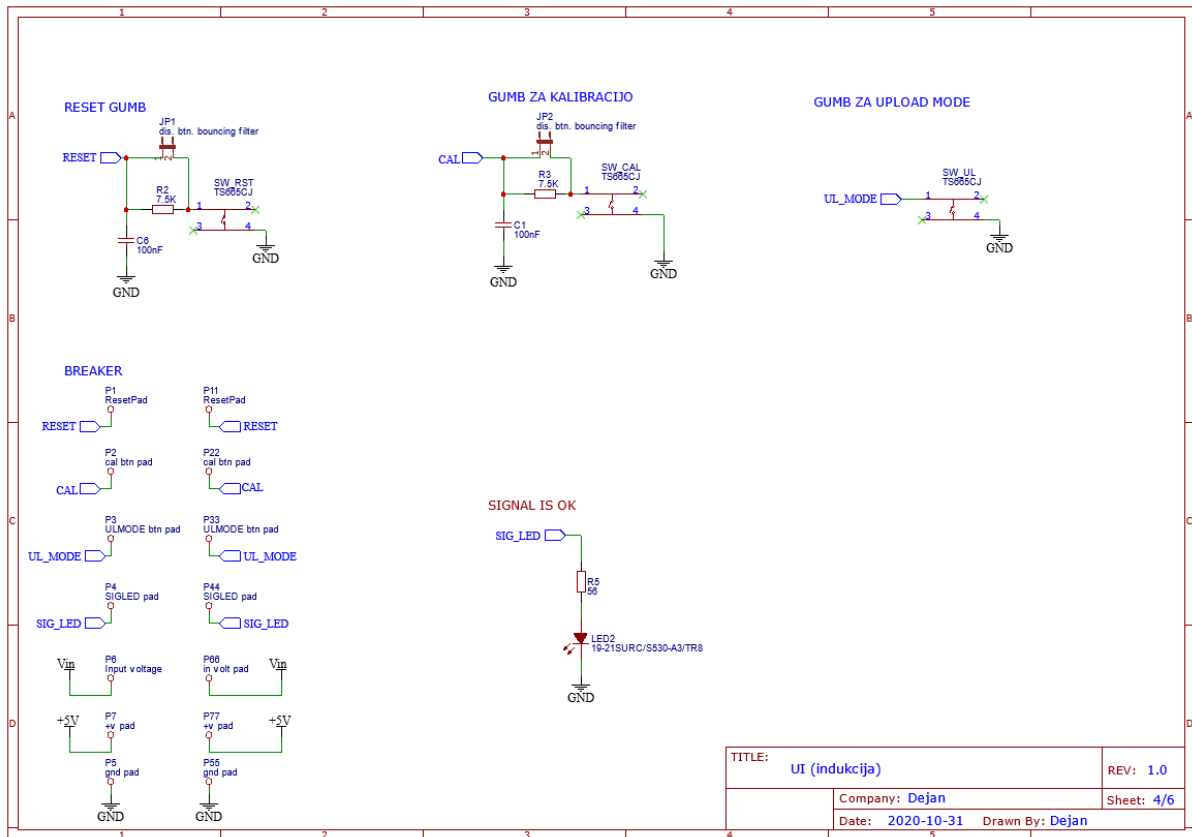




### 7.1.2 SHEMA VEZJA V INDUKCIJSKI PLOŠČI







### 7.1.3 RECEPT ZA ŠPAGETE

1. Dodajte 1 dl olja.
2. Dodajte 400 g mletega mesa.
3. 10 minut prežite meso, da se popeče.
4. Dodajte 2 čajni žlici paprike.
5. Dodajte 3 dl vode.
6. Počasno mešanje, vretje 10 min.
7. Dodajte 2 čajni žlici majarona.
8. Dodajanje paradižnikovega koncentrata (3 žlice).
9. 2 minuti vretja.
10. Dodajanje mešanice moke in vode.
11. 1 minuta mešanja.

### 7.1.4 RECEPT ZA ZELENJAVNO JUHO S PERUTNINO

prirejeno po [ 1 ]

1. Dodajte 1,75 l vode in vklopite gretje.
2. Dodajte 300 g na kose narezanega piščančjega mesa.
3. Dodajte 20 g sesekljane peteršiljeve korenine.
4. Dodajte polovico čebule, prav tako sesekljane.
5. Pustite, da juha vre 10 minut.
6. Dodajte 100 g korenčka, narezanega na koščke.
7. Pustite, da juha vre 10 minut.
8. Dodajte 100 g sesekljanega ohrovt.
9. Dodajte en list na drobno narezanega luštreka.
10. Dodajte 100 g pora.
11. Pustite, da juha vre 3-5 minut.
12. Dodajte eno pest ribancev
13. Dodajte nekaj lističev na drobno narezanega peteršilja.
14. Pustite, da juha vre še 3 minute.