

# Dokumentacija

## Vzdrževalnik vakuma ter merilnik temperature in tlaka

Nejc Urbajs

Ljubljana, Marec 2011



# Kazalo

<b>1</b>	<b>Ključne besede</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Uvod</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Specifikacije naprave</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Časovni in finančni plan</b>	<b>8</b>
4.1	Časovni plan . . . . .	8
4.2	Finančni plan . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Zasnova naprave</b>	<b>9</b>
5.1	Blokovna shema naprave . . . . .	9
5.2	Vezje . . . . .	10
5.3	Program . . . . .	14
5.4	Konstrukcija . . . . .	19
<b>6</b>	<b>Meritve in napake meritev</b>	<b>21</b>
6.1	Tlak oz. vakum . . . . .	21
6.2	Temperatura . . . . .	21
<b>7</b>	<b>Tehnične specifikacije</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>Navodila za uporabo</b>	<b>24</b>
8.1	Pred uporabo . . . . .	24
8.2	Varnostna opozorila . . . . .	24
8.3	Pred vklopom . . . . .	26
8.4	Uporaba . . . . .	26
8.4.1	Namestitev gonilnikov in ustreznega programa na računalnik . . . . .	26
8.4.2	Priklop temperaturnega senzorja . . . . .	26
8.4.3	Priklop stikala z vrat vakumskega zabojnika . . . . .	27
8.4.4	Po vklopu . . . . .	27
8.4.5	Nastavljanje vakuma, ki naj ga naprava vzdržuje . . . . .	27
8.4.5.1	Nastavljanje na napravi . . . . .	27
8.4.5.2	Nastavljanje s priklopom naprave na računalnik . . . . .	27

8.4.6	Shranjevanje meritev na SD pomnilniško kartico . . . . .	28
8.4.7	Nastavljanje periode shranjevanja meritev na SD kartico . . . . .	28
8.4.8	Nastavljanje časa in datuma . . . . .	28
8.4.8.1	Nastavljanje časa in datuma na napravi . . . . .	28
8.4.8.2	Nastavljanje časa in datuma s priklopom naprave na računalnik . . . . .	28
8.4.9	Zamenjava baterije, ki skrbi za nemoteno delovanje ure . . . . .	29
8.4.10	Varna odstranitev SD kartice in odprtje nove merilne datoteke na kartici . . . . .	29
8.4.11	Ogled shranjenih meritev . . . . .	29
8.4.11.1	Ogled meritev z vstavitvijo kartice v računalnik . . . . .	29
8.4.11.2	Ogled meritev s priključitvijo naprave na računalnik . . . . .	30
8.4.12	Pridobitev trenutnih nastavitvev naprave . . . . .	30
8.5	Shranjevanje . . . . .	30
<b>9</b>	<b>Kosovnica</b>	<b>31</b>
<b>10</b>	<b>Časovna in finančna rekapitulacija</b>	<b>34</b>
10.1	Časovna rekapitulacija . . . . .	34
10.2	Finančna rekapitulacija . . . . .	34
<b>11</b>	<b>Reference</b>	<b>35</b>
<b>12</b>	<b>Priložene datoteke</b>	<b>36</b>

# 1 Ključne besede

**Vzdrževalnik vakuma** (vacuum controller)

**Merilnik tlaka** (pressure gauge)

**Merilnik temperature** (termometer)

**Logger meritev temperature in tlaka** (temperature and pressure logger)

**USB komunikacija** (USB communication)

**SD pomnilniška kartica** (SD memory card)

## 2 Uvod

Naloga v pričujoči dokumentaciji predstavljene naprave je vzdrževanje vakuma v poljubnem zaprtem prostoru - vakumskem zabojniku poljubne velikosti. Razvita in zgrajena je bila z namenom vakumskega konzerviranja svežega sadja. Naprava je pravzaprav zgolj kontroler, saj se nanjo lahko priključi poljubno vakumsko črpalko oz. motor<sup>1</sup>. Naprava poleg tlaka meri tudi temperaturo, ki pa je ne regulira. Tako tlak, kot tudi temperaturo se zapisuje na SD kartico od koder se zgodovino meritev lahko prebere z računalniškim programom, razvitim za to napravo. Kartico se lahko vstavi v računalnik ali pa se naprava priključi na računalnik preko USB in se zgodovino meritev zajame iz SD kartice, ki je še vedno v napravi, preko USB vodila. Preko USB pa je možno tudi spreminjati nastavitve naprave. Nekatere nastavitve je možno spreminjati tudi na čelni plošči naprave, ki je sestavljena iz petih tipk, 5 LED diod in dveh LED prikazovalnikov.

Za izpolnitev svoje, relativno preproste, naloge - vzdrževanje vakuma, vzdrževalnik ne potrebuje zapisovanja podatkov na SD kartico niti ne USB komunikacije. Slednje je bilo napravi dodano zaradi želje po osvojitvi znanja o logiranju meritev na SD kartico in o USB komunikaciji med poljubno napravo in osebnim računalnikom. Obe stvari sta namreč zelo uporabni.

---

<sup>1</sup>Naprava preko releja zgolj prižge ali ugasne motor.

### 3 Specifikacije naprave

- Napajanje naprave naj bo omrežna oz. hišna napetost ter ena mala 3.3V “gumb” baterija<sup>1</sup>
- Tlaka ni potrebno meriti natančno vendar ga le uvrstiti v eno od nekaj območji.
- Možnost zapisovanja meritev tlaka in temperature v vakumskem zaboju na pomnilniško kartico.
- Možnost priključitve poljubne vakumske črpalke oz. motorja<sup>2</sup>.
- Možnost komuniciranja preko USB vodila, preko katerega se morajo dati nastavljanja nastavitve naprave in iz SD kartice v napravi prenašati meritve na osebni računalnik. Na računalniku teče za tako komunikacijo poseben program.
- Uporabniški vmesnik (2 prikazovalnika - za temperaturo in tlak, 5 tipk, 5 statusnih LED diod, 2 skriti tipki - za resetiranje naprave in za nastavljanje časa in datuma)

---

<sup>1</sup>Slednja zagotavlja delovanje ure tudi ob izklopu naprave ali morebitnem izpadu elektrike

<sup>2</sup>Naprava jo oz. ga po potrebi vklopi z relejem.

## 4 Časovni in finančni plan

### 4.1 Časovni plan

Izoblikovanje ideje in zahtev:	2 h	Preverjanje delovanja:	5 h
Risanje sheme oz. vezja:	10 h	Morebitni zadnji popravki:	5 h
Izbira in nabava gradnikov:	15 h	Načrtovanje tiskanega vezja:	10 h
Izdelava 1. verzije na protoboardu:	5 h	Izdelava tiskanega vezja:	3 h
Pisanje programa:	30 h	Sestavljanje končne naprave:	10 h
Popravki 1. verzije:	10 h	Priprava dokumentacije:	15 h

**Skupaj: 120 h**

### 4.2 Finančni plan

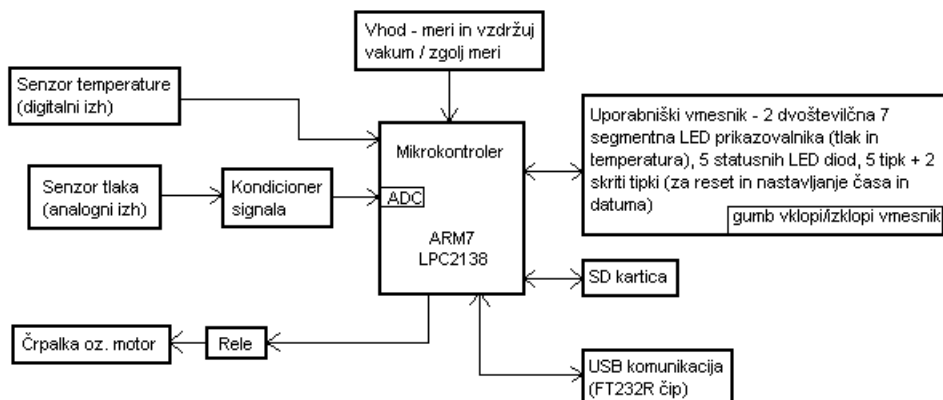
<b>Elementi:</b>	<b>cena v €</b>
Mikrokontroler LPC2138:	7.713
Senzor za tlak:	7.01
2 dvoštevilčna LED prikazovalnika:	2.66
FT232RL integrirano vezje:	4.61
Transformator:	13
Ohišje:	8.64
Ostali elementi (R,C,L,LED,kabli...):	20
<b>Skupaj:</b>	<b>64 €</b>



# 5 Zasnova naprave

## 5.1 Blokovna shema naprave

Zasnova naprave je najlepše razvidna iz blokovne sheme, prikazane na sliki 5.1.



Slika 5.1: Blokovna shema naprave.

Srce naprave je ARM7TDMI - LPC2138 mikrokontroler. Ta redno odčitava tlak in temperaturo iz dveh senzorjev.

Senzor za tlak je diferencialni z diferencialnim analognim izhodom, ki ga je potrebno zato pretvoriti v primerno obliko za odčitavnje z internim AD konverterjem mikrokontrolerja. Za to pretvorbo poskrbi kondicioner. Senzor za temperaturo pa ima digitalni izhod zato z mikrokontrolerjem komunicira preko SPI vodila.

Meritve se zapisujejo na SD kartico<sup>1</sup>, od koder jih lahko mikrokontroler tudi bere in pošilja na osebni računalnik preko USB vodila. USB komunikacija sloni na uporabi FT232R integriranega vezja, ki je UART-USB pretvornik. Mikrokontroler tako z računalnikom pravzaprav komunicira preko UARTa.

Vkolikor je izmerjeni tlak višji od željenega<sup>2</sup> in je izpolnjen pogoj *meri in vzdržuj vakum* na vhodu *meri in vzdržuj vakum / zgolj meri*, mikrokontroler sproži vklop releja na katerega je priključena poljubna vakumska črpalka oz. motor. Pogoj je izpolnjen, kadar so vrata vakumskega zabojnika

<sup>1</sup>Zopet preko SPI vodila.

<sup>2</sup>Tega uporabnik nastavi bodisi s tipkami na napravi ali na računalniku preko USB.

zaprta ni pa izpolnjen kadar so odprta ali kadar uporabnik v zabojnik spušča zrak oz. niža vakum, da se bo zabojnik lahko odprl.

Nepogrešljiv del naprave je seveda tudi uporabniški vmesnik. Ta je sestavljen iz dveh dvoštevilknih 7 segmentnih LED prikazovalnikov<sup>3</sup> ter nekaj tipk in statusnih LED diod. 2 diodi prikazujeta stanje USB vodila<sup>4</sup>. 2 rdeči diodi podajata stanje SD kartice<sup>5</sup>. Prisotna je še ena zelena LED dioda, ki se prižge, ko je mogoča varna odstranitev SD kartice iz naprave. To je možno, ko uporabnik nekaj časa drži pritisnjeno tipko za varno odstranitev SD kartice. Takrat se na kartico zapišejo še nezapisane meritve, nato pa program čaka na odstranitev kartice. Dve od ostalih tipk so tipke za povečevanje oz. zmanjševanje trenutno nastavljenih vrednostih. Možne nastavljive vrednosti so željen tlak oz. vakum v zabojniku ter trenutni datum in čas. Ena tipka je torej uporabljena še za omogočanje nastavljanja željenega tlaka ena pa za omogočanje nastavljanja datuma in časa<sup>6</sup>. Še ena tipka je uporabljena za prehajanje med trenutno nastavljenimi vrednostmi, ko se nastavlja datum in čas. Nastaviti je možno namreč minute, ure, dan v mesecu, mesec in leto. Del uporabniškega vmesnika je še stikalo, s katerim lahko uporabnik vkloplja ali izkloplja prikazovalnik in tipke na čelni plošči. Če naprava npr. deluje dlje časa in uporabnik ni vedno ob njej se tako zmanjša poraba, hkrati pa se onemogoči neželen pritisk na tipke.

Končno je na napravi prisotna še tipka za reset naprave<sup>7</sup>.

## 5.2 Vezje

Vezje naprave je prikazano na slikah 5.2, 5.3, 5.4 in 5.5. Realizirano je na 4 ploščicah TIV - čelna plošča<sup>8</sup>, plošča z mikrokontrolerjem, relejska plošča ter manjša plošča s temperaturnim senzorjem<sup>9</sup>.

---

<sup>3</sup>Eden prikazuje temperaturo, drugi tlak. Pred prikazovalnikom za temperaturo je še ledica za minus znak, vkolikor je temperatura negativna.

<sup>4</sup>Ena se prižge, če naprava prejema podatke preko USB, druga pa, če jih pošilja.

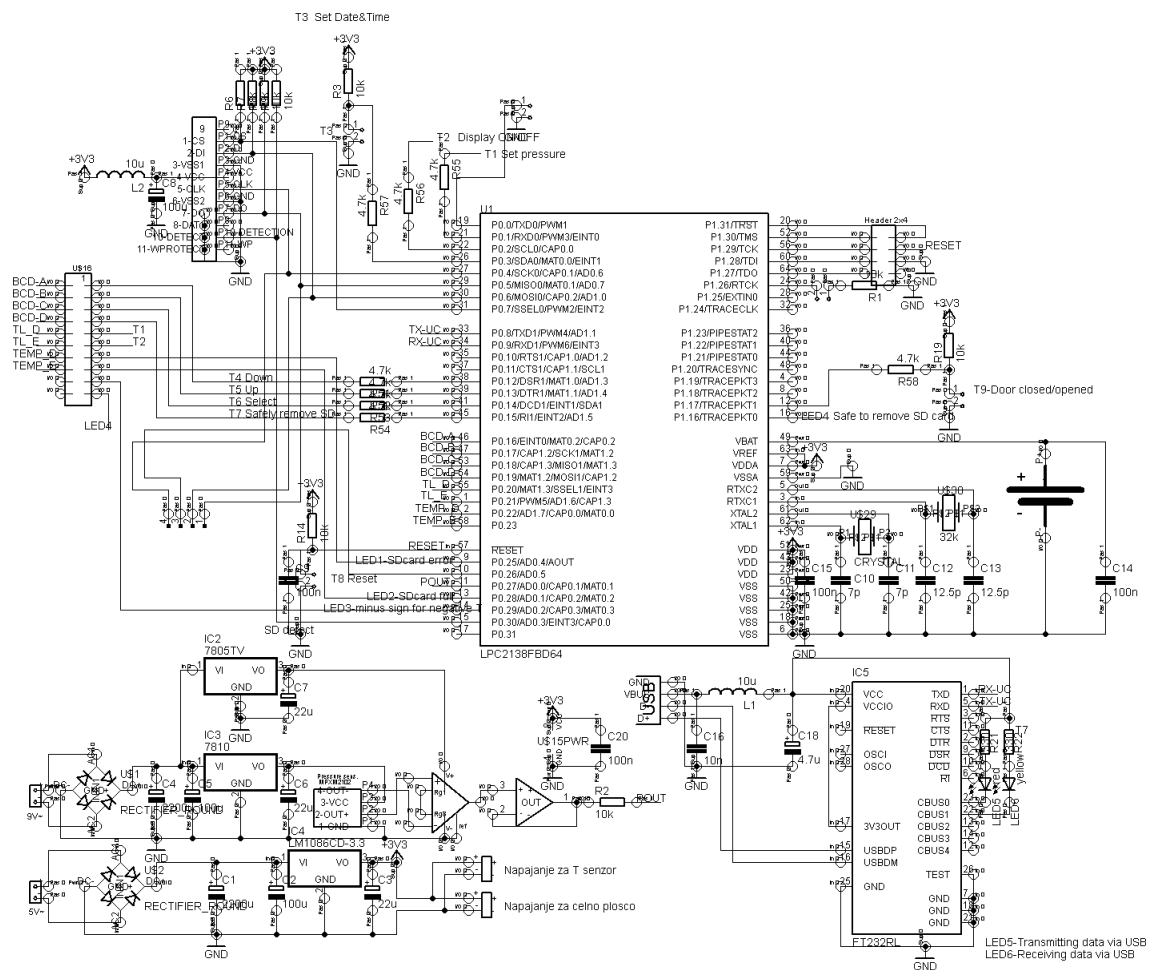
<sup>5</sup>Ena se prižge, če je kartica polna druga pa, če je s kartico kaj narbe - ali jo sploh ni v napravi ali se ni pravilno zinicilizirala ali se ni odprla nova .txt datoteka kamor se zapisujejo meritve.

<sup>6</sup>Tako nastavljanje je možno zgolj ob resetu naprave, saj se želi preprečiti prepogosto spreminjanje časa in datuma. Ob vsaki spremembi se namreč odpre nova .txt datoteka za zapisovanje meritev, da je kasnejši prikaz na računalniku pravilen kar se tiče časovne osi. Zato je tipka tudi skrita in se ne nahaja na čelni plošči, za razliko od tipke, ki omogoča nastavljanje željenega tlaka.

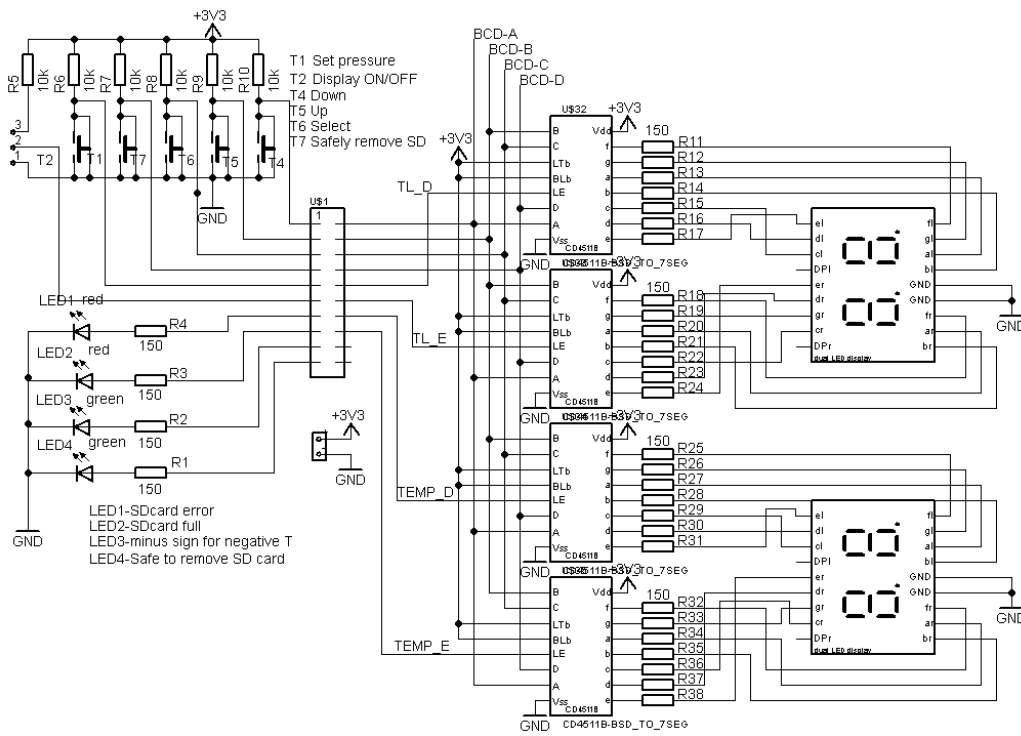
<sup>7</sup>Tudi ta je skrita, da se jo težko pritisne pomotoma.

<sup>8</sup>prikazovalniki, statusne LED diode, tipke

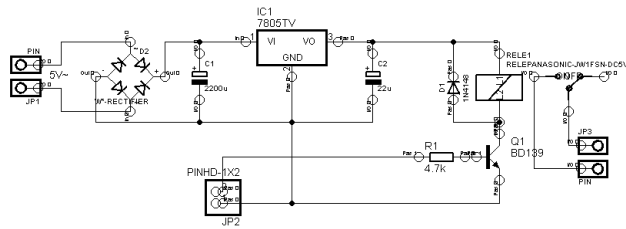
<sup>9</sup>Slednji mora biti na svoji ploščici, saj mora biti speljan v notranjost vakumskega zabojnika.



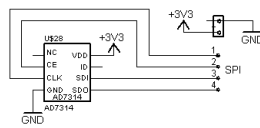
Slika 5.2: Vezje 1. del - mikrokontroler,...



Slika 5.3: Vezje 2. del - čelna plošča



Slika 5.4: Vezje 3. del - relejska plošča



Slika 5.5: Vezje 4. del - temperaturni senzor

Delovanje vezja je razvidno iz zgornjih slik. Na sliki 5.2 je zgoraj levo prikazana SD kartica s filtrom na napajalni liniji, ki preprečuje sesedanje napetosti ob vstavitvi kartice. Ustrezne linije SPI komunikacijskega vodila imajo pull-up upore. Vse linije SPI vodila so preko 4 polnega konektorja speljane tudi na TIV s temperaturnim senzorjem, ki se nahaja v notranjosti vakumskega zabojnika.

Del U\$16 je konektor preko katerega se ustrezni signali peljejo na oz. iz čelne plošče.

V spodnjem levem delu slike 5.2 je prikazan napajalni del vezja in pa senzor za tlak ter njegovo oblikovanje v signal primeren za odčitavanje na AD konverterju LPC2138. Ker senzor za tlak potrebuje 10V napajanje, je ločeno izveden 10V napetostni regulator, katerega vhodna napetost je 9V odcep toroidnega transformatorja<sup>10</sup>. Iz tega odcepa se zregulira še 5V napajanje. 5V je potrebnih za napajanje instrumentacijskega ojačevalnika, ki diferencialen signal na izhodu sensorja tlaka prestavi na maso<sup>11</sup>. Drugi odcep transformatorja je 5V, iz njega pa se dobi reguliranih 3.3V.

Ob zgornjem desnem delu mikrokontrolerja na sliki 5.2 je prikazan JTAG konektor, preko katerega se lahko preprogramira mikrokontroler oz. program, ki teče v njem, razhroščuje. Pod konektorjem je še jumper, s katerim se pin P0.8 mikrokontrolerja veže na maso in s tem vključi JTAG na ustreznih pinih<sup>12</sup>. Pod njim je tipka oz stikalo, ki signalizira ali so vrata zabojnika odprta ali ne oz. ali uporabnik namenoma pušča zrak v zabojniki, da bo lahko odprla vrata. Glede na stanje tega stikala se program odloči ali naj še naprej vzdržuje vakum ali ne.

Ob spodnjem desnem delu mikrokontrolerja na sliki 5.2 je nato prikazano še filtriranje napajanja za mikrokontroler (pravzaprav le C), priklop 3.3V gumb baterije za neprestano delovanje ure realnega časa ter priklop kristalov za oscilatorje. Mikroprocesor poganja 12MHz ura, uro realnega časa pa 32.768 kHz.

V spodnjem desnem delu slike 5.2 je prikazan še del vezja, ki skrbi za USB komunikacijo. Jedro tega dela je FT232R integrirano vezje, ki je pravzaprav UART-USB pretvornik. Čip se napaja s filtriranim 5V signalom iz USB vodila, RX in TX linije pa so krmiljene z 3.3V izhodom notranjega regulatorja FT232R čipa. Na čip sta vezani še dve LED diodi - ena signalizira prejemanje druga pa oddajanje podatkov po USB vodilu.

Vezje na sliki 5.3, ki predstavlja čelno ploščo naprave, ne potrebuje dolge razlage. Iz glavne plošče, opisane v prejšnjih odstavkih, pridejo do in iz čelne plošče ustrezni krmilni signali - od tipk do LED diod in signalov za izpisovanje na LED prikazovalnika. Predstaviti velja le integrirano vezje CD4511B, ki opravlja vlogo dekodeerja BCD kode na signale primerne za krmiljenje 7 segmentnega LED prikazovalnika s skupno katodo.

Vezje na sliki 5.4 predstavlja relejsko ploščo. Ta si napajanje izoblikuje sama in sicer iz 5V odcepa transformatorja. Uporabljeni rele potrebuje za proženje 5V, prožen pa je preko tranzistorja

---

<sup>10</sup>Ta na slikah ni prikazan.

<sup>11</sup>Tako prestavljen izhod sensorja tlaka se nato pelje še čez napetostni sledilnik napajan s 3.3V. S tem se zagotovi, da napetost na vhodu ADC nikoli ne preseže 3.3V. Izhod instrumentacijskega ojačevalnika ima lahko namreč maksimalno napetost 5V.

<sup>12</sup>Če jumper ni prisoten, so pini, ki so namenjeni JTAGu, na voljo kot splošni I/O pini. To je uporabno v morebitnih nadgradnjah naprave.

BD139 katerega baza je krmiljena z enim izmed pinov mikrokontrolerja.

Na sliki 5.5 je prikazan zgolj temperaturni senzor AD7314, ki svojo temperaturo sporoča mikrokontrolerju preko SPI vodila. Napajanje za senzor je pripeljano iz plošče z vezjem prikazanim na sliki 5.2. AD7314 meri temperaturo vsakih  $400\mu s$ <sup>13</sup>. Ob zahtevi za oddajo trenutne temperature prek SPI vodila se prenese zadnja izmerjena vrednost.

### 5.3 Program

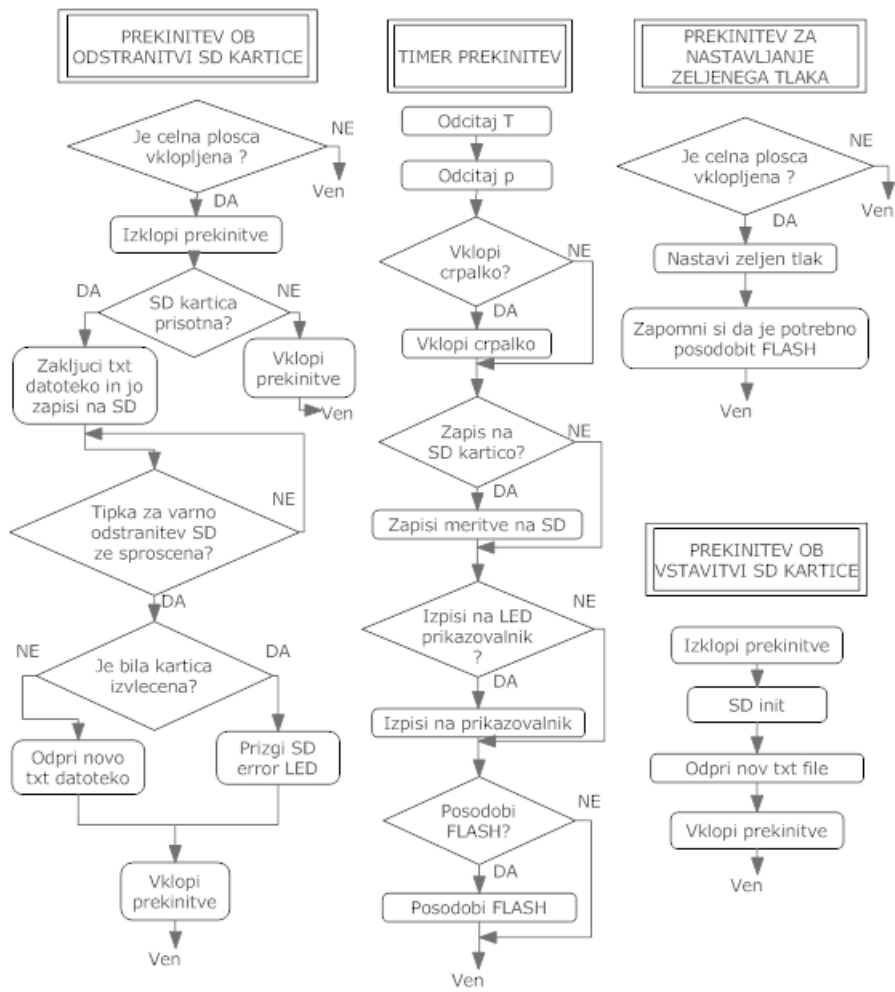
Zgradba programa je prikazana na slikah 5.6, 5.7 in 5.8.



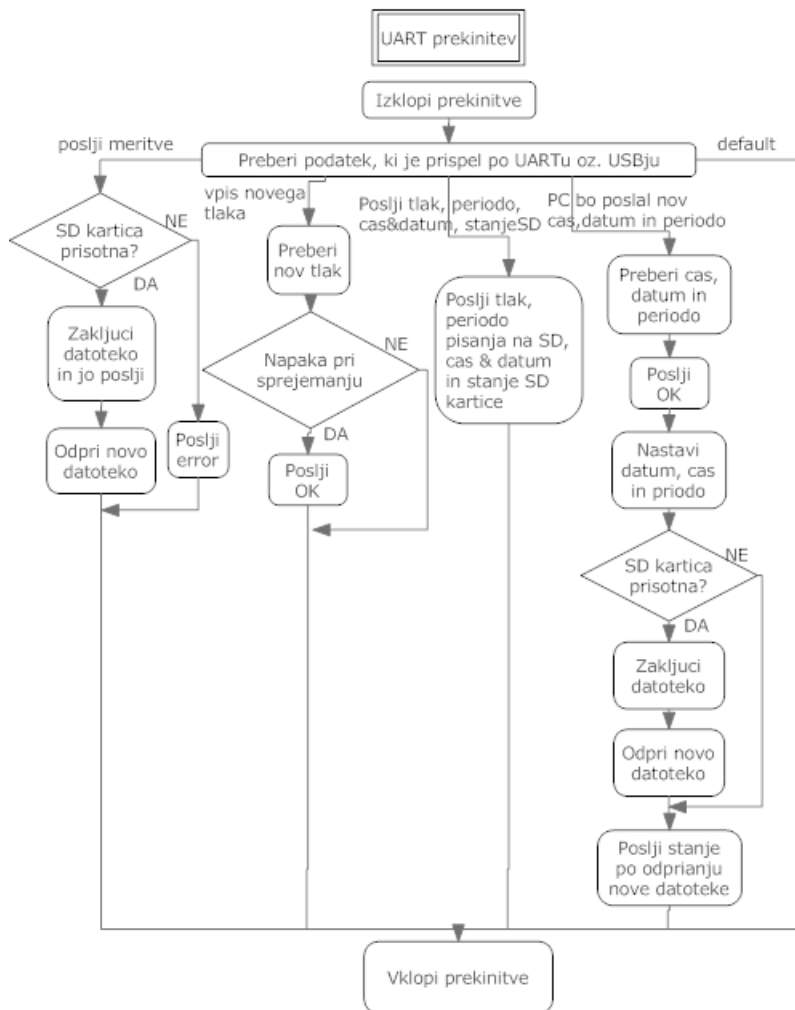
Slika 5.6: Zgradba programa - glavni program

---

<sup>13</sup>Ura je realizirana na samem čipu.



Slika 5.7: Zgradba programa - prekinitve



Slika 5.8: Zgradba programa - UART prekinitve



Na sliki 5.6 je prikazan glavni program. Po resetu ali vklopu se najprej inicializira vse potrebno za nadaljnje delovanje naprave<sup>14</sup>. Med inicializacijo se iz FLASH pomnilnika prebereta še podatka o zaporedni številki txt datoteke in željenem tlaku - oba se po potrebi posodobljata, trenutne vrednosti pa se zapišejo v FLASH. Tako si naprava zapomni zadnje stanje tudi po izklopu. Med inicializacijo je možno, ob pritisku in držanju posebne tipke, nastaviti tudi trenutni čas in datum. Prehod v način, ki omogoča nastavljanje časa in datuma je možen torej le ob držanju tipke in le po zagonu ali resetu naprave. Naslednji korak je inicializacija SD kartice in odprtje nove txt merilne datoteke, vkolikor je kartica sploh prisotna v napravi. Ko je vse do zdaj opisano narejeno, se zažene še časovnik, ki skrbi za redno proženje prekinitev. Ta *timer prekinitev* je prikazana na sliki 5.7.

Ob *timer prekinitvi* se najprej preko SPI vodila prebereta temperatura in tlak. Nato se po potrebi vključi vakumska črpalka oz. motor. Pogoj, da se to res zgodi je, da so vrata vakumskega zabojnika zaprta, da je trenutni tlak višji od nastavljene vrednosti ter da uporabnik ročno ne spušča zraka v zabojnik - to stori preden želi zabojnik odpreti<sup>15</sup>. Za tem sledi zapis meritev na SD kartico, če je že izpolnjen pogoj za to. Pogoj je, da je kartica sploh v napravi, da kartica ni polna<sup>16</sup>, da je bila že prej uspešno odprta txt datoteka za zapisovanje meritev ter da je že preteklo dovolj meritev od zadnje, ki je bila zapisana na kartico. Uporabnik lahko namreč nastavlja čas med dvema zabeleženima meritvama<sup>17</sup>. Omeniti velja še, da se meritve dejansko zapisujejo v RAM mikrokontrolerja in se na kartico zapišejo šele, ko se jih nabere za 512kB - to je namreč en sektor na kartici. Ko je zapis meritev končan, se preveri ali se naj meritve izpišejo na LED prikazovalnika ali ne - preverja se stanje pina, na katerega je vezano stikalo *vklop/izklop prikazovalnika*, ki ga uporabnik vklopi, če je ob napravi in želi, da se meritve prikazujejo na LED prikazovalnikih. Na koncu *timer prekinitve* se po potrebi posodobi še FLASH pomnilnik. To se zgodi, kadar je med dvema *timer prekinitvama* vpadla katera druga prekinitve, ki spremeni bodisi željen tlak ali odpre novo txt datoteko. V slednjem primeru se namreč spremeni zaporedna številka v imenu txt merilne datoteke<sup>18</sup>, to pa si je potrebno zapomniti tudi po izklopu naprave. S tem se prepreči možnost obstoja dveh merilnih txt datotek z istim imenom.

*Prekinitve za nastavljanje željenega tlaka*, ki je prav tako prikazana na sliki 5.7, je zunanja prekinitve, ki jo sporži pritisk tipke *nastavi tlak*, vezane na enega izmed pinov mikrokontrolerja, ki omogoča proženje zunanjih prekinitev. Ob vstopu v prekinitve, se najprej preveri, ali je uporabnik sploh ob napravi in pritisk na tipko torej verjetno ni bil naključen. Če uporabnika ni, potem se pritisk ignorira in sledi izhod iz prekinitve. Vkolikor pa uporabnik je ob napravi<sup>19</sup>, le ta s tipkama

<sup>14</sup>Ura, I/O, RTC, časovnik, ADC, UART, prekinitve, SPI, FLASH

<sup>15</sup>Prvi in tretji del pogoja se preverjeta s stanjem enega izmed pinov mikrokontrolerja, na katerega sta zaporedno vezani dve stikali - eno je na vratih drugo pa na loputi skozi katero lahko uporabnik naprave ročno spusti zrak v napravo in "podre" vakum.

<sup>16</sup>To se preveri ob odpiranju nove txt datoteke ob inicializaciji kartice - bodisi po vklopu naprave ali ob vstavitvi kartice v napravo.

<sup>17</sup>Meritve se sicer izvajajo vsako sekundo, saj je potrebno vedno vzdrževati vakum. Na kartico pa se lahko zabeleži le npr. vsaka deseta meritev. To nastavitve lahko uporabnik nastavlja zgolj preko USBvodila z računalnikom.

<sup>18</sup>Ime datoteke je namreč MSxxxxxx.txt, kjer xxxxxx predstavlja zaporedno številko.

<sup>19</sup>Zopet se preverja stanje pina, na katerega je vezano stikalo *vklop/izklop prikazovalnika*, ki ga uporabnik vklopi,

gor, dol nastavi nov željeni tlak. Ob tem se postavi še spremenljivka, ki hrani informacijo ali je potrebno posodobiti FLASH pomnilnik ali ne. To se, po potrebi, vedno dela ob koncu *timer prekinitev*, ki ima najvišjo prioriteto in zato nič ne more prekiniti pisanja v FLASH.

Na sliki 5.7 sta prikazani še dve prekinitvi. Ena je *prekinitev ob vstavitvi SD kartice*. Ob vstopu v to prekinitev se najprej izklopijo vse ostale prekinitve. Kartica se bo namreč inicializirala, na kartici pa se bo odprla tudi nova txt datoteka. V obeh primerih se bo na kartico pošiljalo ukaze in iz kartice bralo odzive, nič od tega pa ne sme biti prekinjeno. Sledi, kot že rečeno, inicializacija kartice in odpiranje nove merilne txt datoteke. V sklopu teh dveh procesov, se prižgejo tudi ustrezne statusne LED diode na čelni plošči - *SD error LED*<sup>20</sup> in *SD full LED*<sup>21</sup>. Na koncu sledi še vklop prekinitev, ki so bile ob vstopu v prekinitev izklopljene.

Še zadnja od prekinitev, prikazanih na sliki 5.7 je *prekinitev ob odstranitvi kartice*. Prekinitev je zunanja, proži pa se s pritiskom tipke *varna odstranitev SD*. Tudi tu se, tako kot ob prekinitvi za nastavljanje tlaka, najprej preveri če je bil pritisk na tipko željen ali ne. Če ni bil, se pritisk ignorira in sledi izhod iz prekinitve. V nasprotnem primeru pa sledi izklop vseh prekinitev. Razlog je podoben kot pri *prekinitvi ob vstavitvi SD kartice*. Sledi preverjanje ali je kartica sploh prisotna v napravi. Če ni, se nazaj vklopijo vse prekinitve in prekinitev se zaključí. Če pa kartica je v napravi, pa se najprej zaključí trenutno txt datoteko in jo zapiše na SD kartico<sup>22</sup>. Nato do izpustitve tipke *varna odstranitev SD* program čaka v zanki. Uporabnik mora najprej izvleči kartico in nato spustiti tipko. Če tipko spusti prej ali če kartice uporabnik sploh ne izvleče, se bo na kartici odprla nova txt datoteka. Vkolikor pa je bila kartica izvlečena, se prižge *SD error LED*. V obeh primerih se na koncu nazaj vklopijo še vse prekinitve.

Edini še nerazloženi del programa je *UART prekinitev*, katera je prikazana na sliki 5.8. *UART prekinitev* se sproži, ko na UART vodilo - iz USB vodila preko FT232R čipa, pride nov podatek. Za nemoteno komunikacijo se takoj po vstopu v prekinitev izklopijo vse prekinitve. Nato se prebere podatek, ki je prispel na UART vrata iz računalnika. Glede na podatek se izvedejo ustrezne operacije:

Pošiljanje podatkov Če je iz računalnika prišla zahteva po pošiljanju meritev shranjenih na SD kartici, se najprej preveri ali je kartica sploh prisotna. Če ni, se računalniku pošlje podatek, ki signalizira napako. Če pa kartica je prisotna, se najprej zaključí txt datoteka<sup>23</sup>. Nato se jo po sektorjih bere iz SD kartice in pošilja na računalnik. Na koncu se odpre še nova datoteka, za nadaljne meritve.

Vpis novega tlaka Če namerava računalnik poslati nov željeni tlak, ki naj ga naprava vzdržuje, se ta nova vrednost prebere in posodobi. V sklopu tega, se postavi tudi spremenljivko, ki

---

če je ob napravi.

<sup>20</sup>Če ni uspela inicializacija ali, če se ni uspešno odprla nova txt datoteka.

<sup>21</sup>Če je kartica polna.

<sup>22</sup>Na SD kartico se namreč meritve zapisujejo v skupinah, ko se ji nabere za 512kB - en sektor. Če želimo kartico izvleči, ko se meritve še ni nabralo za poln sektor, je potrebno sektor dopolniti z neveljavnimi vrednostmi in takega zapisati na SD kartico. Če to ne bi bilo storjeno, bi se meritve, ki še čakajo v RAMu, izgubile.

<sup>23</sup>Enako kot je bilo razloženo pri *prekinitvi ob odstranitvi SD kartice* - glej prejšnjo opombo.

pove, da je potrebno posodobiti FLASH<sup>24</sup>.

Pošiljanje tlaka, periode, časa in datuma ter stanja SD kartice. Ob tej zahtevi, računalnik oz. program ki teče na njem želi, da mu naprava pošlje trenutne vrednosti naštetih veličin oz. spremenljivk. Naprava temu ugotovi in po vrsti pošlje zahtevane podatke.

Z računalnika se pričakujejo nove vrednosti za čas, datum in periodo. Naprava ob tej zahtevi pričakuje in prebere našete podatke, ki jih je uporabnik nastavil v programu na računalniku in jih pošlje napravi. Ko se nove vrednosti preberejo, naprava pošlje računalniku potrdilo, da je podatke uspešno prejela. Če računalnik tega potrdila ne dobi, program zaradi časovne prekoračitve javi napako. Sledi spreminjanje vrednosti ustreznih spremenljivk glede na novo prejete vrednosti. Ko je to postorjeno, se preveri ali je SD kartica prisotna v napravi. Če je, se najprej zaključi prejšnja txt datoteka in nato odpre nova. Novi podatki lahko namreč pokvarijo pravilno prikazovanje shranjenih podatkov<sup>25</sup>. Zadnja dva koraka se preskoči, če kartice ni v napravi. Sledi še pošiljanje stanja kartice računalniku - ali je v napravi ali ne oz. ali je prišlo pri odpiranju nove txt datoteke do napake ali ne.

Ne glede na to, kateri od zgornjih potekov programa se uresniči, se na koncu vedno nazaj vklopijo vse prekinitve, ki so bile ob vstopu v prekinitve izklopljene.

## 5.4 Konstrukcija

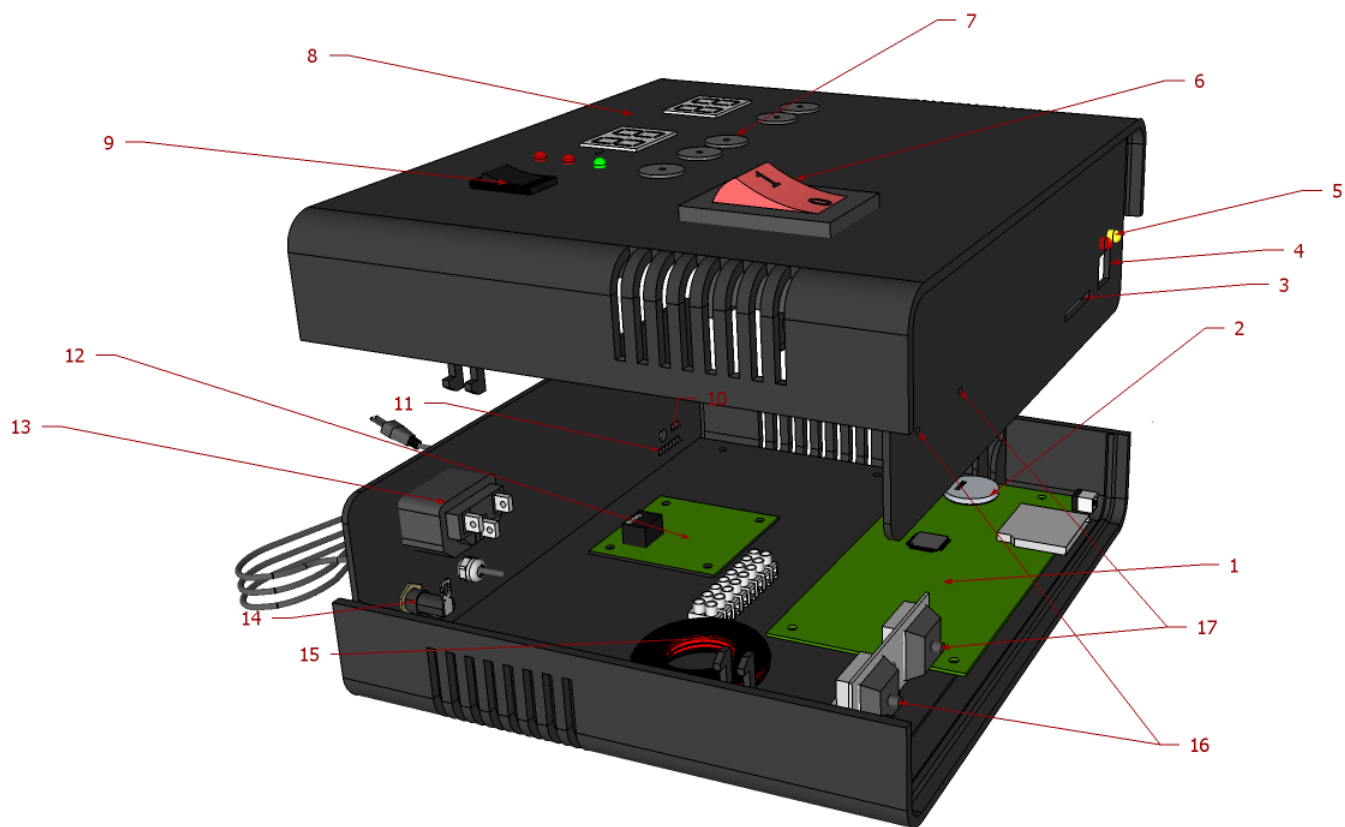
Celotno vezje, z izjemo temperaturnega senzorja<sup>26</sup>, je zaprto v ohišje dimenzij  $210 \times 180 \times 70 \text{ mm}$  ( $d \times g \times v$ ). Temperaturni senzor se priklopi na zadnjo stran naprave, od koder je iz vezja speljana tudi cevka za merjenje tlaka. Celotna konstrukcija je razvidna s slike 5.9.

---

<sup>24</sup>Enako kot pri prekinitvi za nastavljanje željenega tlaka.

<sup>25</sup>Pri spreminjanju časa in datuma ter periode se pokvari časovna os.

<sup>26</sup>Vezje prikazano na sliki 5.5.



Slika 5.9: Konstrukcija naprave

1	Vezje s slike 5.2	10	Konektor za priklop stikala z vrat vakumskega zabojnika in odprtina za cevko za merjenje vakuma
2	3.3V gumb baterija		
3	Reža za vstavitve SD kartice	11	Konektor za priklop temperaturnega senzorja
4	USB priključek	12	Relejska plošča - vezje s slike 5.4
5	USB statusni LED diodi	13	Konektor za priklop motorja oz. črpalke
6	Stikalo za vklop/izklop naprave	14	Ohišje varovalke
7	Tipke	15	Toroidni transformator
8	LED prikazovalnika in statusne LED diode	16	Reset tipka
9	Stikalo za vklop/izklop prikazovalnikov	17	Tipka za nastavitev časa in datuma

Razlaga k tabeli:

- 5 rdeča - oddajanje na USB vodilo; rumena - sprejemanje Po USB vodilu
- 7 Od leve: varna odstranitev SD, nastavitev vakuma, izbira pri nastavljanju časa in datuma, gor, dol.
- 8 Levo - temperatura, desno - vakum. Diode od spodaj: varno je odstraniti SD, SD polna, SD napaka.
- 17 Tipko je treba držati ob resetu/vklopu naprave.

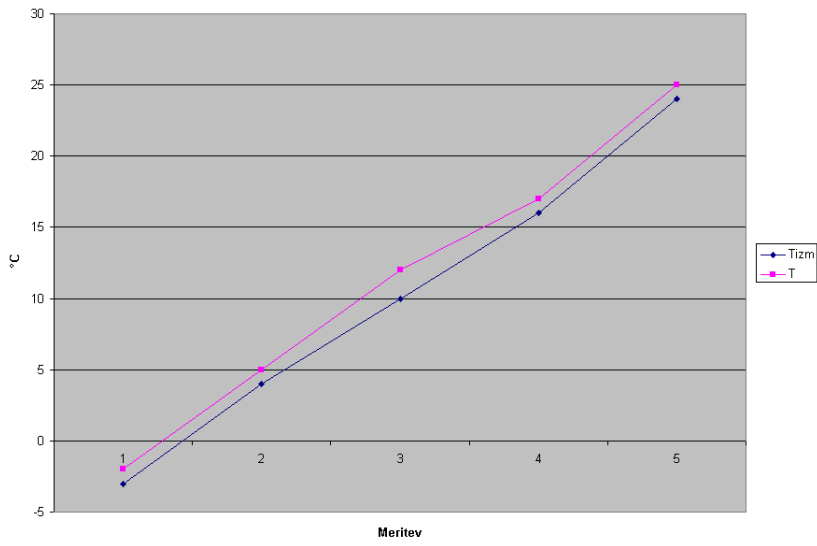
## 6 Meritve in napake meritev

### 6.1 Tlak oz. vakum

Ker v času izdelave in testiranja oz. umerjanja naprave ni bilo na razpolago ustrezne merilne opreme, ni mogoče natančno podati napake oz. odstopanja meritev od pravih vrednosti. Za take podatke, bi bilo potrebno napravo preizkusiti v tlačni oz. vakumski komri. V tem primeru bi bilo napravo mogoče tudi umeriti oz. skalibrirati. Tako pa se lahko o napaki sklepa le iz tehničnih specifikacij uporabljenih komponent. Uporabljen senzor (MPXM2102) ima nelinearnost  $\pm 1\%V_{FSS}$  kjer je  $V_{FSS}$  full scale span oz. razpon izhodne diferencialne napetosti. Maksimalna vrednost slednje je  $41.5mV$ . K napaki prispeva še offset, ki ima po tehničnih specifikacijah maksimalno vrednost  $\pm 2mV$ . Za izračun napake je potreben še podatek za občutljivost sensorja. Ta znaša  $0.4mV/kPa$ . Absolutna napaka zaradi omenjenjih neidealnosti je lahko torej maksimalno  $6.0375kPa$  oz., izraženo z diferencialno napetostjo na izhodu  $2.415mV$ . Ta napaka je posledica zgolj neidealnosti sensorja tlaka. Svoje pa k napaki prispeva še instrumentacijski ojačevalnik INA155. Iz tehničnih specifikacij instrumentacijskega ojačevalnika je, kot prispevek k napaki, možno zaslediti le podatek o offsetu napetosti. Ta znaša maksimalno  $\pm 1mV$ . Ker v napravi ojačevalnik deluje v konfiguraciji, ko ima ojačanje 50, se na izhodu offset pojavi kot odstopanje izhodne napetosti od prave vrednosti za maksimalno  $\pm 50mV$ . Na vhodu v analogno digitalni pretvornik, lahko napetost od prave odstopa že za  $\pm 52.415mV$ . Preračunano na diferencialni izhod sensorja je to  $\pm 3.415mV$  oz.  $8.5375kPa$ . Temu je potrebno prišteti še napako AD konverterja vendar podatkov o napaki le tega, v tehničnih specifikacijah za LPC2138 mikrokontroler ni moč najti.

### 6.2 Temperatura

Za merjenje temperature je uporabljen 10 bitni temperaturni senzor AD7314. Po njegovih tehničnih specifikacijah ima natančnost  $\pm 2^{\circ}C$ . To potrjuje tudi meritve prikazane na sliki 6.1. Meritve so bile izvedene v temperaturnem območju, ki ga je dopuščalo testno okolje, torej v okolici sobne temperature - od  $-3^{\circ}C$  do  $24^{\circ}C$ . Za referenco je bilo vzeto povprečje temperature izmerjene z dvema sobnima termometroma - na sliki označeno z  $T_{izm}$ . Senzor ima ločljivost  $0.25^{\circ}C$ , vendar je LED prikazovalnik na napravi dvoštevilčen, zato se meritve zaokrožijo na najbližjo celoštevilsko vrednost.



Slika 6.1: Meritve temperature

## 7 Tehnične specifikacije

- Meritve se na SD kartico zapisujejo v .txt datoteko in na FAT32 particijo,
- Dva dvomestna 7 segmentna LED prikazovalnika s skupno katodo,
- USB komunikacija bazira na FT232R integriranem vezju oz. VCP,
- Absolutni senzor tlaka,
- Območje razpona tlaka je od 0 do 200 *kPa*,
- Natančnost vzdrževanega tlaka je  $\pm 10$  *kPa*,
- Natančnost meritve temperature je  $\pm 2^{\circ}C$ .
- Moč vakumske črpalke oz. motorja je lahko maksimalno 2000W.

## 8 Navodila za uporabo

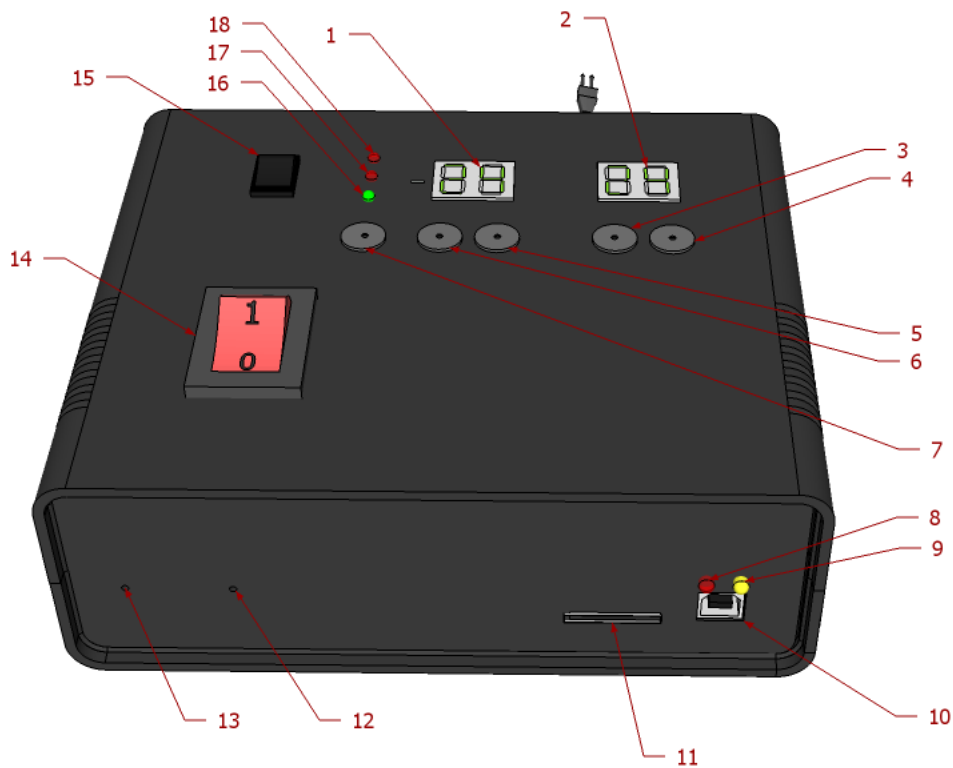
### 8.1 Pred uporabo

Pred uporabo natančno preberite navodila za uporabo. Napravo postavite na varno mesto, kjer bo zaščitena pred udarci, padci ali drugimi poškodbami. Obdajajo naj jo le negorljivi materiali.

### 8.2 Varnostna opozorila

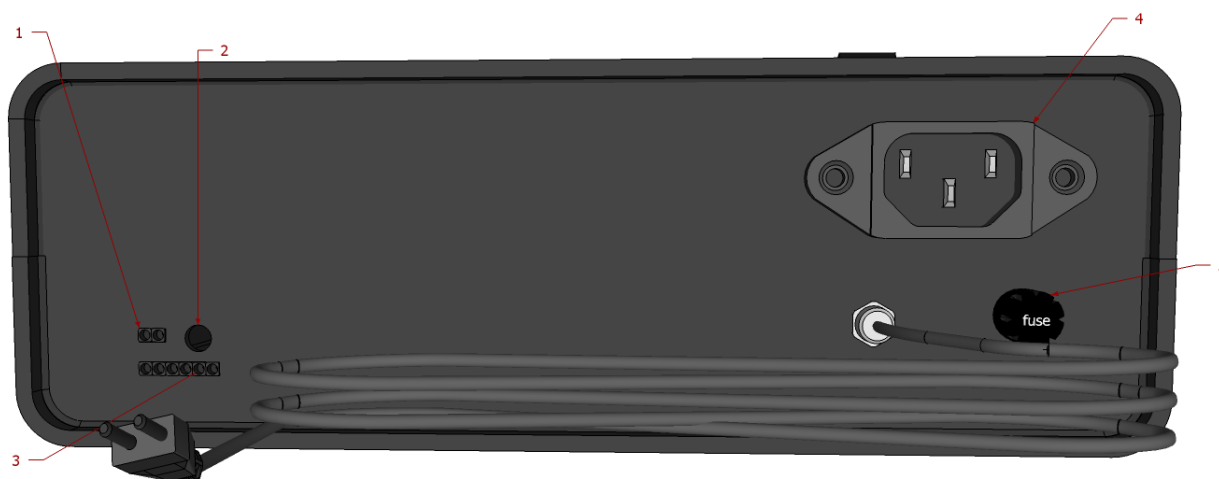
- Napravo vklaplajte le v omrežne vtičnice z 230V.
- Ne vklaplajte naprave, če je napajlni kabel ali vtič poškodovan.
- Za preprečitev električnega udara ne odpirajte naprave ne da bi jo pred tem izklopili iz omrežja.
- Za preprečitev okvare naprave, kratkega stika in posledično požara pazite, da se naprava ne zmoči in da jo obkrožajo le negorljive znovi.
- V napravo ne priklaplajte vakumske črpalke oz. motorja, ki je močnejši od 2000W. V nasprotnem primeru se lahko naprava prekuri in v najslabšem primeru vžge.





Slika 8.1: Slika naprave

1	Temperatura	10	USB priključek
2	Tlak	11	Reža za SD kartico
3	Gor	12	Tipka za nastavitve časa in datuma
4	Dol	13	Tipka za reset naprave
5	Izbira pri nastavljanju časa in datuma	14	Stikalo za vklop/izklop naprave
6	Nastavi tlak	15	Stikalo za vklop/izklop prikazovalnikov
7	Varna odstranitev SD kartice	16	Varna odstranitev SD kartice
8	Oddajanje po USB	17	SD kartica je polna
9	Sprejemanje po USB	18	Napaka na SD kartici



Slika 8.2: Zadnja stran naprave

1	Priključek za stikalo vrat vakumske omare	4	Priključek za črpalko oz. motor
2	Odprtina za cevko za merjenje tlaka	5	Ohišje varovalke
3	Priključek za termometer - rumena žica na desni		

## 8.3 Pred vklopom

Preglejte, da napajalni kabel ali vtič nista poškodovana. Prepričajte se, da je na napravo priključen pravi motor (ne premočan). Napravo priključite na omrežje in vklopite glavno stikalo ON/OFF.

## 8.4 Uporaba

### 8.4.1 Namestitev gonilnikov in ustreznega programa na računalnik

Za komunikacijo naprave z računalnikom, je potrebno na računalnik najprej namestiti ustrezne gonilnike. Gonilniki in navodila za namestitev se nahajajo na priloženi zgoščenki (CDju) in tudi na internetni strani <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>. Na priloženi zgoščenki se nahaja tudi program, ki je potreben za prikazovanje shranjenih meritev ter komunikacijo z napravo.

### 8.4.2 Priključitev temperaturnega senzorja

Vkolikor želite, da naprava meri in beleži temperaturo, morate na zadnjem delu naprave v konektor označen s številko 3 na sliki 8.2 vklopiti temperaturni senzor, ki je priložen napravi. **Pazite na to, kako je priključek obrnjen. Rumena žica mora biti na desni strani, gledano z zadnje strani naprave.**

### 8.4.3 Priklop stikala z vrat vakumskega zabojnika

Da naprava ne bo vklopila vakumske črpalke vsakič, ko bodo odprta vrata vakumskega zabojnika, je možno na napravo priključiti preprosto stikalo, ki zaznava ali so vrata odprta ali ne. Stikalo priklopimo v priključek označen s številko 1 na sliki 8.2. V serijo se lahko veže še eno stikalo katerega držite, ko, pred odpiranjem, v zabojnik namenoma spuščate zrak.

### 8.4.4 Po vklopu

Če se po vklopu glavnega stikala<sup>1</sup>, ne zgodi nič, najprej preverite, če ni pregorela varovalka. Do nje pridete tako, da odvijete ohišje varovalke<sup>2</sup>.

Po pravilnem vklopu, se na čelni plošči, po vrsti od spodaj levo do zgoraj desno in nazaj, prižigajo LED diode in posamezni deli prikazovalnika. Za tem se na levem prikazovalniku izpiše trenutna temperatura, na desnem pa tlak. Naprava deluje. Tlak je prikazan kot številka od 0 do 20, pri čemer 12 pomeni zunanji tlak oz. tlak okolice. Po vklopu je vrednost tlaka, ki naj ga naprava vzdržuje v vakumskem zaboju, kjer se meri vakum, nastavljena na vrednost, ki je bila s strani uporabnika nastavljena ob zadnji uporabi. Ob prvem vklopu naprave pa je ta vrednost nastavljena na 15. Ker je na napravo ponavadi priključena vakumska črpalka, lahko naprava vzdržuje le vrednosti, ki so manjše od 12 - torej nižji tlak od zunanjega.

### 8.4.5 Nastavljanje vakuma, ki naj ga naprava vzdržuje

Vakum, ki naj ga naprava vzdržuje se lahko nastavi na dva načina.

#### 8.4.5.1 Nastavljanje na napravi

Pridržite tipko *nastavi tlak*<sup>3</sup>. Med držanjem tipke se na desnem prikazovalniku izpiše trenutno nastavljena vrednost. S tipkama *gor in dol*<sup>4</sup> nastavite novo vrednost. Ko je vrednost nastavljena, spustite tipko *nastavi tlak*.

#### 8.4.5.2 Nastavljanje s priklopom naprave na računalnik

Odprite program, ki je priložen napravi. V zavihku *Device settings* v polje *pressure level* zapišite željeno stopnjo tlaka oz. vakuma. Pritisnite gumb *Set pressure*. Če je bil tlak uspešno nastavljen bo ob gumbu zasvetila zelena luč *ERROR*. Če je prišlo do napake, se bo luč prižgala rdeče. Preglejte, če je naprava priklopljena na računalnik z ustreznim USB kablom, če je naprava vklopljena in če je polje *VISA resource name* pravilno izpolnjeno s portom na katere je priklopljena naprava.

---

<sup>1</sup>Številka 14 na sliki 8.1.

<sup>2</sup>Številka 5 na sliki 8.2.

<sup>3</sup>Številka 6 na sliki 8.1

<sup>4</sup>Številki 3 in 4 na sliki 8.1

## 8.4.6 Shranjevanje meritev na SD pomnilniško kartico

Naprava je zmožna meritve temperature in tlaka shranjevati na pomnilniško kartico SD, vkolikor je ta vstavljena v režo. Kartica **ne sme biti** SDHC, saj s to kartico naprava ne zna komunicirati. Meritve se na kartico shranijo v posebno .txt datoteko. Nova datoteka se odpre vedno ob vklopu naprave, resetu naprave, vstavitvi kartice v napravo ali držanju tipke *varna odstranitev SD* dokler ne zasveti zelena LED dioda in spustu tipke, brez da bi izvlekli kartico. Na kartico se lahko shranjuje vsako meritev - meritve se izvajajo vsako sekundo, ali pa samo vsakih 10, 20, 30,.. sekund.

## 8.4.7 Nastavljanje periode shranjevanja meritev na SD kartico

Perido shranjevanja se lahko nastavlja le s pomočjo računalnika. V priloženem programu, v zavihku *Device settings*, v polje *Measurement period*, vpišite novo periodo in kliknite na gumb *Set Period, Time & Date*. Nastavila se bo tako perioda, kot tudi čas in datum. Za razlago slednjega glej poglavje 8.4.8. Če so se perioda, čas in datum uspešno nastavili, se bo ob gumbu *Set Period, Time & Date* zeleno obarvala luč *ERROR*. Če je prišlo do napake, se bo luč prižgala rdeče. Preglejte, če je naprava priklopljena na računalnik z ustreznim USB kablom, če je naprava vklopljena in če je polje VISA resource name pravilno izpolnjeno s portom na katere je priklopljena naprava.

## 8.4.8 Nastavljanje časa in datuma

Čas in datum sta pomembna, kadar je v napravi vstavljena SD pomnilniška kartica in se nanjo shranjujejo meritve. Brez pravilno nastavljenega datuma in časa, meritve ne bi znali časovno pravilno ovrednotiti. Čas in datum pravilno tečeta tudi, ko je naprava izklopljena iz omrežja, dokler se ne izprazni 3.3V gumb baterija v notranjosti naprave - za podrobnosti glej poglavje 8.4.9. Čas in datum je možno nastaviti na dva načina.

### 8.4.8.1 Nastavljanje časa in datuma na napravi

Slednje je mogoče le po resetu ali po vklopu naprave. Ob vklopu ali resetu držite tipko *Nastavi čas in datum*<sup>5</sup>. Na levem prikazovalniku se bo prikazal trenutni dan v mesecu. S tipkama *gor in dol*<sup>6</sup> nastavite trenutni dan. Pritisnite tipko *izbira*<sup>7</sup>. Na levem prikazovalniku se prikaže številka meseca. Zopet nastavite trenutni mesec. Po enakem postopku nastavite še leto, ure in minute - v tem vrstnem redu. Ko sta čas in datum nastavljeni, spustite tipko *izbira*. Naprava začne normalno delovati.

### 8.4.8.2 Nastavljanje časa in datuma s priklopom naprave na računalnik

V programu v zavihku *Device settings* v polje *Time & Date* vpišite trenutni čas in datum v že zapisanem formatu. Čas in datum lahko pridobite tudi s klikom na gumb *Get system Time & Date*.

---

<sup>5</sup>Številka 12 na sliki 8.1

<sup>6</sup>Številki 3 in 4 na sliki 8.1

<sup>7</sup>Številka 5 na sliki 8.1

Ob kliku na ta gumb, se v polje *Time & Date* vpiše sistemski čas in datum, nastavljen na vašem računalniku. Ko sta v polju vpisana pravilen čas in datum, kliknite gumb *Set period, Time & Date*. Poleg časa in datuma se bo na napravo vpisala še perioda nastavljena v polju *Measurement period*. Tako perioda, kot tudi čas in datum so namreč pomembni za pravilno časovno beleženje meritev, zato se ob nastavitvi teh vrednosti meritve na SD kartico začno zapisovati v novo datoteko, vkolikor je kartica vstavljena v napravo. Če so se perioda, čas in datum uspešno nastavili, se bo ob gumbu *Set Period, Time & Date* zeleno obarvala luč *ERROR*. Če je prišlo do napake, se bo luč prižgala rdeče. Preglejte, če je naprava priklopljena na računalnik z ustreznim USB kablom, če je naprava vklopljena in če je polje *VISA resource name* pravilno izpolnjeno s portom na katere je priklopljena naprava.

#### 8.4.9 Zamenjava baterije, ki skrbi za nemoteno delovanje ure

Če opazite, da ura in datum ne tečeta pravilno, je vzrok morda v izpraznjeni 3.3V gumb bateriji v notranjosti naprave. Ta skrbi za delovanje ure tudi po izklopu naprave iz električnega omrežja. **Pred zamenjavo napravo nujno izklopite iz omrežja!** Odprite ohišje naprave. Previdno odstranite gumb baterijo in na njeno mesto namestite ekvivalentno baterijo. **Pazite na polariteto!** Pozitivni del baterije mora biti na vrhu. Nazaj sestavite ohišje, stare baterije pa se znebite na mestih, kjer bo šla baterija v recikliranje.

#### 8.4.10 Varna odstranitev SD kartice in odprtje nove merilne datoteke na kartici

Da se ob odstranitvi kartice iz naprave, kartice ne zmoti ravno med vpisovanjem ali branjem in s tem po možnosti pokvari celotne datoteke in da se ne izgubi zadnjih meritev, je potrebno izvesti sledeč postopek. Pred odstranitvijo kartice iz naprave pritisnite in držite tipko *Varna odstranitev SD*<sup>8</sup>. Ko se na napravi prižge zelena LED dioda<sup>9</sup>, izvlecite kartico. Za tem lahko izpustite tipko *Varna odstranitev SD*. Vkolikor po prižigu zelene LED diode kartice ne izvlečete, se bo po sprostitvi tipke *Varna odstranitev SD* na kartici odprla nova merilna datoteka.

#### 8.4.11 Oglad shranjenih meritev

Meritve, ki so shranjene v eni ali več datotekah, si lahko ogledate na dva načina. Kartico lahko vstavite v računalnik ali pa zadnjo merilno datoteko prenesete na računalnik s priključitvijo naprave na računalnik preko USB priključka.

##### 8.4.11.1 Oglad meritev z vstavitvijo kartice v računalnik

Vaš računalnik mora biti pri tej metodi opremljen s čitalcem SD kartic. Kartico najprej odstranite z naprave (glej poglavje 8.4.10). Vstavite jo v čitalec kartic na računalniku. Odprite program za komuniciranje z napravo. V zavihku *TXT file* v polje *Path* vpišite lokacijo datoteke, ki jo želite

---

<sup>8</sup>Številka 7 na sliki 8.1.

<sup>9</sup>Številka 16 na sliki 8.1

pogledati. Ko je polje ustrezno izpolnjeno kliknite gumb *LOAD FILE*. Na dveh grafih se bodo, v odvisnosti od časa, prikazale zabeležene meritve.

#### 8.4.11.2 Ogled meritev s priključitvijo naprave na računalnik

Napravo z ustreznim USB kablom povežite z računalnikom. Odprite program za komuniciranje z napravo. V zavihku *USB* najprej, s portom na katerega je priključena naprava, pravilno izpolnite polje *VISA resource name*. Nato pritisnite gumb *GET DATA*. Naprava bo začela računalniku pošiljati meritve iz datoteke na SD kartici, kamor je nazadnje shranjevala meritve. Med pošiljanjem bo na napravi gorela rdeča *LED dioda ob USB priključku*<sup>10</sup>, na računalniku pa bo oranžno gorela luč *Retreiving data*. Ko bodo vse meritve prispele, se bodo le te prikazale v dveh grafih. Če bo med pošiljanjem prišlo do napake bo v programu rdeče zagorela *SD error* lučka.

Ko vse meritve uspešno prispejo, se v programu ponudi tudi možnost shranitve meritev v txt datoteko na računalniku. To storite s klikom na gumb *Save Data*.

#### 8.4.12 Pridobitev trenutnih nastavitvev naprave

S klikom na gumb *Get current settings* v zavihku *Device settings* v programu za komuniciranje z napravo, lahko pridobite trenutne nastavitve naprave. Prikažejo se v ustreznih poljih v istem zavihku.

### 8.5 Shranjevanje

Če naprave nekaj časa ne boste uporabljali, jo izklopite iz električnega omrežja, očistite in shranite na suhem in ne prevročem niti ne prehladnem prostoru.

---

<sup>10</sup>Številka 8 na sliki 8.1.

## 9 Kosovnica

Celotna naprava je sestavljena iz štirih tiskanih vezji. Ta so prikazana na slikah 5.2, 5.3, 5.4 in 5.5. Tudi kosovnica bo zato razdeljena na 4 dele.

**Vezje 1. del**

ref. oznaka	naziv oz. vrednost	ohišje	št.	proizvajalec	dobavitelj	€/kos
C1,C4	elekt. kond. 2200 uF	Radial	2	Nichicon	Farnell	0.74 €
C2,C5,C8	elekt. kond. 100 uF	Radial	3	Multicomp	Farnell	0.05 €
C3,C6,C7	elekt. kond. 22 uF	Radial	3	Multicomp	Farnell	0.062 €
C9,C14,C15,C20	keramični kond. 100 nF	1206	4	Multicomp	Farnell	0.025 €
C10,C11	keramični kond. 6.8 pF	1206	2	YAGEO	IC	0.1 €
C12,C13	keramični kond. 12 pF	1206	2	YAGEO	IC	0.1 €
C16	keramični kond. 10 nF	1206	1	KEMET	Farnell	0.049 €
C18	elekt. kond. 4.7 uF	Radial	1			
R1,R2,R3,R6,R7, R8,R9,R14,R19	upor 10 kOhm	1206	8	Multicomp	Farnell	0.03 €
R21,R22	upor 330 Ohm	1206	2	Multicomp	Farnell	0.011 €
R51 do R58	upor 4.7 kOhm	1206	8	Multicomp	Farnell	0.03 €
L1,L2	ELLVGG100M 10uH	SMD 3x3	2	Panasonic	Farnell	0.42 €
P1 do P4, P8	letvica 1x2, 2.54mm		5	Multicomp	Farnell	0.043 € <sup>1</sup>
H2	letvica 1x4, 2.54 mm		1	Multicomp	Farnell	
P5, P6	letvica 1x2, 3.96mm		2	JST	Farnell	0.162 €
JTAG	letvica 2x4, 2.54mm		1	Molex	Farnell	0.187 €
U\$7,U\$8	žice - napajalne linije		4			
U\$16	DF20F-20DP-1V(55)		1	HRS	Farnell	1.16 €
LED5	rdeča LED dioda	5 mm oval	1	AVAGO	Farnell	0.076 €
LED6	rumena LED dioda	5 mm oval	1	AVAGO	Farnell	0.09 €
U\$29	kristal ABLS-12.000MHZ	SMD	1	Abracon	Farnell	0.37 €
U\$30	kristal R26-32.768- 12.5	R26	1	Raltron	Farnell	0.113 €
U\$31	držalo baterije HU 1632-1		1	Renata	Farnell	0.70 €
U\$27	konektor USB-B	USB-B	1	FCI	Farnell	1.38 €
U\$19	držalo SDCMF-10915W0T1		1	Multicomp	Farnell	1.48 €
U\$1,U\$2	mostič 2W01MG	WOG	2	Multicomp	Farnell	0.23 €
U1	LPC2138FBD64	LQFP64	1	NXP	SOS El.	7.713 €
U\$13	MPXM2102AS	1320A-02	1	FS <sup>2</sup>	Farnell	7.01 €
U\$14	INA155	SO08	1	TI	Farnell	3.16 €
U\$15	Opamp TLV2362	SO08	1	TI	Farnell	0.53 €
IC2	LM7805	TO220V	1	FS <sup>3</sup>	Farnell	0.85 €
IC3	L78S10CV	TO220V	1	STM <sup>4</sup>	Farnell	0.57 €
IC3	LM1086CT-3.3	TO220V	1	NS <sup>5</sup>	Farnell	2.37 €
IC4	FT232RL	SSOP28	1	FTDI	Farnell	4.61 €



**Vežje 2. del**

ref. oznaka	naziv oz. vrednost	ohišje	št.	proizvajalec	dobavitelj	€/kos
R1,R2,R3,R4 in R11 do R38	upor 150 Ohm	1206	32	Multicomp	Farnell	0.014
R5 do R10	upor 10 kOhm	1206	2	Multicomp	Farnell	0.03
LED1,LED2	rdeča LED dioda	5 mm oval	1	AVAGO	Farnell	0.076
LED3	zelena LED dioda	1206l	1	OSRAM	Farnell	0.106
LED4	zelena LED dioda	5 mm oval	1	AVAGO	Farnell	0.077
T1,T4 do T7	tipka SPST TYCO FSM101		5	TYCO	Farnell	0.30
T2	žice in stikalo MC36328		1	Multicomp	Farnell	0.55
U\$1	žice in vtič DF20A-20DS <sup>6</sup>		1	HRS	Farnell	0.193
U\$2	žici in vtič VHR-2N <sup>7</sup>		1	JST	Farnell	0.082
U\$32 do U\$35	CD4511B	16TSSOP	4	TI	Farnell	0.28
U\$36,U\$37	HDSP-521G LED display		2	AVAGO	Farnell	1.33

**Vežje 3. del**

ref. oznaka	naziv oz. vrednost	ohišje	št.	proizvajalec	dobavitelj	€/kos
C1	elekt. kond. 2200 uF	Radial	1	Nichicon	Farnell	0.74
C2	elekt. kond. 22 uF	Radial	1	Multicomp	Farnell	0.062
R1	upor 4.7 kOhm	1206	1	Multicomp	Farnell	0.03 €
D1	1N4148	DO-35	1	VS <sup>8</sup>	Farnell	0.058
D2	mostič 2W01MG	WOG	1	Multicomp	Farnell	0.23
IC1	LM7805	TO220V	1	FS <sup>9</sup>	Farnell	0.85
JP1,JP3	Terminal block CTB0305/2		2	CAMDEN	Farnell	0.43
JP2	žice in m. letvica 2.54mm		1	Multicomp	Farnell	0.12 <sup>10</sup>
Q1	BD139	TO126AV	1	Multicomp	Farnell	0.38
RELE1	JW1FSN-DC5V		1	Panasonic	Farnell	2.35

**Vežje 4. del**

ref. oznaka	naziv oz. vrednost	ohišje	št.	proizvajalec	dobavitelj	€/kos
U\$2	žice in m. letvica 2.54mm		1	Multicomp	Farnell	0.12 <sup>11</sup>
U\$2	žici in vtič VHR-2N <sup>12</sup>		1	JST	Farnell	0.082
U\$28	AD7314	MSOP8	1	AD <sup>13</sup>	Farnell	1.13

**Ostalo**

naziv oz. vrednost	ohišje	št.	proizvajalec	dobavitelj	€/kos
transformator 9V 0.1A in 5V 1A	toroid	1	HITELEKTRONIK	HITELEKTRONIK	13
Glavno stikalo H8550VBAAA		1	AC <sup>14</sup>	Farnell	1.45
Napajalni kabel	EURO plug	1		Elektronabava	1.52
Uvodnik za napajalni kabel				Elektronabava	0.4
Ohišje	18x22x11cm	1	Strapubox	Conrad	8.64

# 10 Časovna in finančna rekapitulacija

## 10.1 Časovna rekapitulacija

Izoblikovanje ideje in zahtev:	2 h	Preverjanje delovanja:	3 h
Risanje sheme oz. vezja:	5 h	Morebitni zadnji popravki:	3 h
Izbira in nabava gradnikov:	10 h	Načrtovanje tiskanega vezja:	20 h
Izdelava 1. verzije na protoboardu:	3 h	Izdelava tiskanega vezja:	2 h
Pisanje programa:	60 h	Sestavljanje končne naprave:	4 h
Popravki 1. verzije:	15 h	Priprava dokumentacije:	15 h

**Skupaj: 142 h**

## 10.2 Finančna rekapitulacija

<b>Elementi:</b>	<b>cena v €</b>
Mikrokontroler LPC2138:	7.713
Senzor za tlak:	7.01
2 dvoštevlična LED prikazovalnika:	2.66
FT232RL integrirano vezje:	4.61
Transformator:	13
Ohišje:	8.64
Ostali elementi (R,C,L,LED,kabli...):	40
<b>Skupaj:</b>	<b>84 €</b>

# 11 Reference

## Tehnične dokumentacije:

- NXP LPC2131/2/4/6/8 User manual
- Freescale Semiconductor MPXM2102 100 kPa On-Chip Temperature Compensated & Calibrated Silicon Pressure Sensors - Datasheet
- Burr-Brown INA155 Single-Supply, Rail-to-Rail Output, CMOS Instrumentation Amplifier - Datasheet
- Analog devices AD7314 Low Voltage, 10-bit Digital Temperature Sensor - Datasheet
- Texas Instruments CD4511B CMOS BCD-to-7-Segment Latch Decoder Drivers - Datasheet
- FTDI - FT232R USB UART IC - Datasheet
- Agilent Technologies 14.2 mm (0.56 inch) General Purpose Two Digit Seven Segment Displays - Technical Data
- Panasonic JW Relays, Compact PC Board Power Relay - Datasheet
- Texas Instruments TLV2361. TLV2362 High-Performance Low-Voltage Operational Amplifiers - Datasheet

## Ostale reference:

- spletna trgovina Farnell - [www.farnell.com](http://www.farnell.com)
- spletna trgovina IC elektronika - [www.ic-elect.si](http://www.ic-elect.si)
- forum elektronikov [elektronik.si](http://elektronik.si) - [www.elektronik.si](http://www.elektronik.si)

## 12 Priložene datoteke

Priložene so datoteke ARM, celna plosca, relejska plosca in temp senzor, vse s končnicami .sch, .brd, .drl, .drd, .dri, .cmp, .sol, .plc, .stc, .sts ter .gpi.

Razlaga posamehnih datotek:

- \*.sch - Eagle schematic
- \*.brd - Eagle tiskano vezje
- \*.drl - Drill rack data
- \*.drd - Excellon drill description
- \*.dri - Excellon drill tool description
- \*.cmp - Component side data
- \*.sol - Solder side data
- \*.plc - Component side silk screen data
- \*.stc - Component side solder stop mask data
- \*.sts - Solder side solder stop mask data
- \*.gpi - Gerber photoplotter information data

Poleg teh, je priložena še pdf datoteka dokumentacije (Dokumentacija.pdf) in Powerpoint predstavitev (Predstavitev.ppt).