



Středoškolská technika 2019

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Model vysoušecí jednotky

Daniel Havránek

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola Brno, Sokolská,
příspěvková organizace

Sokolská 1, 602 00 Brno

Poděkování

Děkuji svému školiteli Ing. Jaroslavu Nesvadbovi, CSc. za obětavou pomoc a podmětné připomínky, které mi během práce poskytnul. Také bych chtěl poděkovat pobočce Robotárna Domu dětí a mládeže, Helceletova, příspěvkové organizaci a Střední průmyslově škole a Vyšší odborné škole Brno, Sokolská, příspěvková organizace za to, že nám umožnili vypracovat tuto práci v jejich prostorách a s využitím jejich vybavení. Na závěr bych chtěl poděkovat Martinu Kousalovi a Jindřichu Liberovi za pomoc při práci na tomto projektu.

Anotace

Cílem práce je navrhnout a vyrobit model vysoušecí jednotky vzduchu fungující na principu kondenzace vzdušné vlhkosti.

Klíčová slova

Model vysoušecí jednotky, kondenzace vzdušné vlhkosti, Arduino

Annotation

The purpose of this work is to create a dehumidifier which is based on condensation of airy humidity.

Key words

Dehumidifier, condensation, Arduino

Obsah

Úvod.....	5
1 Fyzikální princip	6
1.1 Vzdušná vlhkost.....	6
1.1.1 Absolutní vzdušná vlhkost.....	6
1.1.2 Relativní vzdušná vlhkost.....	6
1.2 Kondenzace.....	6
1.2.1 Skupenská přeměna	7
1.2.2 Rosný bod.....	7
2 Vlastnosti zařízení	8
2.1 Blokové schéma zařízení	8
3 Elektronická část.....	10
3.1 Návrh	10
3.2 Řídící jednotka	10
3.3 Vstupně výstupní zařízení	11
3.4 Výkonové součásti.....	11
3.4.1 PWM signál.....	13
3.4.2 Peltierův jev a princip funkce Peltierova článku.....	13
3.5 Napájení	14
3.6 Návrh plošného spoje	14
4 Program.....	16
4.1 Složení programu	17
4.1.1 Úvodní poznámka.....	17
4.1.2 Začátek programu.....	17
4.1.3 Nastavení po spuštění	19
4.1.4 Vlastní program.....	20
5 Mechnická část	22
6 Výroba zařízení	23
6.1 Výroba elektronické části a programování.....	23
6.2 Výroba mechanické části.....	25
7 Pokračování v projektu	26
8 Seznam použitých součástek	27
Závěr.....	28
Seznam použité literatury	30

Úvod

Obsahem práce bylo vytvořit model vysoušecí jednotky se zaměřením na elektroniku modelu. Vytvořená vysoušecí jednotka byla vytvořena za účelem vysoušení malých prostorů a je pouze funkčním modelem. Hlavní motivací k sestrojení vysoušeče vzduchu byla vlhkost vysrážená během noci ve stanu a komplikované vysušování stanu za deštivých dnů.

K vysušování dochází na základě srážení vzdušné vlhkosti na podchlazeném chladiči. K podchlazování chladiče se používá Peltierův článek, který funguje jakožto tepelné čerpadlo. Proto je nutností odvádět přebytečné teplo. K odvádění přebytečného tepla je použit další chladič a ventilátor, který přivádí studený vzduch na chladič a snižuje jeho teplotu.

1 Fyzikální princip

Zařízení funguje na principu kondenzace vzdušné vlhkosti. Způsobí vysrážení kapiček vody na jedné z jeho částí a tím dojde ke snížení vzdušné vlhkosti.

1.1 Vzdušná vlhkost

Jedná se o jednu ze základních vlastností vzduchu. Vzdušná vlhkost udává množství vodní páry obsažené ve vzduchu. Vzdušná vlhkost je časově a prostorově velice proměnlivá a liší se v různých místech a časech. Vodní páry se do vzduchu dostávají vypařováním vody. Vypařování vody závisí na teplotě a tlaku. Vzdušná vlhkost se dělí na absolutní a relativní vzdušnou vlhkost.

1.1.1 Absolutní vzdušná vlhkost

Absolutní vzdušná vlhkost vyjadřuje hmotnost vodní páry obsažené v určitém objemu vzduchu.

1.1.2 Relativní vzdušná vlhkost

Relativní neboli poměrná vlhkost vzduchu udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par obsažených ve vzduchu a množstvím vodních par obsažených ve vzduchu při stejném tlaku a při plném nasycení.

1.2 Kondenzace

Kondenzace neboli kapalnění je skupenská přeměna, při níž dochází k přeměně plynu na kapalinu. Můžeme říct, že se jedná o opačný jev vypařování. Ke zkapalňování vzdušné vlhkosti dochází snížením její teploty nebo zvýšením tlaku (tedy přiblížením částic plynu blíže k sobě).

Kondenzace je srážení drobných kapiček vody na předmětech, jejichž povrchová teplota je momentálně nejnižší. Tento jev můžeme dobře pozorovat například v restauračním zařízení, při orosení sklenice piva nebo zamlžování brýlí při vstupu do vyhřáté místnosti z chladného venkovního prostředí. Jakmile se teplý vzduch přiblíží k chladnějším předmětům, ochladí se a nadbytečná vlhkost se vysráží.

Molekula vody je složena z jednoho atomu kyslíku a dvou atomů vodíku. Molekuly vody se volně pohybují ve vzduchu a občas dochází k jejich srážkám. Když se dvě molekuly vody srazí, opět se odrazí. Pokud ovšem začne klesat teplota, molekuly vody mají méně energie a začnou se pohybovat pomaleji. Když klesne teplota na teplotu rosného bodu, pohybují se molekuly natolik pomalu, že se spolu navážou. Dochází ke spojování molekul v krátké řady, což následuje přeměněním vzdušné vlhkosti v kapalinu. Pokud dojde k navázání dostatečného množství molekul vody, dochází ke vzniku kapky.

1.2.1 Skupenská přeměna

Jedná se o přeměnu stavu neboli skupenství látky. Rozlišujeme tři skupenství, a to pevné, kapalné, plynné a plazma. V našem případě dochází k přeměně plynu na kapalinu.

Změna skupenství nastává při změně tlaku, objemu anebo teploty. V našem případě se mění teplota.

1.2.2 Rosný bod

Jedná se o teploty, při níž je vzduch maximálně nasycen vodními parami a jeho relativní vlhkost je sto procent. Pokud dojde k poklesu teploty pod tento bod, nastane kondenzace vzdušné vlhkosti. Čím více se nachází vodní páry ve vzduchu, tím vyšší je teplota rosného bodu.

2 Vlastnosti zařízení

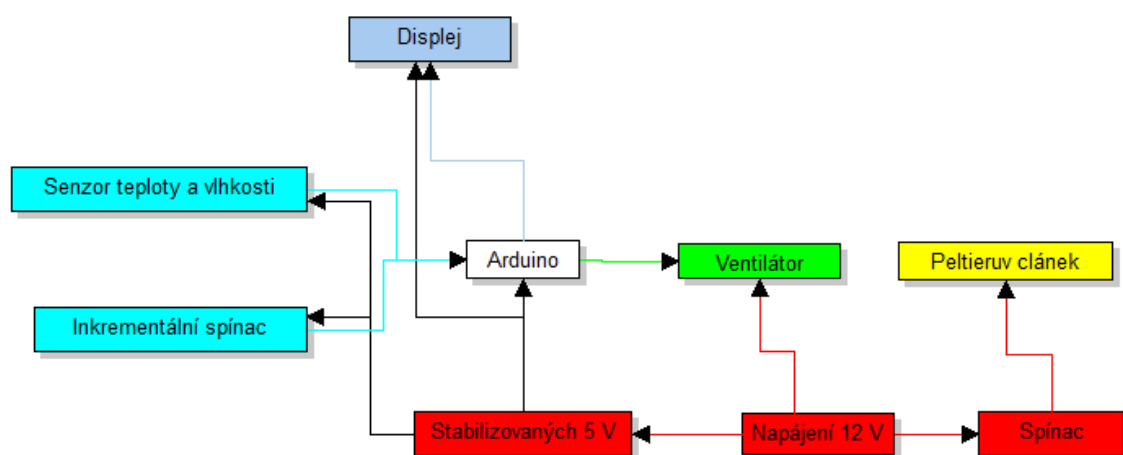
Zařízení se skládá ze tří hlavních částí, elektronické části, mechanické části a řídicího programu. Celé zařízení je řízeno elektronickou platformou Arduino Nano. Vstupní informace jsou zadávány pomocí inkrementálního spínače. Výstupní informace jsou vypisovány na LCD displej s rozlišením 84x84 pixelů. Platforma Arduino Nano je programovaná v programovacím jazyce C++. Mechanická část zařízení slouží pouze k chlazení, přidržování jednotlivých součástí k sobě a zabránění kontaktu mezi teplým vzduchem z chladiče na podchlazený chladič, na němž se sráží vzdušná vlhkost.

Celé zařízení pro svou funkčnost vyžaduje stejnosměrné napájecí napětí o hodnotě 12 V. Výkon Peltierova článku, který funguje jakožto chladičí součást je 33 W. Celé zařízení je poměrně lehké a malé.

Shrnutí základních parametrů zařízení:

- Napájecí napětí – 12 V stejnosměrné
- Výkon chladičí součásti – 33 W
- Hrubá hmotnost zařízení – 650 g
- Hrubé rozměry zařízení – 205x95x90 mm

2.1 Blokové schéma zařízení



Obr. 1 - Blokové schéma

Na obrázku *Obr. 1 – Blokové schéma* můžeme vidět blokové schéma s řídicí jednotkou Arduino, označenou bíle. Jedná se o řídicí jednotku. Červeně označené je napájení na 12 V nebo na 5 V. Toto napájení vede do všech částí zařízení. Červené šipky s popisem „12 V“ označují dvanáctivoltové napájení. Černé šipky označují pětivoltové napájení. Světle modrou barvou jsou označená vstupní zařízení a vstupní signály. Tyto vstupní signály vstupují do řídicí jednotky. Modrošedá barva označuje výstupní zařízení sloužící pro informování uživatele a výstupní signály z řídicí jednotky pro toto zařízení. Zeleně je označeno výstupní výkonové zařízení. Není přímo spínáno řídicí jednotkou. Žlutá barva označuje výstupní výkonové zařízení, které není řízeno řídicí jednotkou, ale spínačem, který spíná a rozepíná napájení pro tuto součást.

3 Elektronická část

3.1 Návrh

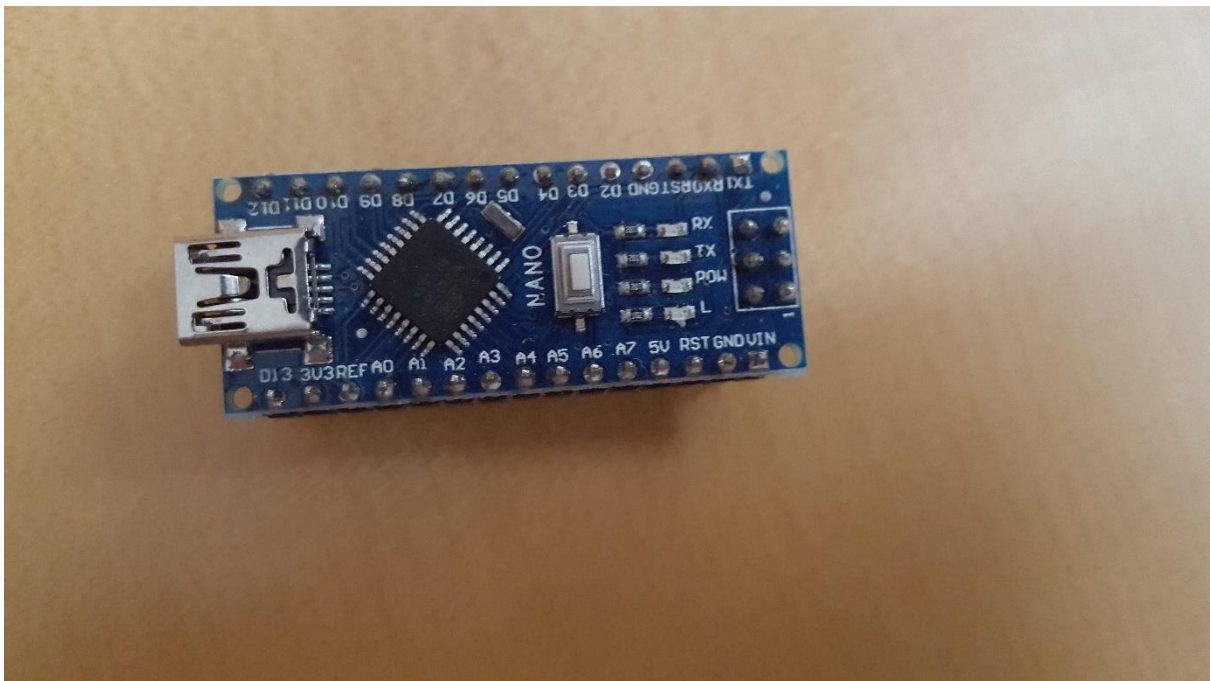
Zařízení bylo navrženo a nakresleno v programu EAGLE od společnosti Autodesk, a to jak schémata modelu vysoušecí jednotky, tak návrh desky plošného spoje. Jedná se o software umožňující stažení studentské verze zdarma po zaregistrování se a vyplnění některých osobních údajů. EAGLE umožňuje jak kreslení schémat, tak i návrh plošných spojů.

Zařízení se skládá ze čtyř částí. Jedná se o řídicí jednotku, vstupně výstupní zařízení, výkonové součásti a napájení.

3.2 Řídicí jednotka

Řídicí jednotkou celého zařízení je elektronická platforma Arduino Nano. Jedná se o malou, sedmi gramovou desku plošného spoje s rozměry 18x45 mm a AVR architekturou obsahující mikrokontrolér Atmega328P, flash paměť 32 KB, SRAM 2KB, EEPROM 1KB. Operační napětí je 5 V. Arduino Nano pracuje s osmi analogovými piny a s dvaceti dvěma digitálními piny, z nichž šest je schopno generovat PWM signál. Maximální proud na jeden pin je 40 mA.

Arduino Nano obsahuje port USB Mikro, který umožňuje komunikaci s počítačem a může sloužit jako napájecí vstup.



Obr. 2 - Arduino Nano

Na obrázku *Obr. 2 – Arduino Nano* můžeme vidět fotku řídicí jednotky práce Arduino Nano.

3.3 Vstupně výstupní zařízení

Zařízení obsahuje dvě vstupní zařízení a jedno výstupní. Vstupní zařízení jsou inkrementální spínač a senzor, na měření teploty a vlhkosti DHT11. Výstupní zařízení je LCD display Nokia 5110 s rozlišením 84x84 pixelů.

3.4 Výkonové součásti

Výkonová součást zařízení je Peltierův článek.

Peltierův článek je elektronické zařízení fungující na základě Peltierova jevu. Vypadá, jako malá keramická destička, do níž jsou přivedeny dva dráty a obvod je potažen silikonem. Při průchodu elektrického proudu Peltierovým článkem dochází k ochlazení jedné strany součásti a ohřívání druhé. Peltierův článek pracuje jako tepelné čerpadlo. Při průchodu proudu dochází k odebírání tepla z jedné jeho strany a vydávání na druhé. Nevýhodou Peltierova článku je vysoká energetická náročnost a nízká účinnost.

Peltierův článek může fungovat i opačně. Při zahřívání jedné a ochlazení druhé jeho strany vzniká na článku nízké napětí.

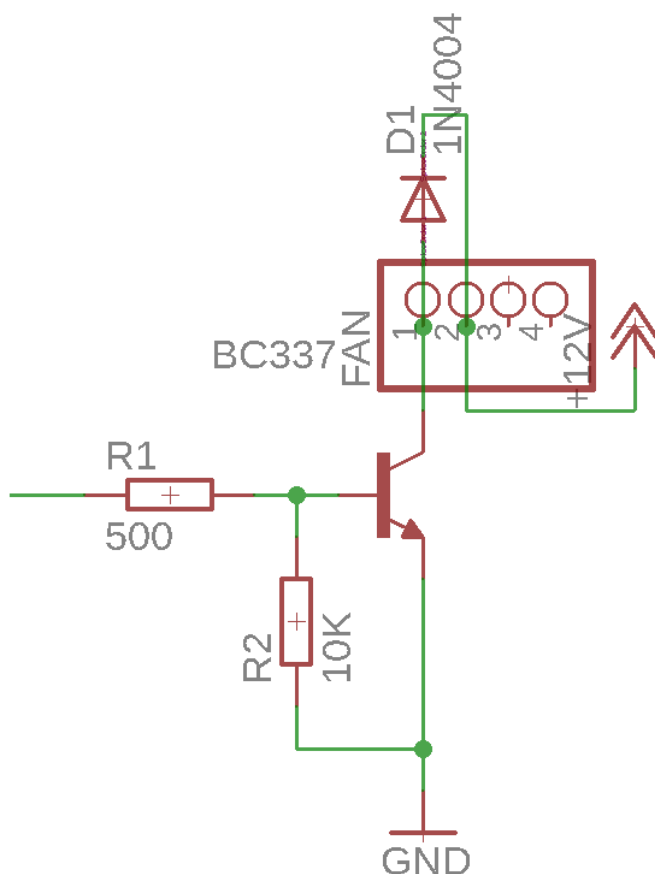
V modelu vysoušecí jednotky je použit Peltierův článek TEC1-127030S o výkonu 30 W a rozměrech 40x40 mm. Maximální možný proud pro tento článek je 14,5 V. Napájecí napětí ve vysoušecí jednotce je 12 V a maximální proud protékající článkem je až 5 A, ale obvykle se drží na 4 A.



Obr. 3 - Peltierův článek

Na obrázku *Obr. 3 – Peltierův článek* můžeme vidět obrázek Peltierova článku konkrétně použitého v práci.

Čím více je z ohříváné strany odebíráno teplo, tím více se druhá strana ochlazuje. Z toho důvodu je teplá strana přidělána na chladič a ventilátor. Chladič pasivně ubírá teplo Peltierovu článku a ventilátor ochlazuje chladič, což umožňuje vyšší chladicí výkon Peltierova článku. Peltierův článek se spíná mechanickým přepínačem. Regulace jeho výkonu probíhá regulací ventilátoru, nebo-li změnou otáček. S roustoucími otáčkami ventilátoru se zvyšuje chladicí výkon Peltierova článku.



Obr. 4 - Schéma zapojení regulace ventilátoru

Na obrázku *Obr. 4 – Schéma zapojení regulace ventilátoru* je možné vidět červeně označené grafické značky používané v elektrotechnice dle databáze IEC 60647DB. Zeleně označené jsou vodivé dráhy. Šedé označení mají názvy součástek a jejich hodnoty. Součástí zapojení je i ochranná dioda zapojená v závěrném směru. V případě ventilátoru se jedná o indukční zátěž, proto je přidána dioda pro ochranu.

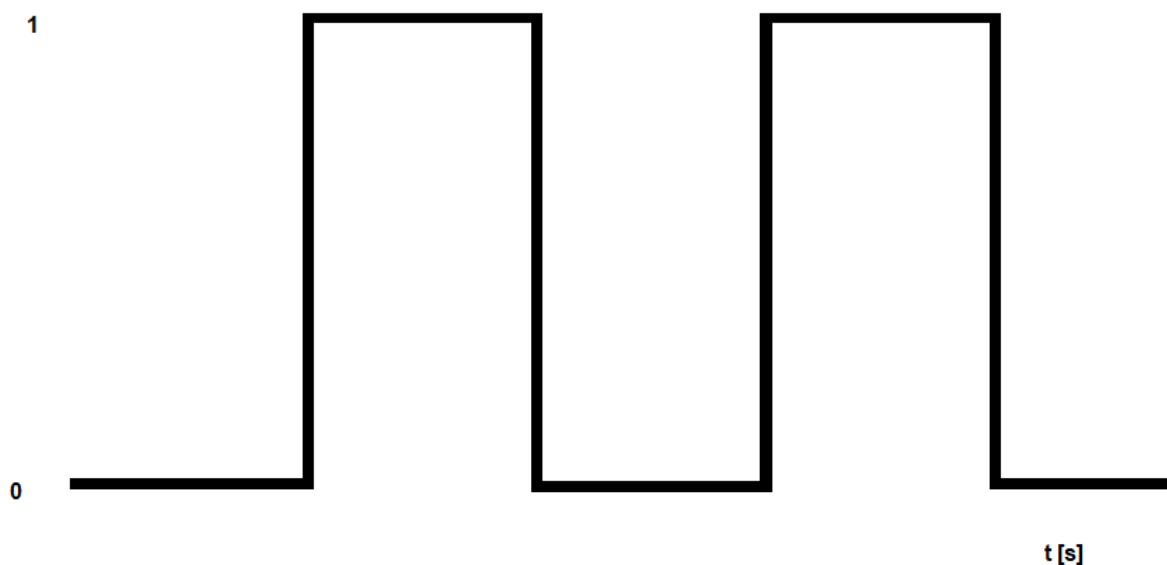
Na části schématu můžeme vidět regulaci ventilátoru. Ventilátor je trvale připojen na +12 V a k regulaci dochází rychlým spínáním a rozepínáním země pomocí bipolárního NPN tranzistoru BC337. Na bázi tranzistoru je přiveden PWM signál z Arduina přes rezistor o hodnotě 500 Ω z důvodu ochrany Arduina a pulldown

rezistor zajišťující jasnou definici logické jedničky a nuly. Kolektor tranzistoru je připojen přímo na ventilátor a emitor na zem.

Napájecí napětí pro Peltierův článek v modelu vysoušecí jednotky je 12 V místo možných 14,5 V z důvodu napájecího napětí pro ventilátor. Maximální napájecí napětí pro ventilátor je pouze 12 V a byla by nutnost přidat stabilizátor z 14,5 V na 12 V. Jako vstupní napětí je použito pouze 12 V, protože by navýšení napětí na Peltierovu článek o 2,5 V zásadně nezvýšilo chladicí výkon a zvýšilo by náročnost zařízení a jeho cenu.

3.4.1 PWM signál

PWM signál je obdélníkový dvou hodnotový signál. Jedná se v podstatě o střídavé nastavování signálu do nulové a jedničkové hodnoty s určitou frekvencí. V našem případě se jedná o velice rychlé vypínání a zapínání ventilátoru. Frekvence PWM signálu a poměr mezi stavem „vypnuto“ a „zapnuto“ je nastavitelný pomocí inkrementálního spínače. Příklad PWM signálu můžeme vidět na obrázku *Obr. 5 – PWM signál* ukázaného níže.



Obr. 5 - PWM signál

3.4.2 Peltierův jev a princip funkce Peltierova článku

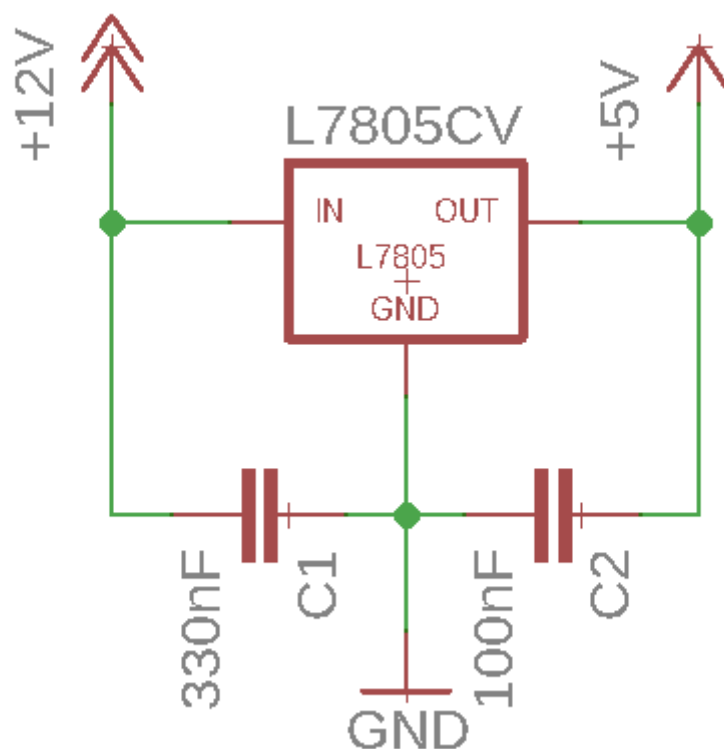
Jedná se o jev opačný k Seebeckovu jevu. Napětí na kontaktu dvou různých kovů se zvyšuje s rostoucí teplotou.

Peltierův článek se skládá z polovodičů typu N a P. Po přivedení napětí se začne zvyšovat rozdíl teplot jednotlivých polovodičů. Většinou se jako tyto polovodiče používá bismut a tellur.

3.5 Napájení

Zařízení je napájeno 12 V stejnosměrného napětí. Těchto 12 V slouží pro napájení Peltierova článku a ventilátoru. Pro řídicí část se používá napájení 5 V. Proto je součástí obvodu stabilizátor L7805CV.

Napájení je přivedeno dvěma vodiči do svorkovnice na desce plošného spoje zařízení. Zařízení neobsahuje jiný stabilizátor na 12 V a nebo adaptér pro síťové napájení.

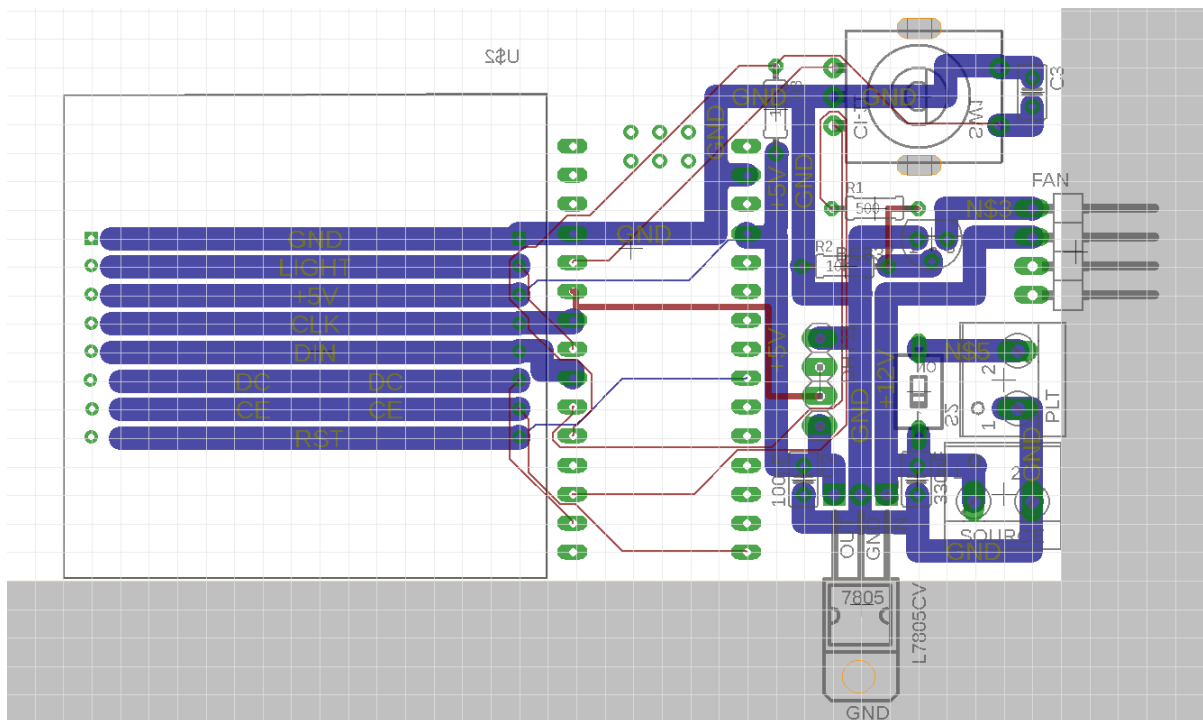


Obr. 6 - Schéma zapojení stabilizátoru napětí

Na části schématu *Obr. 6 – Schéma zapojení stabilizátoru napětí* můžeme vidět zapojení stabilizátoru L7805CV. Stabilizátor je zapojen podle datasheetu a jsou k němu připojeny dva kondenzátory označené C1 a C2. Tyto kondenzátory jsou nutné pro správnou funkci stabilizátoru. V obvodu vysoušecí jednotky jsou použity keramické stabilizátory z důvodu jejich vyšší odolnosti.

3.6 Návrh plošného spoje

Plošný spoj je vyroben ručně na prototypové desce. Jedná se o plastovou desku, v níž jsou díry skrz pro uchycení součástek. Na její spodní straně jsou díry ohraničeny měděnými destičkami, k nimž je možno připájet součástku. Před samotnou výrobou byl zhotoven orientační návrh desky. Návrh desky můžeme vidět na obrázku *Obr. 7 – Návrh desky plošného spoje*.



Obr. 7 - Návrh desky plošného spoje

Tento návrh je pouze orientační a ve finální verzi působil pouze jako předloha. Tlustě vyznačené modré dráhy na obrázku *Obr. 7 – Návrh desky plošného spoje* jsou dráhy vedené přímo na desce. Modré tenké a červené dráhy jsou drátové propojky.

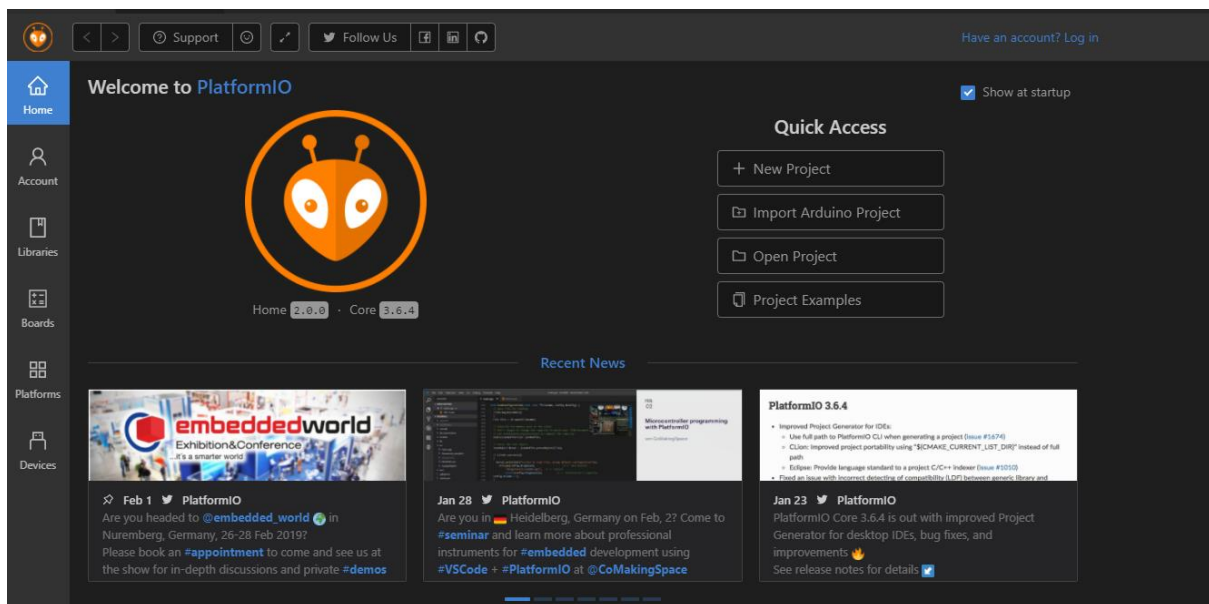
Nakonec byla celá deska zhotovena s pomocí drátových propojek a na desce nebyly taženy žádné dráhy z důvodu rychlejší výroby, menší chybovosti, nižší spotřeby materiálu a snazší opravy.

4 Program

Zařízení bylo programováno v jazyce C++ v programovací prostředí Visual Studio Code.

Visual Studio Code je programovací prostředí umožňující programování v různých jazycích. Na rozdíl od jiných programovacích prostředí obsahuje barevné označení různých částí programu podle jejich funkce. Také při programování napovídá, což znamená, že při psaní příkazu automaticky nabízí několik nejpoužívanějších příkazů, ze kterých je možné si vybrat a příkaz se nemusí psát celý. Také Visual Studio Code píše samo některé znaky nutné pro správnou funkci programu, obsahuje kontrolu správnosti zápisu s ukazatelem chyb a funkci pro automatické uspořádání kódu pro jeho co možná nejlepší přehlednost. Jeho nevýhodou může být větší složitost, než u programovacího prostředí Arduino IDE zhotoveného speciálně pro programování Arduina. Arduino IDE je podstatně jednodušší prostředí, ale neobsahuje takové množství užitečných funkcí. Součástí Arduino IDE jsou pouze funkce na kontrolu správnosti kódu a možnost automatického uspořádání kódu. Barevné značení funkcí je také značně omezené. Proto jsem se při programování rozhodl pro programovací prostředí Visual Studio Code.

Pro možnost programování mikrokontrolerů jako je ATmega328P je nutné nainstalovat rozšíření PlatformIO pro programovací prostředí Visual Studio Code.



Obr. 8 - Doplněk PlatformIO

Toto rozšíření, které můžeme vidět na obrázku Obr. 8 – Doplněk PlatformIO umožňuje pracovat s různými elektronickými platformami jako je Arduino nebo ESP.

4.1 Složení programu

4.1.1 Úvodní poznámka

První částí programu je poznámka, která program vůbec neovlivňuje. Tato poznámka slouží k informování, který pin Arduina je připojen ke kterému zařízení. Díky tomu se dá jednoduše zjistit, které piny jsou nepřipojené k ničemu a můžou se použít pro jiné zařízení, nebo možnost zjednodušení celkové konstrukce prohozením nebo změnou některých pinů.

```
1  /*
2
3  LCD display Nokia 5110
4
5  5110-LCD   Arduino
6  RST       A3
7  CE        D13
8  DC        D11
9  DIN       D6
10 CLK       D4
11 VCC       5V
12 LIGHT     D5
13 GND       GND
14
15
16 DHT11
17
18 DHT11     Arduino
19 PIN1      5V
20 PIN2      D3
21 PIN3      -
22 PIN4      GND
23
24
25 Encoder
26
27 Encoder   Arduino
28 Pin1      D7
29 Pin2      GND
30 Pin3      D2
31
32 */
```

Obr. 9 - Poznámka na úvodu programu

Poznámka, kterou můžeme vidět na obrázku *Obr. 9 – Poznámka na úvodu programu* je rozdělena do tří částí, a to část pro displej, senzor teploty a vlhkosti a pro inkrementální spínač. Díky tomu můžeme hned na začátku programu jednoduše zjistit, že například LIGHT pin u LCD displeje Nokia 5110 je připojen k digitálnímu pinu arduina D4.

4.1.2 Začátek programu

Začátek programu obsahuje příkazy, které platí pro celý program a musí být uvedeny před samotným nastavením zařízení po spuštění.

```

34 #include <Arduino.h>
35 #include <DHT.h>
36 #include <Adafruit_GFX.h>
37 #include <Adafruit_PCD8544.h>
38 #include <rotary.h>
39 // #include "Wire.h"
40 // #include <SPI.h>
41
42 Adafruit_PCD8544 display = Adafruit_PCD8544(4, 6, 11, 13, 17);
43
44 #define LCD_BACKLIGHT 9
45
46 DHT TM (3, DHT11);
47 DHT HM (3, DHT11);
48
49 Rotary r = Rotary(2, 7);
50 volatile int PWMSet = 0;
51 volatile char result;
52 volatile bool signal = false;
53 int But;
54
55 ISR(PCINT2_vect) {
56     if(signal) return;
57     result = r.process();
58     if(result) {
59         if(result == DIR_CCW) PWMSet = PWMSet + 51;
60         if(result == DIR_CW) PWMSet = PWMSet - 51;
61         signal = true;
62     }
63 }

```

Obr. 10 - První část programu

Na začátku programu ukázaného na obrázku *Obr. 10 – První část programu*, je možné vidět nahrání knihoven do programu. Tyto knihovny obsahují speciální příkazy, které značně zjednodušují programování a zkracují kód. Nahrání knihoven probíhá příkazem „*#include*“ a název knihovny se píše do špičatých závorek. Do programu se nahrává pět knihoven. První knihovna (<Arduino.h>) obsahuje příkazy vytvořené speciálně pro Arduino (tato knihovna je automaticky součástí programu v programovacím prostředí Arduino IDE). Další knihovny jsou pro práci se senzorem DHT11 (knihovna <DHT.h>), LCD displejem Nokia 5510 (<Adafruit_GFX.h> a <Adafruit_PCD8544.h>) a inkrementálním spínačem (<rotary.h>).

Další dva příkazy slouží k nastavení displeje.

Čtvrtá část slouží pro nastavení senzoru DHT11, kde se definují dvě proměnné, a to „*TM*“ a „*HM*“, do kterých se ukládají informace ze senzoru. Dále se v závorce nastaví, že senzor je připojen na digitální pin Arduina D3, a že se konkrétně jedná o senzor DHT11.

Poslední dvě části slouží k nastavení inkrementálního spínače. V první z těchto částí se nastaví ukládání hodnot z tohoto spínače do proměnné „*PWMSet*“. V druhé části se udává, že každé pootočení spínačem změní proměnnou *PWMSet* o hodnotu 51 v závislosti na směru otáčení.

Nastavení rychlosti otáčení ventilátoru probíhá pomocí PWM signálu. Z uživatelského hlediska se nastavuje procentuální frekvence PWM signálu po deseti procentech z důvodu příjemnějšího ovládání. Arduino nastavuje hodnotu PWM signálu v rozmezí

0 až 255 bodů. Kvůli tomu je proměnná PWMSet, do které se ukládá hodnota z inkrementálního spínače, a která nastavuje hodnotu PWM signálu v rozsahu 0 až 510 bodu zvyšujících se o 51 bodů na otáčku. Tato hodnota je při nastavování otáček ventilátoru vydělena dvěma, čímž se převede na rozsah 0 až 255 bodů. Zároveň umožňuje jednoduché rozdělení na procenta a výpis na displej, kde každých 51 bodů proměnné PWMSet je po vydělení dvěma deset procent rozsahu PWM signálu pro ventilátor.

4.1.3 Nastavení po spuštění

V této části programu dochází k nastavování hodnot po každém spuštění platformy Arduino a tato část programu je rozdělen do šesti částí, které lze vidět na obrázku. *Obr. 11 – Nastavení hodnot po spuštění.*

```
65 void setup() {
66     Serial.begin(9600);
67     Serial.print("Start");
68     Serial.println();
69
70     pinMode(2, INPUT_PULLUP);
71     pinMode(7, INPUT_PULLUP);
72     pinMode(9, OUTPUT);
73     pinMode(10, OUTPUT);
74
75     TM.begin();
76     HM.begin();
77
78     PCMSK2 |= bit(PCINT18);
79     PCMSK2 |= bit(PCINT23);
80     PCIFR |= bit(PCIF2);
81     PCICR |= bit(PCIE2);
82
83     pinMode(LCD_BACKLIGHT, OUTPUT);
84     analogWrite(LCD_BACKLIGHT, 0);
85     display.setRotation(0);
86     display.begin();
87     display.setContrast(40);
88     display.clearDisplay();
89
90     display.setTextColor(BLACK);
91     display.setCursor(0, 0);
92     display.setTextSize(1);
93     display.setCursor(7, 16);
94     display.print(F("DEHUMIDIFIER"));
95     display.display();
96     delay(1000);
97     display.clearDisplay();
98     display.display();
99 }
```

Obr. 11 - Nastavení hodnot po spuštění

V první části se nastavuje komunikace mikrokontroleru se sériovou linkou. Nastaví se množství bitů za sekundu pro sériový přenos dat na 9600 bitů za sekundu. Na začátku se na sériové lince vypíše „Start“. Na celkovou funkci zařízení to nemá vliv a slouží pouze pro vypisování pomocných hodnot pro programátora, když je zařízení připojené k počítači.

V druhé části se nastavují jednotlivé piny Arduino jako vstupní (pin D2 a D7 s aktivací vnitřního pullup rezistoru s hodnotou 10 kΩ) nebo výstupní (pin D9 a D10).

Třetí část aktivuje měření teploty a vlhkosti pomocí senzoru DHT11.

Čtvrtá část slouží k podrobnějšímu nastavení pinů.

Pátá a šestá část slouží k nastavení displeje. V páté části dojde k nastavení podsvícení (v našem případě je vypnuté), kontrastu, natočení displeje a zahájení komunikace s displejem a jeho vyčištění (smazání všech znaků, které by se na něm mohly objevit). Poslední část na displej vypíše „DEHUMIDIFIER¹⁾“, jednu sekundu se nic neděje, poté se displej znovu vyčistí a začne vlastní program.

4.1.4 Vlastní program

Tato část programu zobrazená na obrázku *Obr. 12 – Vlastní program* pracuje ve smyčce a končí pouze vypnutím zařízení.

```
101 void loop() {
102     //float temp = TM.readTemperature();
103     //float hum = HM.readHumidity();
104     int tempP = TM.readTemperature();
105     int humP = HM.readHumidity();
106
107     if(PWMSet < 0) PWMSet = 510;
108     if(PWMSet > 510) PWMSet = 0;
109
110     if(signal) {
111         Serial.println(PWMSet);
112         signal = false;
113     }
114
115     display.clearDisplay();
116     display.setCursor(0, 0);
117     display.print(F("T:"));
118     display.print(tempP);
119     display.print(F("C"));
120     display.setCursor(53, 0);
121     display.print(F("H:"));
122     display.print(humP);
123     display.print(F("%"));
124     display.setCursor(12, 10);
125     display.print(F("PWM:"));
126     display.print(10*PWMSet/51);
127     display.print(F("%"));
128     display.display();
129
130     Serial.println("PWM: ");
131     Serial.print(PWMSet);
132
133     //digitalWrite(10, LOW);
134     analogWrite(9, PWMSet/2);
135     analogWrite(10, PWMSet/2);
136 }
```

Obr. 12 - Vlastní program

V první části programu se vytvoří dvě proměnné pro ukládání hodnot ze senzoru DHT11. Tyto proměnné slouží k výpisu na displej a informování uživatele o reálné hodnotě teploty a vlhkosti vzduchu v okolí zařízení.

¹⁾ V programu, jakožto i v schématech zapojení a návrhu plošného spoje, se zařízení nazývá „Dehumidifier“, místo „Model vysoušecí jednotky“.

Druhá část je nastavení hodnoty proměnné PWMSet, respektive udává, že když dojde ke zvyšování nebo snižování její hodnoty i za maximální rozsah, tak se tato proměnná vynuluje a může být zvyšována nebo snižována znovu.

Třetí část je podmínka zajišťující správné fungování inkrementálního spínače.

Čtvrtá část programu zajišťuje vypisování požadovaných hodnot na displej. Na první řádek se vypíše absolutní teplota ve stupních Celsia a relativní vlhkost vzduchu v procentech v okolí senzoru s přesností na celá čísla. Na druhý řádek se vypíše procentuální hodnota PWM signálu pro ventilátor v desítkách procent. Tato hodnota vznikne vydělením proměnné PWMSet hodnotou 51 a vynásobením vzniklého čísla deseti.

V páté části dochází k vypsání hodnoty PWMSet na sériovou linku, což slouží pouze pro informování programátora a uživateli se vůbec nezobrazí.

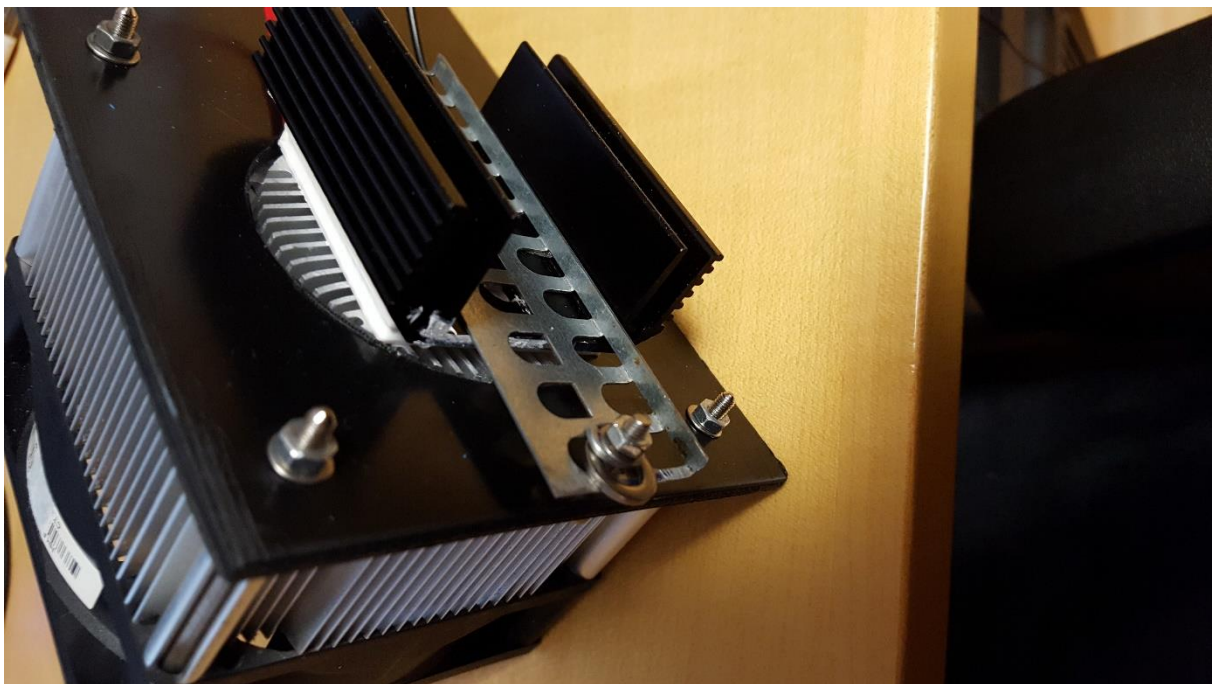
V poslední části programu dochází k zapnutí PWM signálu na pinu D9 a D10. Hodnota PWM signálu se získá vydělením proměnné PWMSet dvěma.

5 Mechnická část

Součástí modelu vysoušecí jednotky je i mechanická konstrukce. Tato konstrukce slouží pouze k upevnění jednotlivých částí k sobě a zajišťuje odvod tepla.

Základ konstrukce tvoří deska o tloušťce 3 mm a rozměrech 205x95 mm vyrobená z plastu, pravděpodobně ABS. K desce je přichycen hliníkový chladič, který je pevně spojený s ventilátorem. Přichyceny jsou pomocí šroubového spoje. Šrouby jsou součástí jak ventilátoru, tak chladiče a proti oddělení jsou jištěny vějířovou podložkou s vnitřním ozubením. Účelem chladiče a ventilátoru je odvádět co možná nejvíce tepla z jedné strany Peltierova článku.

Na spodní straně chladiče je Peltierův článek. Na něj je přichycen druhý, menší chladič, ze kterého Peltierův článek odebírá teplo. Článek s druhým chladičem jsou k plastové desce přichyceny děrovaným plechovým pásem přišroubovaným dvěma šrouby na plastovou desku. Kvůli velkému průměru děr v pásu a malému průměru šroubu a matice, jsou použity tři podložky pod každou matici. Uchycení Peltierova článku a chladičů dohromady je možné vidět na obrázku *Obr. 13 – Mechnická část*.



Obr. 13 - Mechnická část

6 Výroba zařízení

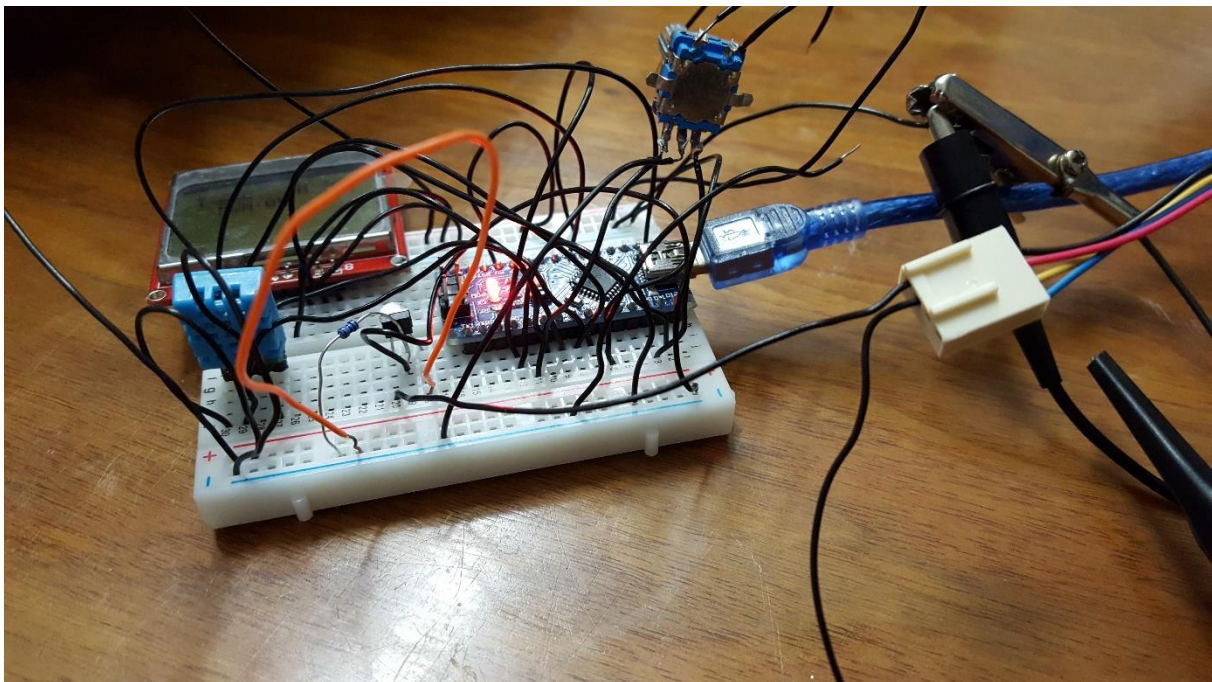
Výroba modelu vysoušecí jednotky začala výrobou elektronického obvodu, který byl průběžně programován a obohacován o další součásti.

6.1 Výroba elektronické části a programování

Prototyp řídicí části vysoušecí jednotky byl postaven na nepájivém poli. Zprvu obsahovalo pouze Arduino Nano, displej a senzor teploty a vlhkosti. V této fázi došlo k naprogramování vypisování údajů ze senzoru na displej.

Jako další se přidal inkrementální spínač. Po připojení se naprogramovalo čtení údajů ze spínače a jejich vypisování na displej.

Poté se sestavilo spínání ventilátoru. Do obvodu se přidal tranzistor spínaný Arduinem a k němu se připojili dva rezistory. Jeden rezistor sloužil pro ochranu Arduina, druhý jako pulldown.

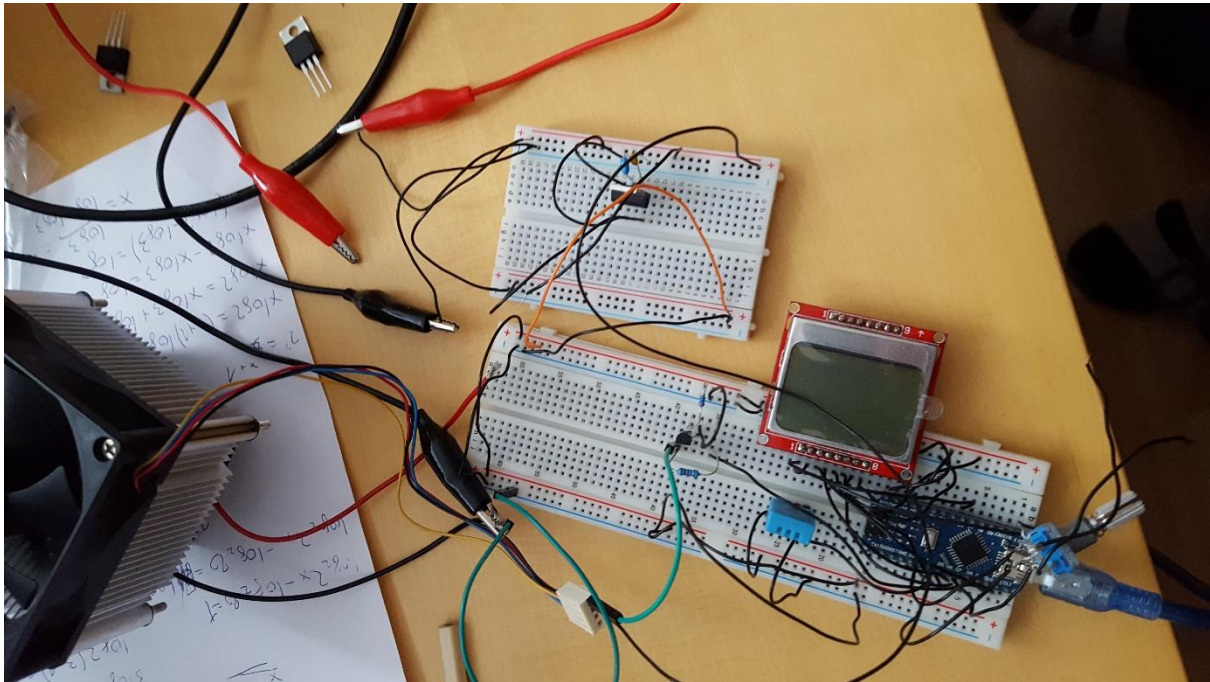


Obr. 14 – Zapojení ventilátoru

Na obrázku *Obr. 14 – Zapojení ventilátoru* můžeme vidět zapojení ventilátoru spínaného pomocí tranzistoru. Zapojení na obrázku neobsahuje ochranný rezistor. Ventilátor není na obrázku vidět, pouze jeho konektor v pravé části.

V další části se připojil stabilizátor na 5 V a dále nebylo třeba při testování využívat dva zdroje – jeden na 12 V pro ventilátor a druhý na 5 V pro Arduino a příslušenství.

Původně byl v práci použit stabilizátor 78L05, ale z neznámého důvodu nebyl funkční. Nakonec byl nahrazen stabilizátorem L7805CV.



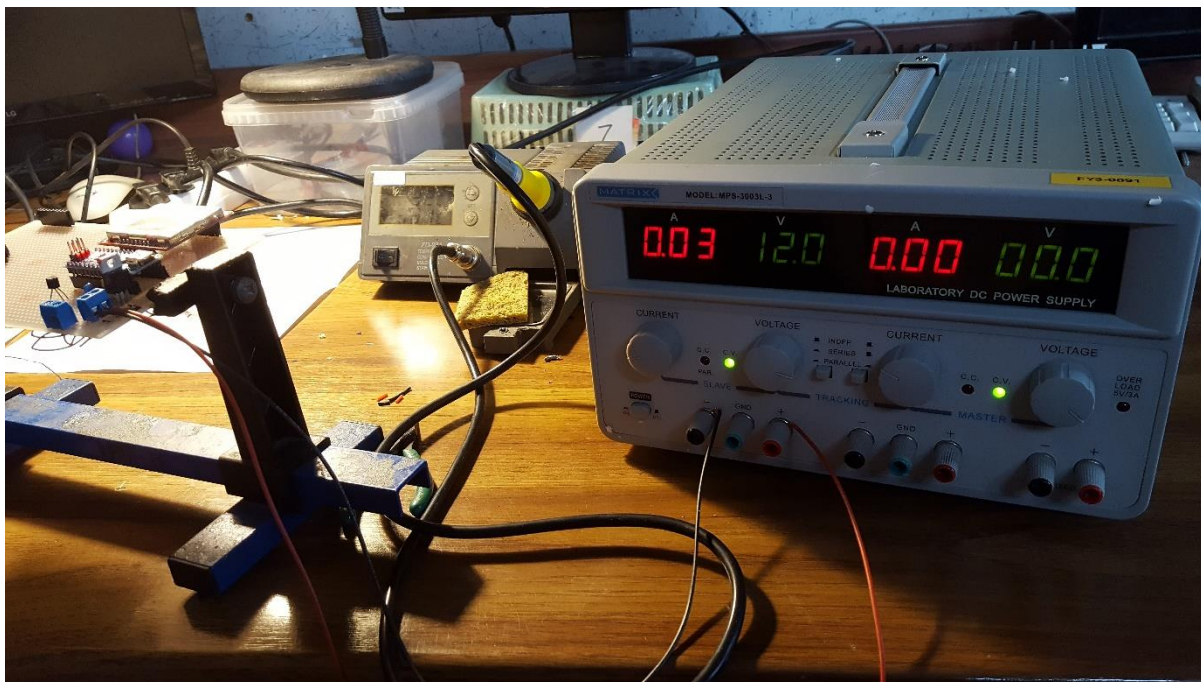
Obr. 15 - Zapojení se stabilizátorem

Na obrázku *Obr. 15 – Zapojení se stabilizátorem* můžeme vidět stabilizátor s dvěma keramickými kondenzátory na horním, menším samostatném nepájivém poli. Zbytek obvodu napájeného z 5 V je na dolním, větším nepájivém poli.

Poslední řešená část bylo spínání Peltierova článku. Původní záměr bylo spínání pomocí unipolárního tranzistoru ovládaného pomocí PWM signálu z Arduina. Takové spínání se ukázalo značně nepraktické a pro regulaci chladícího výkonu Peltierova článku zbytečné. Na regulaci Peltierova článku stačí zvyšovat nebo snižovat odběr tepla. Regulace odběru tepla se snadno docílí změnou otáček ventilátoru, proto není třeba regulovat Peltierův článek samostatně. Proto ke spínání Peltierova článku dochází pouze použitím manuálního přepínače.

Po zhotovení reálné verze prototypového zapojení na nepájivém poli vznikla dokumentace schématu a návrh desky plošného spoje a poté samotná výroba. Při výrobě byla do obvodu přidána ještě ochranná dioda a poté dokreslena do výkresu zapojení.

Výroba desky plošného spoje zabrala okolo tří hodin. Na obrázku *Obr. 16 – Dokončení desky plošného spoje* je zobrazena oživená funkční deska plošného spoje spolu s napájecím zdrojem.



Obr. 16 - Dokončení desky plošného spoje

6.2 Výroba mechanické části

Mechanická část modelu vysoušecí jednotky byla zhotovena, jakožto poslední část. Před samotnou výrobou byl zhotoven návrh v programu Solidworks. Vymodelované díly pro model vysoušecí jednotky měly být vytisknuty na 3D tiskárně z plastu. Z tohoto návrhu se nakonec upustilo z důvodu příliš velkých dílů a časově náročnému tisku a v práci nejsou vůbec použity.

Mechanické části byly zhotoveny zhruba za dvě hodiny z věcí nalezených doma. Prvně se ruční pilou vyřizl vhodný tvar plastové desky a do ní byla vyvrtána díra pro chladič a menší díry pro šrouby. Poté byl z kusu děrovaného pásového plechu uříznut ruční pilou kus pásu a model smontován pomocí šroubového spoje.

Po zjištění funkčnosti mechanického spoje bylo zařízení rozebráno a obě plochy Peltierova článku byly natřeny teplovodivou pastou.

7 Pokračování v projektu

Pokračování v projektu modelu vysoušecí jednotky mám v plánu.

Zvýšení výkonosti zařízení by se dalo docílit několika způsoby.

Prvním ze způsobů je nahrazení konkrétně použitého Peltierova článku výkonnějším. Tohle řešení je značně finančně nákladné, ale došlo by k výraznému zvýšení výkonu zařízení.

Druhá možná varianta je vylepšení chlazení. Přidání většího chladiče a výkonnějšího ventilátoru nebo více ventilátorů by způsobilo lepší chladicí efekt článku. Vylepšení chlazení by bylo o to efektivnější, o co by byl použitý Peltierův článek výkonnější. Důležité také je, aby teplo z jednoho chladiče se dostávalo co nejméně k druhému. Proto jsou vhodné clony a odvod vzduchu do okolí.

Třetí možností je větší chladič, na němž se sráží voda. Se zvýšeným výkonem Peltierova článku by docházelo k odebrání většího množství tepla a větší chladič by umožnil větší plochu pro srážení vody. Také by zařízení mohlo obsahovat další, menší ventilátor, který by přiváděl okolní vzduch na chladič pro srážení vody, a tím zvyšoval efektivitu zařízení. Vhodné by bylo i vyřešení odvodu vody z chladiče. V současné verzi modelu vysoušecí jednotky není tato problematika řešena.

8 Seznam použitých součástek

- Arduino Nano
- LCD displej Nokia 5110
- senzor teploty a vlhkosti DHT11
- páčkový přepínač KNX-1
- stabilizátor L7805CV
- tranzistor BC337
- inkrementální spínač EC11-1S
- dioda IN5822
- 2x svorkovnice
- 1x keramický kondenzátor 100 nF a 330 nF
- 1x rezistor 10 k Ω a 500 Ω
- pinheady
- dutinky
- vodiče

Závěr

Cílem celé práce bylo vytvoření modelu vysoušecí jednotky za použití Peltierova článku a platformy Arduino. Zařízení bylo úspěšně vyrobeno a je schopno vysoušet menší prostory. Při vytvoření práce bylo dosaženo na začátku stanovených cílů. Zařízení je plně funkční, jeho nevýhodou je vysoká spotřeba elektrické energie.

Pro praktické využití by toto zařízení bylo vhodné spíše pro menší prostory. Pro větší prostory by nebylo efektivní a bylo by nutné zvýšit jeho výkon. Toho by se dalo docílit výměnou konkrétně použitého Peltierova článku za výkonnější a vylepšením chlazení, a to jak pasivního, tak i aktivního. Na vylepšení pasivního chlazení by stačilo použít větší chladič. Na vylepšení aktivního chlazení by bylo vhodné použití výkonnějších ventilátorů nebo vodní chlazení. Takto vylepšené zařízení by se dalo použít i do větších prostor, ovšem jeho pořizovací i provozní náklady by byly vyšší z důvodu dražších součástek a větší spotřeby elektrické energie.

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 - Blokové schéma</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 2 - Arduino Nano.....</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 3 - Peltierův článek</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 4 - Schéma zapojení regulace ventilátoru.....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 5 - PWM signál</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 6 - Schéma zapojení stabilizátoru napětí</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 7 - Návrh desky plošného spoje</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 8 - Doplněk PlatformIO</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 9 - Poznámka na úvodu programu.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 10 - První část programu</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 11 - Nastavení hodnot po spuštění</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 12 - Vlastní program</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 13 - Mechanická část</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 14 – Zapojení ventilátoru</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 15 - Zapojení se stabilizátorem.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 16 - Dokončení desky plošného spoje.....</i>	<i>25</i>

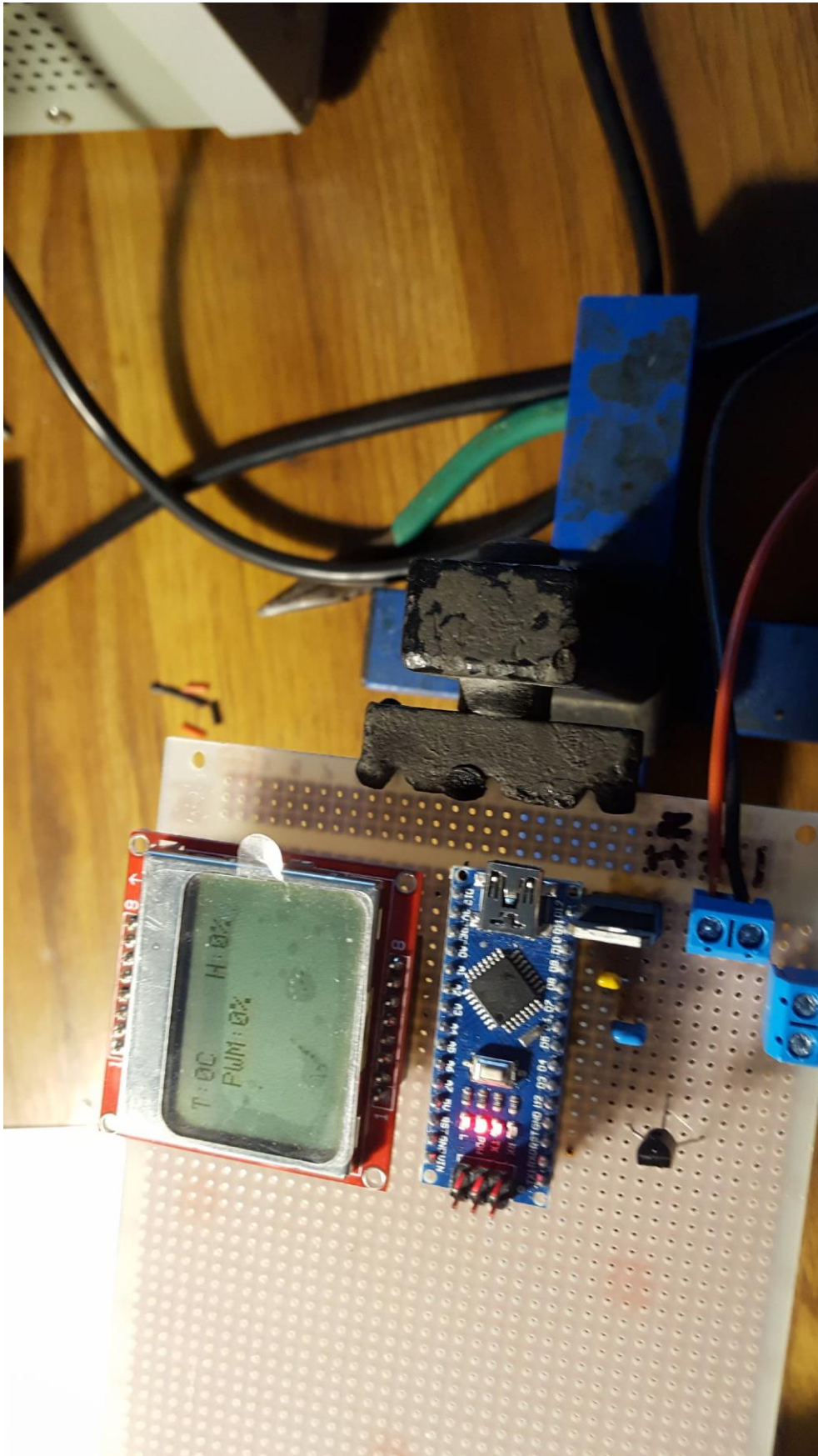
Seznam použité literatury

Internetové zdroje:

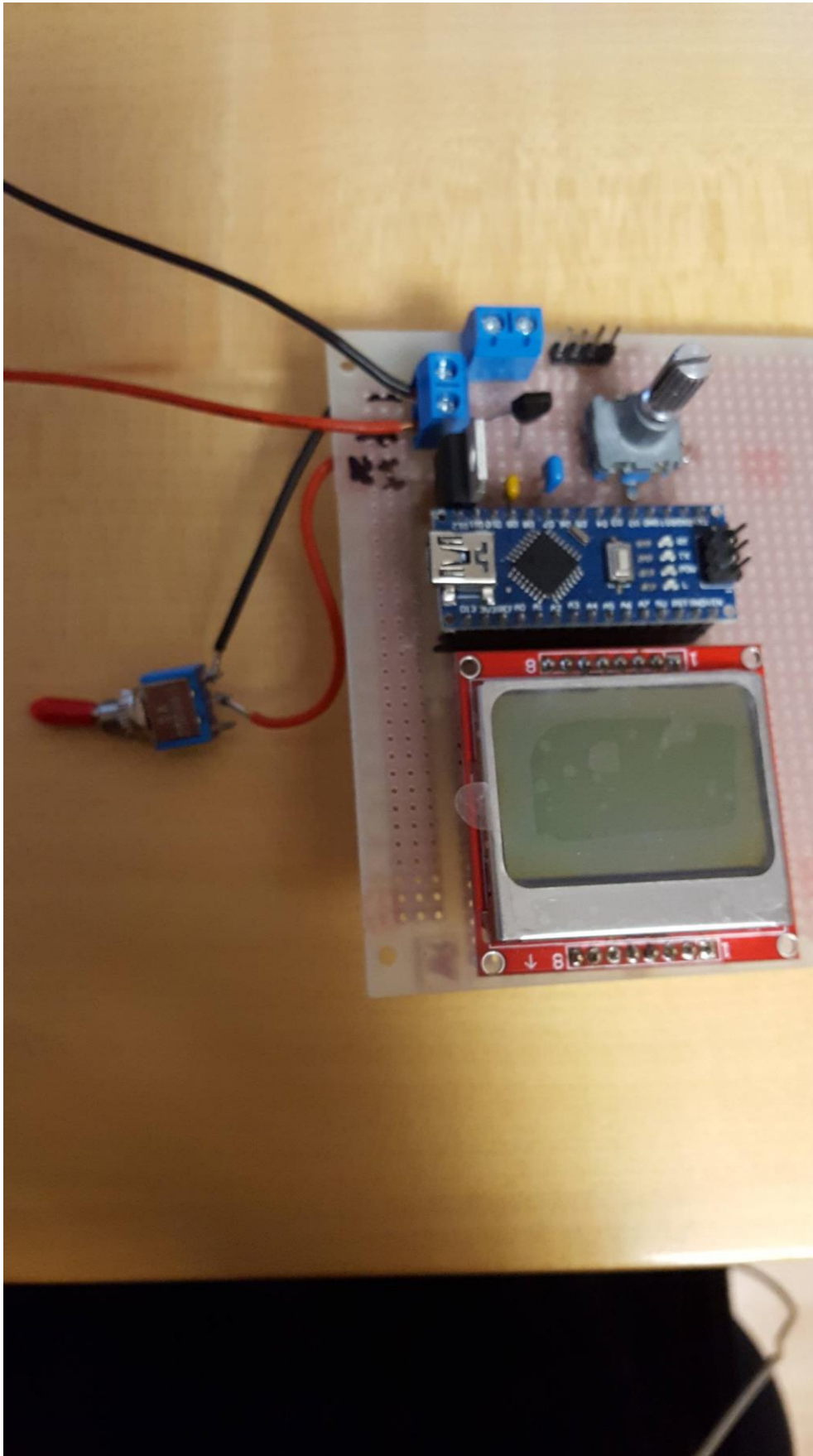
- <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- <https://store.arduino.cc/arduino-nano>
- https://cs.wikipedia.org/wiki/Peltier%C5%AFv_%C4%8DI%C3%A1nek
- https://cs.wikipedia.org/wiki/Vlhkost_vzduchu
- <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kapaln%C4%9Bn%C3%AD>
- https://cs.wikipedia.org/wiki/Rosn%C3%BD_bod
- <http://artemis.osu.cz/Gemet/meteo2/vlhkost.htm>
- <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/ATMega328.pdf>
- <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/911-peltieruv-jev>

Knižní zdroje:

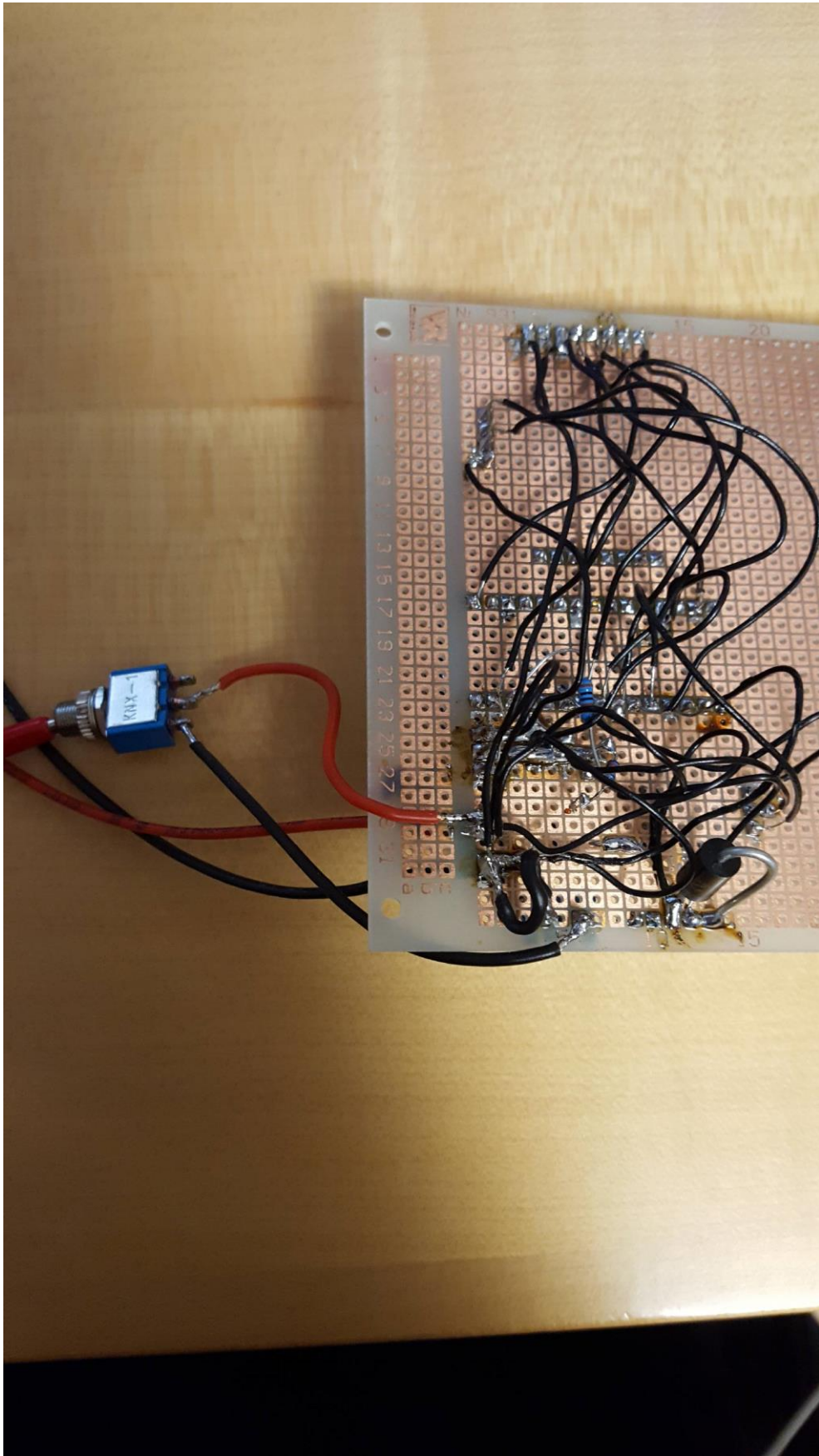
- LEPIL, Oldřich, Milan BEDNAŘÍK a Radmila HÝBLOVÁ. *Fyzika I pro střední školy*. 5. dotisk přepracovaného vydání. Praha: Prometheus, spol., 2014. ISBN 978-80-7196-428-5



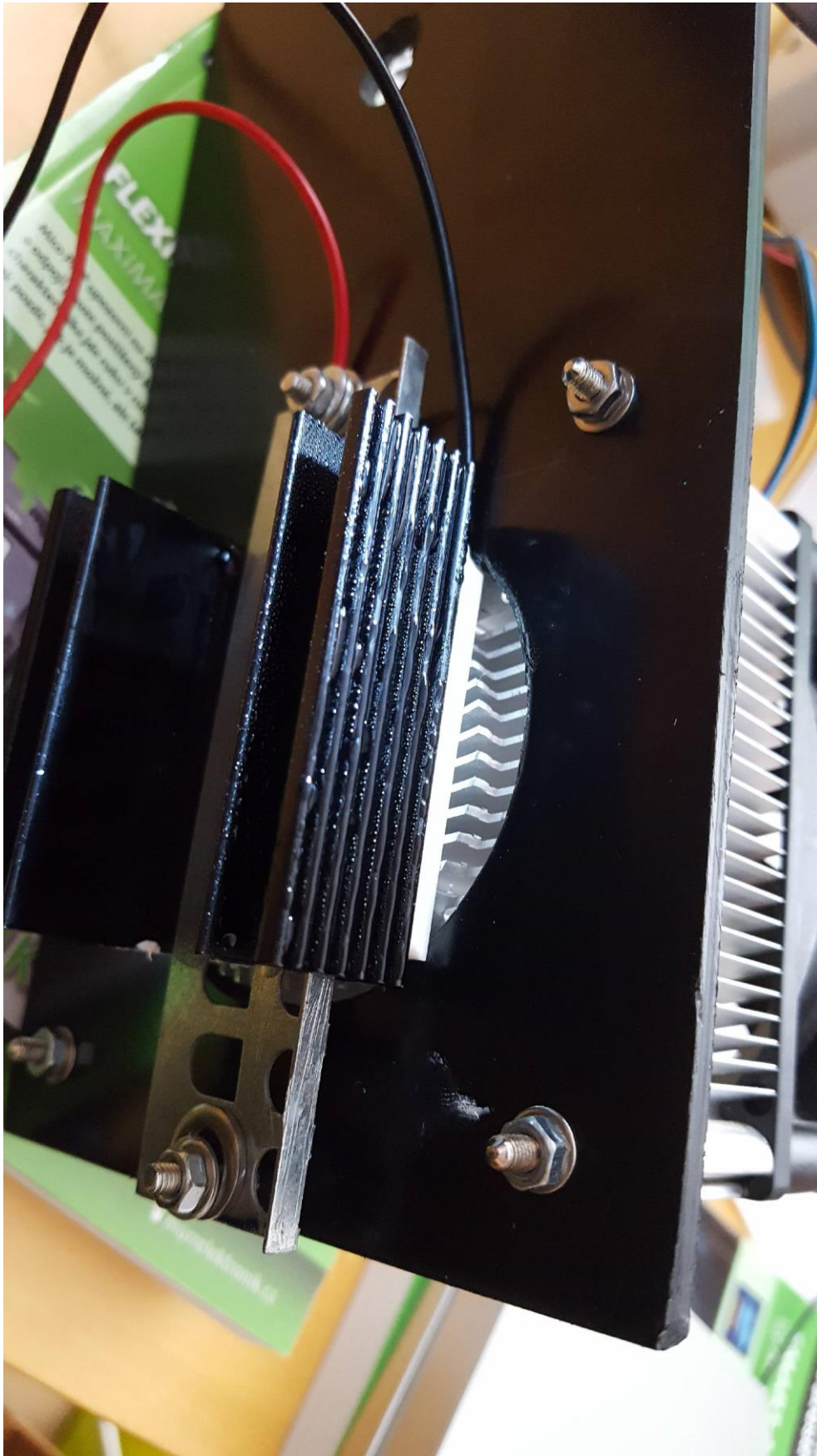
Příloha 2 - Oživení desky plošného spoje



Příloha 3 - Deska plošného spoje – pohled shora



Příloha 4 - Deska plošného spoje – pohled ze spodu



Příloha 5 - Zkapalněná vzdušná vlhkost na chladiči – pohled 1



Příloha 6 - Zkapalněná vzdušná vlhkost na chladiči – pohled 2