

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta



**Měření a udržování základních
environmentálních podmínek pro chov
terarijních zvířat**

Bakalářská práce

Jiří Veselovský

Vedoucí práce: Ing. Michal Šerý, Ph.D.

České Budějovice 2014

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

ZADÁVACÍ PROTOKOL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: Jiří Veselovský
(jméno, příjmení, tituly)

Obor – zaměření studia: Měřicí a výpočetní technika

Katedra: Ústav fyziky a biofyziky

Školitel: Ing. Michal Šerý
(jméno, příjmení, tituly, u externího š. název a adresa pracoviště, telefon, fax, e-mail)

Garant z PřF:
(jméno, příjmení, tituly, katedra – jen v případě externího školitele)

Školitel – specialista, konzultant:
(jméno, příjmení, tituly, u externího š. název a adresa pracoviště, telefon, fax, e-mail)

Téma bakalářské práce:

Měření a udržování základních environmentálních podmínek pro chov terarijních zvířat.


Cíle práce :

Seznámit se s optimálními podmínkami pro chov terarijního živočicha.
Navrhnout měřicí místa a způsoby měření důležitých veličin (hodnoty teploty, osvětlení a vlhkosti).
Navrhnou a zprovoznit zařízení na bázi mikroprocesoru, schopné měřit, zobrazovat a regulovat základní životní podmínky terarijních zvířat chovaných v domácnosti.
Navrhnout komunikaci s PC pomocí sériové linky pro logování a nastavování hodnot.
Vypracovat dokumentaci.
Provést praktické měření.
Zhodnocení a závěr

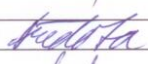
Základní doporučená literatura :

Nataša Velenská: Želva zelenavá, Robimaus
Hartmut Wilke: Vaše želva, VAŠUT
Hartmut Wilke, Uwe Andreas: Naše želva, VAŠUT
Manfred Au: Terárium, VAŠUT
Jiří Hrabáček: Komunikace mikrokontroléru s okolím 1, BEN
Jiří Hrabáček: Komunikace mikrokontroléru s okolím 2, BEN
David Matoušek: Práce s inteligentními displeji LCD 1, BEN
Burkhard Kainka: USB – Měření a regulace pomocí sběrnice USB, BEN

Financování práce :

Vedoucí práce : Ing. Michal Šerý podpis : 

U externích vedoucích fakultní garant práce : podpis : _____

Vedoucí katedry: RNDr. Milan Předota, Ph.D. podpis : 

V Českých Budějovicích dne _____

Převzal/a dne : _____ podpis : 

Bibliografické údaje

Veselovský Jiří, 2014: Měření a udržování základních enviromentálních podmínek pro chov terarijních zvířat.

[Measuring and maintaining of basic environmental conditions for breeding terrarium animals. Bc. Thesis, in Czech.] – 48 p. , Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS This Thesis deals with the creation of a single device which control all necessary living conditions for terrarium animals reared in the home. The device is based on the Arduino components. The device can control temperature, humidity, light, UV index. The device can also communicate to PC.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V dne

Podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem pomohli v mém studiu a umožnili tak i sepsání této práce. Především pak mé rodině za trpělivost a toleranci. Vedoucímu práce za vedení a cenné nápady. Kolegům z práce taktéž za nápady a rozšíření obzorů.

Obsah

Úvod	1
Cíle	2
1 Základní podmínky chovu	3
1.1 Teplota	3
1.2 Vlhkost	3
1.3 UV záření	3
1.3.1 UVA	4
1.3.2 UVB	4
1.3.3 UVC	4
1.3.4 UV index (UVI)	4
1.4 Osvětlení	5
1.5 Příklad typických hodnot.	5
2 Navrhované zařízení - obecný popis	6
2.1 Regulace osvětlení	6
2.2 Regulace UV záření	7
2.3 Regulace vlhkosti	9
2.4 Regulace teploty v teplé části	10
2.5 Regulace teploty v chladné části	10
2.6 Regulace teploty vody	11
2.7 Ovládání po sériové lince - USB	11
2.8 Ovládání po sériové lince - Bluetooth	11
2.9 Ovládání pomocí otočného ovladače a LCD	12
2.10 SD karta	12
3 Navrhované zařízení - HW část	13
3.1 Blokové schéma	13
3.2 Část - Řízení, systémová a obslužná část.	13
3.2.1 Modul řízení + USB	13
3.2.2 Napájení	16
3.2.3 LCD a regulace jasů a kontrastu	16
3.2.4 Otočný ovladač	18
3.2.5 Modul SD karty	18
3.2.6 Modul RTC - real Time Clock	19
3.2.7 Modul Bluetooth	19
3.2.8 Popis zapojení vývodů	19
3.3 Část - Osvětlení a teplota v teplé části	21
3.3.1 Spínací prvek - MOSFET regulátor	21

3.3.2	Spínací prvek - 2x relé IN1	21
3.3.3	Žárovka DEN	21
3.3.4	Žárovka NOC	22
3.3.5	Spínací prvek - 2x relé IN2	22
3.3.6	Zářivka	22
3.3.7	Teplotní čidlo	22
3.3.8	Popis zapojení vývodů	22
3.4	Část - Osvětlení UV	23
3.4.1	Koncový spínač	23
3.4.2	Spínací prvek - H-můstek	23
3.4.3	Krokový motor	24
3.4.4	Spínací prvek - 4x relé - IN 1	24
3.4.5	Výbojka	25
3.4.6	Popis zapojení vývodů	25
3.5	Část - Vlhkost	26
3.5.1	Vlhkostní čidlo	26
3.5.2	Spínací prvek - 4x relé - IN 2, IN3	26
3.5.3	Rosení	26
3.5.4	Ventilátor	27
3.5.5	Popis zapojení vývodů	27
3.6	Část - Teplota chladná část	27
3.6.1	Teplotní čidlo	27
3.6.2	Spínací prvek - H-můstek	27
3.6.3	Peltiérův článek	28
3.6.4	Popis zapojení vývodů	28
3.7	Část - Vyhřívání vody	28
3.7.1	Teplotní čidlo + Spínací prvek H-můstek + Peltiérův článek	28
3.7.2	Popis zapojení vývodů	29
3.8	Použitá technická řešení	29
3.8.1	Mechanické řešení pohybu zdroje UV záření	29
4	Navrhované zařízení - SW část	30
4.1	Obecný popis	30
4.2	Popis hlavních procedur	30
4.2.1	Popis „void setup ()“	30
4.2.2	Popis „void loop ()“	32
4.3	Popis důležitých funkcí	34
4.3.1	Popis „void funkceOsvetleni (byte a, byte b)“	34
4.3.2	Popis „void funkceRegulaceUVB (byte a)“	36
4.3.3	Popis „void funkceRegulaceVlhkosti (byte a)“	38
4.3.4	Popis „void funkceRegulaceTTC (byte a)“	39
4.3.5	Popis „void funkceRegulaceTSC (byte a)“	41
4.3.6	Popis „void funkceRegulaceTV (byte a)“	41

Závěr	43
Seznam použité literatury	44
Seznam obrázků	46
Seznam tabulek	47
Seznam výpisů	48
A Vývojové diagramy	I
A.1 Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (0, 0)“	II
A.2 Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (1, 0)“	III
A.3 Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (1)“	IV
A.4 Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (2)“	V
A.5 Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (3)“	VI
A.6 Vývojový diagram - „funkceRegulaceVlhkosti(0)“	VII
A.7 Vývojový diagram - „funkceRegulaceTTC (1)“	VIII
A.8 Vývojový diagram - „funkceRegulaceTSC (1)“	IX
B Fotodokumentace	X
B.1 Celkový pohled na terárium bez krytu	XI
B.2 Celkový pohled na terárium včetně krytu	XII
B.3 Teplá část bez krytu	XIII
B.4 Teplá část s krytem	XIV
B.5 Studená část bez krytu	XV
B.6 Studená část s krytem	XVI
B.7 Elektronika bez krytu	XVII
B.8 Motor se senzorem spodní polohy	XVIII
B.9 Rameno celkový pohled	XIX
C Přílohy na CD	XX
C.1 Zdrojový kód programu.	XX

Úvod

Studium na Jihočeské univerzitě v oboru měřicí a výpočetní technika mi poskytlo dostatek informací a natolik rozšířilo obzor, že jsem se rozhodl dokončit dlouho zamýšlený projekt. Výběr právě tohoto projektu odráží znalosti získané studiem z většiny předmětů, které jsem na Jihočeské univerzitě absolvoval. Práce se zabývá pohledem na teraristiku ze strany měření a regulace životních podmínek terarijních zvířat. Teraristé se snaží poskytnout svým svěřencům, miláčkům či jednoduše zvířatům, ty nejlepší životní podmínky. I když jsou nároky na životní podmínky různé a závisí na druhu zvířete, zde navrhované řešení poskytuje komplexní přístup.

Cíle

1. Seznámit se s optimálními podmínkami pro chov terarijního živočicha.
2. Navrhnout měřicí místa a způsoby měření důležitých veličin (hodnoty teploty, osvětlení a vlhkosti).
3. Navrhnout a zprovoznit zařízení na bázi mikroprocesoru, schopné měřit, zobrazovat a regulovat základní životní podmínky terarijních zvířat chovaných v domácnosti.
4. Navrhnout komunikaci s PC pomocí sériové linky pro logování a nastavování hodnot.
5. Provést praktické měření.

1 Základní podmínky chovu

Jedna z nejdůležitějších podmínek pro chov terarijních zvířat je vytvoření a udržování mikroklimatu odpovídající danému druhu zvířete. Konkrétní podmínky se chovatel dozví z odborné literatury nebo z rad zkušenějších chovatelů. I když přirozené podmínky nelze nahradit žádnou technikou, jsou dnešní možnosti již na velmi dobré úrovni. A právě díky rozvoji moderní techniky a regulace, se stále častěji mohou chovatelé těšit z možnosti chovat i velmi exotické druhy a sledovat tak jejich přirozené chování.

1.1 Teplota

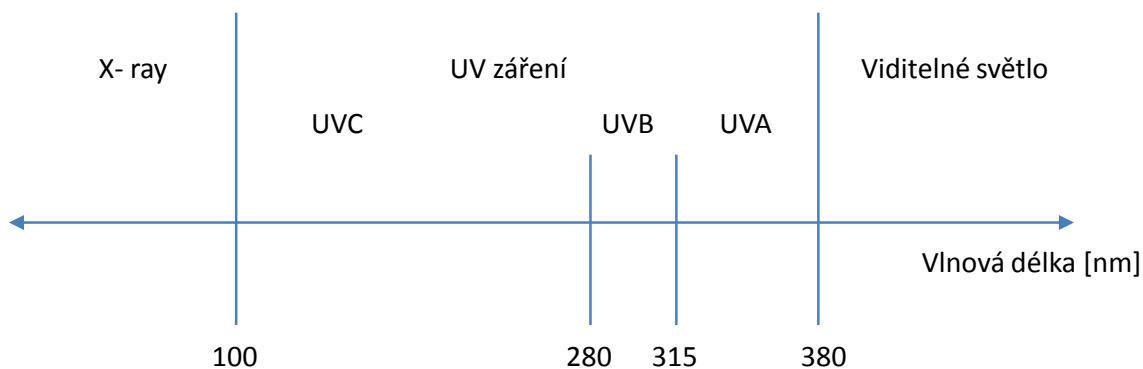
Terarijní zvířata pocházejí zpravidla z tropických oblastí, a proto je potřeba v teráriích uměle udržovat teplotu odpovídající jejich přirozenému prostředí. Plazi navíc neumí udržovat svou tělesnou teplotu, a jsou tak závislí na teple dodávaném z vnějších zdrojů. Vyhřívání zajišťujeme nejčastěji žárovkami nebo odporovými topidly. Způsob dodávání tepla je taktéž různý podle druhu zvířete. Některá zvířata vyžadují přísun tepla ze shora a některé druhy zespoda. Terárium by mělo být standardně rozdělené na dvě tepelné zóny. Chladnější a teplejší. Zvíře si samo najde optimální polohu mezi těmito místy.

1.2 Vlhkost

Pro některé druhy terarijních živočichů je nutné uměle zvyšovat vlhkost. Jsou ale i takové druhy, které nesnášejí vůbec žádnou vlhkost [3]. Většina obojživelníků je životně závislá na vodě, nebo na vzduchu s velmi vysokou vlhkostí. Jejich kůže jim totiž neposkytuje žádnou ochranu před ztrátami vody z organismu. Plazi jsou na vodě závislí mnohem méně. Jejich silná kůže představuje spolehlivou ochranu před ztrátami vody z těla, horkem i poraněním.[1] Vlhkost v teráriu upravujeme postříkem vodou, tzv. rosením. Rosíme rozprašovacími zařízeními. Zároveň je potřeba zajistit dostatečné odvětrávání. Umístění rozprašovacího zařízení nesmí být v blízkosti elektrických zařízení, aby nedošlo k úrazu elektrickým proudem jak zvířete, tak obsluhy.

1.3 UV záření

Přirozeným zdrojem UV záření je sluneční světlo. UV záření lze rozdělit do třech základních skupin UVA, UVB, UVC záření. Viz obrázek (1.1) Charakteristickým parametrem intenzity UV záření je pak UV index (UVI). Každý živočich má jiné nároky na UV záření. UV záření respektive některé jeho složky jsou pohlcovány již v atmosféře a to zejména díky ozonové vrstvě.



Obrázek 1.1: Spektrum záření - UV

1.3.1 UVA

UVA záření je záření o vlnových délkách 315 - 380 nm. Někdy se udává až 400 nm. Tuto složku UV záření do jisté míry emituje většina světelných zdrojů. UVA záření je důležité pro úroveň aktivity, krmení a chovu mnoha druhů. Jeho potřeba je závislá na druhu chovaného zvířete.

1.3.2 UVB

UVB je záření o vlnových délkách 280 - 315 nm. Terarijní zvířata, zejména pak plazi, potřebují UVB záření. Je důležité pro jejich správný vývoj a růst. Bez UVB záření nemohou metabolizovat provitamin D3. UVB záření nepronikne přes sklo.

1.3.3 UVC

UVC je záření o vlnových délkách 200 - 280 nm. Toto záření je nežádoucí pro všechny organismy. UVC záření bývá odfiltrováno vysoko nad zemským povrchem, jen minimální hodnoty UVC prochází atmosférou a dopadají i na zemský povrch. V praxi se UVC zdroje používají zejména k desinfekčním účelům.

1.3.4 UV index (UVI)

Jedna jednotka UV index je dána jako 25 miliwatů na metr čtverečný. UV index se mění s následujícími parametry: výška slunce nad obzorem, vlivy počasí, roční období, poloha směrem k rovníku a v neposlední řadě stav narušení ozónové vrstvy. V zeměpisných šířkách podobných těm našim se UV index pohybuje mezi 0 - 9 [21, 16]

Tabulka 1.1: Přehled typických hodnot.

Parametr	Testudo hermanni	Geochelone carbonaria
Původ	Řecko	Panama
Teplota vzduchu	18 - 26 °C	24 - 32 °C
Teplota teplé místo	max 40 °C	max 40 °C
Teplota vody	-	24 - 27 °C
Vlhkost	-	80 - 90 %
UV index	3 - 10	9 - 12

1.4 Osvětlení

Neméně důležitou součástí chovu je osvětlení jako takové. Zvířata původem z rovníkových oblastí jsou zvyklá na celoroční střídání dne a noci po 12 hodinách, obyvatelé mírného pásma vyžadují rozdílnou délku dne v jednotlivých ročních obdobích. K osvětlení se dají využít například zářivky, jsou laciné a mají nízkou spotřebu.

1.5 Příklad typických hodnot.

Typické podmínky se ve většině zdrojů shodují, jejich přehled je v tabulce 1.1. Některé zde uvedené jsou vyňaty z [2] a dalších zdrojů [20]. Vybrány jsou dva zástupci. *Testudo hermanni* je nejnárodněji chovatelnou želvou v České republice. Někdy se jí také přezdívá želva domácí. Její nároky jsou minimální. Na druhou stranu je vybrán zástupce více exotický. *Geochelone carbonaria* je původem z Panamy. Udržovat takovéto podmínky není jednoduché a vyžaduje složitější techniku.

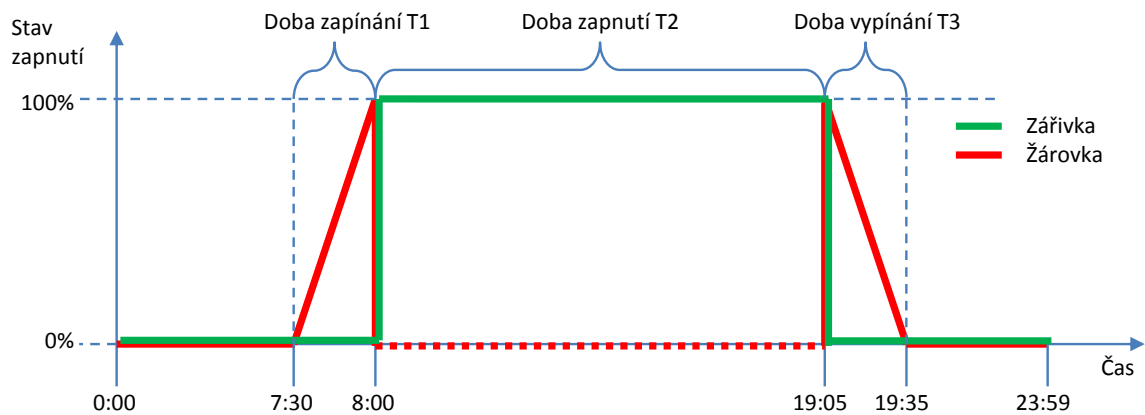
2 Navrhované zařízení - obecný popis

Navrhované zařízení je v podstatě efektivním spojením dílčích regulátorů a ovladačů s doplňkovými funkcemi. Jednotlivé regulátory jsou popsány níže, jejich společnou vlastností je možnost nastavování pomocí jednak sériové linky a druhá pomocí lokálního display a otočného ovladače. Další naprosto významnou vlastností u některých regulátorů v navrhovaném řešení je možnost nastavit hodnotu k regulaci pro různá časová období během dne. Je možno nastavit až 24 různých časových úseků. Na každý takovýto úsek lze pak nastavit jinou hodnotu k regulaci. V praxi hodně záleží na výkonu akčních členů, aby možnost nastavení tolika časových úseků, měla smysl. Je to však nesporná výhoda oproti low-end regulátorům, které umějí regulaci pouze jedné nastavené hodnoty. Veškeré důležité informace o nastavení jsou uloženy v interní paměti EEPROM. Všechny informace ze senzorů jsou využívány k regulaci a dále pak i k monitorování. Údaje ze senzorů jsou zobrazovány na display, a zároveň i v pevně stanovené časové intervaly jsou tyto informace ukládány na SD kartu. Jednotlivé regulátory jsou v následující části popsány jako funkce. Zařízení splňuje následující funkce.

2.1 Regulace osvětlení

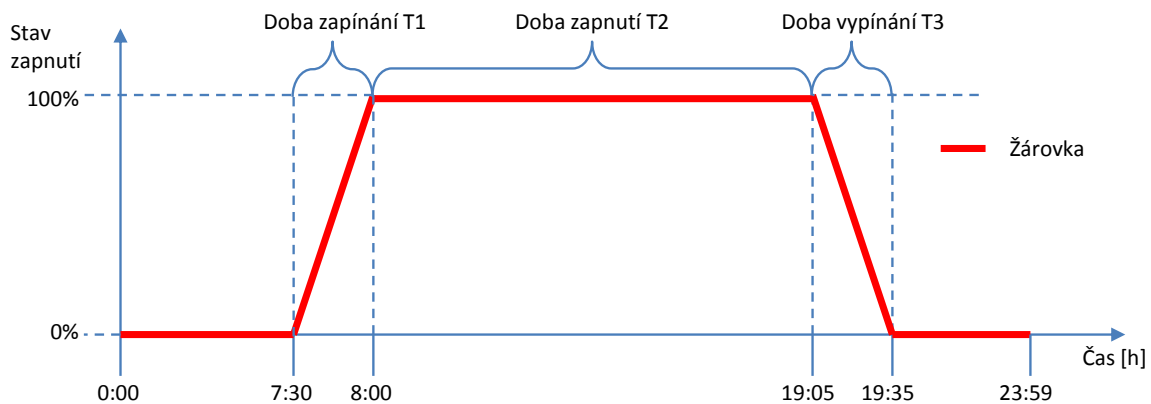
Postupné rozsvěcování a zhasínání slouží k přirozené simulaci rozednávání a stmívání během dne. Funkčně jsou k dispozici dvě varianty. Obrázek 2.1 - Varianta 1. V předem nastaveném čase se začne světlo postupně rozsvěcovat a po volitelně stanoveném úseku dojde k rozsvícení na plný výkon. Například, pokud je čas zapnutí nastaven na 7:30 a doba spínání nastavena na 30 minut, začne se světelný zdroj postupně rozsvěcovat v 7:30 a maximálního svítu dosáhne v 8:00, doba zapínání T1. Zde pak dojde k zapnutí pomocného výstupu. Po zpoždění cca 10 sec, se první světelný zdroj přepne na regulaci. Pomocný výstup je aktivován po dobu zapnutí T2. První zdroj je využíván pouze k regulaci teploty v teráriu, viz funkce regulace teploty v teplé části. Reverzní postup platí pro stmívání, doba vypínání T3. Zde nejprve dojde k rozsvícení prvního zdroje na plný výkon, následně k vypnutí pomocného relé. A následně k regulaci výkonu prvního zdroje z maxima do minima po dobu vypínání, která se rovná době zapínání, tudíž 30 minut. Jak již bylo uvedeno, čas zapnutí a čas vypnutí lze nastavit s přesností na minuty. Společně s těmito parametry lze nastavit i dobu zapnutí, respektive vypnutí. Posledním parametrem, který lze jednoduše nastavit, je i hodnota plného výkonu u regulovaného zdroje světla. Toto slouží ke snížení výkonu v případě použití silnějšího zdroje světla.

Obrázek 2.2 - Varianta 2: V případě varianty dvě se nevyužívá pomocný výstup. Tato varianta nepočítá s přídatným zdrojem světla v teráriu. Jako zdroj světla slouží pouze první zdroj, který lze regulovat, který tudíž během celé doby T2, doby sepnutí, svítí na plný jas. V tomto případě také nevyužívá regulace teploty. Doba T2, která



Obrázek 2.1: Varianta 1

je u obou způsobu stejná, je zásadní i pro další funkce. Například v případě regulace UV záření, bude regulace probíhat pouze v tomto období. Čili v době T_{on} po odečtení $T_{zapínání}$ z jedné strany a $T_{vypínání}$ z druhé strany.

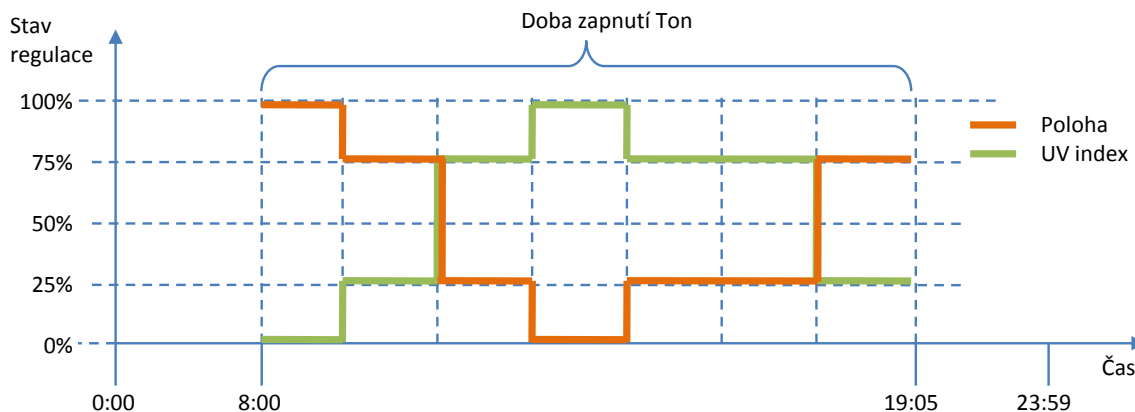


Obrázek 2.2: Varianta 2

Zařízení může být doplněno i nočním zdrojem světla. Tento je aktivní pouze mimo dobu, kdy se využívá regulace prvního zdroje světla. Zároveň je tento zdroj regulovaný vzhledem k požadované teplotě, viz popis 2.4.

2.2 Regulace UV záření

Regulace UV záření není jednoduchá, a vzhledem k možnostem, které současný trh nabízí, se nejjednodušším způsobem jeví regulace UV záření zajišťovaná pouze spínáním přídavných zdrojů UV záření. Tento způsob regulace však není příliš vhodný. Po jistých úvahách byla zvolena regulace pomocí pozice zdroje UV záření. Vycházíme z předpokladu, že intenzita záření klesá s kvadrátem vzdálenosti. Tudíž i intenzita



Obrázek 2.3: Příklad regulace UV záření

UVB záření bude klesat s vzdáleností od zdroje UVB záření. Způsob měření a výsledky jsou popsány v [14]. Jelikož navrhované zařízení v základu neobsahuje senzor UV záření, je zapotřebí externího měřicího přístroje. Nebo můžeme vycházet z výsledků měření dle [14]. Měřicí místo je v místech, kde budeme chtít výslednou intenzitu resp. UV index regulovat. Princip regulace a řízení je pak již jednoduchý. Během prvotní inicializace, nebo kdykoliv pomocí menu pro nastavení, dojde k uložení UV indexu v dolní pozici. Tomu odpovídá úroveň maximální intenzity. Jde o polohu, kdy je zdroj záření nejbližší k bodu měření a tudíž i ke zvířeti. V druhém kroku se pomocí přesně počítaných kroků zdvihá rameno do horní pozice. Tomu odpovídá úroveň nejnížší intenzity. Poloha zdroje je nejdál od zvířete. V této poloze je taktéž uložený UV index z měřené oblasti. Tímto máme uložený rozsah UV indexů minimální a maximální hodnoty a zároveň přesně definované polohy. Na jedné straně je to poloha sepnutého koncového spínače (dolní poloha) a na straně druhé přesný počet kroků odpovídající horní poloze. Celý tento koncept spolu s, již výše zmiňovanou, podporou až 24 časových úseků, přináší možnost plynule nastavit si hodnotu UV záření a tím dokonale simulovat denní cyklus různých druhů zvířat. Příklad takové regulace je vidět na obrázku 2.3, kde je doba zapnutí T_{on} rozdělena na sedm úseků, a pro každý z těchto úseků je nadefinovaná hodnota od 0 do 100 %. Přičemž 0 % odpovídá nejnížší hodnotě UV indexu a tedy horní poloze zdroje záření. 100 % pak odpovídá dolní poloze čili nejvyšší hodnotě UV indexu. Jelikož zdroj UVB záření svoji účinnost s časem ztrácí, je dobré mít přehled o tom, kolik hodin byl již v provozu. Zařízení je tudíž vybaveno počítadlem hodin provozu. Pokud je zdroj UVB záření v provozu, počítá se čas provozu, a tato informace se v předem nastavených úsecích ukládá do eeprom. Zařízení v podstatě počítá minuty, proto není problém zaznamenat i kratší úseky v případě, že doba svitu je delší, než násobek doby ukládání. Nad rámec, již zmíněných, 24 časových úseků, umožňuje zařízení uživatelem nastavit parametry dle tabulky 2.1. Zajímavostí může být možnost nastavit čas před opětovným spuštěním výbojky. Výbojka potřebuje nějaký čas pro chladnutí před opětovným nastartováním. Tuto dobu je možno nastavit pomocí konfiguračního souboru.

Tabulka 2.1: Nastavitelné parametry u regulace UV

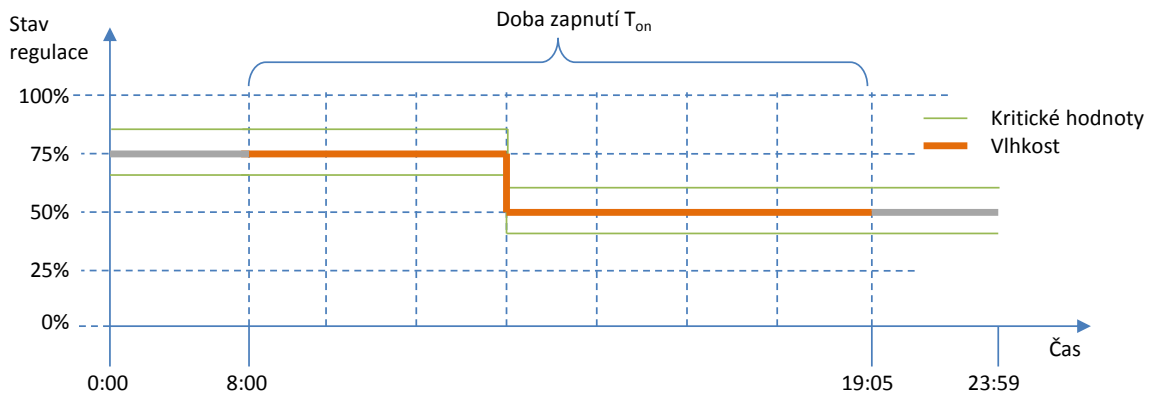
Parametr	Popis
UVB_index_Max	maximální hodnota UV indexu
UVB_index_Min	minimální hodnota UV indexu
UVB_doba_ukladani_svitu	prodleva v ukládání doby svitu do EEPROM
UVB_prodleva_UVB	prodleva pro chladnutí výbojky
UVB_max_pozice	maximální poloha zdroje UVB záření
UVB_doba_svitu	doba svitu zdroje UVB záření

Tabulka 2.2: Nastavitelné parametry u regulace vlhkosti

Parametr	Popis
FV_doba_prodlevy	prodleva před dalším aktivováním
FV_typ_regulace	typ regulace

2.3 Regulace vlhkosti

Ve sledovaném prostoru je umístěn senzor vlhkosti, kterým je neustále sledována úroveň vlhkosti. Její regulace je zajišťována dvěma aktivními členy. Jedná se o rosící zařízení a o ventilátor. Rosící zařízení se stará o zvyšování vlhkosti v případě, že vlhkost klesne pod nastavenou hodnotu. Ventilátor se pak stará o odsávání vlhkosti v případě, že vlhkost stoupne nad tuto hodnotu. Navrhované zařízení v pravidelných intervalech provádí regulaci. Tento interval lze nastavit, a tím se i nastavuje, jak často bude regulátor reagovat na změnu. Základem celého regulátoru je PID procedura pracující v obousměrném režimu - viz dále. Výstupní hodnota (odchylka) je však vždy od 0 do 255. Dochází pouze k přepínání akčního členu. V případě, že aktuální hodnota je pod požadovanou, je akčním členem prvek způsobující zvýšení vlhkosti. V případě, že aktuální hodnota je nad požadovanou, je akčním členem prvek způsobující snížení vlhkosti. Výstupní hodnota je přepočítávána na čas. Výstupní hodnota PID procedury je násobena časovou konstantou, a znamená, kolik vteřin bude ten či onen prvek aktivní. Pokud by měl čas aktivace výstupu překročit prodlevu mezi jednotlivými intervaly spouštění akčního prvku o více jak polovinu, použije se nejvýše právě jedna polovina tohoto času. Celá funkce pak navíc pracuje ve dvou režimech (dva typy regulace). A) Režim závislé regulace. Což znamená, že regulace se bude provádět jen v době, kdy je rozsvícené světlo. Tedy v době T_{on} . B) V nezávislé regulaci. Což znamená, že regulace probíhá celých 24 hodin. Na obrázku 2.4 je zobrazen příklad popisované regulace. Možnost nastavit různou vlhkost na různá období je na obrázku znázorněno tím, že přibližně v polovině dne je přechod ze 75 % na 50 %. Šedá barva u hodnoty vlhkosti zobrazená před 8:00 a po 19:00 označuje možnost regulace dle varianty A nebo B, viz výše.



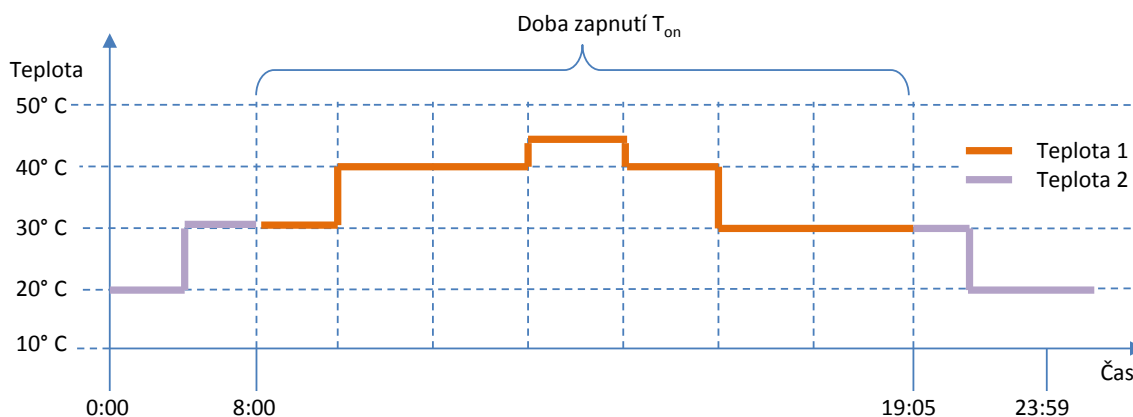
Obrázek 2.4: Příklad regulace vlhkosti

2.4 Regulace teploty v teplé části

Jak bylo popsáno v sekci 2.1, je v případě zvolení varianty číslo jedna, zdroj postupného rozsvěcování a zhasínání použit také k regulaci teploty v teplé části. Regulace je velice jednoduchá. Využívá se PID regulace. V měřené oblasti se nachází senzor teploty. Údaje o teplotě jsou porovnávány s požadovanou hodnotou, a pokud dojde k poklesu teploty pod nastavenou, začne světlo postupně přitápět, aby teplota vzrůstala. Pokud se teplota zvýší, dojde k ubrání na zdroji tepla. V případě, že je zdroj tepla již zcela vypnut, a teplota je stále nad nastavenou úroveň, nedochází k řízenému snižování teploty! Opět je možné nastavit různé teploty pro různá období. Na obrázku 2.5 je příklad takové regulace. Teplota 1 je teplota regulovaná pomocí zdroje světla. Teplota 2 je teplota regulovaná pomocí sekundárního zdroje tepla. Například zdrojem nočního osvětlení. Záleží na výkonu těchto dvou zdrojů tepla, pokud jde o rychlost, jakou je zařízení schopno reagovat na změny. Pokud by se druhý zdroj tepla nepoužil, teplota by samovolně klesla na teplotu danou okolím. Jednalo by se o poruchový stav, který by byl v „době zapnutí“ okamžitě regulován na hodnoty nastavené pro toto a následující období. Vzhledem k tomu, že hlavním zdrojem tepla bude nesporně zdroj UVB záření, bude regulace teploty během doby zapnutí spíše záložní funkce. Vhodným způsobem doplňuje možnost, kdyby zdroj UVB, vlivem poruchy, přestal fungovat.

2.5 Regulace teploty v chladné části

Regulace teploty v chladné části využívá stejné PID regulační funkce jako v kapitole 2.4. Jedinou změnou je použití peltiéřova článku tak, aby ochlazoval okolní vzduch. Vycházíme z předpokladu, že teplota v této části bude vlivem teploty v teplé části samovolně vzrůstat, a tudíž bude potřeba spíše teplotu snižovat. Použití peltiéřova článku však nevylučuje možnost teplotu i zvyšovat v případě, že by to bylo třeba. V případě, že teplota okolí je nižší než teplota v chladné části, regulátor přestane



Obrázek 2.5: Příklad regulace teploty v teplé části

regulovat pomocí chlazení, ale přepne peltiérův článek do reverzního modu a začne postupně teplotu zvedat. Teplota je neustále sledována teplotním čidlem. Opět i zde je možnost nastavit různé teploty pro různá období.

2.6 Regulace teploty vody

Regulace teploty vody probíhá podle naprosto stejného principu jako u regulace teploty v chladné části. viz. 2.5. Nutno doplnit, že v obou případech se jedná o PWM modulaci 12 V výstupů z H-můstku. Napětí na těchto výstupech zároveň mění polaritu v závislosti na přímé nebo reverzní regulaci. Vhodným zapojením doplňujících modulů, jde ovládat i zařízení připojené na síťové napětí. Například právě v případě regulace teploty vody, by pak mohlo jít o regulaci například topné spirály, která by vodu přehřívala.

2.7 Ovládání po sériové lince - USB

Jednou z dalších vlastností je možnost komunikovat s celým zařízením po sériové lince USB. Komunikace, respektive reakce ze zařízení, je navržena pro terminál. S využitím právě terminálu se dá celé zařízení nastavovat. Zároveň, na vyžádání nebo automaticky, jsou důležité informace přenášeny ze zařízení na terminál.

2.8 Ovládání po sériové lince - Bluetooth

Některé příkazy lze zadávat a číst i ze sériové linky číslo 2 a to pomocí bluetooth. K této lince je možno se připojit taktéž pomocí terminálu. V případě vytvoření aplikace pro chytré telefony, která by umožňovala zaslání přesně nadefinovaných

příkazů, by bylo možné na vyžádání sledovat a nastavovat zařízení pomocí chytrého telefonu.

2.9 Ovládání pomocí otočného ovladače a LCD

K lokálnímu ovládání zařízení a k zobrazování všech důležitých informací slouží LCD a otočný ovladač. Na display jsou na jednotlivých stránkách zobrazeny následující informace:

- Datum a čas - aktuální datum, čas.
- Osvětlení - doba zapnutí, doba vypnutí, stav zpracování, doba svitu celkem.
- UVB světlo pozice - horní pozice, aktuální pozice, stav zpracování.
- UVB světlo index - rozsah, aktuální období, aktuální index.
- Vlhkost - aktuální a požadovaná vlhkost, aktuální období.
- Vlhkost II - hodnota výstupu, směr a doba regulace, čas do další aktivace, stav zpracování.
- Teplota teplá část - aktuální a požadovaná teplota, aktuální období, hodnota výstupu.
- Teplota studená část - aktuální a požadovaná teplota, aktuální období, hodnota výstupu.
- Teplota vody - aktuální a požadovaná teplota, aktuální období, hodnota výstupu.
- SD karta - informace o vložení karty a o souborech na ní.
- LOG FILE - počet záznamů v souboru.

Některé hodnoty lze pomocí tohoto zobrazení i nastavovat a upravovat. Například čas zapnutí i čas vypnutí.

2.10 SD karta

SD karta slouží k ukládání záznamů do Log souboru. Dále pak k načítání nastavení ze souboru SETUP, nebo k ukládání nastavení zpět do tohoto souboru. V logovacím souboru jsou uloženy informace, viz dále. Záznamy jsou uloženy v řádku a jsou odděleny středníkem. Každý obsahuje i datum a čas uložení záznamu. Doba ukládání dat na SD disk se dá nastavit.

3 Navrhované zařízení - HW část

Hardwarové složení zařízení prošlo rozsáhlými změnami od počáteční myšlenky postavit celé zařízení co nejjednodušším způsobem ze šuplíkových zásob, až po finální variantu skládající se výhradně z modulů. Mezi tím zde byly varianty vývojových kitů například dle [15], který posloužil jako odrazový můstek, nicméně svou kapacitou paměti SRAM, která u tohoto vývojového kitu byla 4kB, již brzy přestal stačit. Paměť SRAM je důležitá pro uchovávání proměnných během běhu programu. Vzhledem k pozdější rozsáhlosti celého zařízení byla právě paměť SRAM rozhodujícím faktorem. Existuje spousta variant, jak veškeré komplikace, které přináší složitost finálního zařízení, řešit. Ovšem každá z nich má své klady i zápory. Například, nabízela se zde i varianta externí paměti SRAM připojené právě k zařízení zmiňovaném v [15]. Zde však nastal problém s nutností realizovat zapojení pomocí nakoupených součástek, nutnost výroby plošného spoje, oživovat a v neposlední řadě přizpůsobovat i software část. Zejména pak knihovny, které bývají v mnoha případech konstruovány právě pro použití se sériově dodávanými moduly. Vzhledem k úspoře času a jednoduchosti se jako rozumné řešení jeví právě použití modulů. Tyto moduly bývají již odzkoušené a jejich zapojení a ovládání se řídí stovkami různých návodů a realizace celého zařízení pak bývá o mnoho jednodušší. Zdánlivou nevýhodou se může jevit cena takovýchto modulů, nicméně v porovnání s potencionálními problémy, které mohou vzniknout během oživování a sestavování jednotlivých dílů tak zvaně na míru. V neposlední řadě je nutné zmínit i fakt dostupnosti levných náhrad originálních modulů z Číny. Zkušený kutil s dostatkem šuplíkových zásob a mořem času, se však s klidem může pustit do zapojení a sestavování jednotlivých částí dle následujícího popisu.

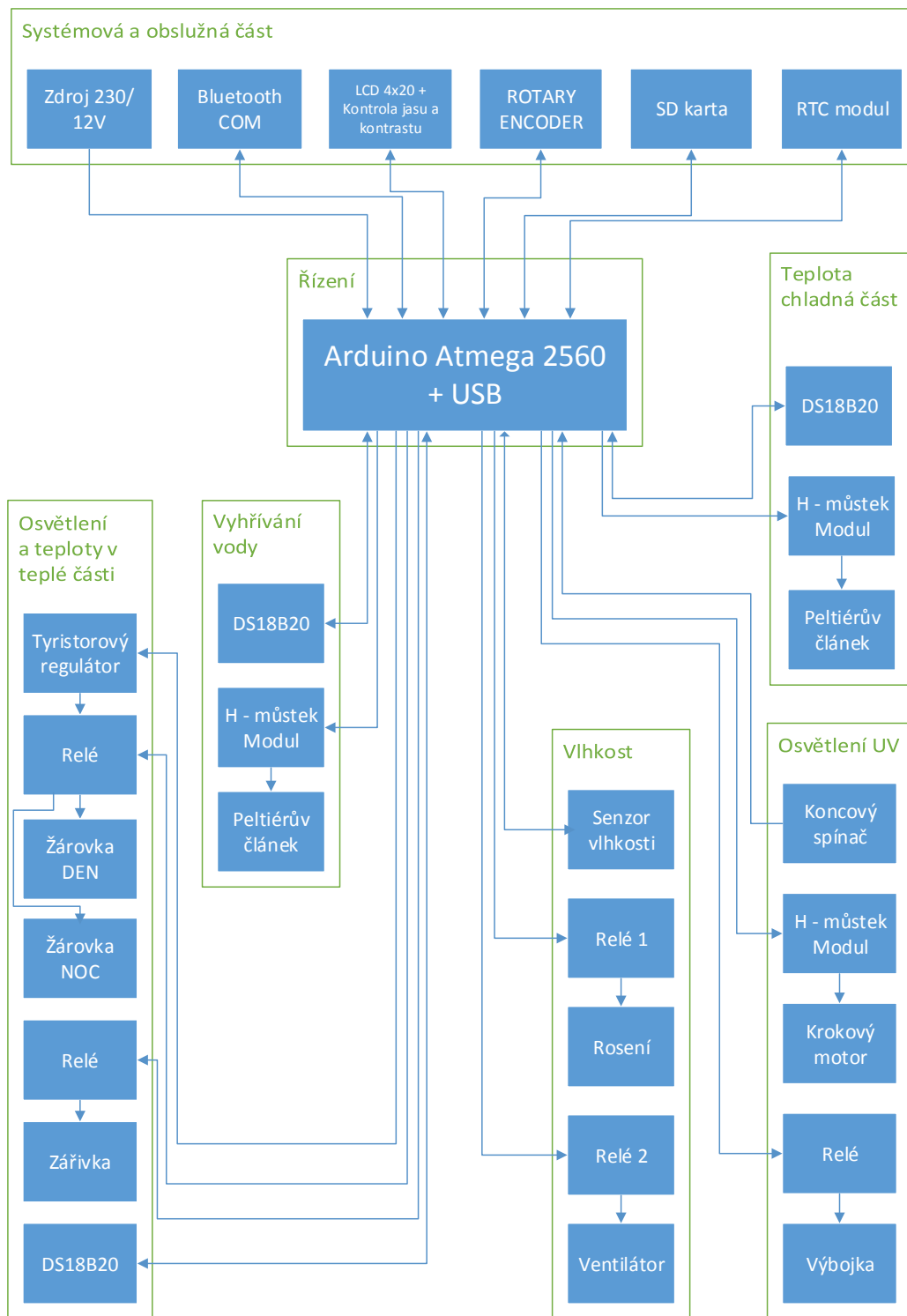
3.1 Blokové schéma

Na obrázku 3.1 je zobrazeno blokové schéma navrhovaného zařízení. Celé zařízení se skládá z několika částí. Napájecí část, řízení, senzory, místní ovládání, zobrazovací jednotka, SD karta, RTC modul, senzory a v neposlední řadě akční členy v podobě šířkově pulsní modulace a v podobě výstupů umožňujících zapnutí a vypnutí. Příklad rozmístění hlavních dílů v teráriu je vidět na obrázku 3.2, nebo přílohách fotodokumentace.

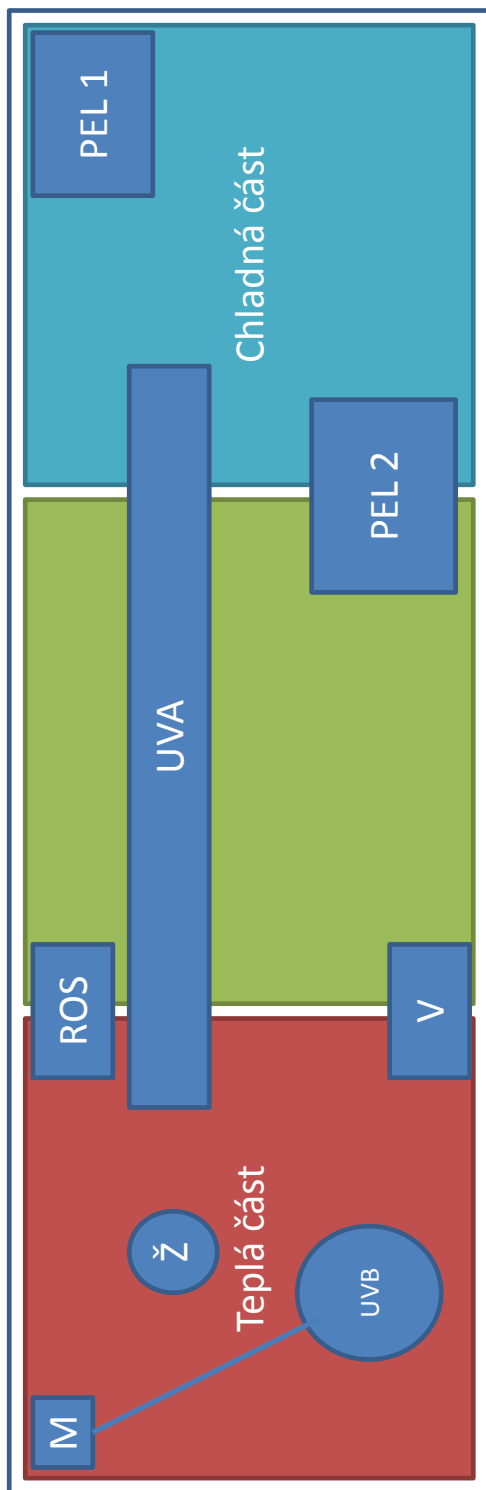
3.2 Část - Řízení, systémová a obslužná část.

3.2.1 Modul řízení + USB

Základem bloku řízení je modul Arduino Mega 2560 [5]. Tento modul je založen na procesoru ATmega2560. Tento modul má 54 digitálních vstupů/výstupů. 15 z nich lze použít jako výstupy s pulsně šířkovou modulací. Dále obsahuje 16 analogových



Obrázek 3.1: Blokové schéma



Legenda:

M – Motor zdvihacího zařízení

Ž – Žárovka

UVB – UVB Výbojka

ROS – Rosící zařízení

V – Ventilátor

UVA – UVA zářivky

PEL 1 – Peltierův článek k ochlazení

PEL 2 – Peltierův článek k ohřevu vody

Obrázek 3.2: Blokové schéma rozložení komponentů v teráriu

Tabulka 3.1: shrnutí údajů - modul Arduino Mega 2560 + MEGA-SHIELD

Parametr	Hodnota
Mikrokontroler	ATmega2560
Provozní napětí	5 V DC
Vstupní napětí (doporučené)	7-12 V DC
Vstupní napětí (limitní)	6-20 V DC
Počet digitálních vstupů a výstupů	54 (15 z toho je s funkcí PWM)
Počet analogových vstupů	16
DC proud na jeden digitální výstup	40 mA
Velikost Flash paměti	256 KB
Velikost SRAM	8 KB
Velikost EEPROM	4 KB
Rychlost procesoru	16 MHz

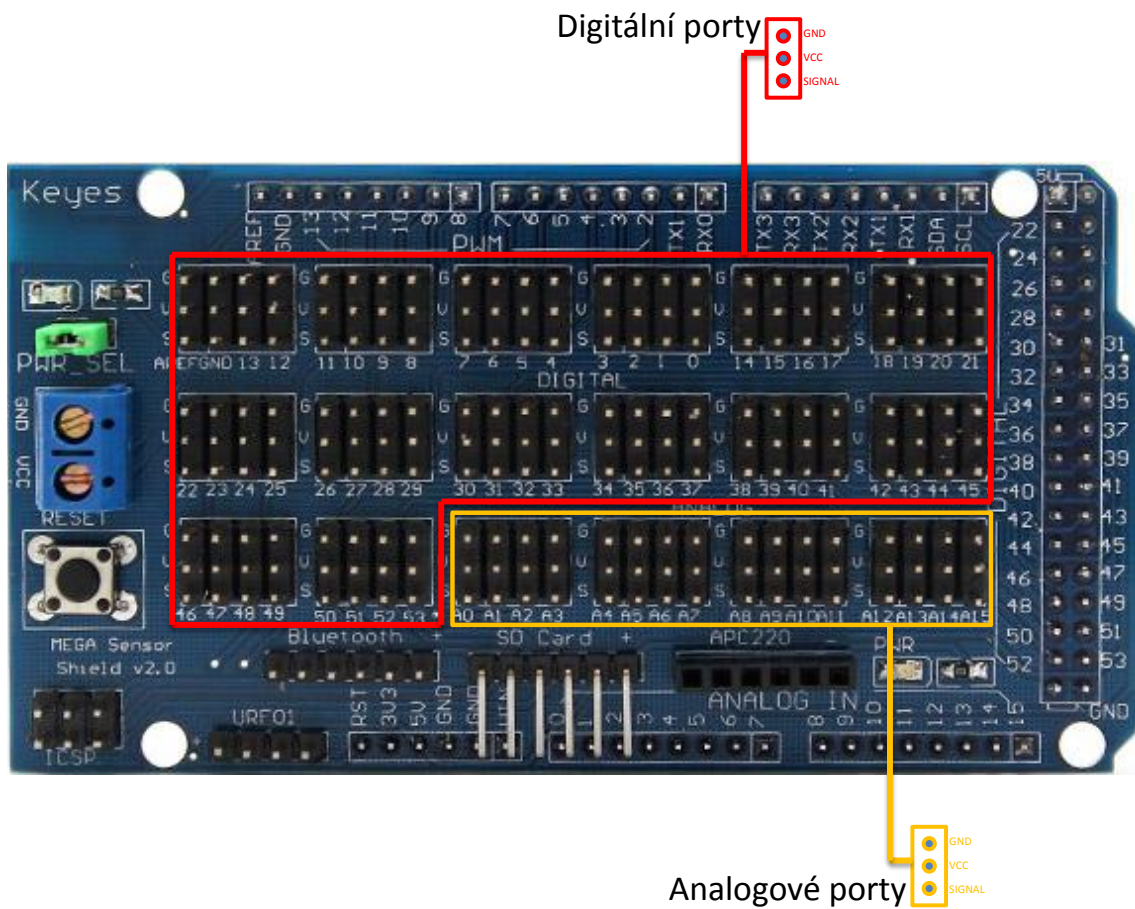
vstupů, 4 UART hardware sériový výstup, 16 Mhz krystalový oscilátor, USB připojení, napájecí vstup, ICSP vstup a resetovací tlačítko. Stejnoseměrný proud pro jeden výstup je 40 mA. Stejnoseměrný proud pro výstup 3.3 V je 50 mA. Paměť typu Flash je 256 KB ze které je 8 KB použito pro bootloader. Velikost paměti SRAM je 8 KB. Dále je zde paměť typu EEPROM o velikosti 4 KB. Tento modul zajišťuje veškeré komunikace jak se senzory a akčními členy, tak i prostřednictvím USB komunikaci s terminálem pro snazší nastavování. V neposlední řadě zajišťuje zobrazování informací na lokálním LCD a ukládání dat na SD kartu. V paměti procesoru je uložen celý program. Arduino modul je opatřen o rozšiřovací desku zvanou „mega-shield“. Přehled očíslovaných pinů je na obrázku 3.3. Tato deska slouží k pohodlnému připojování periférií. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.1.

3.2.2 Napájení

Napájení je zajišťováno sériově vyráběným spínaným zdrojem. Je možno použít jakýkoliv zdroj, který bude splňovat zadaná kritéria. Napájecí napětí je 12 V a spotřeba je od 500 mA do max 5 A v případě, že jsou aktivovány 2 výstupy PWM v plném výkonu. Softwarově je zajištěno, že by tato spotřeba neměla být překročena. Modul řízení si sám provádí stabilizaci napětí na 5 V pomocí interního stabilizátoru. Nastavba modulu řízení je napájena jednoduchým stabilizátorem napětí z 12 V na výstupních 5 V. Proudová zatížitelnost tohoto zdroje je 1 A. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.2.

3.2.3 LCD a regulace jasu a kontrastu

Jedna z možností, jak může zařízení komunikovat s obsluhou je podsvětlený LCD v konfiguraci 20 x 4 znaků. Displej je osazen řadiči HITACHI HD44780 [11], kdy je



Obrázek 3.3: Přehled pinů Arduino mega

Tabulka 3.2: shrnutí údajů - AC/DC měnič

Parametr	Hodnota
Vstupní napětí	85 - 265 V AC
Výstupní napětí	12 V DC
Výstupní proud	5 A
Příkon	60 W

Tabulka 3.3: shrnutí údajů - Zobrazovací zařízení

Parametr	Hodnota
Typ Display	LCD (liquid crystal display)
Instalovaný typ obvodu	HD44780 a kompatibilní
Počet znaků / řádků	20 / 4
Typ komunikace	4 bitová paralelní sběrnice
Napájecí napětí obvodu	2,7 - 5,5 V
Počet znaků v paměti ROM	208 (5x8 znaků), 32 5x10 znaků

Tabulka 3.4: shrnutí údajů - Modul SD karty

Parametr	Hodnota
Vstupní napětí	3.3 V / 5 V
Komunikační rozhraní	SPI
Testovaná SD karta	1 GB

zvolen 4 bitový způsob pro komunikaci. Signály RS, E, D4, D5, D6, D7 jsou připojeny k modulu řízení. Dále signály GND a R/W jsou připojeny na společný signál GND celého zařízení. 5 V je přivedeno i na napájecí vstup LCD pin VCC. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.3. Součástí LCD je i malý modul umožňující software regulaci jasu a kontrastu. Napájení podsvícení je vedeno přes spínací tranzistor tohoto modulu a pomocí PWM signálu z modulu řízený jas. K ovládní kontrastu je použito kondenzátoru, jenž se pomocí PWM nabíjí a vybíjí. Vzhledem však k rychlostem nabíjení a vybíjení si kondenzátor udržuje jistou hladinu napětí, toto napětí pak slouží k nastavení kontrastu.

3.2.4 Otočný ovladač

Rottary encoder (otočný ovladač) je zařízení měřící úhel. Používá se mimo jiné i pro otočné ovladače „knoflíky“, které se mohou plynule otáčet z jedné strany na druhou a naopak bez dorazu. Tudiž bez konců jejich mechanických drah, jaké mají například potenciometry. Některé z těchto ovladačů mohou být vybaveny tlačítkem. Toto tlačítko se ovládá stisknutím hřídele. Popis fungování je dostupný na [17].

3.2.5 Modul SD karty

SD modul slouží k ukládání vybraných dat a k jejich načítání. Modul má celkem 8 pinů ve dvou řadách (piny v řadách jsou mezi sebou propojeny) a k bloku řízení se připojuje pomocí sběrnice SPI (SCK, MISO, MOSI, SS), pro napájení pak stačí 5 V a GND. Modul obsahuje stabilizátor na 3,3 V, který vyžaduje karta SD. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.4.

Tabulka 3.5: shrnutí údajů - Modul RTC

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	4,5 V - 5,5 V
Záložní napětí	2,0 V - 3,5 V
Teplotní rozsah	0°C až +70°C
Komunikační rozhraní	I ² C

Tabulka 3.6: shrnutí údajů - Modul Bluetooth

Parametr	Hodnota
Verze bluetooth	2.0
Pracovní napětí	3.3 V
Proudový odběr (během párování)	až 30 mA
Proudový odběr (připojeno)	8 mA

3.2.6 Modul RTC - real Time Clock

Modul RTC slouží k uchovávání času i v případě výpadku napájení. Zařízení by se bez tohoto modulu obešlo v případě, že bychom zajistili nepřetržité napájení procesoru. Na tomto modulu je osazen obvod reálného času DS1307 [7]s EEPROM 24C32 [4]. DS1307 obsahuje 56 bajtů ne-volatilní paměti (tedy po odpojení napájení se obsah paměti smaže) a komunikuje pomocí sběrnice I²C. Pokud je připojen k napájení, počítá impulzy z externího oscilátoru a ukládá aktuální hodnoty data a času. V tomto režimu, pokud je připojen pouze k baterii má spotřebu méně jak 500 nA. Obvod DS1307 ke své činnosti potřebuje krystal o frekvenci 32,768 kHz. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.5.

3.2.7 Modul Bluetooth

Bluetooth modul je další sériový port, který je k dispozici. Je to náhrada kabelového připojení, slouží k bezdrátovému spojení terminálu na počítači s modulem Arduino. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.6.

3.2.8 Popis zapojení vývodů

V následující tabulce 3.7 je popis jak jsou jednotlivé moduly připojeny k modulu řízení.

Tabulka 3.7: Část řízení a obsluhy - popis propojení

ZAŘÍZENÍ A	PIN A	PIN B	ZAŘÍZENÍ B
modul LCD	VSS	G(29)	Arduino mega - adaptér
	VCC	V(29)	
	RS	D24	
	E	D25	
	4	D26	
	5	D27	
	6	D28	
	7	D29	
	R/W	G(28)	
	VEE	1	
LED+	2		
LED-	3		
modul regulace jasu a kontrastu	4	D9	Arduino mega - adaptér
	5	G(9)	
	6	D8	
	7	V(8)	
otočný ovladač	1	D18	Mega adapter - digital ports
	2	G17	
	3	D19	
	4	D17	
modul SD karty	+5	VCC	Mega adapter - SD card interface
	CS	D53	
	MOSI	D51	
	SCK	D52	
	MISO	D50	
modul RTC	GND	GND	mega adapter - digital ports
	GND	G21	
	VCC	V21	
	SDA	D20	
	SCL	D21	

Tabulka 3.8: shrnutí údajů - MOSFET regulátor

Parametr	Hodnota
Typ spínacího prvku	MOSFET
Spínací napětí	500 V
Spínací proud	max 4,5 A

Tabulka 3.9: shrnutí údajů - modul 2x relé

Parametr	Hodnota
Počet relé na modulu	2
Ovládací napětí	5 V
Spínací napětí	až AC 250 V
Spínaný proud	až AC 10 A

3.3 Část - Osvětlení a teplota v teplé části

3.3.1 Spínací prvek - MOSFET regulátor

Se svolením autorů z [12] je použito zapojení dle [18]. Obvod slouží k regulaci zátěže na výstupu označeném (LAMP) pomocí PWM. Obvod byl převzat s malou úpravou, ke spínání je použit výkonový tranzistor IRF830 s maximální zátěží 500 V a 4,5 A. Celý obvod je napájený síťovým napětím 230 V. Vstup je označený (230 V). Jako ochrana procesoru a galvanické oddělení, je použit optočlen 4n35. Dále je v obvodu použit usměrňovač, který má odstranit nepříjemné blikání žárovky.

3.3.2 Spínací prvek - 2x relé IN1

Jedná se o modul obsahující dvě relé. Obě relé mají přepínací kontakt. Relé jsou ovládaná přes optočleny. Jedno z těchto relé je použito pro přepínání mezi žárovkou noc a žárovkou den. Pokud relé není sepnuté, je regulovaná fáze z mosfetového regulátoru vedena přes aktivní kontakt na výstup a na noční žárovku. Pokud relé aktivujeme, přepne tím kontakt. A regulovaná fáze z mosfetového regulátoru je směřována na žárovku pro denní svícení. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.9.

3.3.3 Žárovka DEN

Jedná se o obyčejnou žárovku, libovolného výkonu, maximálně však do výše, kterou je možno sepnout pomocí relé. Použitý rozsah regulace, umožňuje nastavit maximální svit na určitou hodnotu. Tato hodnota bude brána jako konečná. V praxi to znamená, že pokud použijeme žárovku většího výkonu, můžeme nastavit její maximální svit na nižší hodnotu a tím i maximální výkon.

Tabulka 3.10: shrnutí údajů - teplotní čidlo

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	3,0 V – 5,5 V
Měřicí rozsah	od -55 °C do +125 °C (-67 °F do +257 °F)
Přesnost	0,5 °C v rozmezí -10 °C do +85 °C
Rozlišení	volitelné v rozsahu 9 až 12 bit

3.3.4 Žárovka NOC

Zde se dá použít speciální žárovky pro noční svit. Je to žárovka stimulující přírodní měsíční světlo. V neposlední řadě umožní zajištění nočních tropických teplot. Technicky lze žárovku pro noční svícení nahradit i topnou spirálou či výhřevným kamenem. V podstatě jakýmkoliv zdrojem tepla, který lze regulovat mosfetovým regulátorem.

3.3.5 Spínací prvek - 2x relé IN2

Jak již bylo uvedeno v části 3.3.2, máme k dispozici dvě relé na jednom modulu. Druhé relé je použito k sepnutí zářivky, respektive k sepnutí zásuvky do které je připojeno svítidlo typu zářivky.

3.3.6 Zářivka

Lze použít jakoukoliv zářivku. Ideální je však použít speciální UVA zářivky. Zářivka musí být opatřena i veškerou potřebnou elektronikou umožňující její zapnutí pomocí spínacího kontaktu relé. Zejména pak tlumivkou, startérem, nebo elektronickým předřadníkem.

3.3.7 Teplotní čidlo

Jako teplotní čidlo je použito integrované a kalibrované čidlo DS18B20. Dle [8] poskytuje toto čidlo 9 - 12 bitovou informaci o teplotě. Má také funkci alarmu s nastavitelnou horní a spodní hranicí. Toto čidlo komunikuje pomocí 1-Wire sběrnice, která využívá pouze jednu komunikační sběrnici a zem. Rozsah měření je od -55 °C do +125 °C. Dosahuje přesnosti ± 0.5 °C v rozsahu od -10 °C do +85 °C. Doba měření teploty v rozlišení 12 bit je 750 ms. Popis komunikace a způsoby zápisu a čtení jsou taktéž popsány v [8]. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.10.

3.3.8 Popis zapojení vývodů

V následující tabulce 3.11 je popis, jak jsou jednotlivé moduly připojeny k modulu řízení.

Tabulka 3.11: Část osvětlení a teplota v teplé části- popis propojení

ZAŘÍZENÍ A	PIN A	PIN B	ZAŘÍZENÍ B
Mosfetový regulátor	PWM	D02	Arduino mega - adapter
	GND	G02	
Modul 2 relé	GND	G41	Arduino mega - adapter
	IN1	D41	
	IN2	D40	
	VCC	V40	
Teplotní čidlo	VCC	V42	Arduino mega - adapter
	GND	G42	
	Singal	D42	

Tabulka 3.12: shrnutí údajů - Koncový spínač

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí (VCC)	5 V (max 7 V)
Proudový odběr logiky	max 16,5 mA
Napětí na výstupu (LOW)	max 0,35 V
Napětí na výstupu (HIGH)	min (VCC x 0.9) V

3.4 Část - Osvětlení UV

3.4.1 Koncový spínač

Jako koncový spínač je použita optická závora. Jedná se o mikro foto senzor EE-SX3239-P2 [9] společnosti Omron. Tento senzor má vysoké rozlišení s otvorem pro snímání pouze 0,5 mm. Výstupní signál lze přímo spojit s C-MOS nebo TTL úrovní. Tento senzor má 3 vývody. Dva jsou použity pro napájení a jeden jako výstup, který v případě přerušení závory, je spojen s nulovým potenciálem. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.12.

3.4.2 Spínací prvek - H-můstek

Použitý H-můstek je konstruován pomocí integrovaného obvodu L298N v jeho typickém zapojení dle [13]. Jedná se o plný H-můstek s jehož pomocí jsme schopni regulovat krokový motor. L298N je integrovaný monolitický obvod s 15 vývody v provedení pouzdra SO20. Obvod je navržen tak, aby přijímal standardní úroveň TTL logiky a přitom řídil indukční zátěže, jako jsou relé, elektromagnety a v neposlední řadě krokové motory. Obvod má ochranu proti přehřátí. Kromě čtyř vývodů, kterými ovládáme napětí na cívkách a tím i pohyb krokového motoru, je můstek vybaven vývody ENA a ENB sloužícími k zapínání napětí v jednotlivých polovinách můstku. V případě, že je požadovaná poloha nastavena, dojde pomocí ENA a ENB k odpojení

Tabulka 3.13: shrnutí údajů - H-můstek

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	5 V - 35 V
Proudový odběr logiky	0 - 36 mA
Spínací proud jedné cívky	max 2 A
Pracovní teplota	- 25°C - 130°C

Tabulka 3.14: shrnutí údajů - krokový motor

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	12 V
Impedance	20 Ω
Počet kroků na otáčku	200

napájení motoru a tím i ke snížení spotřeby. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.13.

3.4.3 Krokový motor

Použitý krokový motor je z tzv. šuplíkových zásob. V mém případě se jedná o typ 23LM-C351-07. V podstatě lze však použít jakýkoliv krokový motor, který bude možno ovládat popsaným H-můstkem. Zvládne 4 taktní řízení. Nutné podotknout, že použití jiného než popsaného v tabulce, by znamenalo úpravu zdrojového kódu. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.14.

3.4.4 Spínací prvek - 4x relé - IN 1

Jedná se o modul obsahující čtyři relé. Všechna relé mají přepínací kontakt a jsou ovládaná přes optočleny. První relé je použito ke spínání výbojky. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.15.

Tabulka 3.15: shrnutí údajů - modul 4 x relé

Parametr	Hodnota
Počet relé na modulu	4
Ovládací napětí	5 V
Spínací napětí	až AC 250 V
Spínaný proud	až AC 10 A

Tabulka 3.16: shrnutí údajů - použitá výbojka

Parametr	Hodnota
Výkon	160 W
Typ objímky	E27

Tabulka 3.17: Část - Osvětlení UV- popis propojení

ZAŘÍZENÍ A	PIN A	PIN B	ZAŘÍZENÍ B
koncový spínač	G	G(A0)	Arduino mega - adaptér
	V	V(A0)	
	O	A0	
H-mustek	ENA	D06	Arduino mega - adaptér
	IN1	D33	
	IN2	D32	
	IN3	D31	
	IN4	D30	
	ENB	D07	
	spínací modul 4x relé	GND	
IN1		D49	
IN2		D48	
IN3		D47	
IN4		D46	
VCC		V(46)	

3.4.5 Výbojka

Výběr výbojky je kapitola sama pro sebe a je nad rámec této bakalářské práce rozebírat jednotlivé typy. Důležité je zvolit takový výkon, který odpovídá vlastnostem terária. Je potřeba počítat s tím, že výbojka zvyšuje teplotu v teráriu. Tudíž nelze použít 150 W do malého terária s uzavřenou horní částí. Odkazů na výběr správného zdroje UVB je na internetu spousta. Například velmi dobře jsou tyto informace zpracované na stránkách dle [14], nebo dle [19]. Řešení použité v této bakalářské práci je shrnuté v tabulce 3.16.

3.4.6 Popis zapojení vývodů

V následující tabulce 3.17 je popis, jak jsou jednotlivé moduly připojeny k modulu řízení.

Tabulka 3.18: shrnutí údajů - vlhkostní čidlo

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	3,0 V – 5,5 V
Měřicí rozsah vlhkosti	od 20 do 90 % RH
Přesnost	± 5 % RH
Měřicí rozsah teploty	od 0 °C do +60 °C
Přesnost	± 2 °C.
Rozlišení	1 °C, 1 % RH

Tabulka 3.19: shrnutí údajů - mlhovač

Parametr	Hodnota
Zdroj napětí	230 V / 24 V
Zvyšování vlhkosti	až 100 %
Teplota vody	+ 10 °C až + 35 °C
Minimální hladina vody	45 mm
Optimální umístění pod hladinou	5 - 30 mm

3.5 Část - Vlhkost

3.5.1 Vlhkostní čidlo

Jako vlhkostní čidlo je použito integrované a kalibrované čidlo DHT11. Dle [6] je čidlo vybaveno snímačem teploty a vlhkosti s digitálním výstupem. Čidlo je přesně kalibrováno v továrně a informace o kalibraci jsou uloženy v paměti čidla. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.18.

3.5.2 Spínací prvek - 4x relé - IN 2, IN3

Toto relé je součástí modulu popsaného v sekci 3.4.4. Jeden z jeho dalších výstupů je použit ke spínání rosícího zařízení. Třetí výstup pak ke spínání ventilátoru, viz následující sekce.

3.5.3 Rosení

Rosením, nebo také zvlhčováním vzduchu, je zamýšlen fakt, při kterém se vlhkost ve sledovaném prostoru zvětšuje. Je mnoho způsobů, jak vlhkost zvýšit. Jedním z nich je například mlhovač [10]. Toto zařízení generuje studenou mlhu ve všech typech terárií. Vlhkost dokáže zvýšit až do 100 %. Vytváří přirozené vlhké zamlžené prostředí. Zařízení se ponoří do vody a zapne se. Spotřeba vody je pak asi 200 ml za hodinu. Je dobré s tím počítat a mít dostatečně velkou nádrž, ze které se dá čerpat. Shrnutí základních údajů je v tabulce 3.19.

Tabulka 3.20: Část - vlhkost- popis propojení

ZAŘÍZENÍ A	PIN A	PIN B	ZAŘÍZENÍ B
senzor vlhkosti DHT11	G	G(45)	Arduino mega - adaptér
	V	V(45)	
	S	D45	
modul 4x relé ventilátor	GND	G46	Arduino mega - adapter
	IN1	D48	
rosící zařízení	IN2	D49	
	VCC	V46	

3.5.4 Ventilátor

Úkolem ventilátoru je odsávání vzduchu z prostoru terária, a to v případě vysoké vlhkosti. Základní specifikací by měla být schopnost pracovat ve vlhkém prostředí a schopnost být ovládaný pomocí spínání síťového napětí. Jistou změnou programu by šel použit i ventilátor na 12 V a regulovat pouze otáčky ventilátoru. Jednoduší je však použití ventilátoru, který se například používá v domácnosti v koupelnách.

3.5.5 Popis zapojení vývodů

V následující tabulce 3.20 je popis, jak jsou jednotlivé moduly připojeny k modulu řízení.

3.6 Část - Teplota chladná část

3.6.1 Teplotní čidlo

Teplotní čidlo je stejné dle sekce 3.3.7. Nutno upozornit, že, i přestože jsou tyto čidla konstruovány tak, že jich zvládne na jednovodičové sběrnici pracovat více, jsou v tomto zařízení připojeny každé na své vlastní sběrnici. Důvodem je jednodušší programová část a není nutné řešit pořadí čidel v případě jejich výměny.

3.6.2 Spínací prvek - H-můstek

Spínací můstek zde byl již také popsán v sekci 3.4.2. Z druhého použitého H-můstku je zapojena pouze polovina A. Pouze dva tranzistory. Ty slouží k přepínání polarity napětí na peltiérově článku. Na vstup ENA je přiveden PWM signál. Tímto signálem je ovládán přenesený výkon.

Tabulka 3.21: shrnutí údajů - peltierův článek

Parametr	Hodnota
Model	TEC1-12706
Napájecí napětí	12 V
Materiál	plast + keramika
Výkon	50 - 72 W

Tabulka 3.22: Část - Teplota chladná část - popis propojení

ZAŘÍZENÍ A	PIN A	PIN B	ZAŘÍZENÍ B
Teplotní čidlo	VCC	V43	Arduino mega - adapter
	GND	G43	
	Singal	D43	
H-mustek	ENA	D04	Arduino mega - adaptér
	IN1	D34	
	IN2	D35	

3.6.3 Peltierův článek

Popisovat princip peltierova článku je nad rámec této bakalářské práce. Existují spousty zdrojů zabývajících se touto tematikou. Je důležité vybrat správný výkon a účinný způsob chlazení. Mezi základní vlastnosti peltierova článku pak mimo jiné patří okamžitá reakce na řízení. Možnost přechodu z chlazení do ohřívání a naopak. Snadná regulace pomocí h-můstku a PWM. Je potřeba zmínit i jisté negativní vlastnosti. Například vyšší cena/výkon a vysoká spotřeba proudu. Shrnutí základních údajů u zde použitého peltierova článku je v tabulce 3.21.

3.6.4 Popis zapojení vývodů

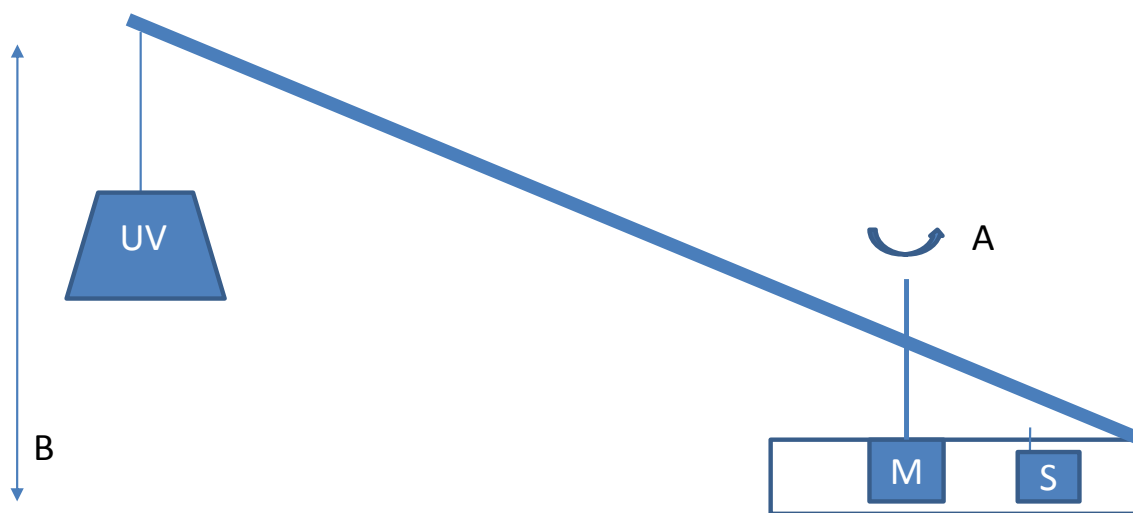
V následující tabulce 3.22 je popis, jak jsou jednotlivé moduly připojeny k modulu řízení.

3.7 Část - Vyhřívání vody

3.7.1 Teplotní čidlo + Spínací prvek H-můstek + Peltierův článek

Popis těchto prvků je totožný dle 3.6.1, 3.6.2. Nutno však doplnit, že v tomto případě, lze také připojit MOSFET regulátor dle 3.3.1 a regulovat například nějaký výhřevný kámen, nebo topnou spirálu. Jelikož v případě ohřívání vody, pravděpodobně nebude docházet k potřebě ochlazování. Je varianta s MOSFET regulátorem zajímavější.

ZAŘÍZENÍ A	PIN A	PIN B	ZAŘÍZENÍ B
Teplotní čidlo	VCC	V44	Arduino mega - adaptér
	GND	G44	
	Singal	D44	
H-můstek	ENA	D05	Arduino mega - adaptér
	IN1	D36	
	IN2	D37	



Obrázek 3.4: mechanické řešení pohybu zdroje UV záření

3.7.2 Popis zapojení vývodů

V následující tabulce 3.23 je popis, jak jsou jednotlivé moduly připojeny k modulu řízení.

3.8 Použitá technická řešení

3.8.1 Mechanické řešení pohybu zdroje UV záření

Mechanismus, dle obrázků 3.4, B.9, B.8 se skládá ze základny a na ní v kloubu uchyceném rameni. V základně se dále nachází koncový spínač S. Ten slouží pro detekci nulové polohy. A je zde také umístěn krokový motor M zajišťující přesné zvedání ramene. Počet kroků (otáček) se rovná druhé horní poloze. Zdvih ramene zajišťuje na jedné straně závitová tyč spojená s hřídelí krokového motoru a na druhé straně matka pohybující se po této závitové tyči, která je zafixovaná v rameni. Tímto mechanismem je zajištěn přesný převod točivého pohybu A na vertikální pohyb B.

4 Navrhované zařízení - SW část

4.1 Obecný popis

Celý program je napsaný pomocí vývojového prostředí Arduino. Použitá verze je 1.0.5. Jedná se o open-source vývojové prostředí přímo od výrobce modulů Arduino. Celý software je dodáván s dodatečnými knihovnami, které umožňují snadnou implementaci a obsluhu jednotlivých senzorů a akčních členů (motory, relé, h-můstky). Některé knihovny se musí dohrát z externích zdrojů. Seznam použitých knihoven je uveden v tabulce 4.1. Zdrojový kód programu je v příloze C.1.

4.2 Popis hlavních procedur

4.2.1 Popis „void setup ()“

Tato procedura se musí nacházet v hlavním souboru a má za následek prvotní nastavení celého zařízení. Příkazy a procedury v ní zapsané se provedou pouze jednou a pouze při spuštění zařízení. Výpis procedury je vidět v 4.1. V principu se jedná o odkazy na další procedury, které jistým způsobem patří k sobě a měly by tak být spojeny. Slouží také k jednoduchému přidávání dalších příkazů právě do těchto skupin.

serialSetup() provádí nastavení sériové komunikace na 9600 baudů. A odeslání hlášky „booting...“ na sériový port.

lcdSetup() provádí nastavení LCD na 20 znaků na 4 řádcích. Zobrazení hlášky „booting...“ na 200 milisekund a následně vymazání všech znaků na display.

timeSetup() slouží k načtení data a času z RTC a nastavení do programu.

dhtSetup() nastaví vlhkostní senzor a inicializuje proceduru pro obsluhu vlhkostního čidla.

rotarySetup() přiřadí správné vývody otočného ovladače k proceduře.

SDSetup() správně nastaví výstupy k SD kartě. Dále zkontroluje přítomnost SD karty.

funkceOsvetleni(100,0) tato procedura je popsána v samostatné sekci 4.3.1.

funkceRegulaceUVB(100) tato procedura je popsána v samostatné sekci 4.3.2.

funkceRegulaceVlhkosti(100) tato procedura je popsána v samostatné sekci 4.3.3.

funkceRegulaceTTC(100) tato procedura je popsána v samostatné sekci 4.3.4.

Tabulka 4.1: Seznam použitých knihoven

Knihovna	Popis
PID_v1.h	Slouží k práci s PID regulací
MemoryFree.h	Slouží k pomocnému zobrazování volné paměti
OneWire.h	Slouží k práci s 1-wire sběrnici teplotních čidel
SPI.h	Slouží ke komunikaci s SD kartou
Encoder.h	Slouží k práci s otočným ovladačem
Stepper.h	Slouží k práci s krokovým motorem
LiquidCrystal.h	Slouží k práci s LCD
Time.h	Slouží k práci s časem
Wire.h	Slouží k práci s 1-wire sběrnici RTC
DS1307RTC.h	Slouží k práci s real time clock (RTC)
SdFat.h	Slouží k práci se souborovým systémem FAT na SD kartě
DHT.h	Slouží k práci s vlhkostním čidlem
EEPROM.h	Slouží k práci s vnitřní pamětí eeprom

Listing 4.1: void setup ()

```

348 void setup()
349 {
350   Serial3Setup();           // nastavení seriové komunikace
351   lcdSetup();              // nastavení LCD
352   timeSetup();            // nastavení času a jeho proměných
353   dhtSetup();             // nastavení senzoru vlhkosti
354   rotarySetup();         // nastavení otočného ovladače
355   SDSetup();              // nastavení SD karty
356   funkceOsvetleni(100, 0); // nastavení FO
357   funkceRegulaceUVB(100); // nastavení kolem UVB
358   funkceRegulaceVlhkosti(100); // nastavení regulace vlhkosti
359   funkceRegulaceTTC(100); // nastavení regulace teploty v teplé části
360   funkceRegulaceTSC(100); // nastavení regulace teploty v studené části
361   funkceRegulaceTV(100); // nastavení regulace teploty v studené části
362   Serial3.println();
363   Serial3.println("Bootिंग_Dokonce");
364 }

```

Listing 4.2: void loop ()

```

368 void loop()
369 {
370   Serial3PrectiSeriovyPortAUlozPrikaz(); // nacteni prikazu ze seriove linky
371   Serial3ZpracujPrikazUlozenyVPameti(); // zpracovani prikazu
372   teplota_loop(); // nacteni teplot
373   dhtloop(); // nacteni dat ze senzoru vlhkosti
374   rotaryEncoder2(); // obsluha rotary encoderu
375   LCDmenuVolba(lastReportedStatus); // LCD menu obsluha volby
376   uvodniMenu(); // obsluha LCD display
377   rotaryEncoderClearLastReportedStatus(); // vymazani posledniho status
378   SDRoutine(); // obsluha SD karty
379   timeNastaveniCasu(); // nastavovani vystupu
380   funkceOsvetleni(0,0); // proces zapinani
381   funkceOsvetleni(1,0); // proces vypinani
382   funkceOsvetleni(101,0); // proces textu na seriovou linku
383   funkceRegulaceUVB(1); // proces obsluhy UVB zarivky
384   funkceRegulaceUVB(2); // proces nacistani novych hodnot
385   funkceRegulaceUVB(3); // zapinani vybojky
386   funkceRegulaceUVB(6); // proces aktualizace doby svitu vybojky
387   funkceRegulaceVlhkosti(1); // proces obsluhy regulatoru vlhkosti
388   funkceRegulaceVlhkosti(2); // proces nacistani novych hodnot
389   funkceRegulaceTTC(1); // proces obsluhy v teple casti
390   funkceRegulaceTTC(2); // proces nacistani novych hodnot
391   funkceRegulaceTSC(1); // proces obsluhy v chladne casti
392   funkceRegulaceTSC(2); // proces nacistani novych hodnot
393   funkceRegulaceTV(1); // proces obsluhy vyhrevani vody
394   funkceRegulaceTV(2); // proces nacistani novych hodnot
395 }

```

funkceRegulaceTSC(100) tato procedura je popsána v samostatné sekci 4.3.5.

funkceRegulaceTV(100) tato procedura je popsána v samostatné sekci 4.3.6.

4.2.2 Popis „void loop ()“

Tato procedura se také nachází v hlavním souboru a má za úkol chod celého zařízení. Naopak od procedury „void setup“ se příkazy a procedury uvedené zde vykonávají pořád dokola. To znamená, pokud program dojde na konec, začne opět od začátku. Vykonávané příkazy jsou:

serial3PrectiSeriovyPortAUlozPrikaz(); případné načtení hodnot ze sériové linky.

serial3ZpracujPrikazUlozenyVPameti(); zpracování příkazů, které se uložili během načtení hodnot.

teplota_loop(); načítání teplot z jednotlivých senzorů a jejich ukládání do proměnných v paměti.

dhtloop(); načítání vlhkosti ze senzoru vlhkosti a uložení do proměnné v paměti.

rotaryEncoder2(); obsluha otočného ovladače a zaznamenání pohybu pro pozdější využití.

LCDmenuVolba(lastReportedStatus); na základě údajů z otočného ovladače nastaví zobrazení textů na LCD.

uvodniMenu(); zobrazí, přepíše aktuální text na LCD.

rotaryEncoderClearLastReportedStatus(); vymaže a znovu nastaví proměnné otočného ovladače pro nové použití.

SDRoutine(); obsluha SD karty. Veškeré načítání a ukládání dat z a do SD karty se provádí pomocí této části.

timeNastaveniCasu(); umožňuje nastavování časů do paměti programu.

funkceOsvetleni(0,0); provádí a kontroluje zapínací proces, viz část 4.3.1

funkceOsvetleni(1,0); provádí a kontroluje vypínací proces, viz část 4.3.1

funkceOsvetleni(101,0); vypisuje texty na sériovou linku, viz část 4.3.1

funkceRegulaceUVB(1); inicializuje a nastavuje polohu mechanického ramene, viz část 4.3.2.2

funkceRegulaceUVB(2); načítá nový index pro regulaci, viz část 4.3.2.3

funkceRegulaceUVB(3); slouží k zapínání výbojky, viz část 4.3.2.4

funkceRegulaceUVB(6); slouží k aktualizaci doby svitu výbojky, viz část 4.3.2.6

funkceRegulaceVlhkosti(1); provádí obsluhu regulátoru vlhkosti, viz část 4.3.3.2

funkceRegulaceVlhkosti(2); načítá novou hodnotu k regulaci, viz část 4.3.3.3

funkceRegulaceTTC(1); provádí obsluhu regulátoru v teplé části, viz část 4.3.4.2

funkceRegulaceTTC(2); načítá novou hodnotu k regulaci, viz část 4.3.4.3

funkceRegulaceTSC(1); provádí obsluhu regulátoru v studené části, viz část 4.3.5.2

funkceRegulaceTSC(2); načítá novou hodnotu k regulaci, viz část 4.3.5.3

funkceRegulaceTV(1); provádí obsluhu regulátoru teploty vody, viz část 4.3.6

unkceRegulaceTV(2); načítá novou hodnotu k regulaci, viz část 4.3.6

Tabulka 4.2: Přehled parametrů procedury „funkceOsvetleni()“

par. a	par. b	Popis
100	0	Spouští setup
0	0	Zapínání
1	0	Vypínání
2	0-255	Regulace
4	1	Zobrazování času zapnutí na LCD
4	2	Zobrazování času vypnutí na LCD
5	1	Zobrazování upraveného času zapnutí na LCD
5	2	Zobrazování upraveného času vypnutí na LCD
51	0	Uložení nového času zapnutí
52	0	Uložení nového času vypnutí
101	0	Vypisování textů na sériovou linku

4.3 Popis důležitých funkcí

V následujících popisech, pokud bude popisována nějaká kontrola či rozhodnutí ve smyčce, a nebude-li uvedeno jinak, je opak popsaneho a provedeneho úkolu vždy ukončení smyčky.

4.3.1 Popis „void funkceOsvetleni (byte a, byte b)“

Tato procedura se stará o spouštění osvětlení. Popis parametrů, se kterými je možno tuto proceduru spustit, jsou uvedeny v tabulce 4.2.

4.3.1.1 Setup

Slouží k nastavení celé této funkce. Spouští se pouze jednou pomocí volání z procedury „void setup“ 4.2.1. Slouží k načtení časových hodnot z EEPROM do paměti programu. Časové hodnoty jsou: čas zapnutí, čas vypnutí a doba svitu. Dále slouží k základnímu nastavení výstupů.

4.3.1.2 Zapínání

Funkce osvětlení část zapínání je zobrazena na obrázku A.1. Po spuštění se provede kontrola, zda systémový čas je v rozmezí času zapnutí a času vypnutí. Pokud ano, proběhne kontrola, zda již není proces zapínání dokončen. Pokud není, pokračuje se v zapínání následujícím způsobem. Zkontroluje se, zda není regulátor používán pro regulaci teploty. V případě jeho používání, se nastaví bit u regulátoru, a v následující smyčce se regulátor uvolní pro použití k zapínání. Jakmile je regulátor uvolněn, provádí se kontrola zapnutí žárovky. Zapínáním žárovky se myslí postupné rozsvěcování. Pokud ještě není proces zapínání dokončen, provede se kontrola, zda není potřeba

zapnout žárovku zrychleným způsobem, tudíž bez prodlevy jedné vteřiny. V případě, že ne, tak s prodlevou jedné vteřiny dochází ke zvyšování úrovně na PWM výstupu. Zároveň probíhá kontrola, zda navýšení nedosáhlo konečné hodnoty. Dosažení konečné hodnoty, nastaví bit dokončení zapínání žárovky. V případě dokončení zapínání žárovky se provede kontrola zapnutí zářivky, pokud není, zapne se a nastaví se bit zapnutí zářivky. V posledním kroku této smyčky dojde ke kontrole, zda se smí nastavit a i k případnému nastavení bitu využití žárovky k regulaci.

4.3.1.3 Vypínání

Funkce osvětlení část vypínání je zobrazena na obrázku A.2. Po spuštění se provádí kontrola doby vypnutí. To znamená, zda je systémový čas v rozmezí času vypnutí a zapnutí. V případě shody, se provádí kontrola dokončení vypínacího procesu. Tudíž kontrola, zda je zapnut bit dokončení vypínání. Pokud tomu tak není, provede se kontrola využívání regulátoru k jiným účelům a jeho případné uvolnění, tak jako v případě procesu zapínání. Po uvolnění se pokračuje v následujících krocích. Kontrola vypnutí zářivek a vynulování bitu rozsvícených zářivek. Kontrola vypnutí žárovky a případné postupné vypínání, včetně vynulování bitu rozsvícené zářivky. Následuje přepnutí regulátoru zpět na regulaci. Jako poslední krok se provede nastavení bitu dokončení. Systém vynulovávání těch samých bitů (zářivky, žárovka), které se používají při zapínání, přináší výhodu v případě restartu zařízení během doby vypnutí. Při restartu dojde automaticky k vynulování bitů a samozřejmě i k vypnutí zdrojů světla. Pokud by na začátku vypínacího procesu došlo, vlivem nehody, k restartu zařízení, nebudou již probíhat všechny kroky, které by standardně následovali, ale dojde ke kontrole jejich vypnutí a k rychlému dokončení této procedury.

4.3.1.4 Regulace

Část regulace funguje ve spojení s ostatními funkcemi. Pokud je potřeba odkudkoliv z programu nastavit hodnotu na výstupu, a je přepnuto do modu regulace, hodnota zasláná pomocí této procedury se převede na výstup. Před tím se však ještě provede kontrola, zda hodnota odpovídá nastaveným limitům, případně se zasláná hodnota upraví.

4.3.1.5 Zobrazení času zapnutí a vypnutí na LCD

Jedná se o pomocné procedury umožňující zobrazení času zapnutí a času vypnutí na LCD. Dochází zde k převodu čísla v minutách na dvě čísla, hodiny a minuty oddělené dvojtečkou. Jedná se o jednoduchý výpočet. Den může mít nejvýše 1440 minut. Toto číslo vynásobíme 100 a uložíme do proměnné A. Do proměnné B uložíme číslo A vydělené 6000, ale bez desetinných míst. Tudíž celé hodiny. Do proměnné C uložíme výsledek rozdílu čísla A a čísla B vynásobeného opět 6000, který je podělený 100. Tudíž minuty. Tyto funkce jsou dostupné i v dalších později popisovaných funkcích. Nikterak se neliší, a proto dále nebudou už zmiňovány.

Tabulka 4.3: Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceUVB()“

par. a	Popis
100	Spouští setup
1	Inicializace a nastavení polohy
2	Načítání nového indexu
3	Proces zapínání výbojky
4	Zobrazování času 1 na LCD
5	Zobrazování času 2 na LCD
6	Počítání času výbojky
61	Uložení nového času výbojky

4.3.1.6 Uložení času zapnutí a vypnutí

Pomocné procedury sloužící k ukládání nových časů zapnutí (vypnutí) v případě jejich editace pomocí LCD.

4.3.1.7 Vypisování textů na sériovou linku

Tato procedura má za úkoly vypisovat text na sériovou linku v případě, že je toto zobrazování povoleno. Jedná se o texty, které jsou během běhu vybraných procedur této funkce sbírány a ukládány do zásobníku. Tato procedura je pak vypisuje a postupně ze zásobníku odepisuje.

4.3.2 Popis „void funkceRegulaceUVB (byte a)“

Tato procedura se stará o regulaci intenzity osvětlení UVB záření a i vlastní spínání a vypínání výbojky. Popis parametrů, se kterými je možno tuto proceduru spustit, jsou uvedeny v tabulce 4.3.

4.3.2.1 Setup

Slouží k nastavení celé této funkce. Spouští se pouze jednou pomocí volání z procedury „void setup“ 4.2.1. Slouží k nastavení pin pro čtení stavu koncového spínače jako vstup a zároveň detekci, zda není sepnut. Dále k nastavení rychlosti otáčení krokového motoru a načtení maximální možné polohy ramene. K načtení minimální a maximální hodnoty UV indexu. Nastavení aktuální hodnoty na minimální. Nastavení časového období na 1, což znamená, načtení začátku období jako 0:00 a dalšího časového údaje, který odpovídá právě prvnímu období.

4.3.2.2 Inicializace a nastavení polohy

Funkce regulace UVB část inicializace a nastavení polohy je zobrazena na obrázku A.3. Po spuštění této procedury se provede kontrola, zda není potřeba zařízení ini-

cializovat. Pokud ano, provede se kontrola, zda není sepnut koncový spínač. Pokud není, znamená to polohu někde mezi, ubere se na výstupu. To znamená, že se motor otočí ve směru, kdy poloha ramene se přiblíží ke koncovému spínači. Tento krok je v podstatě půl-otáčka. V případě, že je koncový spínač sepnut, ať už na začátku, nebo během posouvání ramen směrem dolů, vynuluje se počítadlo kroků, nastaví se horní úroveň, rameno se zvedne do horní polohy, a nastaví se bit dokončení inicializace. Pokud je inicializace dokončena, provádí se přepočítání UV indexu na polohu. Poloha se kontroluje s polohou ramene. Pokud nesedí, provede se postupná korekce na novou hodnotu. V každém tomto kroku se kontroluje, zda nedošlo k sepnutí koncového spínače. V případě, že k sepnutí došlo, je to důkaz chyby ve výpočtech a je nutné provést novou inicializaci. Proto dojde k vypnutí bitu inicializace, a tudíž k novému procesu nastavování.

4.3.2.3 Načítání nového indexu

Funkce regulace UVB část načítání nového indexu je zobrazena na obrázku A.4. Během této procedury se provádí kontrola, zda je systémový čas ve stanoveném časovém období. Pokud není, nastaví se další období. To znamená, že původní konec období, který byl překročen, se nastaví jako začátek, a z paměti eeprom se načte další uložené období, a nastaví se jako nový konec. Zároveň se provede vynulování hodnoty pro načtení příslušného indexu. Následuje ukončení běhu této procedury. V dalším běhu této procedury již období odpovídá, ale neodpovídá hodnota indexu. Proto se provede načtení, nastavení nové hodnoty a nastavení příslušného bitu, zároveň se běh procedury ukončí. V normálním režimu, kdy období a index odpovídá, se procedura ve dvou krocích ihned ukončí a nezatěžuje program.

4.3.2.4 Proces zapínání výbojky

Funkce regulace UVB část zapínání a vypínání je zobrazena na obrázku A.5. Na začátku této procedury se provádí vyhodnocování, zda systémový čas je v rozmezí doby zapnutí a vypnutí dle sekce 4.3.1. Pokud nastane doba zapnutí, provede se kontrola, zda je dokončena inicializace ovládání pohybu zdroje UVB a zároveň zda je dokončené zapínání žárovky. Pokud jsou obě podmínky splněny, provede se spuštění výbojky. Před samotným spuštěním se provede poslední kontrola, zda doběhla pauza před dalším opětovným spuštěním. V případě, že na začátku procedury se určí doba vypínání, na základě vyhodnocení systémového času, provádí se následující. Ověří se, zda je výbojka zaplá a zároveň jestli začal proces vypínání. Pokud ano, vypne se výbojka. V každém případě ovládání výbojky, ať už se jedná o samotné zapínání nebo vypínání, se provádí nastavování příslušných bitů a také naplňování časovače určeného pro opětovné zapnutí.

4.3.2.5 Zobrazení času 1 a času 2 na LCD

Tato část je shodná s funkcí regulace osvětlení a je již popsána v sekci 4.3.1.5.

Tabulka 4.4: Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceVlhkosti (byte a)“

par. a	Popis
100	Spouští setup
1	Spouští hlavní výkonnou smyčku.
2	Načítání nové hodnoty pro vlhkost
4	Zobrazování času 1 na LCD
5	Zobrazování času 2 na LCD
6	Zobrazení zbývajících času do aktivace

4.3.2.6 Počítání času zapnutí výbojky

Funkce osvětlení část počítání času výbojky je zobrazena na obrázku A.5. V cyklu se provádí následující operace: provede se kontrola zapnutí výbojky. Pokud výbojka není zaplá, zkontroluje se, zda čas v paměti programu není větší než čas uložený v eeprom. V případě, že je větší, uloží se nový čas do paměti eeprom. Pokud je výbojka zaplá, tak se v každém cyklu provede aktualizace proměnné (času) v paměti programu. Následně pak kontrola, zda tato hodnota není větší než jedna hodina, respektive než čas určený jako pauza mezi ukládáním do paměti eeprom. V případě, že je čas větší, provede se ještě poslední kontrola, zda je tento čas větší než čas v paměti eeprom. Po splnění těchto podmínek se uloží nový čas do paměti eeprom.

4.3.2.7 Uložení nového času zapnutí výbojky

Jedná se o doplňující proceduru umožňující změnu uložené doby zapnutí výbojky. Je volána některou z dalších procedur, nebo pomocí příkazů při nastavování dat z SD karty.

4.3.3 Popis „void funkceRegulaceVlhkosti (byte a)“

Tato procedura se stará o regulaci vlhkosti. Přehled parametrů, které lze pro volání použít, je uveden v tabulce 4.4.

4.3.3.1 Setup

Opět jako v předešlých odstavcích, slouží tato procedura k nastavení celé této funkce. Spouští se pouze jednou pomocí volání z procedury „void setup“ 4.2.1. Jedná se zejména o načtení kritického limitu, času prodlevy před dalším cyklem regulace a nastavení typu regulace (den, den/noc). Dále pak nastavení prvního období a načtení první hodnoty k regulaci. Nechybí ani základní nastavení PID regulátoru, jakož i nastavení výstupů pro ovládání ventilátoru a rosícího zařízení.

4.3.3.2 Hlavní smyčka

Během běhu hlavní smyčky se kontrolují následující kroky. V prvním kroku se kontroluje, zda je dle nastavení, regulace závislá na čase, a pokud není, tak jestli nastal čas pro regulaci. Následuje načtení hodnoty ze senzoru vlhkosti a nastavení směru regulace. Tudíž, zda bude regulátor ovládat ventilátor nebo rosící zařízení. Následuje kontrola provedení výpočtu, případně provedení výpočtu a nastavení doby aktivování jednotlivých výstupů a kontrola překročení kritických hodnot. Dále proběhne kontrola, zda trvá pauza před dalším spuštěním regulátoru. Tento krok je celkem zásadní. Pokud jsou překročeny kritické hodnoty regulace, tak se i přes trvající pauzu pokračuje jakoby žádná pauza nenastala. Pokud však kritické hodnoty překročeny nejsou, vynuluje tento krok všechny předchozí kroky, a tudíž vše běží znovu od začátku. V případě pokračování, ať už z důvodu překročení kritických hodnot, nebo z důvodu doběhnutí standardní pauzy, se provede kontrola aktivování výstupu, případně se aktivuje výstup. V posledním kroku se provádí kontrola vypršení času určeného pro aktivaci výstupu. Pokud čas vyprší, proběhne deaktivování výstupu a vynulování předchozích kroků. Celý proces pak začíná znovu od začátku.

4.3.3.3 Načítání nové hodnoty pro vlhkost

Proces načítání nové hodnoty pro vlhkost se nikterak neliší od procesu načítání nového indexu UV popsaného v sekci 4.3.2.3. Rozdíl je pouze v načítání hodnot pro vlhkost na místo hodnot pro UV index. Samozřejmě se tyto hodnoty načítají a ukládají z a do jiných míst.

4.3.3.4 Zobrazení času 1 a času 2 na LCD

Tato část je shodná s funkcí regulace osvětlení a je již popsána v sekci 4.3.1.5.

4.3.3.5 Zobrazení zbývajících času do další aktivace

Tato procedura je volána z části pro zobrazování údajů na display. V podstatě je podobná proceduře pro zobrazení času na display. Jen s tím rozdílem, že se zobrazuje čas zbývajících před další aktivací výstupů.

4.3.4 Popis „void funkceRegulaceTTC (byte a)“

Tato procedura zajišťuje regulaci teploty v teplé části terária. Popis parametrů, se kterými je možno tuto proceduru spustit, jsou uvedeny v tabulce 4.5.

4.3.4.1 Setup

I v této funkci se nachází setup část. Slouží k nastavování následujících parametrů. Načtení prvního období, nastavení PID regulátoru a nastavení teploty prvního období. Odlišností oproti ostatním setupům je, že zde neprobíhá nastavení výstupů

Tabulka 4.5: Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceTTC ()“

par. a	Popis
100	Spouští setup
1	Spouští hlavní výkonnou smyčku
2	Načítání nové hodnoty pro teplotu
4	Zobrazování času 1 na LCD
5	Zobrazování času 2 na LCD

a vstupů. Tato funkce si vystačí pouze s jedním PWM výstupem, a tím je výstup pro ovládání mosfetového regulátoru. Tento je již nastavený v setupu funkce, viz část 4.3.1.

4.3.4.2 Hlavní smyčka

Hlavní smyčka je o mnoho jednodušší než u předchozích funkcí. Její vývojový diagram je na obrázku A.7. Celá smyčka má pouze dvě rozhodovací místa. V prvním kroku se zjišťuje, zda je výstup uvolněný k regulaci a je přepnuto na regulaci. Pokud je uvolněný, provádí se regulace následujícím způsobem. Nastaví se bit používání, což znamená, že funkce osvětlení (případně další funkce) nemůže využívat regulátor. Dále se načtou hodnoty ze senzoru, provede se výpočet a nastaví se výstup na příslušnou hodnotu. V případě, že by funkce osvětlení chtěla využít regulátor k rozsvícení nebo stmívání, musí nejprve vypnout přepnutí na regulaci. Pokud nastane, že regulátor není uvolněný k regulaci, po první záporné odpovědi v prvním rozhodovacím kroku, se pokračuje otázkou, je-li bit používání vypnut. V prvním kole tomu tak není, tudíž se pokračuje tím, že se vypne regulátor. To znamená, že se nastaví hodnota na regulátoru na požadovanou úroveň nutnou pro vypnutí. Nutná hodnota pro vypnutí je v případě zapínání 0, což znamená zhasnuto, a v případě vypínání naopak max, což znamená plný jas. A v posledním kroku se vypne bit používání. To bude mít za následek, že v dalším spuštění této smyčky se ve dvou krocích ihned ukončí, a tudíž nezatěžuje systém.

4.3.4.3 Načítání nové hodnoty pro teplotu

Proces načítání nové hodnoty pro teplotu se nikterak neliší od procesu načítání nového indexu UV popsáno v sekci 4.3.2.3.

4.3.4.4 Zobrazení času 1 a času 2 na LCD

Tato část je shodná s funkcí regulace osvětlení a je již popsána v sekci 4.3.1.5.

Tabulka 4.6: Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceTSC ()“

par. a	Popis
100	Spouští setup
1	Vykonává regulaci
2	Načítání nového období
4	Zobrazování času 1 na LCD
5	Zobrazování času 2 na LCD

4.3.5 Popis „void funkceRegulaceTSC (byte a)“

Tato procedura zajišťuje regulaci teploty ve studené části terária. Popis parametrů, se kterými je možno tuto proceduru spustit, jsou uvedeny v tabulce 4.6.

4.3.5.1 Setup

I v této funkci se nachází setup část. Slouží k nastavování následujících parametrů. Načtení prvního období, nastavení PID regulátoru a nastavení teploty prvního období. Dále pak nastavení výstupů ovládajících polovinu H-můstku. Dva digitální výstupy typu ON/OFF ovládají směr napětí protékající zátěží a jeden PWM ovládá přenesený výkon.

4.3.5.2 Hlavní smyčka

Hlavní výkonná smyčka regulace teploty ve studené části je na uvedena v příloze A.8. Běh této smyčky je charakterizován následujícími kroky. Načte se hodnota teploty ze senzoru. Dle porovnání nastavené a měřené teploty se nastaví výstupy na ohřívání nebo ochlazování. Proveďte se výpočet hodnoty určené k regulaci a nastaví se výstup.

4.3.5.3 Načítání nové hodnoty pro teplotu

Proces načítání nové hodnoty pro teplotu se nikterak neliší od procesu načítání nového indexu UV popsaného v sekci 4.3.2.3.

4.3.5.4 Zobrazení času 1 a času 2 na LCD

Tato část je shodná s funkcí regulace osvětlení a je již popsána v sekci 4.3.1.5.

4.3.6 Popis „void funkceRegulaceTV (byte a)“

Tato procedura zajišťuje regulaci teploty vody. Popis parametrů, se kterými je možno tuto proceduru spustit, jsou uvedeny v tabulce 4.7. Tato funkce je kopií funkce pro regulaci teploty ve studené části terária, viz 4.3.5. Z tohoto důvodu zde nebude detailněji popsána.

Tabulka 4.7: Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceTV ()“

par. a	Popis
100	Spouští setup
1	Vykonává regulaci
2	Načítání nového období
4	Zobrazování času 1 na LCD
5	Zobrazování času 2 na LCD

Závěr

Navrhované zařízení se podařilo vytvořit dle zde uvedeného popisu. Veškeré důležité části jsou vyfotografovány a přiloženy v příloze B. Zařízení funguje dle zadání a nyní probíhá sběr důležitých dat pro jeho další rozvoj. V době dokončení této bakalářské práce se již objevily nápady na možná technická vylepšení. Rád bych doplnil, že jsem celou bakalářskou práci sepsal v programu LyX a všem mohu vřele doporučit použití tohoto programu. Pokud něco z úprav není tak jak by mělo být, je to způsobeno pouze mou chybou, a nikoliv možnostmi tohoto programu.

Seznam použité literatury

- [1] AU, Manfred. *Terárium*. Praha: Vašut Jan, 2009. ISBN 978-80-7236-624-8.
- [2] Wilke, Hartmut. *Vaše Želva*. Praha: JAN VAŠUT s.r.o., 2012. ISBN 978-80-7236-804-4.
- [3] ZYCH, Jiří. *Želvy v přírodě a v péči člověka*. Praha: Brázda, 2006. ISBN 80-209-0342-9.
- [4] 24C32. <http://www.microchip.com>. [online]. 2004 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21061H.pdf>
- [5] Arduino Mega 2560. *Arduino*. [online]. 2010 [cit. 2014-02-09]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [6] DHT11 Humidity & Temperature Sensor – *D-Robotics UK* [online], [cit. neděle, 29. prosince 2013] Dostupné na www: <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>
- [7] DS1307 64 x 8, Serial, I C Real-Time Clock. <http://www.maximintegrated.com>. [online]. 10.2.2008 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [8] DS18B20 – *Maxim Integrated Products* [online], [cit. neděle, 29. prosince 2013] Dostupné na www: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [9] EE-SX3239-P2 . <http://www.omron.com/ecb/>. [online]. 31.8.2012 [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: http://www.omron.com/ecb/products/photo/35/ee_sx3239_p2_4239_p2.html
- [10] FOGGER / ULTRASONIC FOG GENERATOR. *EXO TERRA*. [online]. 2013 [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: <http://www.exo-terra.com/en/products/fogger.php>
- [11] HD44780 - *Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver* – Hitachi Semiconductor. [online]. [cit. neděle, 29. prosince 2013] Dostupné na www: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [12] home elektro labs. *elektro labs*. [online]. 18.3.2014 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: www.ektor-labs.com
- [13] L298. *STMicroelectronics*. [online]. 2000 [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf
- [14] Měření zdrojů UV – úvod. *euzelva*. [online]. 3.9.2010 [cit. 2014-02-09]. Dostupné z: <http://www.euzelva.cz/clanky/zelvy-mereni-zdroju-uv-uvod.html>

- [15] OnPa. *Vývojový kit EvB 4.3 – ATmega32*. [online]. [cit. 2014-02-09]. Dostupné z: <http://shop.onpa.cz/?8,vyvojovy-kit-evb-4.3-atmega32>
- [16] Ozon a UV-Index. *příroda.cz*. [online]. 31.5.2006 [cit. 2014-02-09]. Dostupné z: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=646>
- [17] Reading Rotary Encoders. *Arduino*. [online]. 2007 [cit. 2014-02-09]. Dostupné z: <http://playground.arduino.cc/Main/RotaryEncoders#Waveform>
- [18] Safe and simple AC PWM Dimmer for arduino / Raspberry pi. *elektro labs*. [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.instructables.com/id/safe-and-simple-AC-PWM-Dimmer-for-arduino-Raspberr/>
- [19] Světlo a UV záření. *Suchozemské želvy*. [online]. 2009 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://www.suchozemske-zelvy.cz/ Svetlo/>
- [20] UV Index. *World Health Organisation*. [online]. 2014 [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/index3.html
- [21] UV-Index. *IN-POČASÍ*. [online]. [cit. 2014-02-09]. Dostupné z: <http://leto.in-pocasi.cz/clanky/uv-index/>

Seznam obrázků

1.1	Spektrum záření - UV	4
2.1	Varianta 1	7
2.2	Varianta 2	7
2.3	Příklad regulace UV záření	8
2.4	Příklad regulace vlhkosti	10
2.5	Příklad regulace teploty v teplé části	11
3.1	Blokové schéma	14
3.2	Blokové schéma rozložení komponentů v teráriu	15
3.3	Přehled pinů Arduino mega	17
3.4	mechanické řešení pohybu zdroje UV záření	29
A.1	Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (0, 0)“	II
A.2	Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (1, 0)“	III
A.3	Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (1)“	IV
A.4	Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (2)“	V
A.5	Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (3)“	VI
A.6	Vývojový diagram funkce „funkceRegulaceVlhkosti(0)“	VII
A.7	Vývojový diagram funkce „funkceRegulaceTTC (1)“	VIII
A.8	Vývojový diagram funkce „funkceRegulaceTSC (1)“	IX
B.1	Celkový pohled na terárium 1	XI
B.2	Celkový pohled na terárium 2	XII
B.3	Teplá část bez krytu	XIII
B.4	Teplá část s krytem	XIV
B.5	Studená část bez krytu	XV
B.6	Studená část s krytem	XVI
B.7	Elektronika bez krytu	XVII
B.8	Motor a senzor	XVIII
B.9	Rameno celkový pohled	XIX

Seznam tabulek

1.1	Přehled typických hodnot.	5
2.1	Nastavitelné parametry u regulace UV	9
2.2	Nastavitelné parametry u regulace vlhkosti	9
3.1	shrnutí údajů - modul Arduino Mega 2560 + MEGA-SHIELD	16
3.2	shrnutí údajů - AC/DC měnič	17
3.3	shrnutí údajů - Zobrazovací zařízení	18
3.4	shrnutí údajů - Modul SD karty	18
3.5	shrnutí údajů - Modul RTC	19
3.6	shrnutí údajů - Modul Bluetooth	19
3.7	Část řízení a obsluhy - popis propojení	20
3.8	shrnutí údajů - MOSFET regulátor	21
3.9	shrnutí údajů - modul 2x relé	21
3.10	shrnutí údajů - teplotní čidlo	22
3.11	Část osvětlení a teplota v teplé části- popis propojení	23
3.12	shrnutí údajů - Koncový spínač	23
3.13	shrnutí údajů - H-můstek	24
3.14	shrnutí údajů - krokový motor	24
3.15	shrnutí údajů - modul 4 x relé	24
3.16	shrnutí údajů - použitá výbojka	25
3.17	Část - Osvětlení UV- popis propojení	25
3.18	shrnutí údajů - vlhkostní čidlo	26
3.19	shrnutí údajů - mlhovač	26
3.20	Část - vlhkost- popis propojení	27
3.21	shrnutí údajů - peltiérův článek	28
3.22	Část - Teplota chladná část - popis propojení	28
3.23	Část - Vyhřívání vody - popis propojení	29
4.1	Seznam použitých knihoven	31
4.2	Přehled parametrů procedury „funkceOsvetleni()“	34
4.3	Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceUVB()“	36
4.4	Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceVlhkosti (byte a)“	38
4.5	Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceTTC ()“	40
4.6	Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceTSC ()“	41
4.7	Přehled parametrů procedury „funkceRegulaceTV ()“	42

Listings

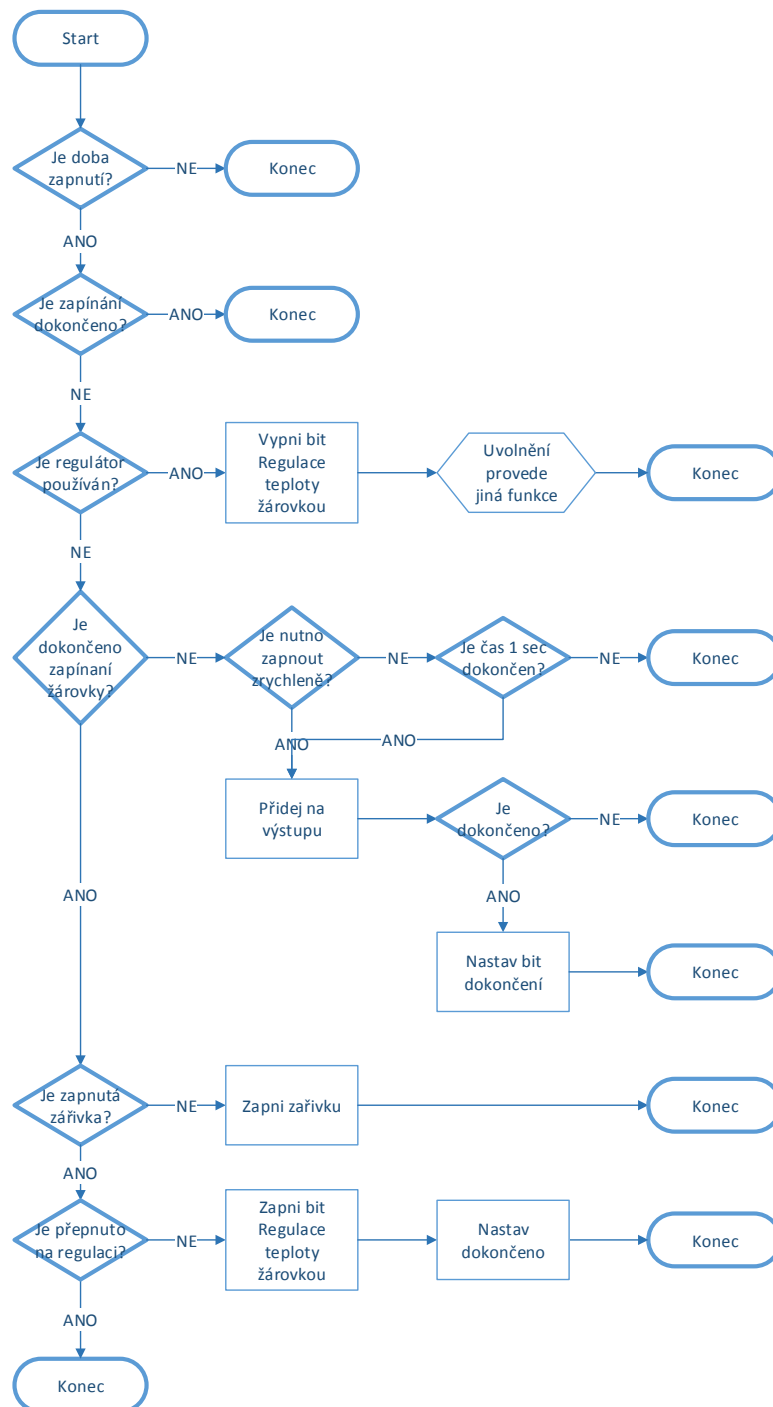
4.1	void setup ()	31
4.2	void loop ()	32

A Vývojové diagramy

Seznam:

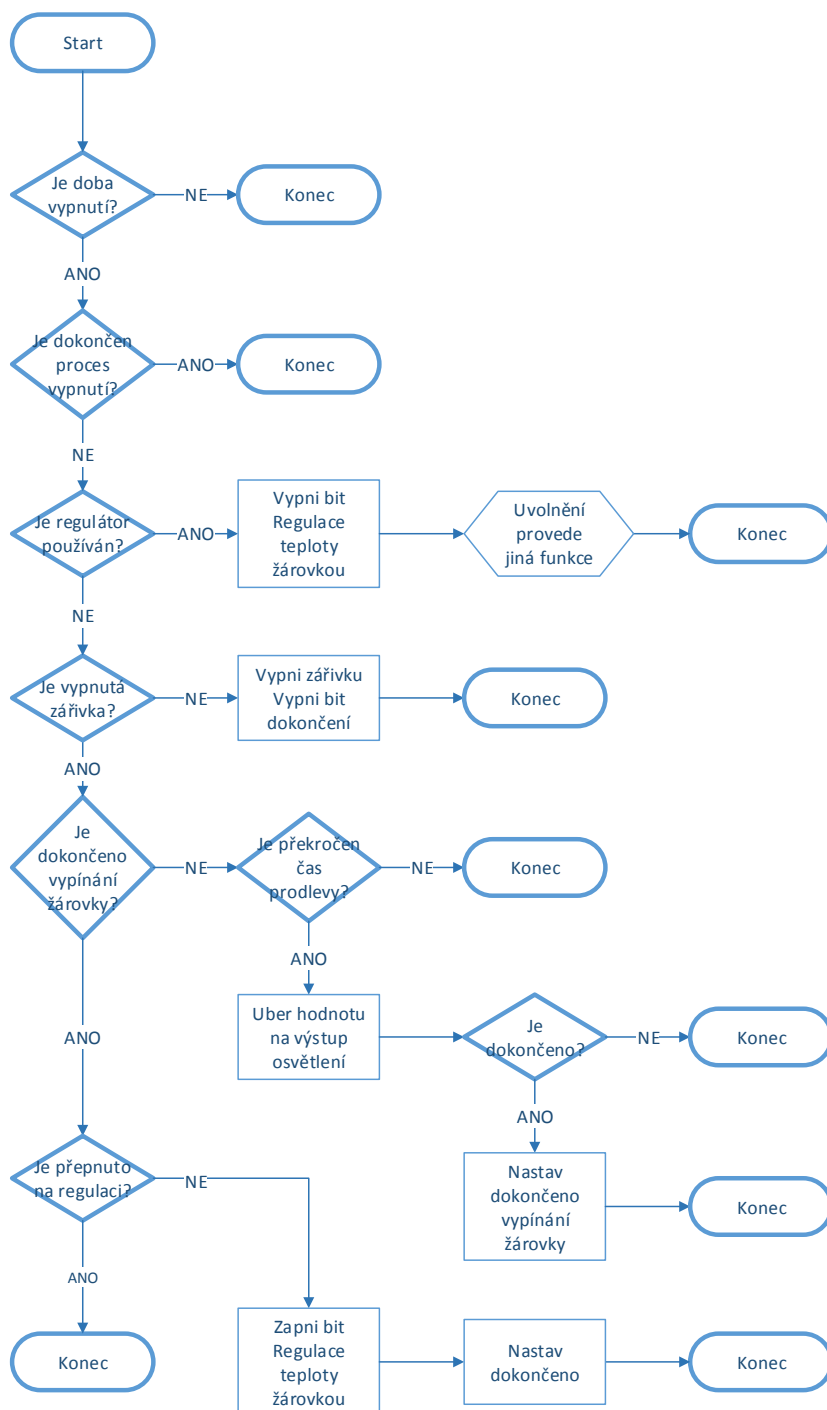
A.1 Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (0, 0)“	II
A.2 Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (1, 0)“	III
A.3 Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (1)“	IV
A.4 Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (2)“	V
A.5 Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (3)“	VI
A.6 Vývojový diagram - „funkceRegulaceVlhkosti(0)“	VII
A.7 Vývojový diagram - „funkceRegulaceTTC (1)“	VIII
A.8 Vývojový diagram - „funkceRegulaceTSC (1)“	IX

A.1 Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (0, 0)“



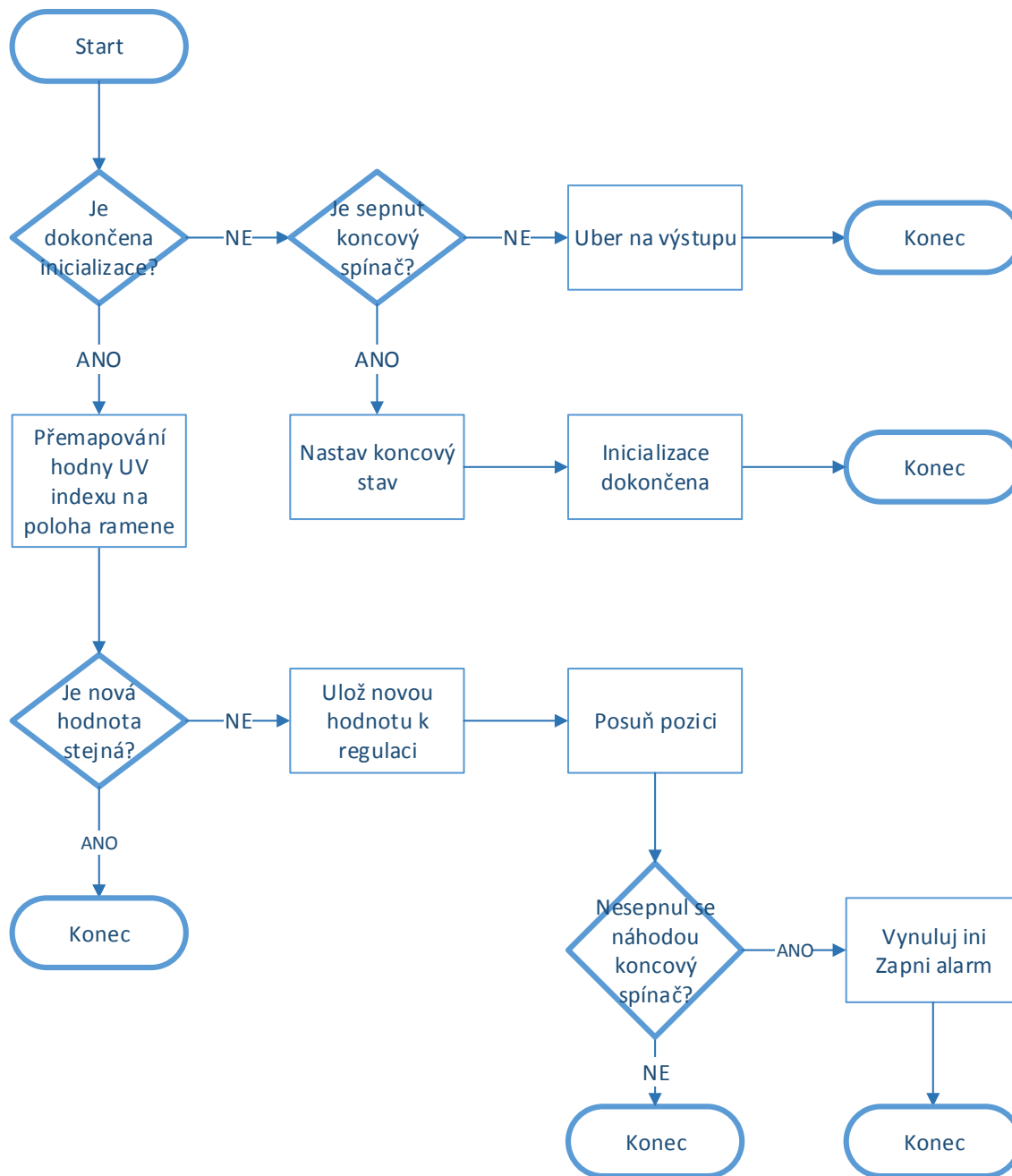
Obrázek A.1: Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (0, 0)“

A.2 Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (1, 0)“



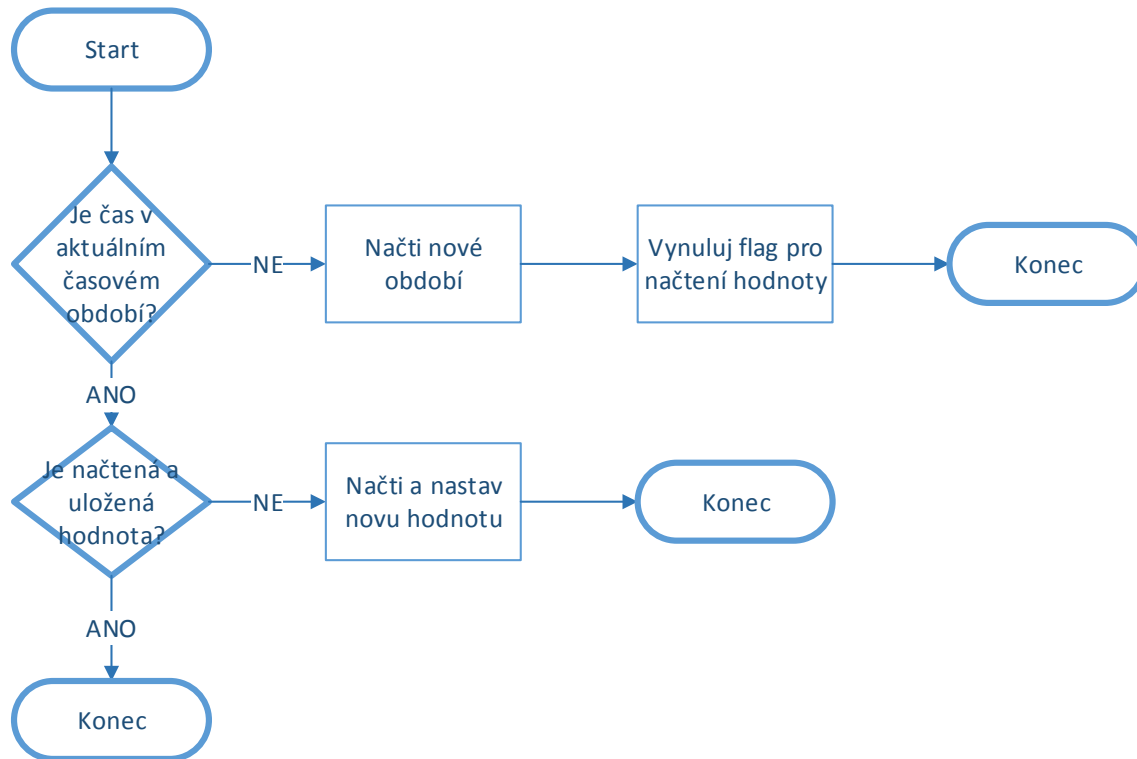
Obrázek A.2: Vývojový diagram - „funkceOsvetleni (1, 0)“

A.3 Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (1)“



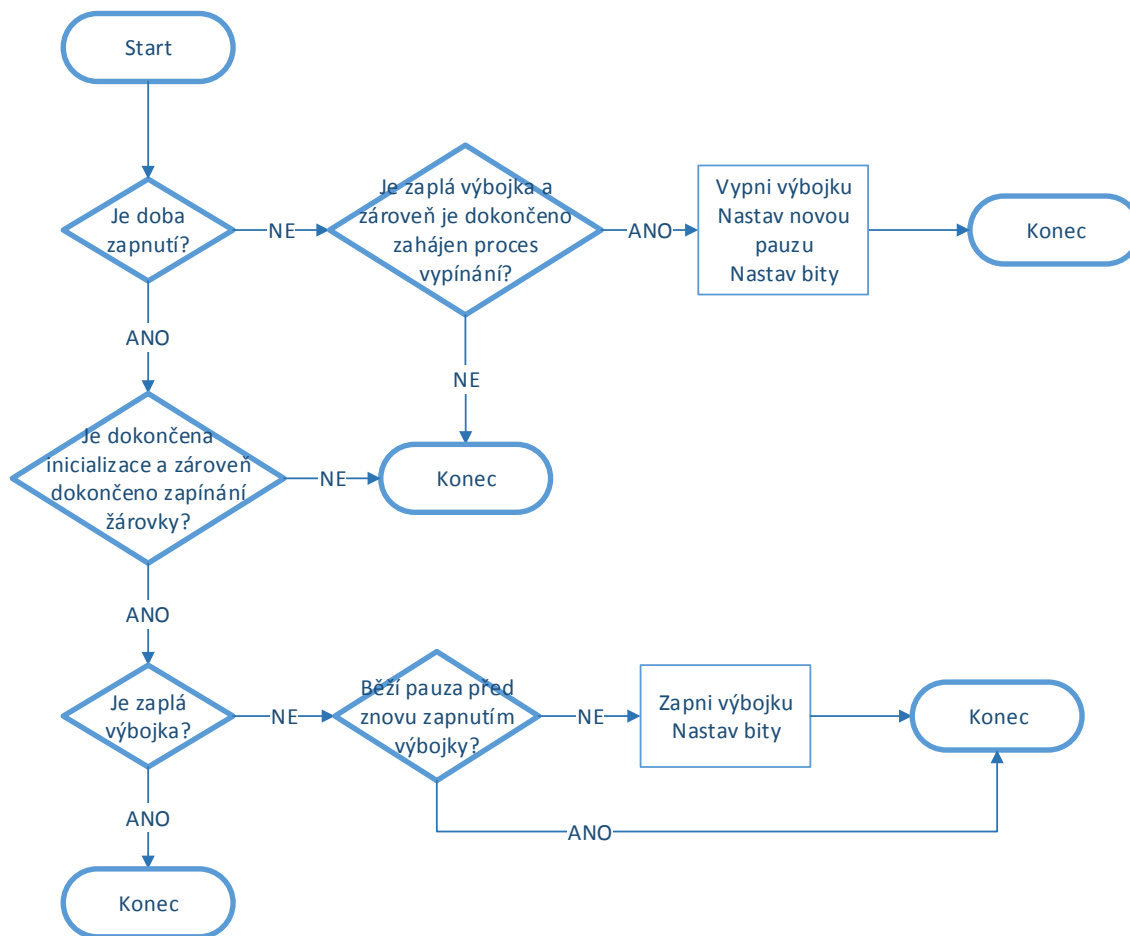
Obrázek A.3: Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (1)“

A.4 Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (2)“



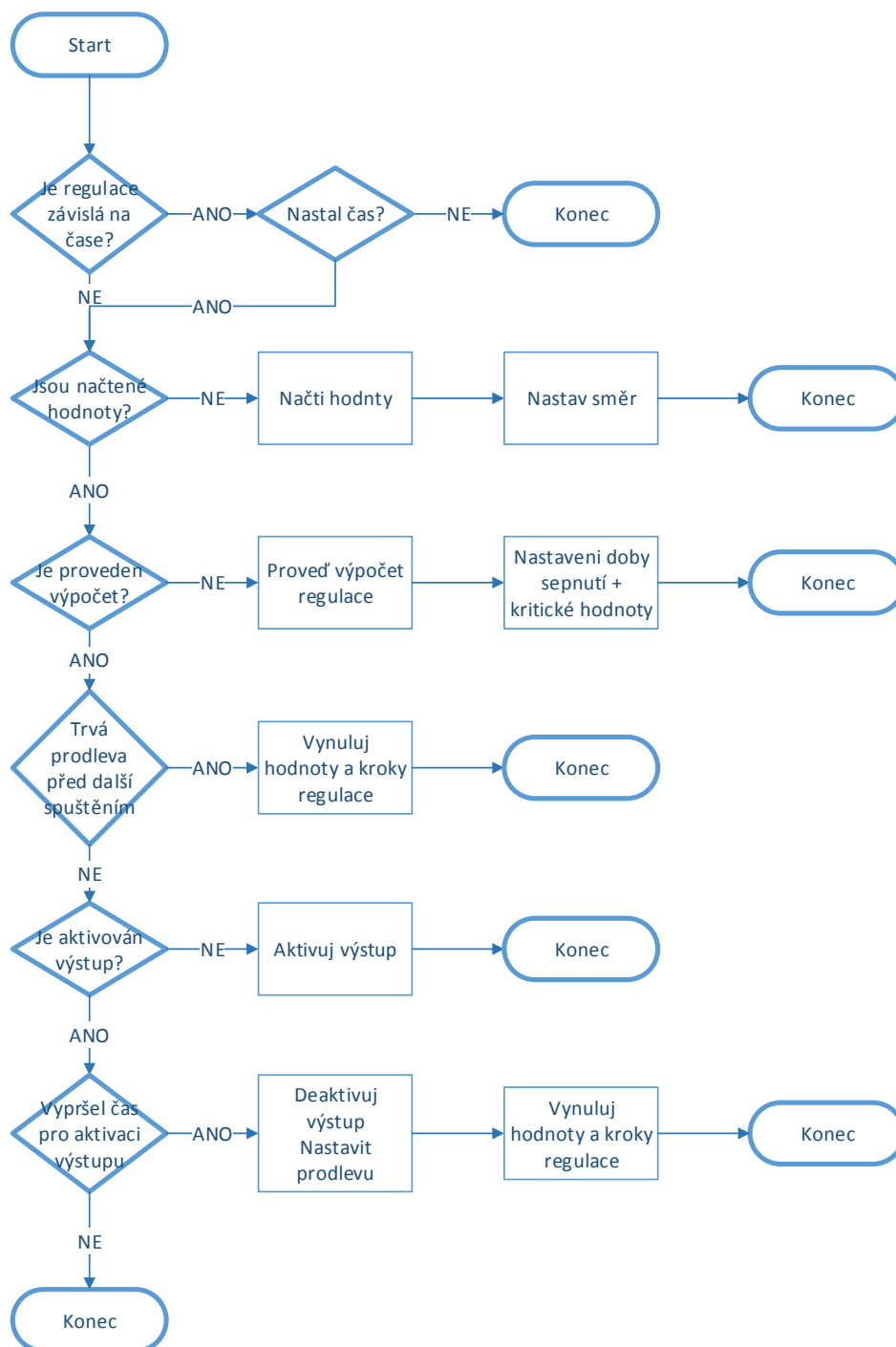
Obrázek A.4: Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (2)“

A.5 Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (3)“



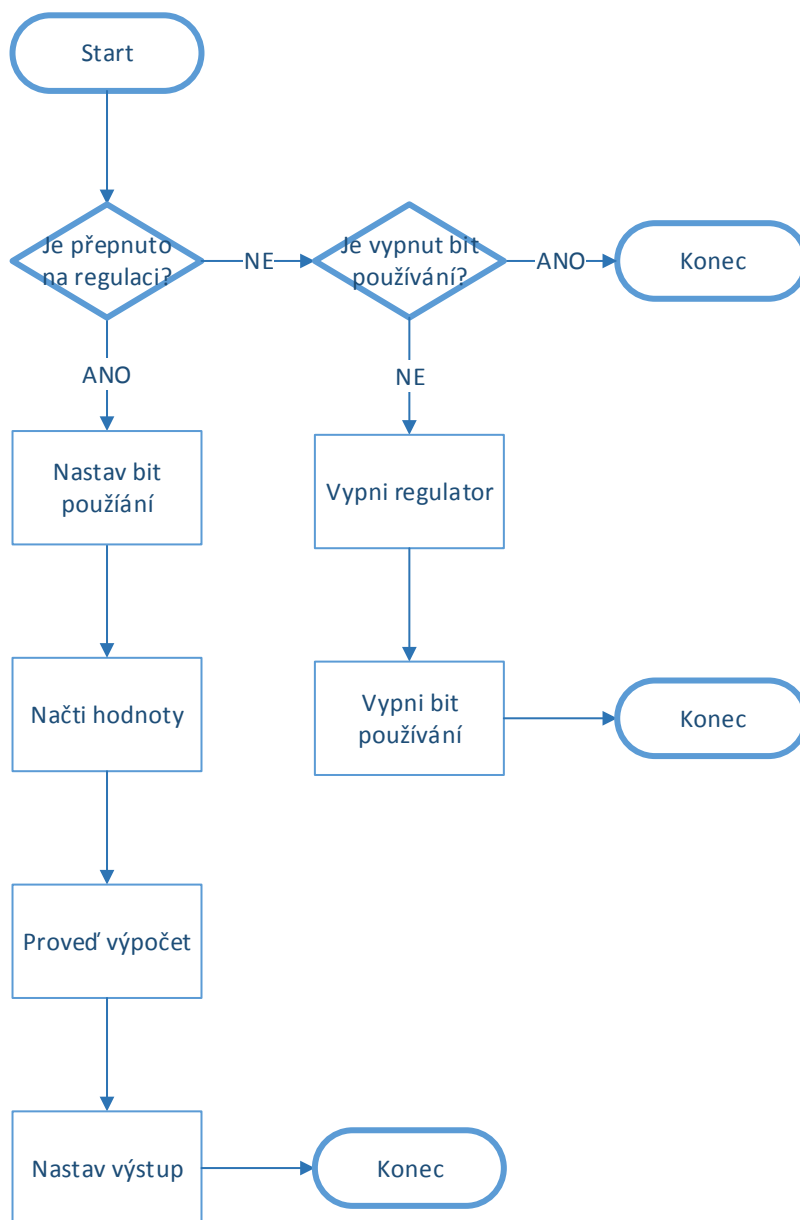
Obrázek A.5: Vývojový diagram - „funkceRegulaceUVB (3)“

A.6 Vývojový diagram - „funkceRegulaceVlhkosti(0)“



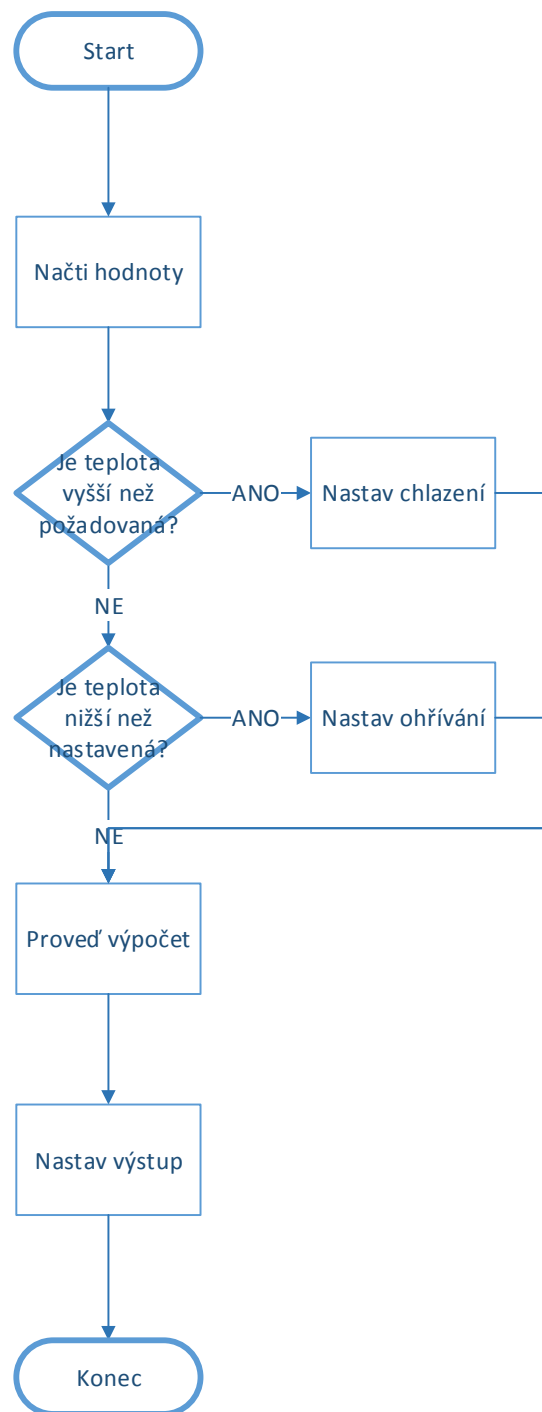
Obrázek A.6: Vývojový diagram funkce „funkceRegulaceVlhkosti(0)“

A.7 Vývojový diagram - „funkceRegulaceTTC (1)“



Obrázek A.7: Vývojový diagram funkce „funkceRegulaceTTC (1)“

A.8 Vývojový diagram - „funkceRegulaceTSC (1)“



Obrázek A.8: Vývojový diagram funkce „funkceRegulaceTSC (1)“

B Fotodokumentace

Seznam:

B.1 Celkový pohled na terárium bez krytu	XI
B.2 Celkový pohled na terárium včetně krytu	XII
B.3 Teplá část bez krytu	XIII
B.4 Teplá část s krytem	XIV
B.5 Studená část bez krytu	XV
B.6 Studená část s krytem	XVI
B.7 Elektronika bez krytu	XVII
B.8 Motor se senzorem spodní polohy	XVIII
B.9 Rameno celkový pohled	XIX

B.1 Celkový pohled na terárium bez krytu



Obrázek B.1: Celkový pohled na terárium 1

B.2 Celkový pohled na terárium včetně krytu



Obrázek B.2: Celkový pohled na terárium 2

B.3 Teplá část bez krytu



Obrázek B.3: Teplá část bez krytu

B.4 Teplá část s krytem



Obrázek B.4: Teplá část s krytem

B.5 Studená část bez krytu



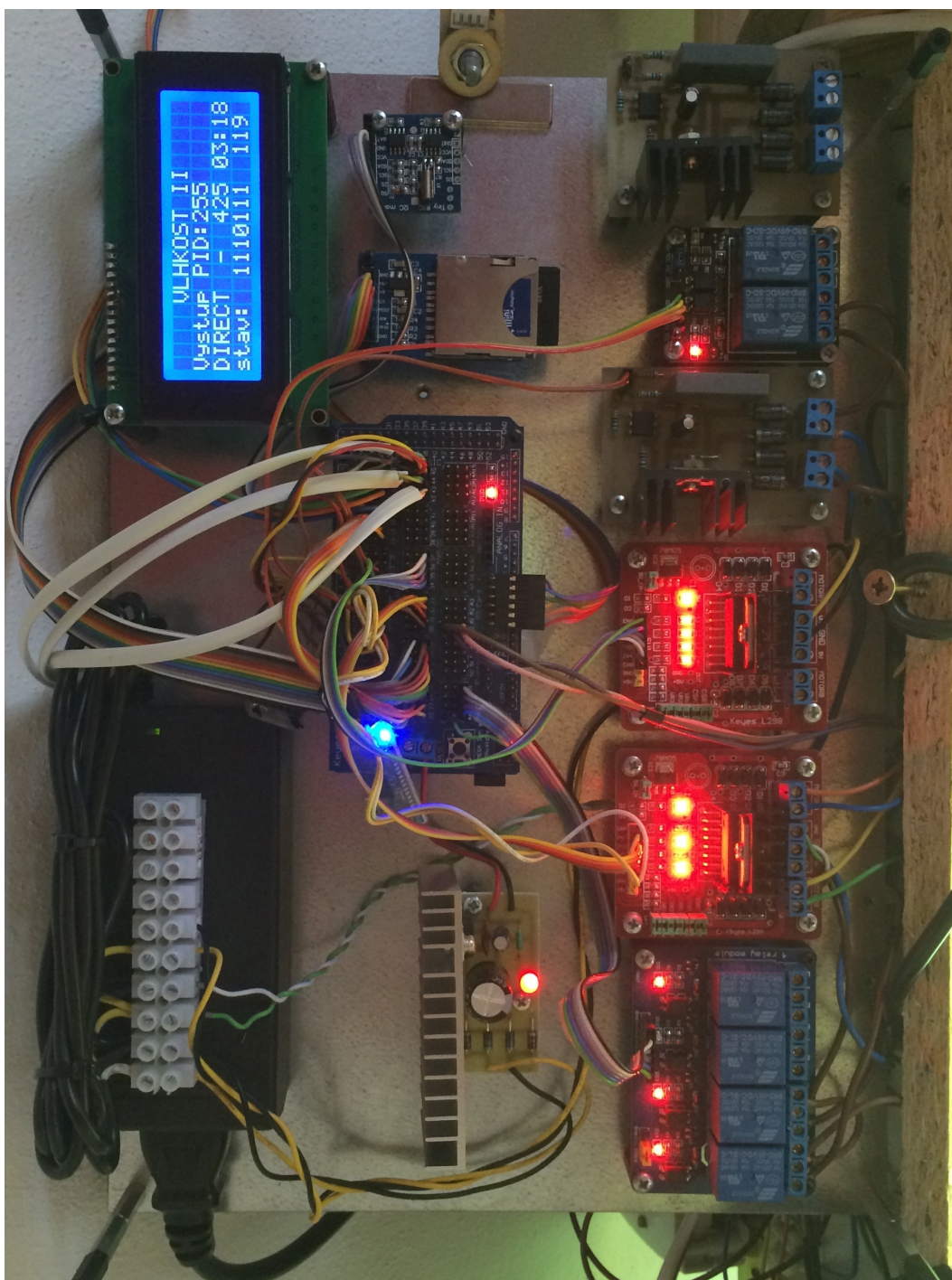
Obrázek B.5: Studená část bez krytu

B.6 Studená část s krytem



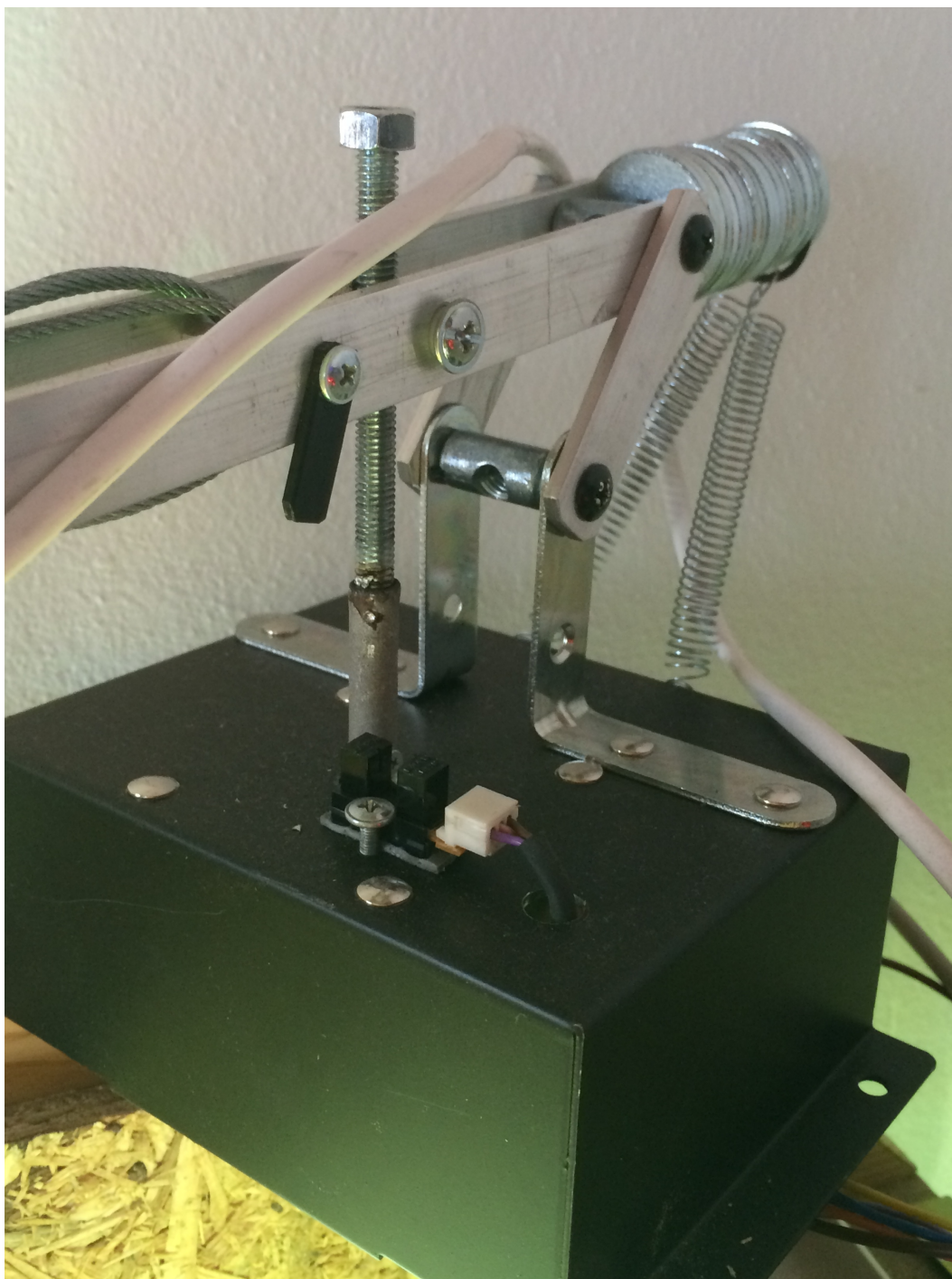
Obrázek B.6: Studená část s krytem

B.7 Elektronika bez krytu



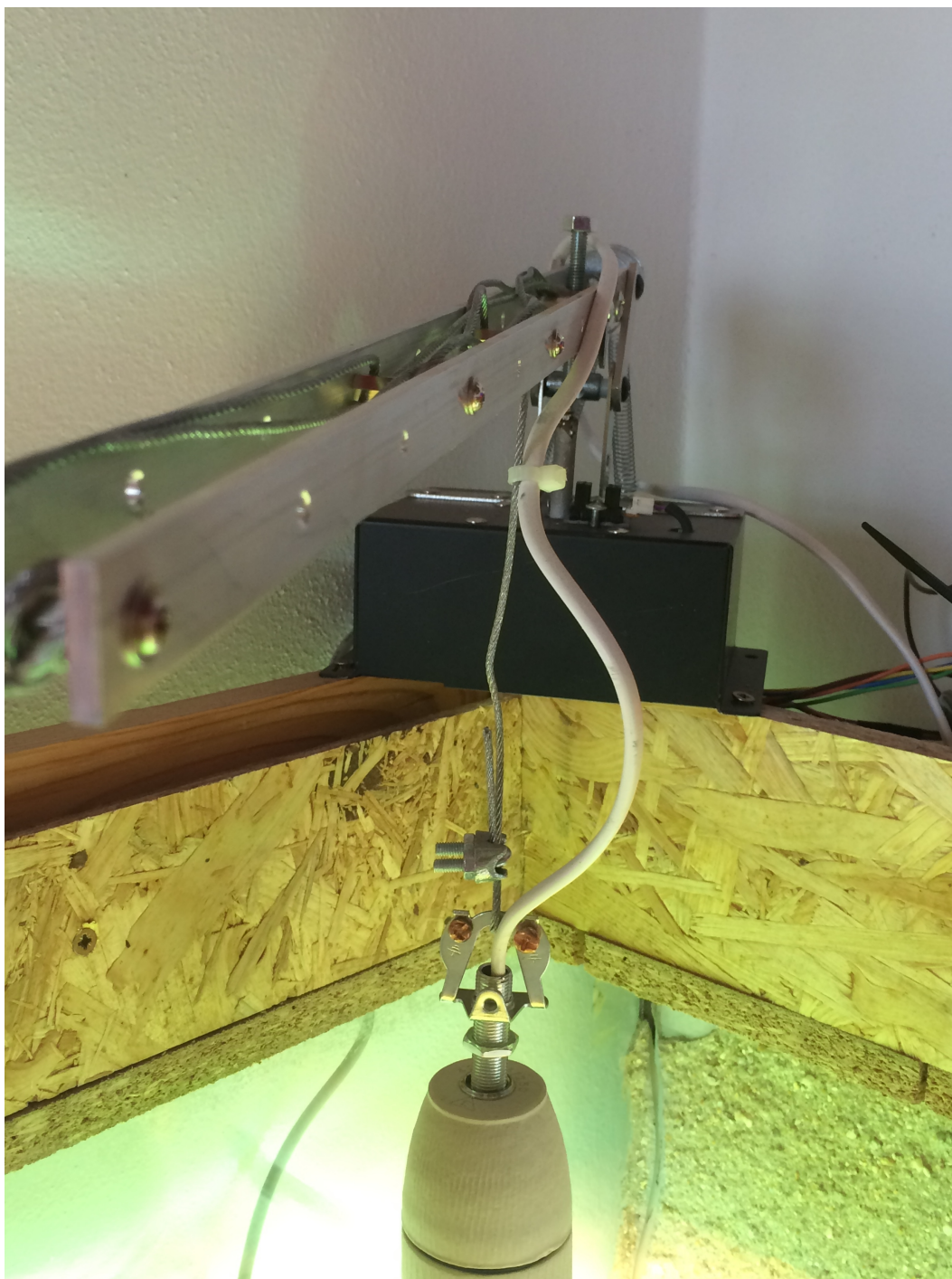
Obrázek B.7: Elektronika bez krytu

B.8 Motor se senzorem spodní polohy



Obrázek B.8: Motor a senzor

B.9 Rameno celkový pohled



Obrázek B.9: Rameno celkový pohled

C Přílohy na CD

C.1 Zdrojový kód programu.