

# **VÝROBA AUTOMATICKÉHO REGULÁTORU VLHKOSTI VZDUCHU V TERÁRIU POMOCÍ ARDUINO NANO**

Druhé upravené vydání

Bc. Milan Somora, DiS.

České Budějovice 2018

# Obsah

<b>1. Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2. Vlhkost vzduchu v teráriu</b>	<b>3</b>
2.1. Faktory pro udržení vlhkosti . . . . .	3
2.2. Tři zóny . . . . .	3
2.3. Automatická vs manuální regulace . . . . .	4
<b>3. Arduino</b>	<b>5</b>
<b>4. Popis regulátoru</b>	<b>7</b>
4.1. Funkce regulátoru . . . . .	7
4.2. Způsob regulace . . . . .	9
<b>5. Návrh regulátoru</b>	<b>12</b>
5.1. Vodní čerpadlo . . . . .	12
5.2. Zásobník vody . . . . .	13
5.3. Senzory . . . . .	14
5.4. Tryska . . . . .	17
5.5. Zdroj napětí . . . . .	17
5.6. Popis elektronického obvodu . . . . .	18
5.7. Zdrojový kód pro Arduino . . . . .	19
<b>6. Zapojení a nastavení regulátoru</b>	<b>21</b>
6.1. Zapojení . . . . .	21
6.2. Nastavení . . . . .	23
<b>7. Montáž regulátoru</b>	<b>24</b>
<b>8. Závěr</b>	<b>30</b>
<b>Použitá literatura</b>	<b>31</b>

<b>Přílohy</b>	<b>32</b>
<b>A. Seznam použitých součástek</b>	<b>33</b>
<b>B. El. schéma regulátoru</b>	<b>36</b>
<b>C. El. schéma regulátoru s PC zdrojem</b>	<b>38</b>
<b>D. Zapojení na nepájivém poli</b>	<b>40</b>
<b>E. Zdrojový kód pro Arduino Nano</b>	<b>42</b>

# **Předmluva**

Tato dokumentace vznikla na základě podkladů absolventské práce napsané pro Vyšší odbornou školu technickou a automobilní v Českých Budějovicích.

# 1. Úvod

Tato práce má za cíl navrhnout a realizovat jednoduché a finančně dostupné zařízení, které automaticky reguluje vlhkost vzduchu v teráriu. Tato myšlenka vznikla na základě potřeb teraristů, jejichž ozvěny lze dohledat na internetu v různých diskusních fórech. Není nutné zdůrazňovat, že správná vlhkost je pro většinu plazů nutná a manuální udržení její hladiny obvykle vyžaduje větší pozornost. Majorita teraristů tuto situaci řeší běžným rozprašovačem na kytky a snaží se pravidelně zavlažovat. Těm, kteří potřebují více času na jiné činnosti, mohou pomoci automatické regulátory vlhkosti, ty ale znamenají investici řádově několika tisíců korun<sup>1</sup>. Naštěstí existuje řešení, které se dá s trochou píle realizovat za několik málo stovek korun, tedy pomocí platformy Arduino, několika elektronických součástek a dílů, které lze sehnat v garáži, nebo na autovrakovišti.

Při návrhu automatického regulátoru byla snaha o nízkou pořizovací cenu a dobrou dostupnost komponentů. Nastavování a měření bylo provedeno ve standardním<sup>2</sup> teráriu s chameleonem Jemenským. Kapitoly byly vypracovány s ohledem na využití v praxi a pokud možno bez zbytečného balastu.

Autor bude rád, když tato práce najde uplatnění nejen v okruhu teraristů.

---

<sup>1</sup>Např. zvlhčovač Hagen Exo Terra Monsoon za 4 000 Kč (ke dni vydání této práce) [4].

<sup>2</sup>Terárium 30x40x80 cm s bodovou 35 W žárovkou, UVB žárovkou a větracími otvory.

## 2. Vlhkost vzduchu v teráriu

### 2.1. Faktory pro udržení vlhkosti

„Množství vodní páry je časově velice proměnlivé a liší se také od místa k místu“ [5]. Na udržení vlhkosti vzduchu v teráriu má vliv více faktorů. Především je to počet a velikost ventilačních otvorů. Pokud je jich příliš mnoho nebo když jsou příliš velké, páry z terária rychle uniknou a musí se zavlažovat častěji.

Dalším faktorem je množství a výkon tepelných zdrojů v teráriu. Např. chameleon Jemenský v našem teráriu o rozměrech 30x40x80 cm potřebuje bodovou žárovku s výkonem 35 W, aby měl určitý tepelný komfort. Kdybychom do našeho terária dali např. halogenovou žárovku s wolframovým vláknem o výkonu 100 W, pochopitelně by to mělo vliv na rychlejší vysušování vzduchu.

Mezi další faktory pro udržení vlhkosti vzduchu patří navlhčený substrát. Během našeho měření vyplynulo, že s navlhčeným substrátem hladina vlhkosti klesá zhruba 2x pomaleji (více v 6.2).

Posledním faktorem pro udržení vlhkosti je osázení terária rostlinami či kořeny. Autor se domnívá, že je-li terárium téměř prázdné, oblak aerosolu klesne pouze na dno a stěny terária, odkud se molekuly vody vzhledem k objemu terária vypařují nerovnoměrně. Je-li terárium rovnoměrně osázeno např. listnatými rostlinami a kořeny, měly by se usazené molekuly vody z rozprášeného aerosolu vypařovat rovnoměrně v celém teráriu.

### 2.2. Tři zóny

Terárium pro chameleona bychom z fyzikálního hlediska mohli rozdělit na tři zóny - horní, střední a dolní. Největší vlhkost bude dole, neboť rozprášený aerosol je těžší než vzduch, a proto klesá ke dnu. Odtud se molekuly vody vypařují a stoupají směrem nahoru ve formě vodní páry. Se stoupající teplotou ve druhé a třetí zóně se výparý ještě více ohřejí, postupně přejdou do plynného skupenství, tím bude vzduch sušší, lehčí, a proto snadno unikne z terária horním ventilačním otvorem. Logicky lze usoudit, že nejnižší

vlhkost bude nahoře v blízkosti tepelných zdrojů a u horního ventilačního otvoru. Z výše uvedeného vyplývá, že nejlepší místo, kam umístit budoucí senzor vlhkosti je střední zóna terária.

Tato kapitola měla za úkol poukázat na to, že každé terárium není vhodné pro automatickou regulaci vlhkosti vzduchu, a že je nutné zajistit určité podmínky.

## **2.3. Automatická vs manuální regulace**

Automatická regulace má v teráriu po fyzikální stránce stejný účinek jako regulace manuální. Rozdíl je pouze v tom, že automatická regulace je přesnější a pohodlnější (není nutné vlhkost kontrolovat, stačí pouze doplňovat vodu).

## 3. Arduino

Navržený regulátor využívá vývojovou desku Arduino Nano (obr. 3.1). Co je to Arduino?

Arduino je vývojová platforma, která nabízí několik typů desek s mikroprocesory<sup>1</sup> od firmy Atmel, které lze libovolně naprogramovat pomocí jazyka Wiring<sup>2</sup>. Každá deska kromě mikroprocesoru je vybavena dalšími elektronickými obvody, které slouží k různým účelům (HDMI, SATA, Ethernet, audio porty atd.) a lze k ní připojovat doplňující moduly (tzv. shieldy), které ještě více rozšiřují její funkci (např. WIFI, relé, řadu senzorů atd.) [11].

Na většině deskách je integrován převodník, který umožňuje Arduinu komunikovat s dalšími zařízeními. V současné době je nejrozšířenější převodník pro komunikaci po sériové sběrnici USB. Desky, které převodníky nemají, byly navrženy pro co nejmenší rozměry a musejí se naprogramovat pomocí externího převodníku (např. Arduino Mini). Schémata a software pro Arduino jsou dostupné on-line zdarma.

Platforma Arduino je dnes natolik rozšířena, že lze desky a příslušenství zakoupit téměř ve všech obchodech zabývajících se elektronikou. Mezi další typy desek lze zmínit např. Arduino Uno, Mega 2560, Due a další.

### Arduino Nano

Tento typ desky byl pro regulátor vybrán pro své vlastnosti: malé rozměry, dostatečný počet portů a obsahuje USB převodník.

Deska má rozměry 18 x 45 mm. Obsahuje procesor ATmega328 s taktem 16 MHz a paměť 32 kB. Co se týče portů, obsahuje 8 analogových, 14 digitálních a z toho 6 PWM portů. Každý port lze nakonfigurovat jako vstupní nebo výstupní. Každý port umí pracovat s proudem max. 40 mA.

Napětí logické úrovně je 5 V a velikost napájecího napětí pro desku se pohybuje v rozmezí 7 - 12 V. Spotřeba energie desky se udává 19 mA. Podrobnější parametry viz [10].

<sup>1</sup>Přesněji mikrokontroléry. Mikrokontrolér (MCU) obsahuje kromě procesoru i další obvody, jako jsou časovače, paměti, vstupní výstupní obvody atd., takže je schopen samostatné funkce [9].

<sup>2</sup>velmi podobná syntaxe jako v jazyku C/C++



Obrázek 3.1.: Arduino Nano v3.0

Arduino Nano je prodáváno ve třech provedeních - originál, klon<sup>3</sup> (deska od jiného výrobce), s napájenými/nenapájenými piny. Originální Arduino se pochopitelně projeví na ceně. Pro regulátor byla pořízena deska s nenapájenými piny, protože bylo nutné desku jinak umístit.

---

<sup>3</sup>Není nutné kupovat originální Arduino. Klony prodává většina tuzemských obchodů s elektronikou a jelikož se Arduino Open-Source platforma, jedná se o legální způsob. Např. klon Arduino Nano V3.0 ATmega328 16M 5V CH340G, který lze zakoupit v obchodech GM Electronic.

## 4. Popis regulátoru

Zařízení pro regulaci vlhkosti vzduchu v teráriu se skládá z regulátoru s LCD displejem, senzoru DHT11, který měří vlhkost a teplotu, senzoru hladiny vody, zásobníku vody, čerpadla a síťového zdroje napětí.

Regulátor byl navržen tak, aby vlhkost v teráriu nepřekročila nastavenou minimální hladinu. Minimální hodnota vlhkosti byla standardně nastavena na 60 %. Terarista si tento práh vlhkosti může přenastavit podle zvířete, které chová, a to změnou jedné hodnoty ve zdrojovém kódu pro Arduino Nano. Tento postup bude podrobněji popsán v [5.7.](#)

Pokud vlhkost klesne pod 60 %, regulátor rozpráší vodu z trysky a vlhkost rychle vzroste asi na 80 % (tento interval se dá rovněž přenastavit). Poté několik desítek minut trvá, než vlhkost opět klesne pod 60 %.

Jedná se pouze o dvoupolohovou regulaci s hysterezí [\[6\]](#), která se někomu může zdát nedostačující, ale ne vždy je přesná regulace na konstantní hodnotu žádoucí, jak bude vysvětleno dále. Následují dvě podkapitoly, které se regulátoru věnují podrobněji.

### 4.1. Funkce regulátoru

Po zapnutí regulátoru se zobrazí úvodní nápis „Regulátor vlhkosti“. Asi po dvou sekundách regulátor zkонтroluje funkčnost senzoru DHT11, hladinu vody v zásobníku, vlhkost a teplotu vzduchu v teráriu. Pokud je vše v pořádku, rozsvítí se zelená LED dioda a na LCD displeji se zobrazí tyto stavové informace:



Když vlhkost klesne pod 60 %, regulátor rozsvítí červenou LED diodu, začne rozprašovat vodu po dobu  $6\text{s}^1$  a poté kontroluje vlhkost vzduchu v teráriu 3 minuty. Na displeji se

---

<sup>1</sup>lze dodatečně nastavít

zobrazí následující informace:



Tento krok byl nezbytný, jelikož rozprášenému aerosolu chvíli trvá, než se rozšíří po celém teráriu. Kdyby vlhkost byla kontrolována třeba každých 30 s, regulátor by zavlažoval příliš často, protože zvýšení hladiny vlhkosti se neprojeví hned. Po takovém zásahu by se hladina vlhkosti mohla zvýšit až na 100 %.

Vraťme se nyní k původně nastaveným třem minutám. Když ani po třech minutách vlhkost v teráriu nepřekročí nastavených 60 %, regulátor rozpráší ještě jednu dávku. V praxi se ukázalo, že regulátor obvykle aplikuje 1-2 dávky a poté se vlhkost zvýší asi na 80 %. Poté několik desítek minut trvá, než vlhkost opět klesne pod 60 % (viz graf na obr. 4.2). Tyto kroky se opakují do okamžiku, než klesne voda v zásobníku pod minimální úroveň.

Dojde-li k úbytku vody pod minimální úroveň, regulátor třikrát zapípá, rozsvítí žlutou LED diodu, zastaví rozprašování a čeká na doplnění vody celých 5 minut. Na displeji se zobrazí tato informace:



Tato funkce regulátoru je velmi důležitá, neboť chrání čerpadlo, které by se jinak při chodu na prázdnno zničilo. Pokud nedojde k doplnění vody do pěti minut, regulátor sepne znova a na displeji se zobrazí stejné upozornění.

Pokud se z nějakého důvodu přeruší komunikace mezi senzorem DHT11 a Arduinem (špatný kontakt, opotřebení atp.), regulátor přeruší svoji činnost a na displeji se zobrazí následující upozornění:





Tato funkce je rovněž důležitá, protože bez senzoru DHT11 nemůže regulátor fungovat. V takové situaci je nutné senzor zkontrolovat nebo případně vyměnit za nový. Poté se musí regulátor vypnout a znova zapnout.

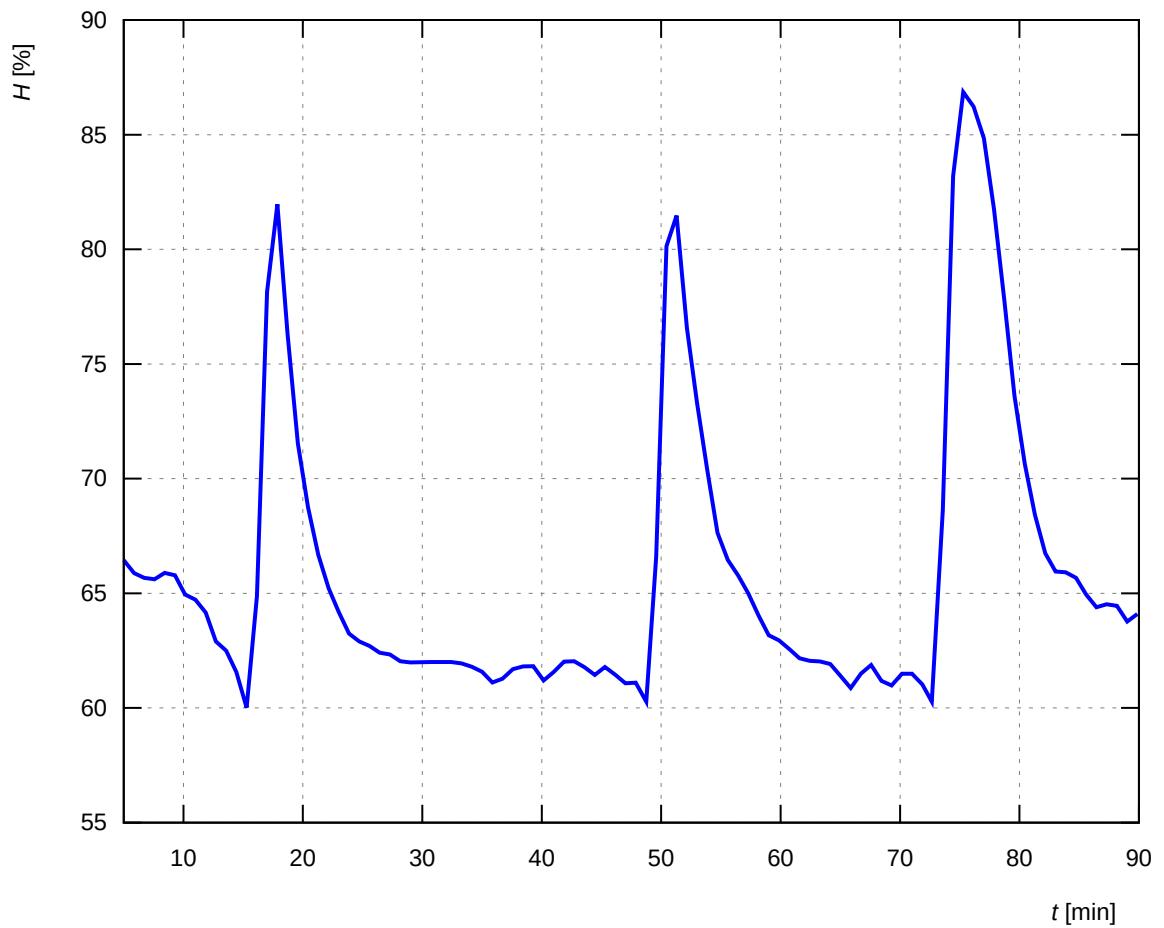
## 4.2. Způsob regulace

Jak bylo naznačeno, jedná pouze o dvoupolohovou regulaci s hysterezí [6], která byla zvolena záměrně. Kdyby se použila pokročilejší, např. proporcionální regulace, která reaguje úměrně na regulační odchylku<sup>2</sup>, bylo by možné udržet hladinu vlhkosti na konstantní hodnotě, ale v našem případě za cenu velké spotřeby vody a výrazně vyšší aktivity regulátoru. Příčinou by byly ventilační otvory v teráriu, kterými by po každém zavlažení unikla velká část aerosolu z terária ven a regulátor by kvůli této poruchové veličině pracoval neefektivně a nehospodárně - viz výrazné poklesy vlhkosti v grafu na obr. 4.1 po každém zavlažení, která vyplynula z našeho měření. Proporcionální regulace by pravděpodobně měla větší smysl, kdyby se použilo terárium bez ventilačních otvorů. To by však bylo v rozporu s podmínkami, které musí terarista zvážit.

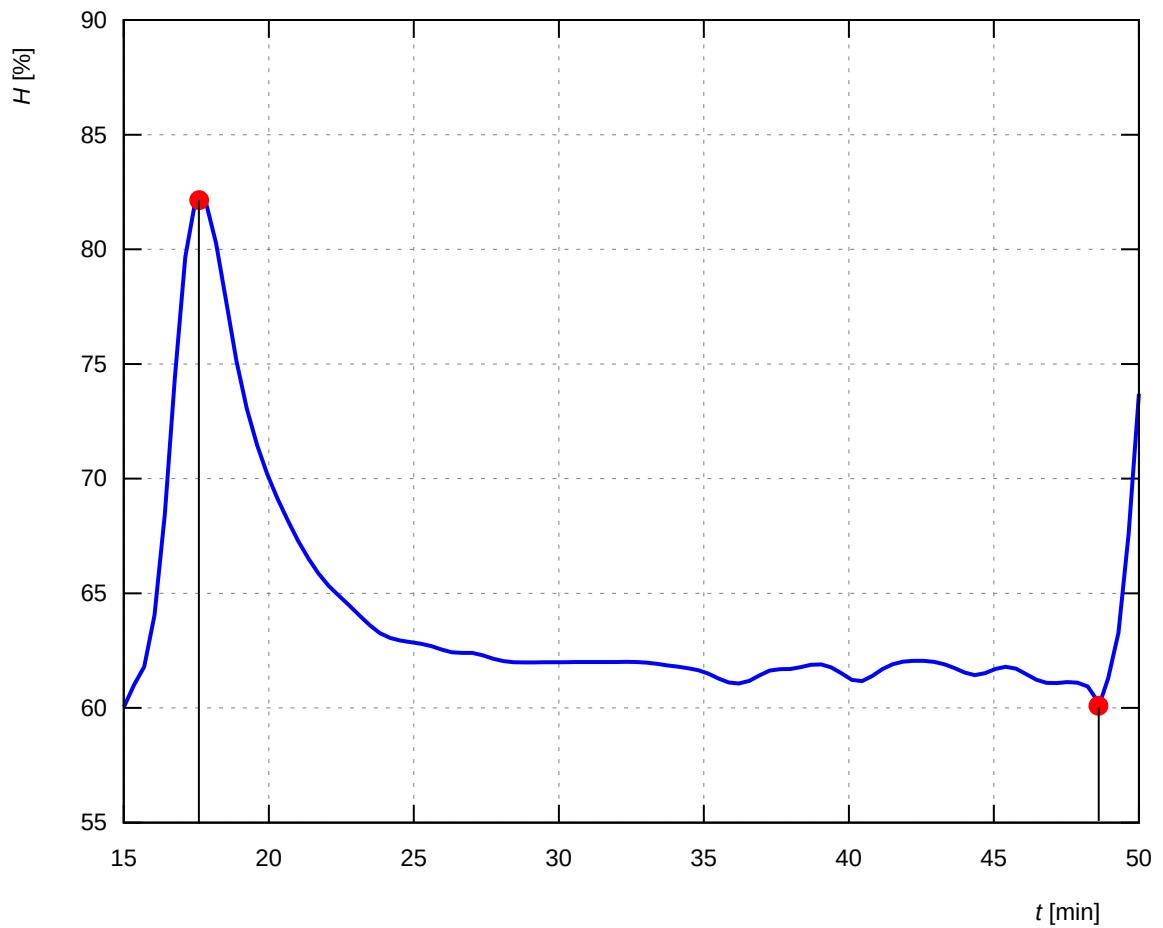
Jednoduchá dvoupolohová regulace aplikovaná v našem regulátoru dává jistotu, že se hladina vlhkosti bude pohybovat v určitém intervalu, např. od 60 - 80 %, a že nikdy neklesne pod hranici 60 %, a to je pro teraristu zásadní. Na základě informací z [5] lze dále konstatovat, že dvoupolohová regulace zajišťuje přirozenější způsob regulace vlhkosti, neboť ani v přírodě není 24 hodin denně na jednom místě přesně 70 %. Důvodem je skutečnost, že „vlhkost je časově velice proměnlivá a liší se také od místa k místu“ [5].

---

<sup>2</sup>Regulátor by úměrně zkracoval délku střiku v závislosti na aktuální hladině vlhkosti v teráriu a snažil by se udržet v teráriu vlhkost přesně 80 % (například).



Obrázek 4.1.: Měření vlhkosti vzduchu v teráriu s dvoustupňovou regulací - změna vlhkosti za čas



Obrázek 4.2.: Měření vlhkosti vzduchu v teráriu s dvoustupňovou regulací - doba poklesu vlhkosti po zavlažení terária

# 5. Návrh regulátoru

V předchozí kapitole bylo popsáno, že zařízení pro regulaci vlhkosti vzduchu se skládá z regulátoru s LCD displejem, dvou senzorů, zásobníku vody, čerpadla a síťového zdroje napětí. Následující kapitoly se těmto a dalším částem věnují podrobněji a jednotlivě popisují požadavky, které musejí být dodrženy, aby byla zaručena funkčnost celého regulačního obvodu.

Elektronické schéma regulátoru je uvedeno v příloze B, seznam použitých součástek v příloze A. Jelikož se funkčnost zapojení před konečnou montáží standardně zkouší na nepájivém poli, bylo v příloze D uvedeno ještě zapojení pomocí nepájivého pole, ze kterého je rovněž patrné zapojení celého regulačního obvodu.

## 5.1. Vodní čerpadlo

Čerpadlo tvoří jednu z nejdůležitějších částí regulátoru. Aby došlo ke správnému rozprášení vody v teráriu, je nutné čerpadlo, které má dostatečný tlak a dostatečný objemový průtok. Je také potřeba, aby bylo malé a na malé stejnosměrné napětí (kvůli rušení a bezpečnosti<sup>1</sup>). Takové čerpadlo bohužel není na trhu běžně dostupné a bylo by příliš drahé. V takovém případě je snadnější navštívit nějaké autovrakoviště a shánět se po čerpadlu pro odstřikovače i s auto-konektorem.

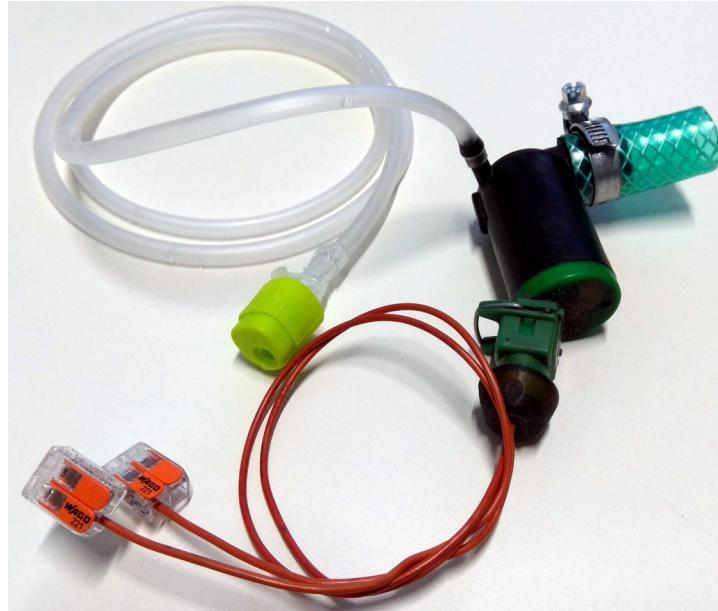
Čerpadla do aut mají sice větší odběr proudu (jednotky ampér) a neumí sama nasávat, ale jsou silná, odolná, dají se provozovat na stejnosměrné napětí 12 V a na autovrakovištích jsou běžně dostupná za pár desítek korun. Nám se podařilo sehnat čerpadlo za 200 Kč od značky Peugeot s odběrem proudu 2,3 A (obr. 5.1).

Je důležité poznamenat, že obvod našeho regulátoru byl navržen pro čerpadlo, které odebírá maximální proud 3 A<sup>2</sup>. Samozřejmě cílem je proud menší, tím méně bude čerpadlo zatěžovat obvod regulátoru. Z výše uvedeného se doporučuje čerpadlo předem změřit a v případě většího odběru vyměnit za jiné.

<sup>1</sup>Např. spínání čerpadla na střídavé napětí 230 V by mohlo v obvodu Arduina způsobovat potíže z důvodu elektromagnetického rušení a napětí 230 V je již považováno za nebezpečné [8].

<sup>2</sup>Důvodem je integrovaný stabilizátor napětí LM350T, který umí pracovat s max. s 3 A [3].

Na závěr je nutné upozornit, že čerpadlo nesmí běžet delší dobu na prázdro (bez vody), jinak dojde k jeho zničení. Regulátor je na tuto situaci připraven a v případě úbytku vody pod minimální úroveň čerpadlo automaticky zastaví a počká na obsluhu, než doplnění vodu do zásobníku (viz dále).



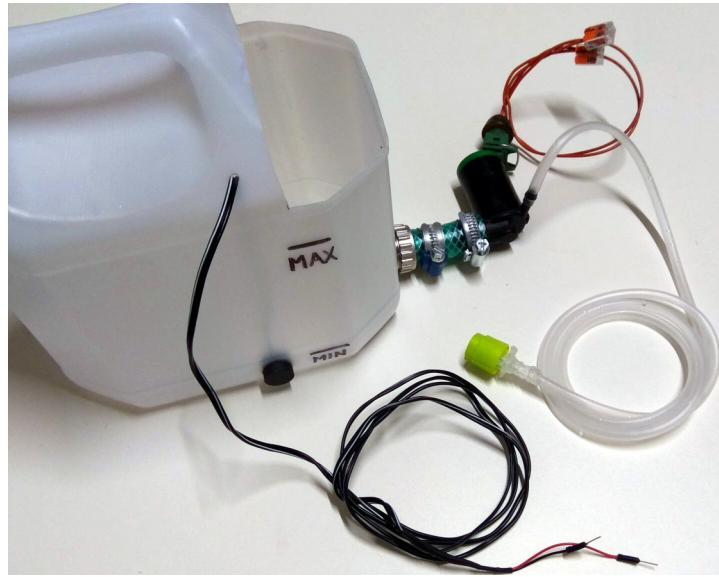
Obrázek 5.1.: Čerpadlo do auta od značky Peugeot s připojeným auto-konektorem, akvajní hadičkou, tryskou, zahradní hadicí a šnekovou sponou

## 5.2. Zásobník vody

Jako zásobník vody byl použit pětilitrový kanystr s vyřízlým otvorem pro doplňování vody (obr. 5.2). Jelikož čerpadlo do auta neumí nasávat vodu, musí být připojeno v místě výtoku kapaliny. V našem případě bylo nejvhodnější vyvrtat díru ve spodní části kanystru, ze které voda volně vytékala přímo do čerpadla (obr. 5.6).

Výtokový otvor bylo nutné utěsnit mechanicky pomocí gumového těsnění (silikon i jiná lepidla se vždy odlepila<sup>3</sup>) a čerpadlo ke kanystru připojit pomocí spojovacích dílů (hadicový trn, kousek zahradní hadice, šnekové spony ad. - viz obr. 5.3). Tato část musí být sofistikovaná, aby nedošlo k úniku vody, proto je lepší navštívit příslušnou prodejnu a sehnat spojovací díly na míru.

<sup>3</sup>Důvodem byl nepřilnavý a měkký materiál kanystru, tíhová síla upevněného čerpadla působící na spoj atd.



Obrázek 5.2.: Zásobník vody, čerpadlo, tryska a vodiče pro senzor hladiny vody



Obrázek 5.3.: Spojovací díly pro připojení čerpadla k zásobníku vody

### 5.3. Senzory

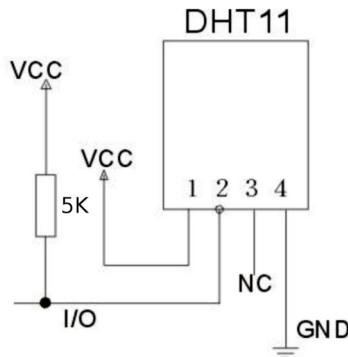
Regulační obvod obsahuje dva senzory. První senzor typu DHT11 snímá vlhkost s přesností  $\pm 5\%$ <sup>4</sup> a teplotu<sup>5</sup> s přesností  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  [1]. Druhý senzor se skládá ze dvou vodičů a slouží k detekci poklesu hladiny vody v zásobníku pod minimální úroveň.

<sup>4</sup>Přesnost  $\pm 5\%$  se může zdát pro někoho nízká, ale cílem není dosáhnout hladiny vlhkosti vzduchu s co nejvyšší přesností, nýbrž trefit se do intervalu, který vyhovuje zvířeti v teráriu. Takový interval může být např. od 60 - 80 %.

<sup>5</sup>Měření teploty bylo využito, jelikož to senzor umožňoval. Přestože se jedná o praktický údaj, bude teplota měřena pouze v okolí, kde bude senzor umístěn (předpokládá se prostřední zóna terária).

## Senzor vlhkosti a teploty

Senzor DHT11 by měl mít mezi vývody 1 – 2 zapojen tzv. pull-up rezistor o hodnotě  $5\text{ k}\Omega$  kvůli kompatibilitě s Arduinem ([2], obr. 5.4, příloha B). Nejlepší je zakoupit senzor DHT11 ve formě tzv. shieldu (více v 3), který již rezistor obsahuje a je vybaven také připojovacím konektorem. Třetí pin se u tohoto senzoru nezapojuje.



Obrázek 5.4.: Senzor DHT11 s rezistorem  $5\text{ k}\Omega$  [1]

Senzor musí být v teráriu vhodně umístěn, ideálně do střední zóny terária. Neměl by se umisťovat poblíž tepelného zdroje (vyhřívací žárovka), kde je vlhkost vzduchu nejnižší, ale ani ke dnu terária, kde je vlhkost naopak nejvyšší (více v 2.2).

## Senzor hladiny vody

Senzor hladiny vody informuje obsluhu, že došla voda a zároveň chrání čerpadlo před poškozením (jak bylo popsáno v 5.1). Skládá se ze dvou vodičů, jejichž obvod je spojen pomocí vody. První vodič dodává stejnosměrné napětí o velikosti 5 V a druhý vodič toto napětí snímá.

Oba vodiče by měly být stíněné. Je to z důvodu, aby se do vodiče, který není pod napětím, nenaindukovalo napětí. Kdyby se tak stalo, snímač by hlásil dostatek vody i při jejím nedostatku, a to by vedlo ke zničení čerpadla.

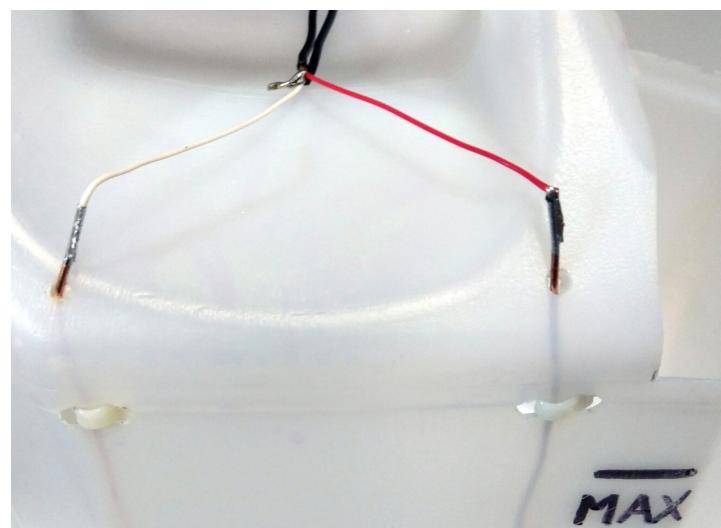
Stíněné vodiče jsou označeny ve schématu čárkovou čarou (příloha B). Stínění od obou vodičů musí být uzemněno k nulovému potenciálu GND, aby případně vzniklý nenulový potenciál klesl na nulu. Druhý konec stínění se nesmí ponořit do vody, jinak dojde ke zkratu v tomto obvodu - stačí odizolovat kus kabelu a stínění vodičů nad zásobníkem spojit cínem (obr. 5.6). Bude-li i přesto detekce hladiny vody chybná, bude

nutné stíněné vodiče po celé délce kabelu od sebe oddělit, aby se dostaly z dosahu vzájemného magnetického pole.

V zásobníku se oba vodiče musí připevnit tak, aby „neplavaly“. Osvědčilo se použít dva pevné měděné dráty připevněné vázací páskou. Tyto dráty slouží jako elektrody a kabely jsou k nim připájeny cínem (obr. 5.5 a 5.6).



Obrázek 5.5.: Upevnění senzoru hladiny pomocí dvou pevných měděných drátů



Obrázek 5.6.: Připojení stíněného kabelu k senzoru hladiny. Stínění je spojeno cínem.

## 5.4. Tryska

Ačkoli se to nemusí zdát, tryska na rozprašování vody může být nejdražším dílem. Lze ji sehnat např. v potřebách pro teraristy, ale její cena obvykle převyšuje částku 200 Kč. Dobré je sehnat běžný ruční rozprašovač na kytky a trysku z něho demontovat (obr. 5.2). Rozprašovač se tím pochopitelně zničí, ale bude to stát kolem 50 korun. Nejlepší jsou rozprašovače, které oblak aerosolu z trysky umožňují regulovat<sup>6</sup>.

Tryska s čerpadlem se propojí běžnou akvarijní hadičkou o průměru asi 6 mm. Čím kratší, tím lépe, protože delší vedení snižuje tlak na výstupu trysky.

Umístění trysky je nevhodnější do někam do horní oblasti terária a vytvářet oblak směrem dolů. Vytvářet oblak směrem nahoru se nedoporučuje, protože by se jeho část odvedla horním větracím otvorem z terária ven, a to by opět vedlo k větší aktivitě regulátoru. Rovněž není rozumné stříkat směrem na rozpálenou žárovku.

Upevnění trysky v teráriu bylo provedeno pomocí plastového držáku, který byl upevněn na sklo transparentní izolační páskou.

## 5.5. Zdroj napětí

Regulační obvod musí být napájen ze zdroje, který má stejnosměrné výstupní napětí na prázdnou v rozmezí od 15 - 30 V<sup>7</sup>, a který je schopen dodat minimálně 4 A. Tyto parametry je nutné dodržet. Dále, podobně jako u čerpadla, i zde je potřeba, aby zdroj nebyl příliš velký a měl dobrou izolaci, která chrání před nebezpečným dotykem a stříkající vodou.

Stavba takového zdroje bývá obvykle náročná a vyžaduje hlubší znalosti z elektroniky. Nejjednodušší je sehnat síťový zdroj z vyřazeného Notebooku. Takovéto zdroje jsou usměrněné, dobře vyfiltrované, jejich výstupní napětí se pohybuje asi od 18 - 25 V, jsou malé a bezpečné. Zajímavé je, že i přes malé rozměry některé umí dát 5 A i více. Výhodou je také provedení se síťovým kabelem pro zapojení do zásuvky.

Pro ty, kteří nechtějí pořizovat takový zdroj a rádi by se vyhnuli integrovanému obvodu LM350T<sup>8</sup>, je možné použít počítačový zdroj s výkonem 250W (nebo vyšším). Díky tomuto zdroji není nutné shánět čerpadlo s menším odběrem proudu, protože počítačové zdroje zvládají proud 10 A i větší a další výhodou je jejich stejnosměrné výstupní napětí na prázdnou, které je přesně 12 V.

<sup>6</sup>Což může být problém, protože dnešní rozprašovače mají statickou trysku a některé jemný oblak aerosolu ani nevytvorí. Je nutné pečlivě vybírat.

<sup>7</sup>Čím blíže napětí 15 V, tím lépe.

<sup>8</sup>Přestože se jedná o vynikající stabilizátor napětí, svými vlastnostmi omezuje použití čerpadla max. do 3 A a při větším zatížení se zahřívá (proto musí mít chladič pro odvod ztrátového tepla).

Nevýhodou PC zdroje je však větší rozměr, hlasitý ventilátor, otevřená konstrukce a většinou se musí vybavit externím spínačem, aby se dal zapínat samostatně. Schéma pro regulátor s použitím tohoto zdroje je v příloze C. Větší pozornost tomuto zapojení ale nebyla věnována.

## 5.6. Popis elektronického obvodu

Následující popis vychází ze schématu v příloze B.

Sítový zdroj regulátoru je spínán spínačem S1. Dále obvod obsahuje dva stabilizátory napětí - stabilizátor L7808, který dodává 8 V pro Arduino Nano a stabilizátor LM350T, který dodává 12 V pro čerpadlo. Ostatní části obvodu ovládá Arduino na základě algoritmu uvedeného v příloze E - tzn. relé, které spíná čerpadlo, piezosirénku a LED diody.

Nulový potenciál pro obvody ovládané Arduinem<sup>9</sup> byl od ostatních obvodů oddělen kvůli případnému rušení (tj. Arduino má GNDD, vše ostatní GND).

Oba vodiče pro snímač hladiny vody musejí být stíněné a uzemněné kvůli rušení. V přístrojové krabičce by měla být snaha o to, aby jejich přípoje byly co nejdál od sebe a také o to, aby nebyly taženy ve stejném svazku s vodiči, které jsou pod napětím (viz dále).

Stabilizátor LM350T musí mít namontovaný chladič, kdyby se nadměrně zahříval (viz seznam součástek v příloze A). Čím větší, tím lepší. Do přístrojové krabičky v místě nad chladičem je nutné vyvrtat několik děr kvůli odvodu ztrátového tepla.

Nastavení napětí 12 V pro čerpadlo pomocí trimru R2 je nejlepší provádět až po osazení všech součástek, s odpojeným čerpadlem a pomocí digitálního voltmetru.

Zatímco hodnota trimru R2 je  $5\text{ k}\Omega$ , jeho skutečně nastavená hodnota se bude pohybovat kolem  $2,1\text{ k}\Omega$ . Obdobná situace platí také pro trimr R8, ten je lepší více otáčkový, aby s ním šel přesně nastavit kontrast displeje. Piny DB0 - DB3 se na LCD displeji nezapojují. Ostatní piny se zapojují tak jak jsou vyznačeny na schématu v příloze B.

Spínač S2 slouží pro vypnutí LCD displeje, jehož podsvětlení může někomu ve tmě vadit. Jeho vypnutím se zároveň sníží spotřeba regulátoru asi o 2 W. S vypnutým LCD displejem se lze jednoduše orientovat pomocí tří LED diod (podrobněji dále).

Piezosirénka na své rozměry generuje relativně velkou intenzitu zvuku. Těm, kterým hlasitost zvuku připadá veliká, je doporučeno sirénku přelepit izolační páskou. A těm, kterým připadá hlasitost malá, je doporučeno snížit předřadný odpor R6 na  $50\ \Omega$ .

---

<sup>9</sup>obvody ovládané pomocí napětí 5 V

Zdrojový kód do Arduina by se doporučuje nahrát až nakonec.

## 5.7. Zdrojový kód pro Arduino

Zdrojový kód, který byl napsán pro řízení regulované soustavy<sup>10</sup>, je uveden v příloze E, a byl optimalizován pro Arduino Nano v3.0. Lze ho nahrát do Arduina pomocí USB kabelu<sup>11</sup>. Je k tomu ale zapotřebí aplikace Arduino IDE, kterou lze stáhnout zdarma na oficiálních stránkách Arduina: <https://www.arduino.cc/>.

Aby vše proběhlo bez problémů, je nutné do Arduina IDE nainportovat všechny knihovny, které jsou definovány na řádkách 2 - 5. Všechny lze stáhnout na Githubu (včetně zdrojového kódu): <https://github.com/milansomora/regulator-vlhkosti>.

Na řádkách 38 - 41 jsou globální proměnné, jejichž hodnoty lze libovolně měnit podle toho, jak se bude regulace vlhkosti vzduchu v teráriu chovat (záleží na typu terária). Jedná se o tyto čtyři hodnoty:

- **Nastavení minimální hladiny vlhkosti** - výchozí nastavení je 60 %. Když vlhkost klesne pod tuto úroveň, začne regulátor zavlažovat.
- **Čas spuštění čerpadla** - výchozí nastavení je 6 000 ms, tj. 6 s<sup>12</sup>. Je to doba, která určuje délku střiku při zavlažování terária. Doporučuje se minimálně 4 s, jinak nemusí být regulace optimální.
- **Čas kontroly vlhkosti** - výchozí hodnota je 180 000 ms, tj. 3 min. Je to doba, po kterou regulátor čeká, než hladina vlhkosti po aplikovaném střiku zvýší na nějakou úroveň. Doporučuje se minimálně 2 min, jinak bude regulátor pracovat neefektivně a nehospodárně.
- **Čas kontroly doplnění vody** - výchozí hodnota je 300 000 ms, tj. 5 min. Dojde-li voda v zásobníku, regulátor čeká 5 min a poté zjišťuje, zda došlo k doplnění vody obsluhou. Z praxe se doporučuje 5 - 10 min.

Na řádkách 178 a 210 lze dále upravit řetězec (text), který musí být uzavřen mezi uvozovkami "...". Další řetězce obsažené v kódu, které se nezobrazují na LCD displeji, slouží k servisní analýze a lze je číst jen přes sériovou linku.

<sup>10</sup>regulovanou soustavou je v našem případě terárium

<sup>11</sup>přesněji do MCU ATMega328P, které Arduino Nano obsahuje

<sup>12</sup>Arduino pracuje s jednotkou milisekunda

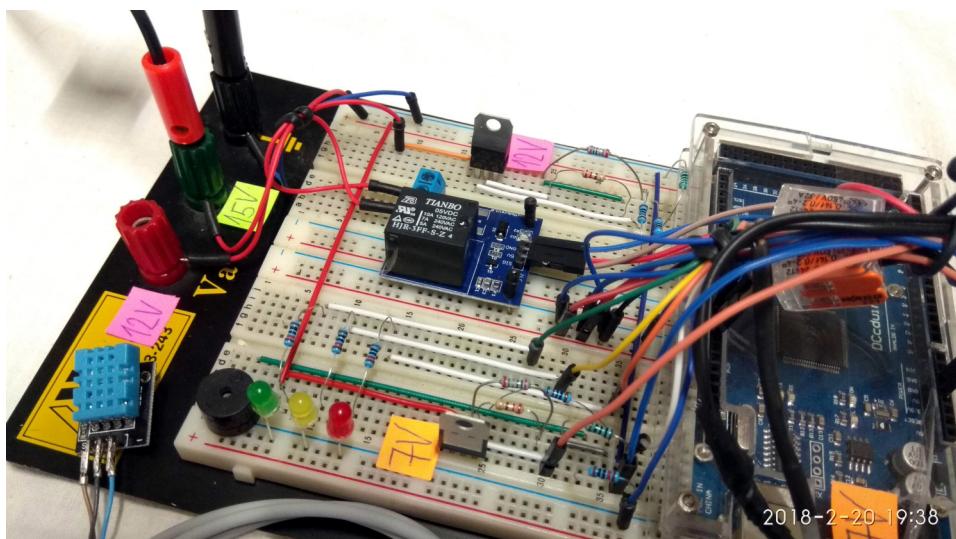
Kód lze samozřejmě upravit i pro jiné desky, např. pro Arduino Uno či Arduino Mega. Většinou stačí pozměnit čísla pinů na řádkách 18 - 31. Ostatní části kódu je doporučeno upravovat pouze zkušeným programátorům.

# 6. Zapojení a nastavení regulátoru

Síťový zdroj je napájen střídavým napětím o velikosti 230 V, které je považováno za nebezpečné [8], proto dbejte zvýšené opatrnosti!

## 6.1. Zapojení

Regulátor by se měl zapojit předem na nepájivém poli, aby bylo možné nastavit parametry jeho obvodu a ověřit celkovou funkčnost před finální montáží (obr. 6.1).



Obrázek 6.1.: Příklad zapojení na nepájivém poli s Arduino Mega (počáteční fáze vývoje)

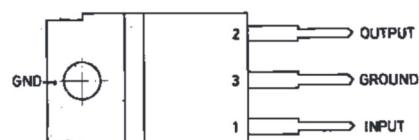
Obvod regulátoru se zapojí podle schématu v příloze B nebo D a postupuje se dle pokynů uvedených v podkapitole 5.6 na straně 18.

Je nutné dát pozor na číslování vývodů u integrovaných obvodů. Např. u obvodu LM350T je výstup ten prostřední, bez ohledu zda má vývod číslo 2 nebo 3 (výrobci používají číslování jak 1-2-3, tak 1-3-2). Správné označení vývodů pro obvod LM350T je na obr. 6.3 a pro obvod L7808 na obr. 6.2.

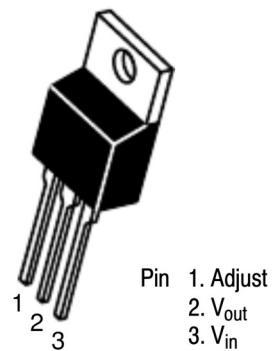
Velkou pozornost musí být věnována také při nastavování napětí 12 V pro čerpadlo pomocí trimru R2 a při nastavování kontrastu LCD displeje pomocí trimru R8. Po prvním zapojení displeje většinou není nic vidět.

Dále se nesmí zapomenout na chladič, který se připevní k integrovanému obvodu LM350T pomocí teplovodivé pasty a šroubku s matkou. Zásobník vody, čerpadlo, tryska a senzory se připraví a zapojí rovněž podle pokynů z předchozích podkapitol. Nakonec se do Arduina nahraje zdrojový kód, zásobník se naplní vodou, tryska se ponoří do zásobníku (zatím), aby voda nestříkala okolo a regulátor se oživí zapojením síťového zdroje do zásuvky.

Na LCD displeji by se měla objevit úvodní informace „Automatická regulace vlhkosti“ a zhruba po dvou sekundách aktuální aktuální hodnoty v teráriu a stav regulátoru. Pokud je vlhkost okolního vzduchu nižší než 60 %, regulátor začne zavlažovat. Když ne, zafoukejte na senzor DHT11 fénem. Naopak vlhkost zvýšte, když na senzor zhluboka několikrát dýchnete. Pokud vše funguje podle očekávání, může se přejít k nastavení regulátoru pro terárium.



Obrázek 6.2.: Označení vývodů pro integrovaný obvod L7808 [7]



Obrázek 6.3.: Označení vývodů pro integrovaný obvod LM350T [3]

## 6.2. Nastavení

Před nastavením regulátoru je nutné zajistit počáteční podmínky v teráriu. Nejdříve je nutné dostatečně zavlažit substrát na dně terária, zapnout osvětlení, zavřít dvířka a počkat asi půl hodiny, aby došlo k rovnováze prostředí v teráriu. Nakonec se zapne regulátor a sleduje se průběh zavlažování v závislosti na čase. Pokud bude regulátor zavlažovat příliš často, nejdříve by se měla přemístit tryska a senzor DHT11 na jiné místo, aby se zajistily lepší podmínky pro zavlažování a měření, jak bylo popsáno v 5. Když bude regulátor oscilovat stále, zkusí se prodloužit doba rozprašování, ale nenastavujte více jak 10 s, aby nedocházelo k velkému zahřívání obvodu LM350T.

Dalším příčinou může být velký objem terária a trvá delší dobu, než se změna vlhkosti projeví. V takovém případě se doporučuje prodloužit kontrolu vlhkosti třeba na 5 minut. Pokud ani tyto kroky nepomohou, doporučuje se kontrolovat vhodnost terária pro automatickou regulaci, jak bylo vysvětleno v 2. Naopak, bude-li vlhkost po rozprášení vody příliš vysoká, doba rozprašování se může zkrátit např. o 2 s.

Zkušenosti z praxe ukázaly, že správně nastavený regulátor zavlažuje jednou dávkou zhruba každých 30 min (viz graf na obr. 4.2). Jedná se o orientační hodnotu, která odpovídá naměřeným hodnotám v našem teráriu o rozměrech 30x40x80 cm. Ve větším teráriu bude perioda pravděpodobně delší<sup>1</sup>.

Z grafu na obr. 4.1 lze vyčíst, jakým způsobem regulátor pracuje - když vlhkost poklesne pod 60 %, regulátor jednou zavlaží, vlhkost za 3 min vzroste asi na 80 % a potom přirozeně klesá dolů asi 30 min, než klesne opět pod 60 %. Tento cyklus se opakuje do té doby než dojde voda v zásobníku.

---

<sup>1</sup> Protože ve větším teráriu je substrát rozložen na větší ploše a tepelné zdroje vysušují vzduch pomaleji než v malém teráriu.

# 7. Montáž regulátoru

V této fázi se předpokládá, že je regulátor provozuschopný, a tedy připraven na finální montáž do přístrojové krabičky.

Tato kapitola obsahuje jen stručné informace, protože by její vypracování překročilo rozsah této práce. Autor je přesvědčen, že se jedná o část, kterou si každý pojme po svém (jiný typ přístrojové krabičky, jiné uspořádání součástek atd.), proto kapitola obsahuje jen naše doporučení a pro inspiraci fotografie regulátoru v našem provedení.

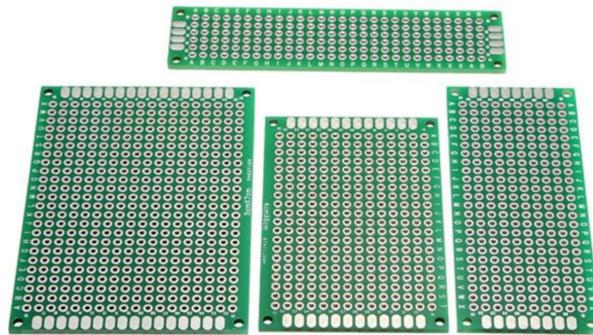
1. Doporučuje se použít přístrojová krabička s krytím IP54. Důvodem není fakt, že tento stupeň krytí chrání obsah krabičky proti stříkající vodě<sup>1</sup> ([8]), ale protože taková krabička je pevnější a dobře se opracovává.
2. Jednodušší je použít předvrstanou univerzální desku plošných spojů, která se nemusí leptat a stojí pár korun (obrázky 7.1, 4.1, 4.2).
3. Aby deska a Arduino Nano v krabičce „nepoletovaly“, lze je na některých místech přilepit sanitárním silikonem. Silikon odolává vysokým teplotám a v případě servisu lze desku i s Arduinem snadno odlepit. Dnes už není problém sehnat malou tubu s množstvím asi 50 ml. Viz také přilepený LCD displej na obr. 7.6.
4. Do krabičky v místě nad chladičem je nutné vyvrtat několik děr pro odvod ztrátového tepla. Umístění děr pro LED diody, vypínače, konektory a LCD displej si jistě každý zvolí podle svého uvážení.
5. Přístrojová krabička se doporučuje dvakrát větší než je na obr. 7.2 a 7.3, aby některé části regulátoru nebyly příliš blízko u sebe. Hotový regulátor na obr. 7.7 sice funguje a může svými rozměry působit líbivě, nicméně během naší montáže vznikaly problémy s elektromagnetickým rušením, které nebylo jednoduché odstranit. Větší krabička by měla zajistit také lepší rozložení ztrátového tepla. Proto se doporučuje:

---

<sup>1</sup>Do krabičky bude vyvrtáno několik děr, připojovací konektory rovněž nebudou mít vyšší krytí a LCD displej rovněž nebude zakrytý. Čili ochrana IP54 v tomto případě postrádá smysl.

- a) Svorkovnici pro „Senzor hladiny In“ umístit v krabičce zvlášť co nejdál od osázené desky plošných spojů (např. na malém zvláštním univerzálním spoji). Stíněný kabel, který povede z této svorkovnice do zásobníku vody by měl vést cestou, kudy nevede kabel pod napětím.
- b) Arduino Nano by se mělo umístit rovněž co nejdál od osázené desky plošných spojů.
- c) Tři kably, které vedou z Arduina do tří LED diod by se také měly trasovat zvlášť.

Opatření se mohou zdát komplikovaná, ale je to jen o správném rozvržení komponentů uvnitř krabičky.

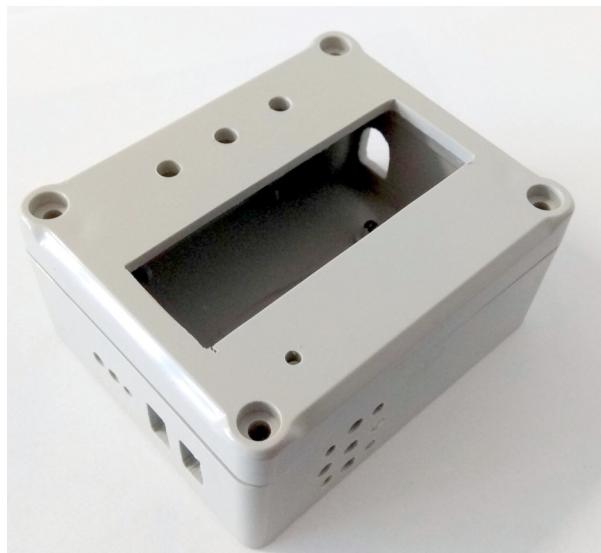


Obrázek 7.1.: Předvrtané univerzální desky pro tvorbu plošných spojů zvlášť

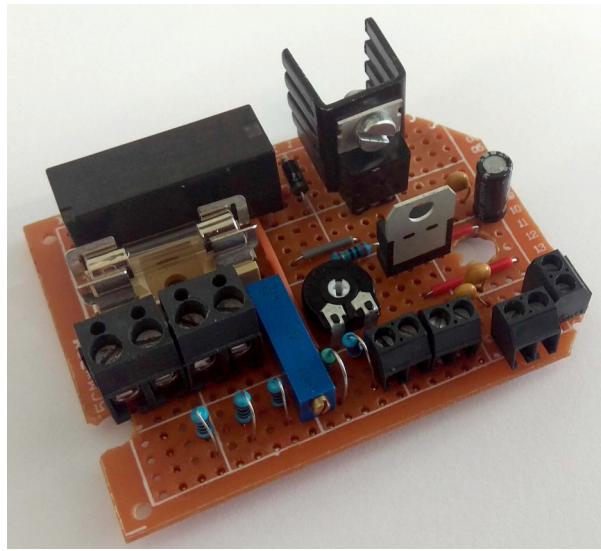
Na obr. 7.8 je fotografie hotové sestavy pro regulaci vlhkosti vzduchu v teráriu.



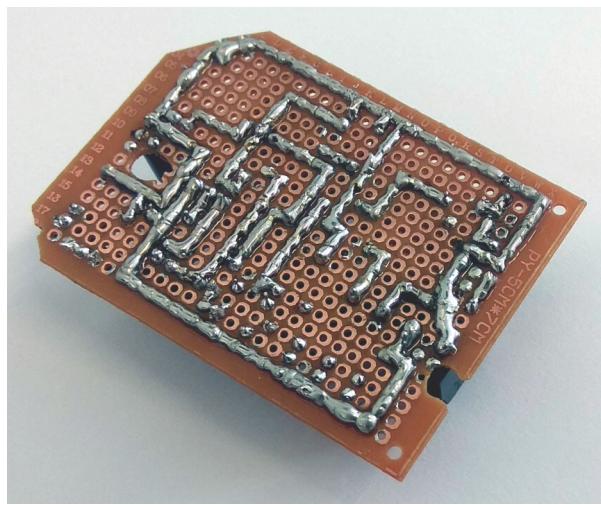
Obrázek 7.2.: Přístrojová krabička - pohled 1



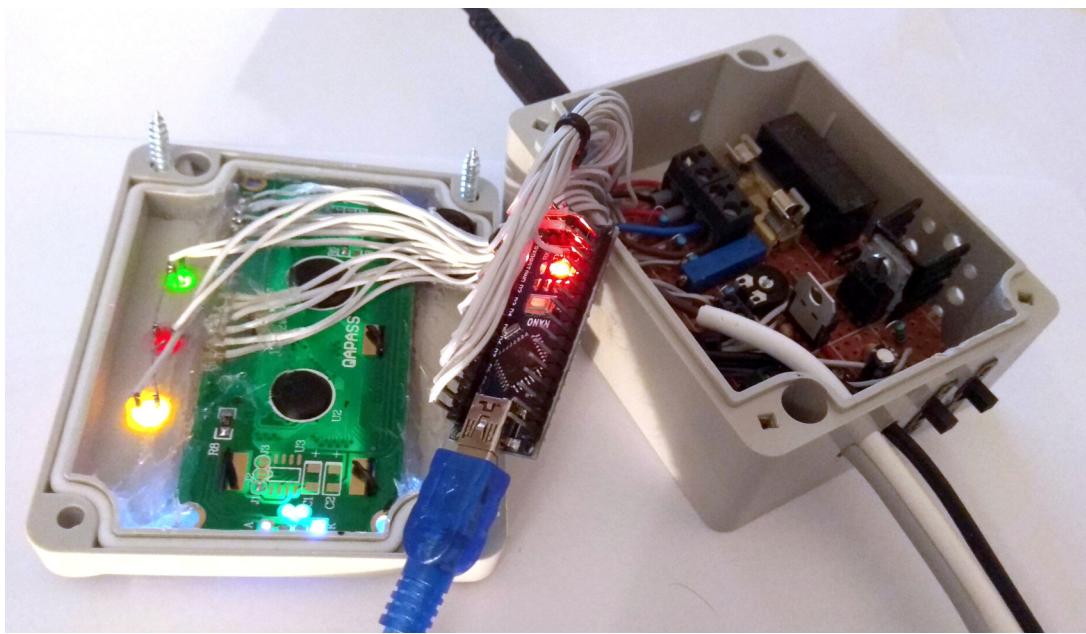
Obrázek 7.3.: Přístrojová krabička - pohled 2



Obrázek 7.4.: Osázená univerzální deska



Obrázek 7.5.: Vytvořené plošné spoje



Obrázek 7.6.: Nahrávání zdrojového kódu do Arduino Nano



Obrázek 7.7.: Hotový regulátor



Obrázek 7.8.: Hotová sestava pro regulaci vlhkosti vzduchu

## 8. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnut a realizovat jednoduché a finančně dostupné zařízení, které udržuje vlhkost v teráriu v požadovaném rozmezí.

Zařízení se skládá z regulátoru s LCD displejem, dvou senzorů, zásobníku vody, čerpadla a síťového zdroje napětí.

Během testování v provozu se projevilo několik problémů, které vedly ke zlepšení zásobování a rozprašování vody, k optimalizaci elektronického zapojení, ke zlepšení provozní bezpečnosti a zejména k optimalizaci zdrojového kódu pro Arduino Nano.

Při testování bylo rovněž provedeno měření změny vlhkosti v teráriu v závislosti na čase. Měření prokázalo provozuschopnost regulačního obvodu a graficky znázornilo jeho chování.

Přestože se nejedná o pokročilou formu regulace, jak bylo vysvětleno v [6.2](#), zařízení splňuje účel, ke kterému bylo předurčeno a doporučuje se do provozu.

# Literatura

- [1] *Temperature and humidity module: DHT11 Product Manual.* b.m.: Aosong (Guangzhou) Electronics Co., 2017.
- [2] *DHT11 teploměr a vlhkoměr digitální: Datasheet.* Havlíčkův Brod: ECLIPSERA s.r.o, 2016.
- [3] *LM350: Datasheet.* 3. vyd. b.m.: Semiconductor Components Industrie, 2004.
- [4] *Hagen Exo Terra Monsoon Multi zvlhčovač* [online]. Praha: Heureka Shopping s.r.o., 2018 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <https://ostatni-doplnky-teraria.heureka.cz/hagen-exo-terra-monsoon-multi-zvlhcovac/>
- [5] *Vlhkost vzduchu.* Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018. Dostupné také z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Vlhkost\\_vzduchu](https://cs.wikipedia.org/wiki/Vlhkost_vzduchu)
- [6] *Automatizace a automatizační technika.* Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-722-6247-5
- [7] *L7800 SERIES: POSITIVE VOLTAGE REGULATORs.* b.m.: STMicroelectronics, 2004.
- [8] BROŽ, Karel. *Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím.* Praha: SNTL, 1976.
- [9] *Mikroprocesor.* Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 23. 3. 2018 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroprocesor>
- [10] *Arduino Nano (V3.0): User Manual.* 3. vyd. California: Creative Commons Attribution, 2010. Dostupné také z: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)
- [11] VODA, Zbyšek a Tým HW Kitchen. *Průvodce světem Arduina.* 2. vyd. Bučovice: Nakladatelství Martin Stríž, 2017. ISBN 978-80-87106-93-8. Dostupné také z: <https://www.hwkitchen.cz>

# **Přílohy**



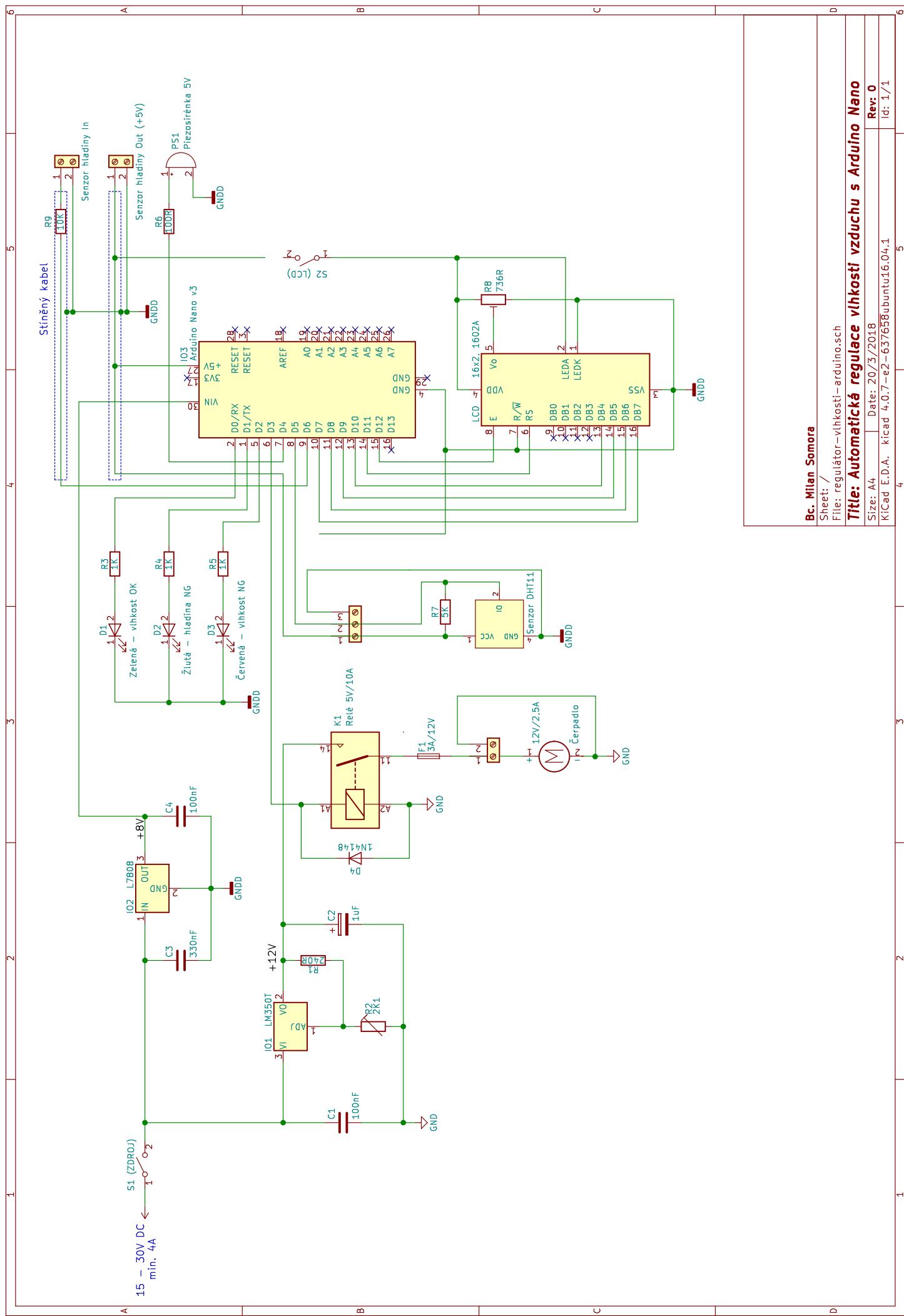
# A. Seznam použitých součástek

Název	Označení	Hodnota/popis	Množství
Zdroj napětí	-	15 VDC/min. 3 A	1 ks
Stabilizátor napětí LM350T	IO1	1,2..33 V/3 A, TO220	1 ks
Stabilizátor napětí L7808	IO2	8 V/0.5 A, TO220	1 ks
Arduino Nano v3	IO3	-	1 ks
Kondenzátor keramický	C1	100 nF/50 V	1 ks
Kondenzátor elektrolytický	C2	1 $\mu$ F/50 V	1 ks
Kondenzátor keramický	C3	330 nF/50 V	1 ks
Kondenzátor keramický	C4	100 nF/50 V	1 ks
Rezistor metalizovaný	R1	240 R/0,6 W	1 ks
Trimr uhlíkový ležatý	R2	5K/0,15 W	1 ks
Rezistor metalizovaný	R3,R4,R5	1K/0,6 W	3 ks
Rezistor metalizovaný	R6	300R/0,6 W	1 ks
Rezistor metalizovaný	R7	5K/0,6 W	1 ks
Trimr více otáčkový stojatý	R8	2K	11 ks
Rezistor metalizovaný	R9	10K	1 ks
Dioda LED	D1	5 mm, zelená	1 ks
Dioda LED	D2	5 mm, žlutá	1 ks
Dioda LED	D3	5 mm, červená	1 ks
Dioda usměrňovací	D4	1N4148	1 ks
Senzor vlhkosti a teploty	DHT11	-	1 ks
Elm. relé s DC cívkou	K1	5 V/10 A	1 ks
Pojistka trubičková	F1	5x20 mm, 3 A/12-24 V	1 ks
Piezosirénka	Sirénka	5 V	1 ks
Spínač pro zdroj napětí (nebo páčkový přepínač)	S1, S2	posuvný, páčkový nebo kolébkový	2 ks
Čerpadlo	čerpadlo	Čerpadlo odstřikovače do auta na 12 V	1 ks

Název	Označení	Hodnota/popis	Množství
Akvarijní hadička	-	d = 6 mm	1 m
Tryska	-	rozprašování vody	1 ks
Kanyster plastový 5l	-	-	1 ks
LCD display	LCD	16X2, řadič HD44780	1 ks
Kabel stíněný	-	2x0, 15mm <sup>2</sup>	0,5 m
Kabel tří-žilový pro DHT11	-	3x0, 15mm <sup>2</sup>	1 m
Svorkovnice dvoupinová	Senzor hl. In	-	2 ks
	Senzor hl. Out		
	-	pro čerpadlo a zdroj	2 ks
Chladič pro LM350T	-	hliník, pro pouzdro TO220, 13x19x13 mm	1 ks
Krabička plastová	-	Krytí IP54, rozměr 100x80x40 mm (ŠxHxV)	1 ks
Plošný spoj univerzální	-	70x50 mm	1 ks
Pojistkové pouzdro	-	Poj. pouzdro do DPS pro pojistku 5x20 mm	1 ks
Napájecí souosý konektor	-	Samec, d=5,5 mm/2,5 mm	1 ks
Napájecí souosý konektor	-	Samice, vidlice d=5,5 mm/2,5 mm	1 ks
Feritové magnety kulaté	-	d=20 mm	4 ks
Hadice zahradní	-	3/4"	10 cm
Hadicový trn	-	Na 3/4" hadici s 1/2" závitem a těsněním	1 ks
Redukce 1/2"	-	Redukce se dvěma vnějšími 1/2" závity	1 ks
Těsnění na 1/2" závit	-	-	2 ks
Matka na 1/2" závit	-	-	1 ks
Spona šneková	-	na 3/4" hadici	2 ks
Držák na trysku	-	-	1 ks
Teplovodivá pasta		pro chladič na LM350	1 ks

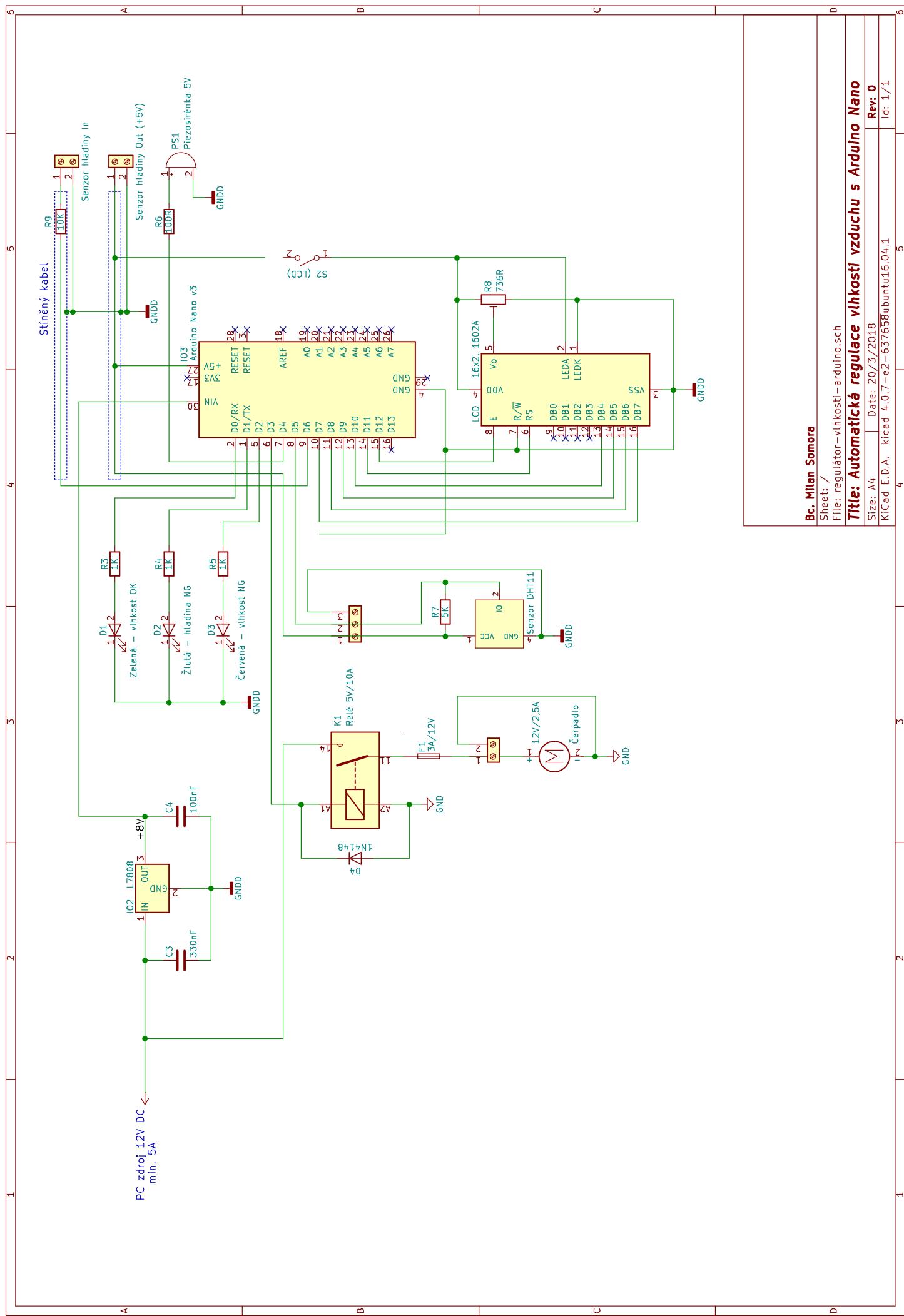
## **B. El. schéma regulátoru**

Následující strana obsahuje elektronické schéma regulátoru pro zdroj s napětím na prázdnou 15 - 30 V.



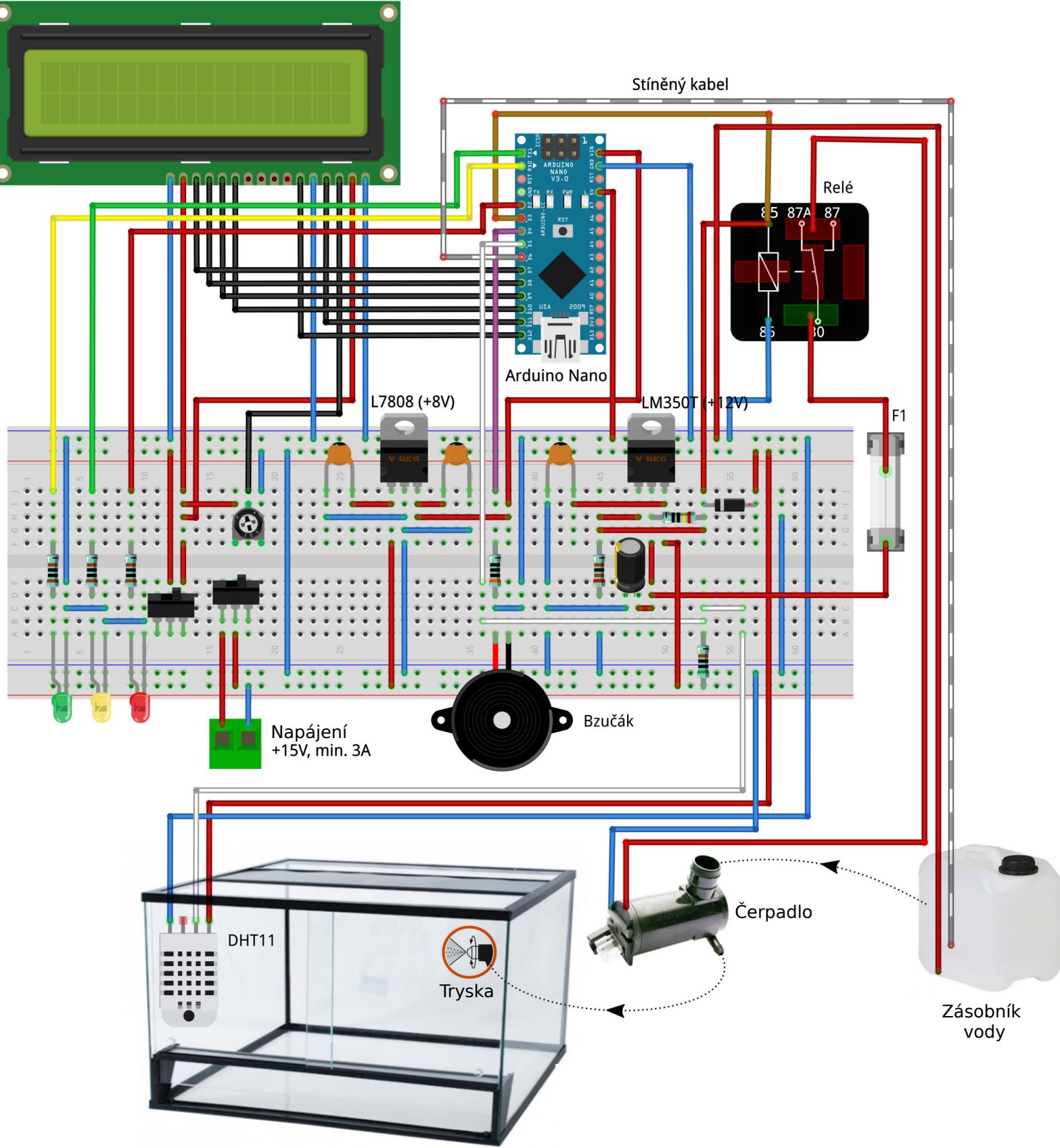
## **C. El. schéma s PC zdrojem**

Následující strana obsahuje elektronické schéma regulátoru pro použití s počítačovým zdrojem.



## **D. Zapojení na nepájivém poli**

Následující strana obsahuje schéma zapojení pomocí nepájivého pole.



## E. Zdrojový kód pro Arduino Nano

Níže je výpis zdrojového kódu, který lze nahrát do Arduina Nano. Hodnoty na řádkách 38 - 41, 178 a 210 lze libovolně měnit podle chování regulované soustavy. Knihovny uvedené na řádkách 2 - 5 lze stáhnout na Githubu (včetně tohoto zdrojového kódu): <https://github.com/milansomora/regulator-vlhkosti>.

```
1 // Knihovny
2 #include "Adafruit_Sensor.h"
3 #include "Arduino.h"
4 #include "DHT.h"
5 #include "LiquidCrystalFast.h"
6
7 typedef unsigned short USHORT;
8 typedef unsigned long int ULONG;
9
10 // Prototypy funkcí
11 void vypisHodnotuSenzoru();
12 void kontrolaHladinyVody(bool &hladina);
13 void kontrolaVlhkosti(USHORT &vlh);
14 void zapniCerpadlo(bool &hladina);
15 void zapipej();
16
17 // Definice digitálních vstupů
18 const USHORT zelenaLedPin = 0;
19 const USHORT zlutaLedPin = 1;
20 const USHORT cervenaLedPin = 2;
21 const USHORT cerpadloPin = 3;
22 const USHORT bzucakPin = 4;
23 const USHORT senzorVlhkostiPin = 5;
24 const USHORT senzorHladinyPin = 6;
```

```

25
26 // Definice pinů pro LCD displej
27 const USHORT rs_pin = 11;
28 const USHORT e_pin = 12;
29 const USHORT d4_pin = 10;
30 const USHORT d5_pin = 9;
31 const USHORT d6_pin = 8;
32 const USHORT d7_pin = 7;
33
34 // Globální promenné
35 USHORT teplota, vlhkost;
36 bool stavHladinyVody;
37
38 // Hodnoty těchto glob. proměnných lze libovolně měnit:
39 const USHORT minHladinaVlhkosti = 60; // [%]
40 const USHORT casSpusteniCerpadla = 6000; // 6s
41 const ULONG casKontrolyVlhkosti = 180000; // 3 min
42 const ULONG casKontrolyDoplneniVody = 300000; // 5 min
43
44 // Nastavení typu DHT senzoru
45 #define typSenzoru DHT11
46
47 // Deklarace senzoru vlhkosti
48 DHT senzor(senzorVlhkostiPin, typSenzoru);
49
50 // Deklarace LCD displeje
51 LiquidCrystalFast LCD(rs_pin, e_pin, d4_pin, d5_pin, d6_pin,
52                         d7_pin);
53
54 void setup() {
55     // Inicializace vstupů
56     pinMode(cerpadloPin, OUTPUT);
57     pinMode(bzucakPin, OUTPUT);
58     pinMode(senzorHladinyPin, INPUT);
59
60     // Komunikace po sériové lince rychlostí 9600 baud

```

```

61     Serial.begin(9600);
62
63     // Zapnutí komunikace se senzorem vlhkosti
64     senzor.begin();
65
66     // Zapnutí LCD displeje
67     LCD.begin(16, 2);
68     LCD.setCursor(1, 0);
69     LCD.print("Aut. regulace");
70     LCD.setCursor(4, 1);
71     LCD.print("vlhkosti");
72     delay(1000);
73 }
74
75 void loop() {
76     // Načtení hodnot ze senzoru vlhkosti
77     teplota = senzor.readTemperature();
78     vlhkost = senzor.readHumidity();
79
80     // Kontrola DHT senzoru (komunikace s Arduinem)
81     if (vlhkost == 0 || teplota == 0) {
82         // Výstup na LCD
83         LCD.begin(16, 2);
84         LCD.setCursor(0, 0);
85         LCD.print("Chyba DHT");
86         LCD.setCursor(0, 1);
87         LCD.print("senzoru!");
88         delay(2000);
89         LCD.begin(16, 2);
90         LCD.setCursor(0, 0);
91         LCD.print("Zkontrolujte");
92         LCD.setCursor(0, 1);
93         LCD.print("senzor.");
94
95         // Výstup do konzole
96         Serial.println("Chyba ctení z DHT senzoru!");
97         delay(2000);

```

```

98     }
99     else {
100        vypisHodnotuSenzoru();
101        stavHladinyVody = digitalRead(senzorHladinyPin);
102
103        // Kontrola hladiny vody nádrži
104        kontrolaHladinyVody(stavHladinyVody);
105
106        // Kontrola a regulace vlhkosti vzduchu v teráriu
107        kontrolaVlhkosti(vlhkost);
108
109        if (vlhkost >= minHladinaVlhkosti && stavHladinyVody ==
110            true) {
111
112            // Výstup na LCD
113            LCD.setCursor(0, 1);
114            LCD.print("                ");
115            LCD.setCursor(0, 1);
116            LCD.print("Vše je OK!");
117
118            // Výstup do konzole
119            Serial.println("Vše je OK!");
120
121
122
123        // Pro lepší čitelnost výstupu v konzoli
124        Serial.println(" ");
125        delay(2000);
126    }
127 }
128
129 void vypisHodnotuSenzoru() {
130     // Výstup na LCD
131     LCD.begin(16, 2);
132     LCD.setCursor(0, 0);
133     LCD.print("V: ");

```

```

134
135     LCD.setCursor(3, 0);
136     LCD.print(vlhkost);
137
138     LCD.setCursor(5, 0);
139     LCD.print("%, ");
140
141     LCD.setCursor(8, 0);
142     LCD.print("T: ");
143     LCD.setCursor(11, 0);
144     LCD.print(teplota);
145     LCD.setCursor(13, 0);
146     LCD.print((char)223);
147     LCD.setCursor(14, 0);
148     LCD.print("C");
149
150     // Výstup do konzole
151     Serial.print("Vlhkost: ");
152     Serial.print(vlhkost);
153     Serial.print(" %, ");
154     Serial.print("teplota: ");
155     Serial.print(teplota);
156     Serial.println(" C");
157 }
158 void kontrolaHladinyVody(bool &hladina) {
159     if (hladina == true) {
160         digitalWrite(zlutaLedPin, LOW);
161     }
162     else {
163         digitalWrite(zlutaLedPin, HIGH);
164
165         // Dokud obsluha nedoplní vodu:
166         while (!hladina) {
167             zapipej(); // 3x pipnuti z piezo repráčku
168
169         // Výstup na LCD
170         LCD.begin(16, 2);

```

```

171         LCD.setCursor(0, 0);
172         LCD.print("Dosla voda");
173         LCD.setCursor(0, 1);
174         LCD.print("Cekam 5 min..."); 
175
176     // Výstup do konzole
177     Serial.println("- Cekam na doplneni vody (5 min)... "
178             );
179
180     // Kontrola hladiny pro ukončení cyklu while
181     stavHladinyVody = digitalRead(senzorHladinyPin);
182     if (stavHladinyVody) {
183         LCD.begin(16, 2);
184         break;
185     }
186 }
187 }
188 }
189
190
191 void zapniCerpadlo(bool &hladina) {
192     if (hladina == true) {
193         // Výstup na LCD
194         LCD.setCursor(0, 1);
195         LCD.print("          ");
196         LCD.setCursor(0, 1);
197         LCD.print("Zavlazuji..."); 
198
199         // Zapnutí čerpadla
200         digitalWrite(cerpadloPin, HIGH); // zap
201         delay(casSpusteniCerpadla);
202         digitalWrite(cerpadloPin, LOW); // vyp
203
204         // Výstup na LCD
205         LCD.begin(16, 2);
206         LCD.setCursor(0, 0);

```

```

207     LCD.print("Kontroluji");
208     LCD.setCursor(0, 1);
209     LCD.print("vlhkost (3 min)");
210
211     // Výstup pro konzoli
212     Serial.println("+ Kontroluji vlnkost... ");
213     delay(casKontrolyVlnkosti);
214 }
215 else {
216     digitalWrite(cerpadloPin, LOW);
217 }
218 }
219
220 void kontrolaVlnkosti(USHORT &vlh) {
221     if (vlh > minHladinaVlnkosti) {
222         // Vlnkost je OK
223         digitalWrite(zelenaLedPin, HIGH);
224         digitalWrite(cervenaLedPin, LOW);
225     }
226     else {
227         // Vlnkost je nízká
228         digitalWrite(zelenaLedPin, LOW);
229         digitalWrite(cervenaLedPin, HIGH);
230         zapniCerpadlo(stavHladinyVody);
231     }
232 }
233
234
235 void zapipej() {
236     for (USHORT i = 0; i < 3; i++) {
237         digitalWrite(bzucakPin, HIGH);
238         delay(450);
239         digitalWrite(bzucakPin, LOW);
240         delay(200);
241     }
242 }
```