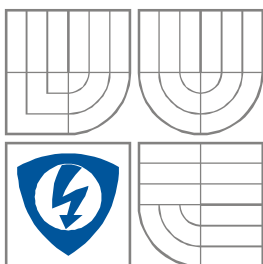


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

ŘÍDICÍ JEDNOTKA PRO AUTOMATICKOU LÍHEŇ

THE CONTROL UNIT FOR AUTOMATIC EGG INCUBATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN NOHA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ HÁZE, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav mikroelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Mikroelektronika a technologie

Student: Jan Noha

ID: 146916

Ročník: 3

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TĚMATU:

Řídicí jednotka pro automatickou liheň

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Proveďte kompletní návrh řídicí jednotky a dalších součástí automatické liheň. Minimalizujte řídicí jednotku s využitím mikrokontroléru řady ATMEGA s platformou Arduino. Dále navrhnete desku plošných spojů, zrealizujte a odzkoušejte v praxi celý systém. Dané veličiny budou zobrazovány na LCD displeji.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 5.6.2014

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „**Řídicí jednotka pro automatickou liheň**“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 5. června 2014

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Házemu, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování projektu.

V Brně dne 5. června 2014

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem a konstrukcí řídicí jednotky pro automatickou líheň. První část této práce obsahuje základní rozdělení dnes používaných líhní. Dále je věnována důležitým podmínkám, které musí zajistit každá líheň pro úspěšné líhnutí. V této části jsou také porovnány vybrané líhně, dostupné na našem trhu a od různých výrobců. Druhá část je věnována návrhu řídicí jednotky pro automatickou líheň. Zde jsou popsány jednotlivé komponenty řídicí jednotky a jejich výběr. Poslední část je zaměřena na konstrukci a odzkoušení navržené řídicí jednotky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Líheň, mikrokontrolér, LCD displej.

ABSTRACT

This work presents design and construction of controller for automatic egg incubator. The first part of this work presents elementary kinds of eggs incubators, which are used in these days. There is description of the main conditions, which each incubator of eggs, have to keep for successful incubation. There are also comparisons of several eggs incubators, which are made by different manufacturers. The second part contains design of controller for automatic incubator of eggs. There are description components of controller and their choice. The last part is concentrating to construction and testing of controller.

KEYWORDS

Incubator of eggs, microcontroller, LCD display.

NOHA, J. *Řídicí jednotka pro automatickou líheň*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav mikroelektroniky, 2014. 27 s., 7 s. příloh. Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D..

OBSAH

Úvod	10
1 Typy líhni	11
1.1 Líhně bez nuceného oběhu vzduchu.....	11
1.2 Líhně s nuceným oběhem vzduchu.....	12
1.3 Kontaktní líhně	12
2 Hlavní podmínky pro úspěšné líhnutí	13
2.1 Teplota	13
2.2 Vlhkost.....	13
2.3 Otáčení vajec.....	14
2.4 Výměna vzduchu	14
3 Porovnání vybraných líhni	15
3.1 Líheň Mono 48.....	15
3.2 Líheň REAL 49 Automatic.....	16
3.3 Líheň Rcom Max 50	16
3.4 Líheň Octagon® 40 Advance	17
4 Návrh řídicí jednotky	18
4.1 Výběr mikrokontroléru	19
4.2 Displej.....	19
4.3 Modul pro komunikaci mezi displejem a mikrokontrolérem	20
4.4 Senzor teploty a vlhkosti.....	20
4.5 Obvod reálného času.....	21
4.6 Napájecí zdroj	21
4.7 Řízení topné spirály	22
4.8 Ovládání ventilátoru	22
4.9 Klávesnice.....	23
4.10 Řízení servomotoru.....	24
4.11 Hladinové čidlo a siréna	24
4.12 Obvodové schéma.....	25

5 Konstrukce	27
5.1 Návrh desek plošných spojů	27
5.2 Programové vybavení	28
5.2.1 Nahrání bootloderu	30
5.2.2 Použité struktury v programu	31
5.3 Ověření funkčnosti zařízení	32
Závěr	36
Literatura	37
Seznam symbolů, veličin a zkratk	39
Seznam příloh	40

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schéma líhně bez nuceného oběhu [3]	11
Obr. 2: Schéma líhně s nuceným oběhem [3]	12
Obr. 3: Princip otáčení vajec pomocí systému válečků [9]	14
Obr. 4: Princip otáčení vajec pomocí posuvného dna [9]	14
Obr. 5: Líheň Mono 48 [6]	15
Obr. 6: Líheň REAL 49 Automatic [7]	16
Obr. 7: Líheň Rcom MAX 50 [8]	16
Obr. 8: Líheň Octagon® 40 Advance [9]	17
Obr. 9: Blokové schéma řídicí jednotky líhně	18
Obr. 10: Limity přesností teploty senzoru SHT75 [16]	21
Obr. 11: Průběhy signálů u polovodičového relé s obvodem pro spínání v nule při odporové zátěži [22]	22
Obr. 12: Schéma obvodu pro řízení ventilátoru [23]	23
Obr. 13: Schéma připojení tlačítka k mikrokontroléru [23]	23
Obr. 14: Princip otáčení hřídele servomotoru [24]	24
Obr. 15: Schéma modulu s tlačítky	25
Obr. 16: Schéma základní desky	26
Obr. 17: Pohled na stranu spojů TOP základní desky	27
Obr. 18: Pohled na stranu spojů a rozmístění součástek modulu s tlačítky	28
Obr. 19: Blokové schéma hlavního programu	29
Obr. 20: Vývojový diagram nastavení teploty	30
Obr. 21: Rozmístění pinů konektoru ISP umístěného na základní desce	31
Obr. 22: Zakomponovaná řídicí jednotka do přístrojové krabice	32
Obr. 23: Řídicí jednotka připojená k líhni	33
Obr. 24: Průběh teploty uvnitř líhně v závislosti na čase	34
Obr. 25: Průběh vlhkosti uvnitř líhně v závislosti na čase	34

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Hodnoty pro líhnutí různých druhů drůbeže [1].....	13
Tab. 2: Základní parametry líhnutí [6], [7], [8], [9].....	15
Tab. 3: Porovnání parametrů jednotlivých mikrokontrolérů [11], [12].....	19

ÚVOD

Tato práce se věnuje návrhu řídicí jednotky pro automatickou líheň. Po připojení potřebných periférií a umístění do vhodně zateplené skříně vznikne plně automatická líheň. Toto téma bylo zvoleno proto, že komerční líhně jsou finančně náročné. Líhně se využívají ke zlepšení líhivosti vajec a zvýšení kapacity líhnutí než je tomu v přirozeném prostředí. Líhivost je pojem, který se používá ke zhodnocení úspěšnosti líhnutí a je to počet vylíhlých kuřat k celkovému počtu vložených vajec do líhně [1].

Již staří Egypťané před 3000 lety zhotovovali primitivní komorové líhně. Ve starověké Číně využívali jednoduššího způsobu umělého líhnutí, kdy vejce byly ukládány do sudů či proutěných košů. Vejce byla umístěna ve vrstvách prokládaných plstěným papírem. Sudy, popřípadě koše byly umísťovány do pařícího koňského hnoje a vejce se denně přerovnávala. Po dvou týdnech byly koše přeneseny do vyhřátých místností a překryty mokkými kusy látky, aby nedocházelo k nadměrnému vysušování vajec. První záznamy o umělém líhnutí v Evropě byly nalezeny ve Francii a jsou z poloviny 18. století. K většímu rozšíření došlo koncem 19. století, kdy se začaly používat teplovodní líhně vyhřívané petrolejovou lampou. Na počátku 20. století vystřídalo petrolejovou lampu elektrické topné těleso. V 60. letech nastává velký rozmach umělého líhnutí a to díky pokroku v nových technologiích. Na trh byly postupně uvedeny moderní líhně pro drobné chovatele nebo pro velkochovy - velké skříňové líhně [2].

Řídicí jednotka popsaná v této práci umožňuje řídit teplotu a vlhkost. Uvedené veličiny jsou zobrazovány na LCD displeji, a to jak aktuální tak i nastavené. Dále je možno zobrazit i aktuální čas. V případě výpadku elektrické energie jsou nastavené veličiny uchovány v paměti. Řídicí jednotka také umožňuje řízení servomotoru pro otáčení vajec, řízení ventilátoru pro výměnu a promíchávání vzduchu. Je rovněž schopna zabezpečit kontrolu hladiny vody v nádobě, která je umístěna v líhni.

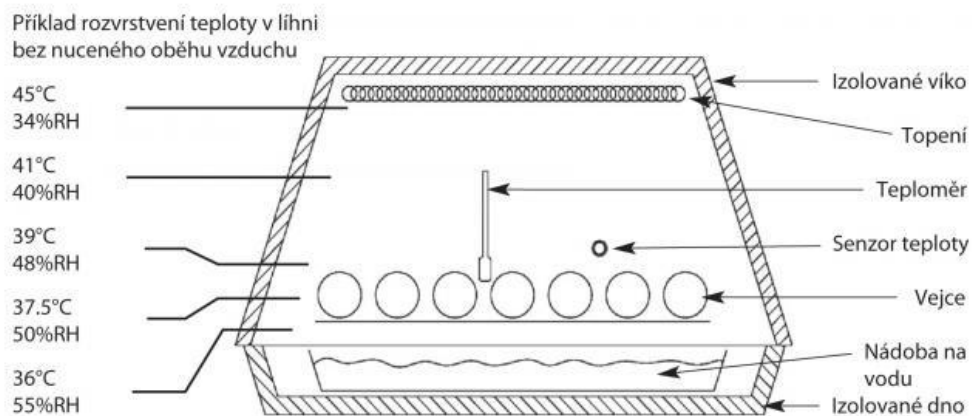
1 TYPY LÍHNÍ

Rozlišují se tři základní typy lícni: lícně bez nuceného oběhu vzduchu, lícně s nuceným oběhem vzduchu a kontaktní lícně.

1.1 Lícně bez nuceného oběhu vzduchu

U těchto lícní dochází k šíření tepla přirozeným prouděním vzduchu. Pro vytváření vhodné vlhkosti je na dně lícně umístěna nádoba na vodu, z této nádoby se přirozeně odpařuje voda a vytváří potřebnou vlhkost. Topné těleso (topný kabel, nebo topná spirála) je umístěna na víku lícně a je umístěna tak aby byla pokryta celá plocha lísky s vejci. Z důvodu zajištění dostatečné výměny vzduchu mají tyto lícně nasávací otvory u dna a otvory pro odvod vzduchu na horní straně. Rychlost výměny vzduchu je závislá na rozdílu teploty mezi vnitřním prostorem lícně a teplotou okolí.

Problémem u těchto lícní je, že teplota není v celé lícni stejná a je citlivá na změny teploty okolního prostředí a změny atmosférického tlaku, proto musí být senzor teploty umístěn v úrovni vajec. Rozvrstvení teploty je vidět na obr. 1. Mezi další nevýhody těchto lícní patří: náročnost na obsluhu (málokdy mají automatické obracení vajec, takže je nutné otáčet vajíčka manuálně) a omezená kapacita (vejce nelze skládat do více pater kvůli rozvrstvení teploty). Tyto lícně už jsou poměrně zastaralé, ale i přes své nevýhody se stále používají [3], [4].

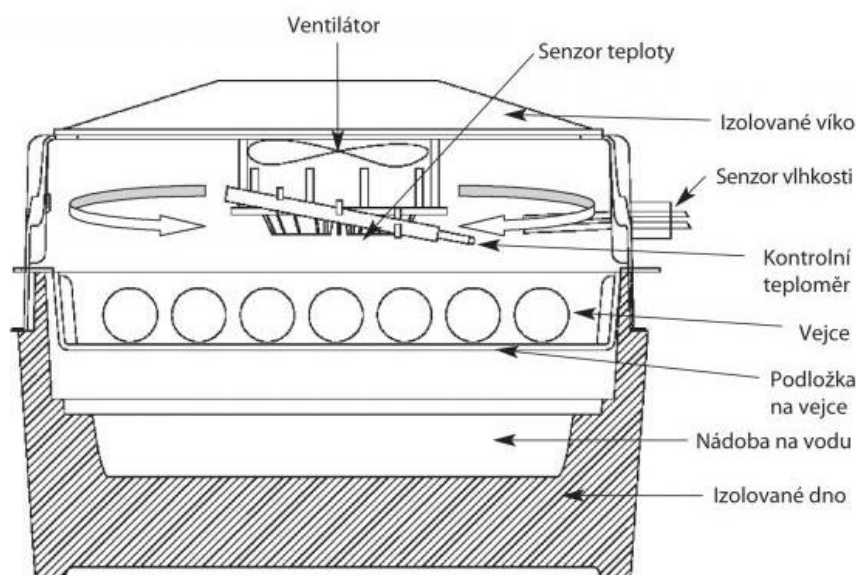


Obr. 1: Schéma lícně bez nuceného oběhu [3]

1.2 Líhně s nuceným oběhem vzduchu

Zde je proudění zajištěno instalovaným ventilátorem. Umístění ventilátoru a ostatních součástí líhně je zobrazeno na obr. 2. Ventilátor umožňuje, aby byla v celém prostoru líhně konstantní teplota, proto není umístění senzoru teploty a vlhkosti důležité a i nastavení teploty jednodušší než u líhni bez nuceného oběhu vzduchu. Tyto líhně mají ve většině případů již automatické otáčení vajec a více pater, kam lze ukládat vejce. Nejspodnější patro lze použít i jako dolíheň.

Nevýhodou u těchto líhni je, že zde dochází k nadměrnému vysušování vajec vlivem proudění vzduchu od ventilátoru. Z toho důvodu se musí pečlivěji kontrolovat vlhkost. Dalším nevýhodou u těchto typů líhni je citlivost vajíček na výkyvy teploty, ta je vyšší než u předchozího typu, proto musí mít přesnější termostaty [3], [4].



Obr. 2: Schéma líhně s nuceným oběhem [3]

1.3 Kontaktní líhně

Tyto líhně pracují na jiném principu oproti předchozím typům. Více napodobují přirozené líhnutí, kde jsou vejce zahřívány kontaktem s rodiči. U předchozích typů totiž obklopoval vejce teplý vzduch, ale zde jsou vejce zahřívány dotekem se vzduchovým polštářem, nafouknutým horkým vzduchem. Potřebná teplota vajec se udržuje tím, že se polštář periodicky nafukuje a vyfukuje.

Tyto líhně jsou zatím příliš drahé, takže nejsou příliš rozšířené, používají je například zoologické zahrady nebo drobní chovatelé pro líhnutí vzácných druhů papoušků nebo plazů [3].

2 HLAVNÍ PODMÍNY PRO ÚSPĚŠNÉ LÍHNUTÍ

Tato kapitola bude věnována problematice podmínek, které je potřeba dodržet, aby bylo dosaženo co nejlepších výsledků při líhnutí. Základní podmínky jsou: teplota, vlhkost, výměna vzduchu a otáčení vajec [5].

2.1 Teplota

Teplota je hlavním faktorem, který ovlivňuje líhnutí. Každá drůbež má odlišnou teplotu líhnutí a rozdílnou délku inkubace. Konkrétní hodnoty jsou v tab. 1.

Odchylka 0,2 °C od předepsané teploty nemá příliš velký vliv na líhnutí, o 1 °C nižší způsobí zpomalení vývinu zárodka a sníží úspěšnost líhnutí. Při poklesu teploty pod 34 °C již zárodek odumře. Vyšší teplota vadí až v posledních dnech inkubace, kdy stačí teplota o 1,5 °C vyšší a zárodek odumře.

Dané teploty jsou udávány pro teplotu zárodka, proto se senzor teploty umísťuje v líhni co nejbližejí vajíčkům. Nastavená teplota však záleží také na typu líhně, obecně se u líhni s přirozeným prouděním vzduchu nastavuje teplota o něco vyšší [1].

Tab. 1: Hodnoty pro líhnutí různých druhů drůbeže [1]

Druh	Délka inkubace	Předlíheň		Přeložení do dolíhně (dny)	Dolíheň	
		Teplota (°C)	Vlhkost (%)		Teplota (°C)	Vlhkost (%)
Kur	20-21	37,6-37,8	60-75	19	37,6-37,8	75-80
Krůty	28	37,6-37,8	60-75	26	37,6-37,8	75-80
Japonské Křepelky	16-18	37,2-37,5	60	15	37-37,5	80-90
Perličky	26-27	37,4-37,7	55-60	23	37	80
Husy	28-31	37,1-37,7	60-70	26	37,0-37,5	70-90
Kachny	26-28	37,4-37,9	60-70	24	37,3-37,8	70-90

2.2 Vlhkost

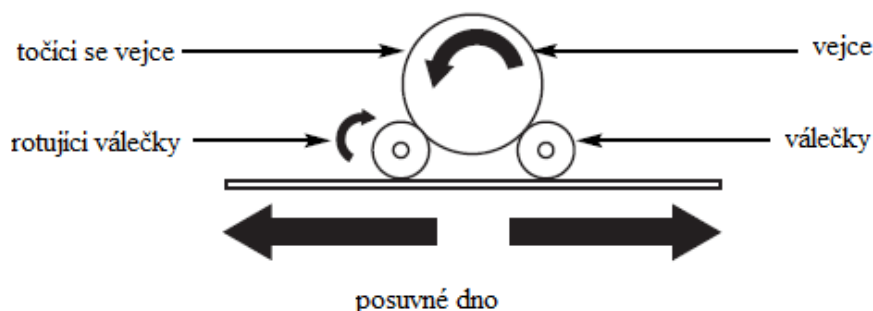
Přesnost a stálost vlhkosti není tak důležitá jako u teploty. Každé vejce se přes skořápku vysušuje a ztrácí hmotnost. Nemělo by ztratit víc jak 10-15 % své hmotnosti od začátku do konce líhnutí. Při nízké vlhkosti vejce vysychá rychleji a ztráta hmotnosti

je větší. Když je vlhkost příliš vysoká, tak vzduchová komůrka ve vejci neroste a zárodek se tím pádem správně nevyvíjí. U všech druhů drůbeže je důležité, aby při klubání (konci inkubace) byla vlhkost vyšší [3].

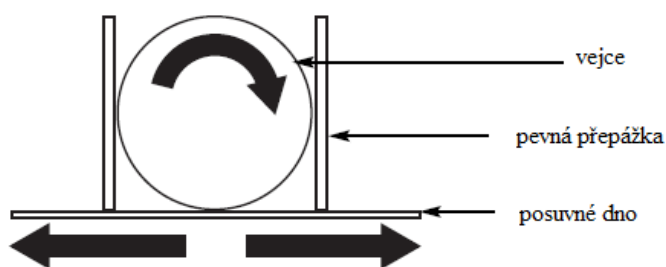
2.3 Otáčení vajec

Otáčení vajec je velmi důležité, protože je tím zajištěno, aby se zárodek nedotkl stěny skořápky a nepřilepil se k ní. Dalším důvodem je zajištění stálého přísunu živin, protože zárodek na začátku inkubace nemá vlastní oběhový systém. Otáčení se provádí každé 2 až 4 hodiny. V posledních dnech inkubace se vajíčka již neotáčí.

Možností jak otáčet vajíčka je několik, u komerčních líhni jsou ve většině případů vejce umístěny v lískách ostrým koncem dolů a celé lísky se překlápí o 40° na každou stranu nebo jsou umístěny na plocho na lísky se systémem válečků, či s posuvným dnem. Principy obou možností jsou na obr. 3 a obr. 4 [1].



Obr. 3: Princip otáčení vajec pomocí systému válečků [9]



Obr. 4: Princip otáčení vajec pomocí posuvného dna [9]

2.4 Výměna vzduchu

Při normálních podmínkách obsahuje vzduch 20-21 % kyslíku, proto musí být tyto podmínky zajištěny i v líhni. Protože vejce vstřebávají kyslík a uvolňují oxid uhličitý, musí se zajistit dostatečné odvětrávání. Při nadměrném větrání však dochází ke snižování vlhkosti a k uniku tepla [5].

3 POROVNÁNÍ VYBRANÝCH LÍHEŇÍ

Dnes je na trhu mnoho výrobců, kteří nabízejí různé typy líheňí v rozdílném provedení s rozdílnou spotřebou atd.. Porovnání parametrů je v tab. 2.

Tab. 2: Základní parametry líheňí [6], [7], [8], [9]

Líheň	Spotřeba [W]	Maximální kapacita [slepičí vejce]	Nastavitelná teplota [°C]		Nastavitelná vlhkost [%]	
			Min.	Max.	Min.	Max.
Mono 48	96	48	-	-	-	-
REAL 49 Automatic	84	49	30	40	-	-
Rcom Max 50	48	48	20	42	20	70
Octagon® 40 Advance	94	48	20	40	-	-

3.1 Líheň Mono 48

Líheň od českého výrobce Bioska Sedlčany s.r.o.. Celá líheň je vyobrazena na obr. 5. Líheň je vyrobena z plastického materiálu, vybavena elektrickým vyhříváním s nuceným oběhem vzduchu pomocí ventilátoru. Teplota je řízena digitálním termostatem, který umožňuje záznam teploty z posledních 36 hodin. Otáčení vajec probíhá automaticky každé tři hodiny, pootočením vějíře na lísce [6].



Obr. 5: Líheň Mono 48 [6]

3.2 Líheň REAL 49 Automatic

Líheň na obr. 6 je od italského výrobce INCUBATRICI BOROTTO. U této líhně je použit zpětnovazební digitální termostat. Vnitřní teplotu lze nastavit a udržovat s přesností 0,1 °C, teplota je snímána z NTC senzoru, což je termistor se záporným teplotním součinitelem odporu. Vlhkost zde není regulovaná, je zajištěna pouze přirozeným odpařováním vody z nádoby na dně líhně.

Ventilace je zajištěna jedním ventilátorem s asynchronním motorem o průměru 100 mm. Otáčení vajec je automatické a provádí se každé dvě hodiny [7].



Obr. 6: Líheň REAL 49 Automatic [7]

3.3 Líheň Rcom Max 50

Líheň od jihokorejské společnosti Autolex Co je na obr. 7. LTD. Tato líheň má kromě vnitřního senzoru teploty také vnější senzor pro nastavení topení vzhledem k venkovní teplotě. Také má automatickou kontrolu hladiny vody v nádržce

Pro měření vnitřní teploty a vlhkosti je použit senzor CMOS od firmy Sensirion. V líhni je umístěno 5 silných ventilátorů pro optimální výměnu vzduchu. U těchto líhni se vejce automaticky otáčejí v hodinových intervalech [8].



Obr. 7: Líheň Rcom MAX 50 [8]

3.4 Líheň Octagon® 40 Advance

Na obr. 8 je líheň americké firmy Brinsea Products Inc.. U této líhně lze nastavit teplotu a alarm, který indikuje překročení nastavené odchylky mezi nastavenou a aktuální teplotou. K zajištění potřebné vlhkosti je líheň vybavena nádržkou na vodu umístěnou na dně líhně. Pro umělé proudění vzduchu jsou použity čtyři počítačové ventilátory. Otáčení vajec je zajištěno automaticky naklápěním celé líhně, v hodinových intervalech [9].



Obr. 8: Líheň Octagon® 40 Advance [9]

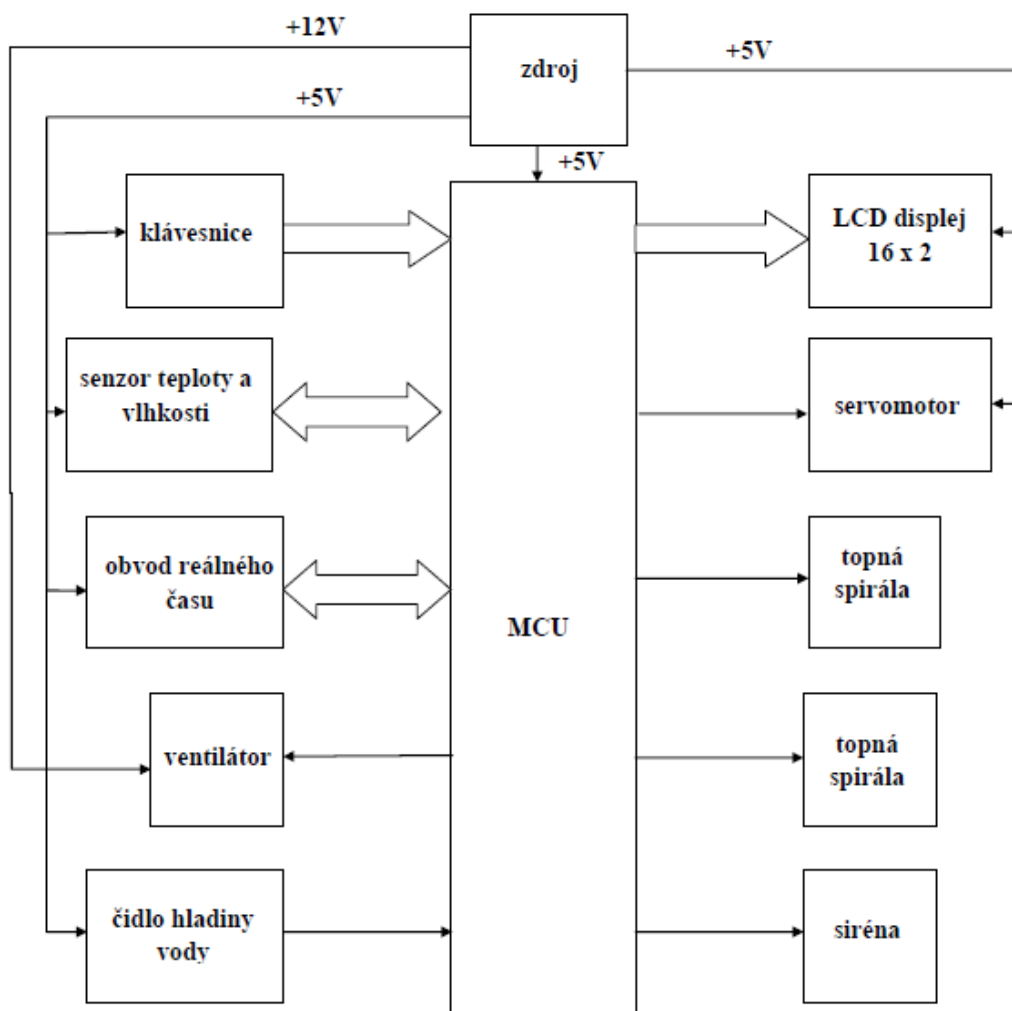
Některé zde představené líhně mají určité nedostatky:

- Nelze regulovat vlhkost uvnitř líhně
- Nemají funkci hodin
- Nevhodný displej

Proto vzniklo rozhodnutí o zkonstruování vlastní líhně, která bude splňovat alespoň parametry porovnaných líhní, a dané nedostatky budou odstraněny. Základní částí líhně je řídicí jednotka, ta kompletně řídí vnitřní prostor líhně, od regulace teploty až po ventilaci. Návrhu této jednotky je věnována tato bakalářská práce.

4 NÁVRH ŘÍDICÍ JEDNOTKY

Tato kapitola je věnovaná kompletnímu návrhu jednotlivých částí řídicí jednotky pro automatickou líheň. Uvedená jednotka je určena pro líhně typu s nuceným oběhem vzduchu. Blokové schéma celého zařízení je na obr. 9. Mikroprocesor řídí dvě topná tělesa. První těleso reguluje teplotu v líhni. Druhé řídí vlhkost, toto těleso musí být ponořené do nádoby s vodou, aby se ohříváním vody docílilo tvorby vodních par a zajistila potřebná vlhkost. Pro otáčení vajec je využit servomotor. Klávesnici tvoří matice čtyř mikropřínačů pro základní ovládání líhně. Hladina vody v nádobě je kontrolována čidlem, pokud je hladina příliš nízká nebo teplota v líhni vyšší o 2 °C, popřípadě vlhkost vyšší o 10 % než nastavená hodnota, spustí se siréna.



Obr. 9: Blokové schéma řídicí jednotky líhně

4.1 Výběr mikrokontroléru

Nezbytným prvkem řídicí jednotky je mikrokontrolér. Jedním z jeho základních parametrů potřebných pro správnou funkci zařízení je podpora sběrnice I²C, protože přes tuto sběrnici komunikují podpůrné integrované obvody. Dále musí být vybaven výstupy, které umožňují generování pulzní šířkové modulace (PWM) pro řízení servomotoru. Pro možnost nahrání nového programu do čipu bez nutnosti jeho vyjmutí ze zařízení, by měl podporovat rozhraní UART. Dalším požadavkem je kompatibilita s Arduino. Arduino je volná (open-source) platforma založená na jednoduchém mikrokontroléru a vývojovém prostředí, umožňující programování mikrokontroléru umístěném přímo na desce plošných spojů.

Tyto požadavky splňují mikrokontroléry od firmy Atmel. Mezi nejvíce používané patří ATmega168, ATmega328 a ATmega32u4. Porovnání jednotlivých jejich parametrů je v tab. 3. Z nich vyplývá, že nejvhodnější mikrokontrolér je ATmega32u4 v pouzdře TQFP se 44 vývody. Jeho výhody jsou: vyšší počet vstupů/výstupů a integrované USB rozhraní. V tomto případě nebude nutné do zařízení přidávat převodník USB/UART a tím se sníží velikost desky plošného spoje. Pro operace stačí maximální operační frekvence 16 MHz [11], [12].

Tab. 3: Porovnání parametrů jednotlivých mikrokontrolérů [11], [12]

Mikrokontrolér	FLASH paměť [kB]	EEPROM paměť [B]	SRAM paměť [kB]	Počet I/O	Počet PWM kanálů	Max. operační frekvence [MHz]	USB rozhraní
ATmega168	16	512	2	23	6	16	ne
ATmega328	32	1024	2	23	6	20	ne
ATmega32u8	32	1024	2,5	26	8	16	ano

4.2 Displej

Byl zvolen alfanumerický LCD displej. Tyto typy displejů jsou dnes nejpoužívanější. Vyrábí se v provedení od 1x8 znaků až do 4x40 znaků a různými barvami pozadí a barvami písma. Ve většině případů jsou tyto displeje ovládány řadičem HD44780 od firmy Hitachi. Tento řadič v sobě obsahuje kromě LCD kontroléru, také paměť RAM, znakový generátor a obvod pro buzení samotného displeje. Jeden řadič může řídit maximálně displej s 80 znaky, pro více znaků už je potřeba další řadič. V paměti CGROM řadiče je definována znaková sada. Ta obsahuje základní abecedně-číselné znaky a speciální řadu znaků. Speciální řady znaků se liší v závislosti na použité řadě řadiče HD44780. Ke komunikaci s mikrokontrolérem se využívá čtyřbitová nebo osmibitová paralelní sběrnice.

Pro řídicí jednotku je použit alfanumerický LCD displej WH1602A-YGH-ET od společnosti WINSTAR. Tento displej má 2x16 znaků, barvu textu černou se

žlutozeleným pozadím. Výhodou tohoto displeje je, že má podsvícení a to zlepšuje čitelnost tam, kde nejsou dostatečně osvětlené prostory. Barva textu a pozadí byla zvolena z důvodu lepší čitelnosti oproti jiným barvám.

K mikrokontroléru je připojen přes modul s osmibitovým I/O expandérem. K modulu je displej připojen 4bitově pomocí konektoru. [13], [14], [15].

4.3 Modul pro komunikaci mezi displejem a mikrokontrolérem

K displeji je tento modul připojen, protože bude displej umístěn mimo základní desku. Přímé připojení displeje vodiči k základní desce má své nevýhody, jako je třeba nutnost použití většího počtu vodičů anebo menší odolnost proti vnějšímu rušení.

Základem tohoto modulu je osmibitový I/O expandér PCF8574T od firmy NXP. Tento obvod používá pro komunikaci s mikroprocesorem obousměrnou sběrnici I²C. Vstupy/výstupy expandéru se mění podle nastavení kontrolního registru, ten je nastaven hodnotou odeslanou po sběrnici. Kromě expandéru a potřebných součástek modul obsahuje indikační diodu LED.

Modul má šestnáctipinový konektor pro přímé připojení displeje, zkratovací propojku pro zapnutí, popřípadě vypnutí podsvícení displeje a čtyřpinový konektor pro připojení napájení a sběrnice [16].

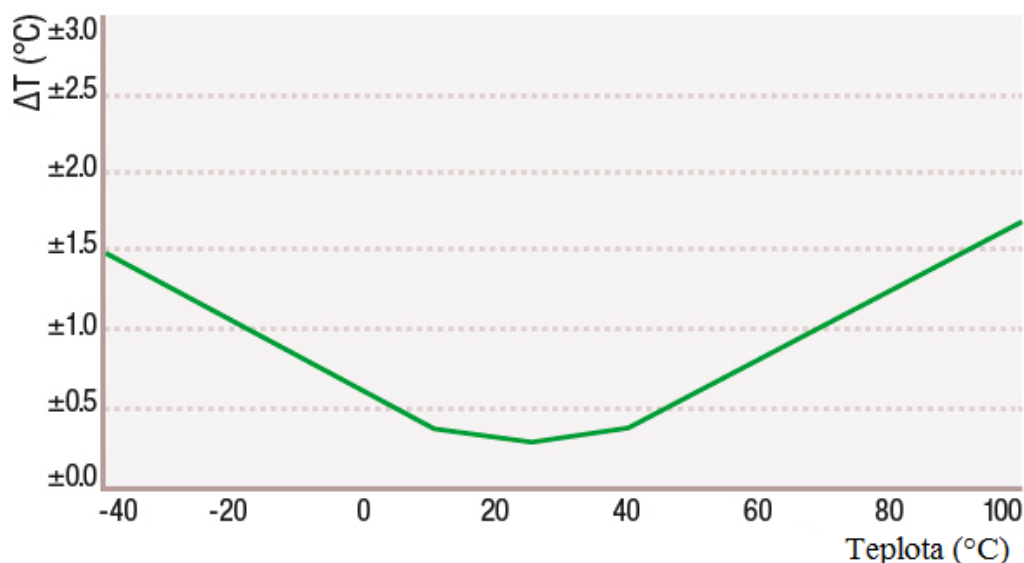
4.4 Senzor teploty a vlhkosti

Je vybrán senzor SHT75 od švýcarské firmy Sensirion. Tímto senzorem lze měřit zároveň teplotu i vlhkost. Jeho výhodou je jeho velká přesnost. Na obr. 10 jsou zobrazeny limity přesnosti teploty pro tento senzor. Přesnost měření relativní vlhkosti je přibližně $\pm 1,8 \%$. Z obr. 10 je patrné, že největší přesnost senzoru je v rozmezí teplot od 10 do 40 °C. Teploty líhnutí se běžně nastavují v rozsahu přibližně od 37 do 38 °C a tak bude i zaručena dostatečná přesnost měření teploty v líhni.

Princip měření vlhkosti spočívá v určování kapacity kondenzátoru, který má dielektrikum z polymeru a ten podle relativní vlhkosti uvolňuje nebo absorbuje vodu a tím mění danou kapacitu kondenzátoru. Měření teploty je založeno na měření napětí na polovodičovém prvku, při změně teploty se změní i úbytek napětí na polovodičovém prvku. Obojí je realizováno technologií CMOS, tím je dosažena dlouhodobá stabilita. Senzor v sobě obsahuje také potřebnou logiku, takže výstupem je čistě digitální výstup.

Tento senzor je již z výroby kalibrován, proto již není nutná další kalibrace, po připojení do obvodu. Jeho další výhodou je jeho nízká spotřeba elektrické energie.

Senzor má čtyři piny, z toho piny 2(VDD) a 3(GND) slouží pro napájení. Napájecí napětí může být od 2,4 do 5,5 V. Ke komunikaci s mikrokontrolérem slouží sériová linka přes piny 1(SCK) a 4(DATA) [17].



Obr. 10: Limity přesností teploty senzoru SHT75 [16]

4.5 Obvod reálného času

Ten je potřebný pro udržení reálného času v zařízení. Je možné použít samotný mikrokontrolér, ale tím by se zmenšila paměť pro samotný program a bylo by dosaženo malé přesnosti času. K tomuto účelu byl zvolen obvod DS1307 od amerického výrobce Maxim integrated.

K dispozici má paměť NV SRAM o velikosti 64 bajtů, ta se po odpojení napájení vymaže. Paměť obsahuje informace o aktuální sekundě, minutě, hodině a dále je v ní zaznamenáván den, datum, měsíc a rok. Obvod může pracovat v 24hodinovém nebo 12hodinovém formátu s indikátorem AM/PM. Komunikace s okolím probíhá prostřednictvím sběrnice I²C. Dále má v sobě zabudovaný detektor, který kontroluje napájení a při jeho výpadku přepne na záložní zdroj (baterii). V tomto režimu má sníženou spotřebu až na 500 nA, avšak pořád normálně měří čas, ale bez možnosti komunikace. Rozložení paměti je následující: na prvních 8 bajtech paměti je uložen čas, kalendář a control registr, zbylých 56 bajtů je paměť RAM pro uživatelská data.

Obvod je vyráběn v pouzdrech SO8 a PDIP8. Piny X1 a X2 slouží k připojení krystalu. Přesnost měření času přímo závisí na přesnosti krystalu. Na pin V_{BAT} se připojuje 3V lithiová baterie, na pin GND zem a na pin V_{CC} externí napájení. K pinům SCL a SDA se připojuje rozhraní I²C. Pin SQW/OUT generuje signál o frekvenci 1 Hz, 4 kHz, 8 kHz nebo 32 kHz podle nastavení control registru [18], [19].

4.6 Napájecí zdroj

Všechny obvody v řídicí jednotce vyžadují napájecí napětí 5 V, ventilátor 12 V. Toho lze dosáhnout dvěma způsoby. První možností je použít transformátor s usměrňovačem a dvěma lineárními stabilizátory. Druhá možnost je využít AC/DC modul. Tento modul je v podstatě spínaný zdroj zalitý v plastovém pouzdru. Pouzdro

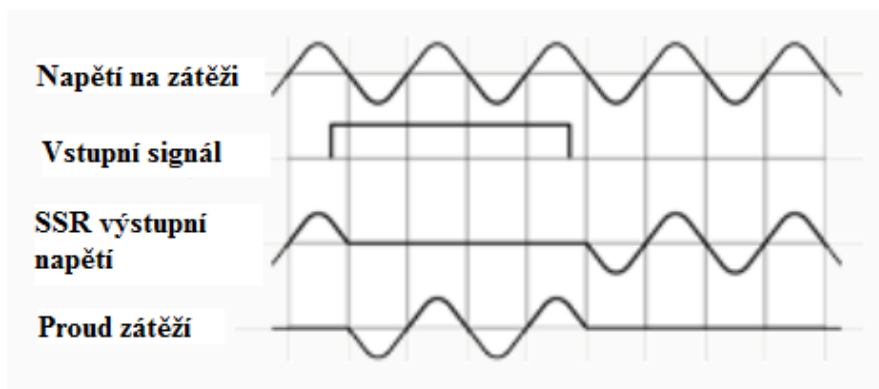
modulu je podobné pouzdru zalitého transformátoru a to zaručuje stejné rozmístění vývodů jako u transformátoru do desky plošných spojů. Tento modul má další výhody, jako menší hmotnost, větší účinnost a ušetření místa na DPS, protože nevyžaduje další podpůrné obvody.

Dostačující parametry má modul s označením 47246 od firmy MYRRA. Má dva výstupy napětí 12 V na pinu 10 a 5 V na pinu 7 s maximálními odebíranými proudy 170 a 400 mA. Země je pro obě napětí společná na pinu 6. Vstupní napětí může být 85 až 265 V střídavých nebo 85 až 375 V stejnosměrných, to se připojuje mezi piny 1 a 5 [20].

4.7 Řízení topné spirály

Dnes se běžně používá topné těleso se jmenovitým střídavým napětím 230 V, což je napětí rozvodné sítě. Mikroprocesor pracuje se stejnosměrným napětím 5V. Z tohoto důvodu je nutné použít obvod, který by tyto dvě napětí galvanicky oddělil. Jednou z možností je využití elektromagnetického relé. Jeho hlavní nevýhodou je omezená životnost. Vhodnější způsob je použít polovodičové relé. To v sobě nemá žádné mechanické části, z toho vyplývá i delší životnost.

Dostačující parametry má polovodičové relé S202S02 od společnosti Sharp. Maximální zatěžovací proud je 8 A. Nejvyšší přípustné střídavé vstupní napětí mezi kontakty 1 a 2 je 600 V. V tomto relé je integrována infračervená dioda, fototriak a na výstupu je triak. Celý systém je to doplněn o obvod pro spínání v nule. Když je vstupní signál v logické 1, tak tento obvod sepne výstup relé při průchodu zatěžovacího napětí nulou. Výstup se vypne, jakmile je vstupní signál přepnut do logické 0 a napětí na výstupu projde nulou, jak je zobrazeno na obr. 11. Pracovní napětí řídicí infračervené diody mezi svorkami 3 a 4 je 1,2 V [21], [22].



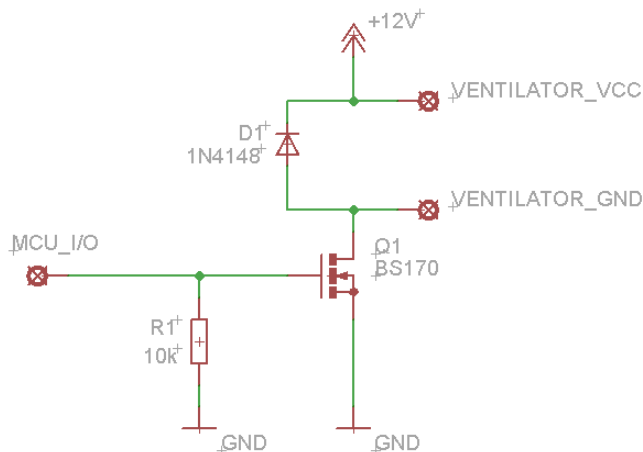
Obr. 11: Průběhy signálů u polovodičového relé s obvodem pro spínání v nule při odporové zátěži [22]

4.8 Ovládání ventilátoru

Ventilátor nelze spínat přímo výstupem z mikrokontroléru, protože výstupní proud z digitálního výstupu je omezen na 40 mA. Ventilátory s tímto odběrem a napájecím napětím 5 V nejsou moc rozšířené, proto musí být přidán meziobvod, který zaručí, aby mohl mikropočítač spínat vyšší proudy a mohlo být použito pro napájení

ventilátoru 12 V. Pro tento účel je použit tranzistor zapojený jako spínač.

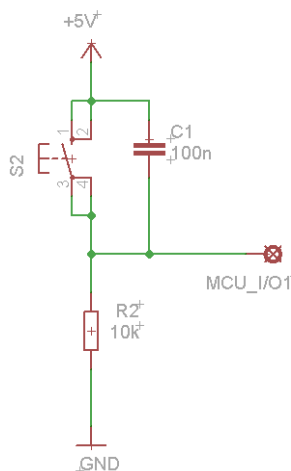
Je zde použit běžný NMOS unipolární tranzistor BS170 v pouzdře TO-92, ten svými parametry plně dostačuje, jeho maximální špičkový proud I_D je 1,2 A, a maximální trvalý proud je 0,5 A. Výstup mikrokontroléru je přímo připojen na gate tranzistoru, dále je mezi gate a zemí zapojen rezistor o hodnotě 10 k Ω . Tento rezistor zajišťuje vybití parazitní kapacity hradla tranzistoru a následně jeho bezpečné rozpojení. Paralelně k ventilátoru je zapojena dioda, ta slouží k ochraně proti poškození mikropočítače. Schéma obvodu je na obr. 12 [11], [23], [24].



Obr. 12: Schéma obvodu pro řízení ventilátoru [23]

4.9 Klávesnice

Je realizována maticí jednopólových spínačů mikropsínačů v pouzdru SMD, připojených na digitální I/O mikrokontroléru. Principiální schéma je na obr. 13 pro jeden spínač. Pokud je tlačítko sepnuté, pak je na vstupu mikropočítače log. 1 a pokud není sepnuté tak log. 0. Pro odstranění zákmitů tlačítek, je ke každému mikropsínači paralelně připojen kondenzátor o hodnotě 100 nF. [25].

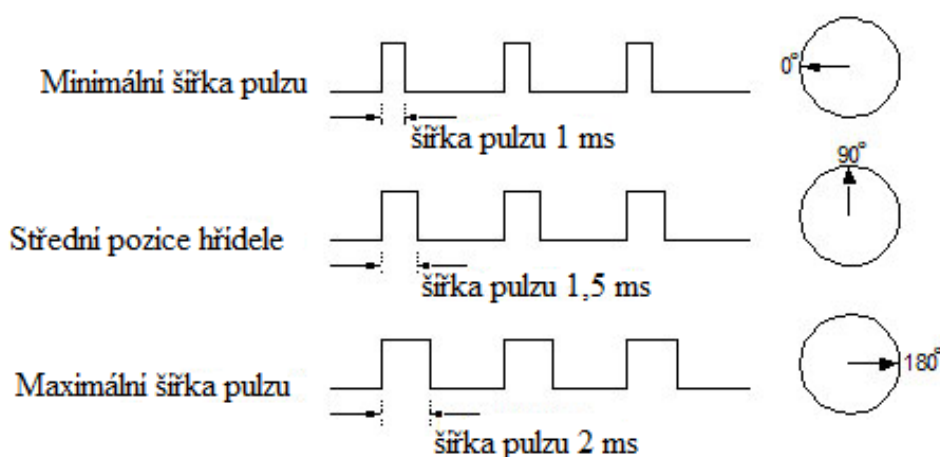


Obr. 13: Schéma připojení tlačítka k mikrokontroléru [23]

4.10 Řízení servomotoru

Servomotor, který je ovládán touto řídicí jednotkou má tři přívodní kabely. Dva slouží k připojení napájecího napětí a země. Napájecí napětí bývá standardně +5 V. Poslední kabel slouží k řízení polohy hřídele servomotoru. Ta je ovládána signálem PWM o periodě 20 ms a šířkou impulzu minimálně 1 a maximálně 2 ms. Natočení hřídele závisí na šířce impulzu, je-li tento impulz široký 1 ms je v krajní poloze, pokud má šířku 1,5 pootočí se hřídel o 90° ve směru hodinový ručiček. Při šířce 2 ms je hřídel pootočen o dalších 90° princip je na obr. 14.

Výhodou tohoto typu je, že řídicí signál může jít přímo z mikrokontroléru. Z toho důvodu nejsou potřeba další součástky k řízení [26].



Obr. 14: Princip otáčení hřídele servomotoru [24]

4.11 Hladinové čidlo a siréna

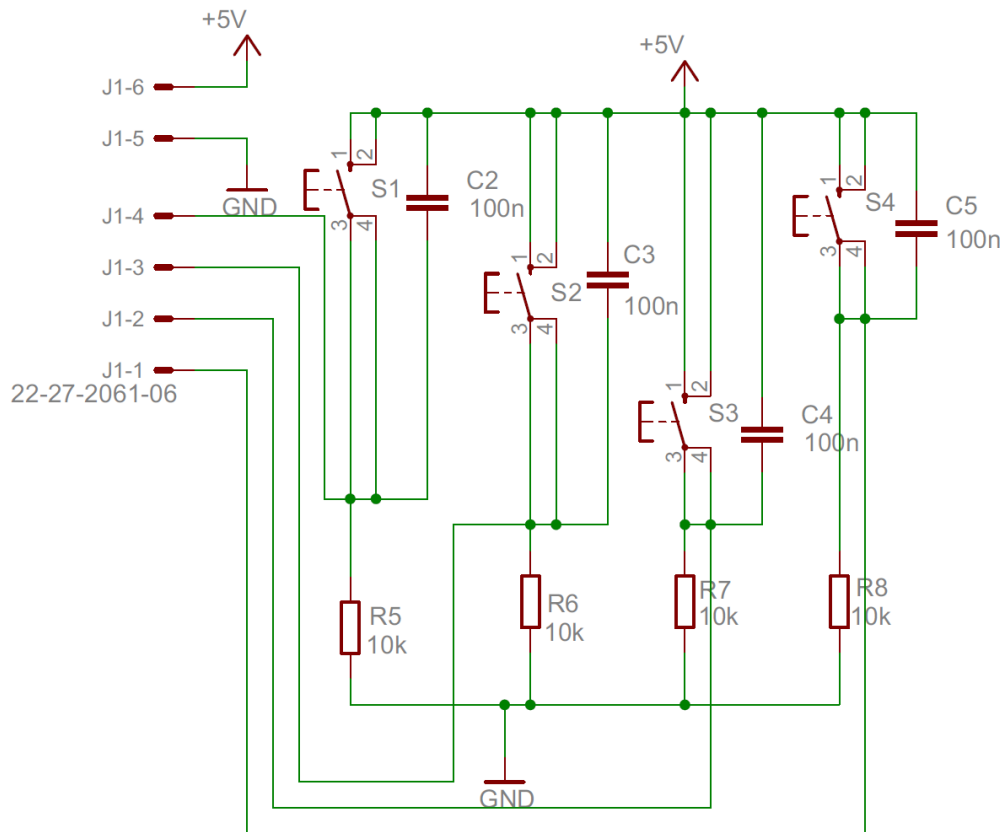
Hladinové čidlo kontroluje hladinu vody v nádrže. Pokud klesne hladina vody na nízkou úroveň, nebude mikrokontrolér spínat topnou spirálu v nádobě, aby spirála netopila naprázdno a příliš neklesla vlhkost v líhni.

Toto čidlo je složeno ze dvou částí, z pevného válce a pohyblivého kroužku. Ve válci je umístěn rozpínací kontakt z magnetického materiálu a v kroužku je magnet. Pokud je kroužek v horní poloze, vlivem magnetického pole je kontakt rozepnut a jakmile sjede na spodní konec čidla (když je nízká hladina vody) tak se spínač v tělese dostane z dosahu magnetické pole a sepne se.

Siréna je ve své podstatě piezoměnič s již zabudovanou elektronikou. Po připojení napájení začne vydávat tón, oproti piezoměniči do kterého se musí přivádět harmonický signál s určitou frekvencí. Zde použitý typ lze napájet napětím v rozmezí 4 - 8 V a se spotřebou 25 mA. Při tomto proudu ho lze přímo připojit na výstupní pin mikrokontroléru.

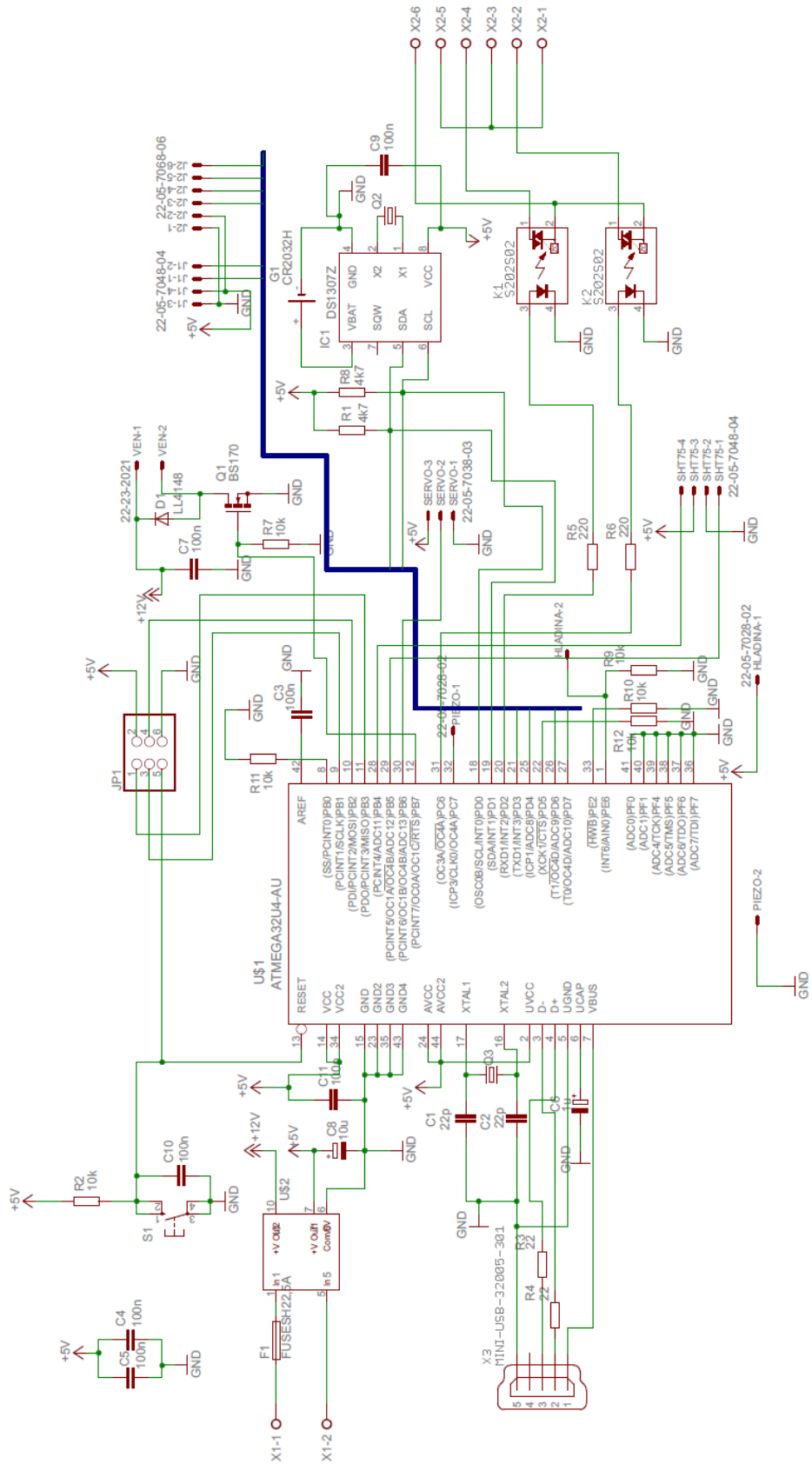
4.12 Obvodové schéma

Navržená řídicí jednotka má tři části: modul s tlačítky, displej s I²C modulem a základní desku. Schéma modulu s tlačítky je na obr. 15. Na modulu jsou umístěna pouze tlačítka s potřebnými součástkami. Modul I²C s displejem je připojen k základní desce čtyřpinovou sběrnicí.



Obr. 15: Schéma modulu s tlačítky

Schéma základní desky je na obr. 16. Zde je umístěn mikrokontrolér, zdroj, obvod reálného času, konektor USB mini typu B a tlačítko pro reset mikropočítače. Dále jsou zde umístěna polovodičová relé. K připojení síťového napětí a topných spirál jsou zde konektory con-wago. Pro propojení základní desky s ostatními perifériemi slouží print konektory PSS 254.



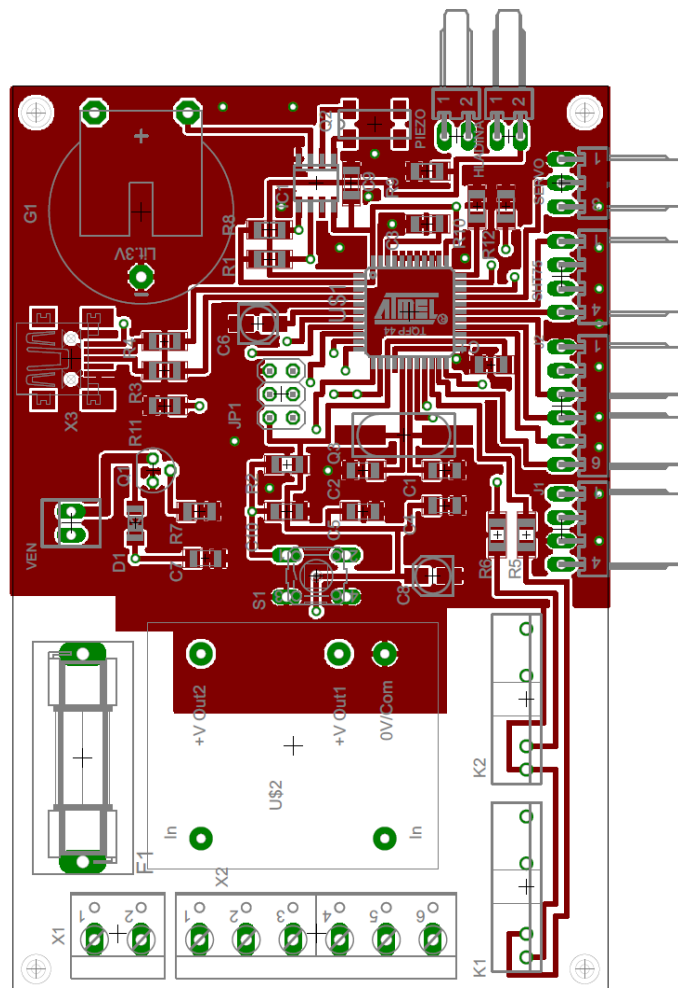
Obr. 16: Schéma základní desky

5 KONSTRUKCE

V této kapitole je popis konstrukce řídicí jednotky. Tedy návrh DPS, osazení DPS a popis programového vybavení zařízení.

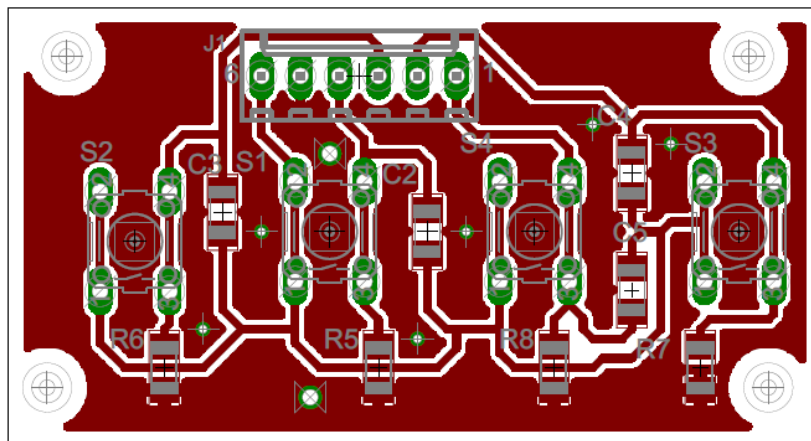
5.1 Návrh desek plošných spojů

Při návrhu základní desky bylo bráno v úvahu několik otázek. Například oddělení bloků se síťovým a stejnosměrným napětím, umístění polovodičových relé tak, aby chladičové plošky byly směrem k vnější straně DPS pro dobré umístění na společný chladič. Dále umístění mikrokontroléru co nejbližší ke konektorům, pro dosažení co nejkratších vodivých cest. Výsledná DPS základní desky je dvouvrstvá s prokovy a rozměry 94 x 65 mm. Většina použitých součástek je v pouzdrů SMD z důvodu úspory místa na desce. Pohled na stranu spojů TOP základní desky je na obr. 17, včetně zobrazení umístění součástek. Po obvodu desky jsou prokovy ke snížení vyzařovaného rušení.



Obr. 17: Pohled na stranu spojů TOP základní desky

Pohled na stranu spojů a rozmístění součástek modulu s tlačítky je na obr. 18. Tato deska byla navržena jako jednostranná DPS o rozměrech 53 x 29 mm. U této desky jsou použity výhradně SMD součástky. U obou desek je vylitá měď pro snížení celkové impedance. Celkový návrh desek je koncipován pro desky z materiálu FR4 s tloušťkou měděné fólie 35 μm a tloušťkou nosné desky 1,5 mm.



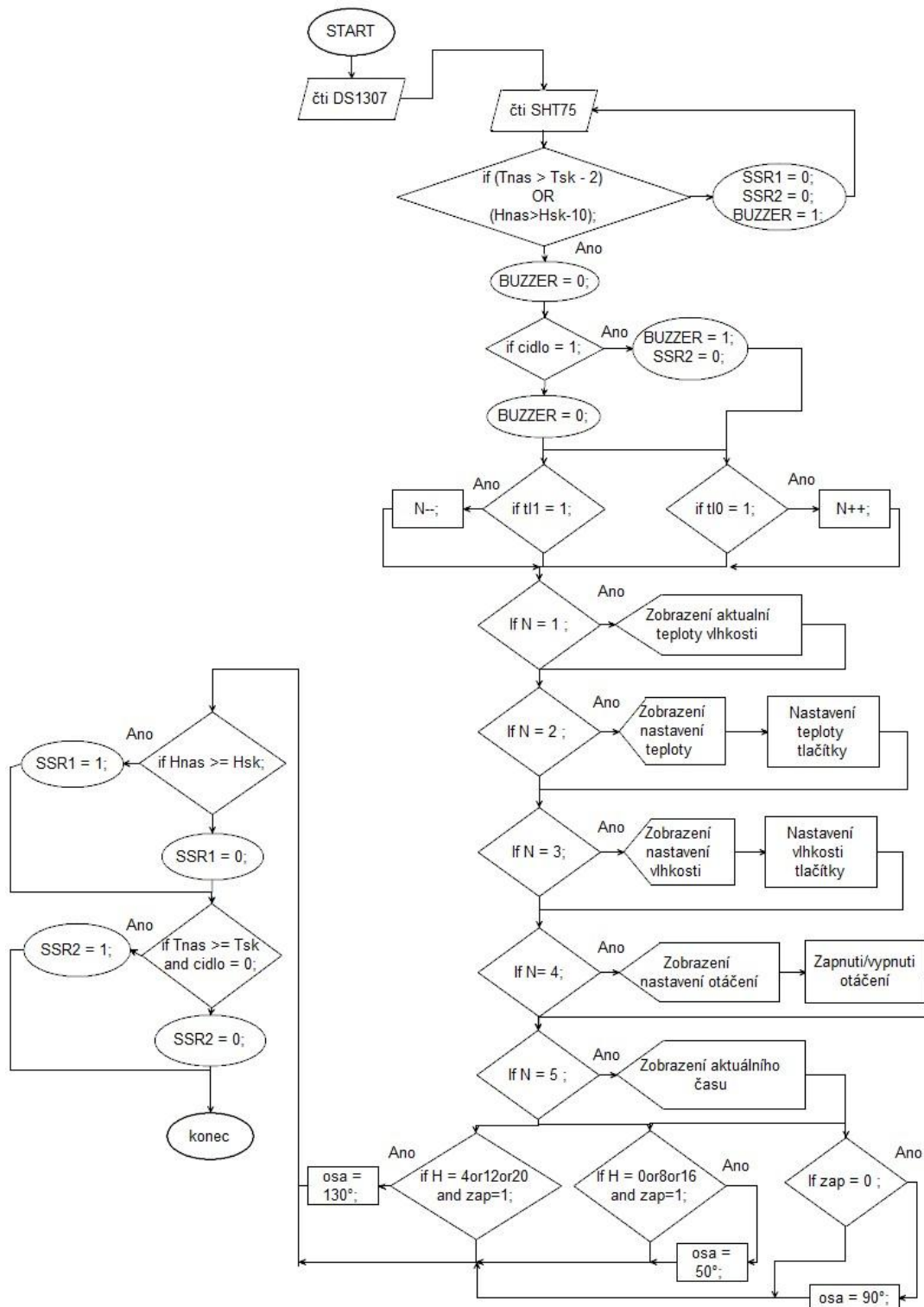
Obr. 18: Pohled na stranu spojů a rozmístění součástek modulu s tlačítky

5.2 Programové vybavení

Program nahráný v mikrokontroléru musí zajistit čtení času z obvodu reálného času a veličin ze senzoru SHT75. Dalším požadavkem na programové vybavení MCU je schopnost ovládat modul I²C připojený k displeji a tím pádem zobrazení potřebných veličin na displeji. Dále musí řídit teplotu a vlhkost pomocí polovodičových relé v závislosti na nastavených hodnotách. Ty budou nastavovány pomocí tlačítek, pro teplotu s citlivostí 0,1 $^{\circ}\text{C}$ a vlhkost s citlivostí 5 %. Tlačítka také musí umožňovat přepínání jednotlivých sekvencí na displeji. Na základě dat z obvodu reálného času měnit otočení hřídele servomotoru každé čtyři hodiny nebo také umožňovat vypnutí otáčení. Další vlastností musí být čtení signálu z čidla hladiny vody a dokázat v případě poruchy spustit sirénu.

Na obr. 19 je zobrazen vývojový diagram hlavního programu. Hned na začátku probíhá načtení dat z teplotního senzoru (SHT75) a z obvodu reálného času (DS1307). První podmínka od startu programu kontroluje, zda nenastal havarijní stav. Jestliže skutečná teplota, nebo vlhkost překročí nastavené hodnoty, pak se vypnou polovodičová relé (SSR1 a SSR2) a zapne se siréna (BUZZER). Následující podmínka kontroluje čidlo hladiny vody. Dalšími podmínkami se přičte nebo odečte hodnota pomocné proměnné N. Poté se, na základě hodnoty této proměnné určí aktuální zobrazení uvedených textů a volání daných podprogramů. Za těmito podmínkami se na základě aktuální hodiny (H) přečtené z DS1307 se natočí hřídel servomotoru (osa). V případě že je hodina H rovna $H = 0, 8, 16$, pak se hřídel otočí na polohu 50° a pokud je $H = 4, 12, 20$, otočí se o 80° na polohu 130° . To znamená, že vejce budou překlápěny každé čtyři hodiny o 80° . Celé to je podmíněno proměnou zap. Nastaví-li se proměnná

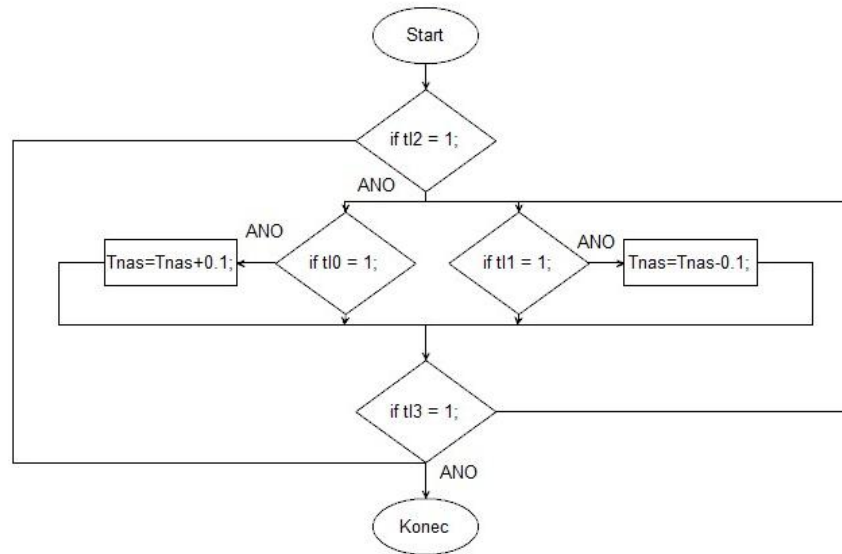
zap na log. 0, pootočí se hřídel do střední polohy (90°) a zároveň se tím vypne otáčení vajec. Posledními podmínkami se řídí teplota a vlhkost, ve vývojovém diagramu je tato regulace zjednodušena, pro přesnější regulaci je nutno tuto regulační smyčku upravit.



Obr. 19: Blokové schéma hlavního programu

Blokové schéma podprogramu nastavení veličiny tlačítka je na obr. 20. Zde je uveden vývojový diagram pro nastavení teploty (T_{nas}), ale totožný diagram je i pro nastavení vlhkosti (H_{nas}).

V první řadě se stiskem tlačítka $tl2$ určí, zda se bude nastavovat hodnota dané veličiny. Po stisku $tl2$ lze nastavit tlačítka $tl0$ a $tl1$ veličiny, současně je při stisku těchto tlačítek v programu ošetřeno ukládání daných hodnot do paměti EEPROM. V případě nastavení vlhkosti je místo konstanty 0,1 konstanta 5. Tlačítkem $tl3$ se ukončí nastavování. V programu, však musí být ošetřeny minimální a maximální hodnoty veličin.



Obr. 20: Vývojový diagram nastavení teploty

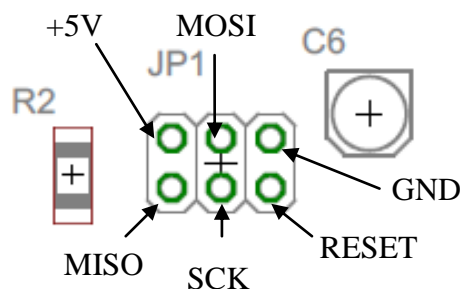
V případě podprogramu pro nastavení zapnutí/vypnutí otáčení je místo výrazu $T_{nas}=T_{nas}+1$ nastavení proměnné zap na log. 1. V druhém případě se místo $T_{nas}=T_{nas}-1$ nastaví proměnná zap na log. 0.

5.2.1 Nahrání bootloaderu

Při programování mikrokontroléru je použito vývojové prostředí Arduino. Toto prostředí má zjednodušené příkazy pro řízení MCU a je zde možnost použít velkého množství knihoven pro komunikaci s perifériemi.

K tomu, aby bylo možno zvolený mikrokontrolér programovat, musí být do něj nahrán bootloader. Ten lze do něj nahrát pomocí programátoru ISP. Jsou dvě možnosti, buď použít originální programátor od firmy Atmel nebo použít vývojový kit od výrobce vývojového prostředí Arduino. Byla zvolena druhá možnost, v tomto případě, musí být do tohoto vývojového kitu nahrán potřebný program, aby kit fungoval jako programátor ISP. Přesný postup nahrání je dostupný na stránkách firmy Arduino [25].

Rozmístění pinů konektoru ISP na základní desce pro nahrání bootloaderu je na obr. 21.



Obr. 21: Rozmístění pinů konektoru ISP umístěného na základní desce

5.2.2 Použité struktury v programu

V této kapitole popsána přibližná struktura programu řídicí jednotky.

V hlavičce programu jsou knihovny, ty slouží k usnadněnému používání periférií. Zde je použito celkem sedm knihoven.

```
#include <Time.h> // Knihovna pro čtení času [25].
#include <Wire.h> // Knihovna I2C sběrnice, aby mohlo být
připojeno více periférií [25].
#include <Servo.h> // Knihovna pro ovládání servomotoru [25].
#include <EEPROM.h> // Knihovna pro použití paměti EEPROM [25].
#include <SHTxx.h> //Knihovna pro senzor teploty a vlhkosti
SHT75 [27].
#include <DS1307RTC.h> //Knihovna pro obvod reálného času, tato
knihovna zajišťuje také nahrání aktuálního času do samotného
obvodu reálného času DS1307 [28].
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Knihovna pro komunikaci s I2C
modulem [29].
```

Pod knihovnami musí být nadefinovány použité proměnné a konstanty. Je zde nastavení displeje nebo funkce k nastavení programu pro používání příkazu pro řízení servomotoru. V příloze B. 1 jsou příklady nastavení, nebo nadefinování použitých proměnných v programu.

Za těmito definicemi je funkce void setup(). Ta slouží například k nastavení pinů mikrokontroléru, jestli mají být brány jako vstupy nebo výstupy. Také jsou zde zapsány příkazy pro inicializaci displeje, zapnutí jeho podsvícení a podprogram k načtení uložených hodnot z paměti EEPROM. Funkce void setup() musí být uzavřena složenými závorkami, viz příloha B. 2.

Za touto funkcí následuje samotná smyčka s programem. Je označena jako void loop() a opakuje se dokola. Zde se načítají data z SHT75 a DS1307. Kromě načítání obsahuje řídicí podmínky – například pro čtení signálu z čidla a v závislosti na tom spínání výstupu, nebo řízení spínání polovodičového relé, viz příloha B. 3.

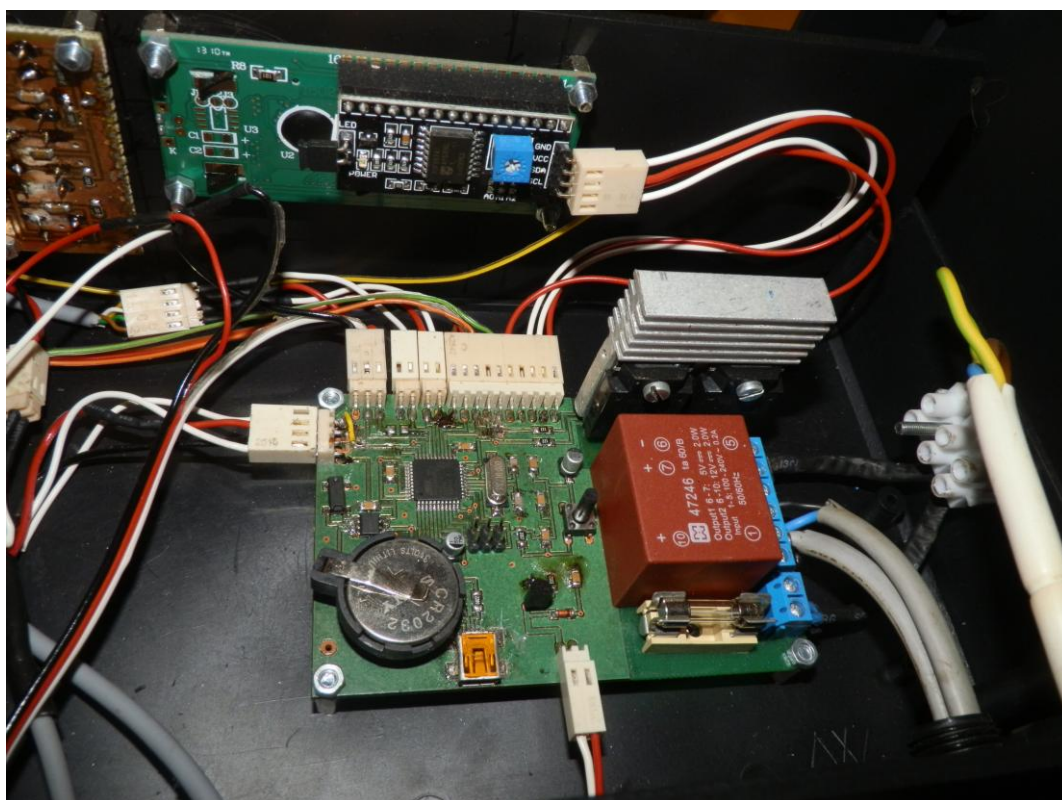
Dále je v této smyčce použitý příkaz switch, ten funguje jako přepínač, který v závislosti na proměnné N mění text na displeji a další funkce. Ve zde uvedeném příkladu, viz příloha B. 4, je tento příkaz jenom pro 2 možnosti, v samotném programu je pro pět. Pro zobrazení teploty a vlhkosti, nebo zobrazení pro nastavení teploty. Také jsou v této smyčce ošetřeny zákmitý tlačítka.

Pro řízení natočení hřídele servomotoru je v tomto vývojovém prostředí konkrétní příkaz, kde se zadá přímo hodnota ve stupních a podle toho je generován řídicí signál na pin mikrokontroléru, viz příloha B. 5.

Nakonec jsou nadefinovány podprogramy. Zde jsou konkrétně dva, k přečtení a k zápisu hodnot nastavených veličin do paměti EEPROM. Protože do této paměti nelze ukládat desetinná čísla, tak před uložením je hodnota desetinásobně zvětšena a po přečtení z paměti zase desetinásobně zmenšena. Podprogram pro zápis je v příloze B. 6 a pro čtení je popsán v příloze B. 7 [25], [30].

5.3 Ověření funkčnosti zařízení

Základní deska, displej, modul s tlačítky a siréna jsou zakomponovány do plastové přístrojové krabičky. Od řídicí jednotky jsou vyvedeny kabely k topným spirálám, kabel pro připojení do sítě, kabel k senzoru teploty a vlhkosti, k čidlu hladiny vody, k servomotoru a k ventilátoru. Osazená a zakomponovaná deska řídicí jednotka do přístrojové krabičky je zobrazena na obr. 22.



Obr. 22: Zakomponovaná řídicí jednotka do přístrojové krabičky

Aby bylo možno tuto řídicí jednotku odzkoušet, musela se osadit do samotné líhně. Zde použitá líheň je ve své podstatě upravená vyřazená chladnička o vnitřním objemu 50 litrů. Toto řešení bylo zvoleno z důvodu ušetření nákladů a času. Protože výroba vlastní skříně líhně by byla časově náročná a také by nedosahovala takových parametrů, hlavně z hlediska zateplení prostoru, omyvatelnosti a bezpečnosti. Kapacita této líhně je přibližně 40 vajec. Líska pro otáčení vajec je však vlastní konstrukce. Na obr. 23 je vyfotografována líheň s řídicí jednotkou.

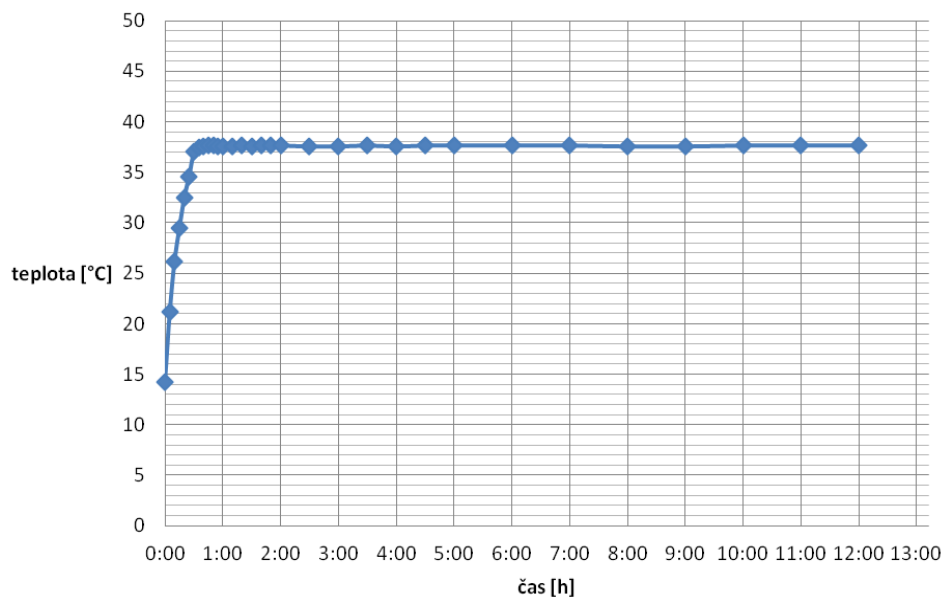


Obr. 23: Řídicí jednotka připojená k líhni

Na stropě vnitřního prostoru líhně je rovnoměrně rozprostřen topný kabel o tepelném výkonu 75 W, tento výkon je pro uvedený objem plně dostačující. Pod topným kabelem je na distančních sloupcích přišroubován ventilátor takovým způsobem, aby teplo od topného kabelu bylo nasáváno a ventilátor foukal ohřátý vzduch směrem dolů na lisku. Senzor teploty a vlhkosti je umístěn v úrovni lisky na zadní straně vnitřního prostoru líhně. Na dně prostoru líhně je umístěna plechová nádoba s topným kabelem a umístěným čidlem hladiny vody. Za zadní stěnou vnitřního prostoru je připevněn servomotor s táhlem připevněným k lísce pro otáčení vajec. Dále jsou v této stěně vytvořeny otvory pro odvod vzduchu.

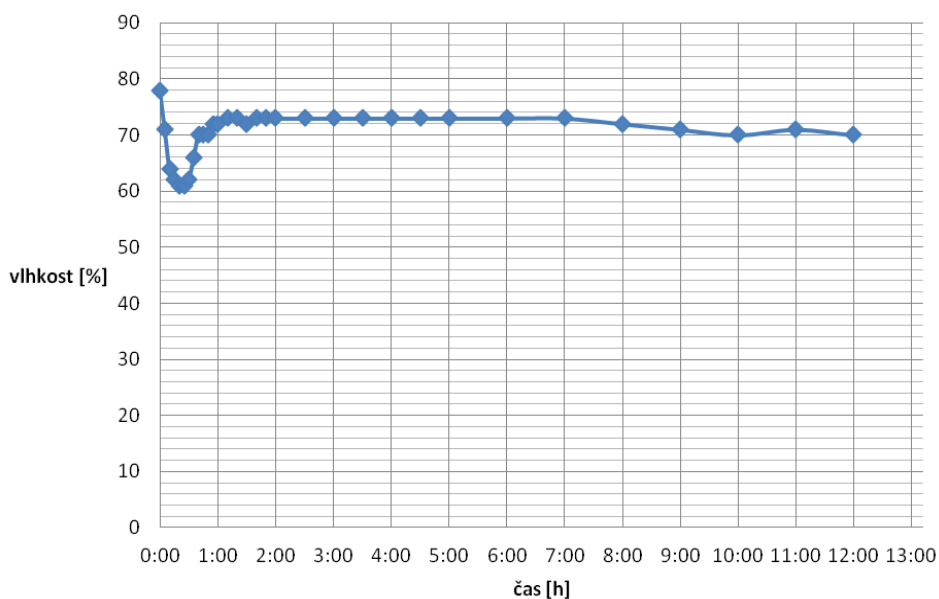
Při prvním testu byla v mikrokontroléru nahrána taková regulační smyčka, která řídila teplotu způsobem vyjádřeným ve vývojovém diagramu. To znamená, že relé bylo sepnuto do doby, než teplota dosáhla nastavené hodnoty a poté se vypnulo. Následně když teplota znovu klesla pod nastavenou hodnotu, relé se znovu zapnulo. Tento typ regulace měl za následek kmitání skutečné teploty od nastavené v rozmezí $\pm 0,2$ °C. To bylo způsobeno tepelnou setrvačností topného kabelu.

Požadavek však byl alespoň $\pm 0,1$ °C. To se odstranilo přidáním další smyčky, která zajistila, že při překročení teploty se topný kabel úplně nevypnul, ale snížil se jeho tepelný výkon o 50 %. U druhého testu se tato úprava ukázala jako správná a teplota byla stabilnější. Průběh skutečné teploty v závislosti na čase v průběhu 12 hodin od zapnutí líhně při nastavené teplotě 37,7 °C je na obr. 24. Z průběhu vyplývá, že téměř po půl hodině od zapnutí líhně se teplota ustálí v okolí nastavené hodnoty.



Obr. 24: Průběh teploty uvnitř lůžně v závislosti na čase

V prvním testu byl též problém s řízením vlhkosti, z důvodu použití velké nádoby. To způsobilo že, vlivem velké plochy vody a působením teploty se vlhkost zvýšila až na 80 % místo nastavené 70 %. To se ošetřilo vložení nádoby s menší plochou. Po této úpravě se již vlhkost dala lépe regulovat a skutečná vlhkost se držela v potřebném rozmezí, které je ± 5 %. Průběh hodnoty vlhkosti v závislosti na čase v průběhu 12 hodin je na obr. 25. Z průběhu je vidět, že než se zapne ventilátor, je vlhkost kolem 80 % a následně klesne vlivem proudění vzduchu. A jakmile se vlhkost dostane pod nastavenou hodnotu, zapne se topný kabel ponořený v nádobě. Trvá to přibližně 45 minut, než se voda zahřeje na teplotu, při které začne fungovat regulace a vlhkost se ustálí v okolí nastavené hodnoty.



Obr. 25: Průběh vlhkosti uvnitř lůžně v závislosti na čase

Měřená spotřeba celé líhně byla během tohoto dvanáctihodinového úseku téměř 63 W. Spotřeba samotné řídicí jednotky je se zapnutým ventilátorem 3 W. Ze sledování průběhu teploty a vlhkosti v závislosti na čase vyplývá, že pro líhnutí je nutné, aby se před začátkem líhnutí nechala líheň alespoň jednu hodinu zapnuta, z důvodu ustálení veličin.

Testy funkčnosti servomotoru pro otáčení vajec a čidla proběhly úspěšně. Servomotor každé dvě hodiny pohnul táhlem pro otáčení lísky do dané polohy. Test čidla se provedl způsobem, že při prázdné nádobě vydávala siréna pronikavý zvuk, po dolití vody se siréna skutečně vypnula.

ZÁVĚR

V této práci se věnuji návrhu řídicí jednotky pro automatickou líheň s nuceným oběhem vzduchu. V první části jsem porovnal typy líhní, které se dnes používají, a zvolil typ líhně, pro který bude tato řídicí jednotka určena. Byl zvolen typ líhně s nuceným oběhem vzduchu. Tento druh líhně je určen pro líhnutí většího počtu vajec a teplota uvnitř líhně je snáze regulovatelná.

V další části jsou porovnány líhně s nuceným oběhem vzduchu od různých výrobců. Byly porovnány líhně s přibližně stejnou kapacitou vajec. Hlavními kritérii porovnání jsou spotřeba a možnosti regulace. Nejlepší parametry má líheň Rcom Max 50, která má nízkou spotřebu, okolo 48 W a lze u ní regulovat teplotu i vlhkost. Tato líheň není z mého pohledu příliš přívětivá pro uživatele.

Při návrhu jsem se pokusil vyřešit, aby tato jednotka mohla lépe regulovat teplotu i vlhkost v líhni a byla přijatelnější pro uživatele. Řízení obstará mikrokontrolér Atmega32u4. Ke komunikaci s ním slouží LCD displej a klávesnice. Jednotlivé komponenty jsou zvolené tak, aby měla řídicí jednotka nízkou spotřebu, a aby bylo dosaženo co nejpřesnějšího řízení veličin.

U navržené řídicí jednotky byly ověřeny všechny funkce, s kterými bylo počítáno v návrhu na funkčním vzorku. Po zakomponování řídicí jednotky do skříně líhně byly průběžně sledovány hodnoty teploty a vlhkosti v závislosti na čase, pro kontrolu, jestli dokáže tato jednotka řídit dané veličiny s danou přesností a může se použít jako líheň. Dále byla změřena spotřeba této jednotky se zapojeným ventilátorem 3W a spotřeba celé líhně pro 40 vajec s touto řídicí jednotkou 63 W.

Navržená jednotka dokáže řídit teplotu a vlhkost s dostatečnou přesností a otáčet vejce pomocí servomotoru. To je základ pro úspěšné líhnutí. Tato jednotka je všestranná a lze ji použít pro jakoukoliv líheň s nuceným oběhem vzduchu. Je však omezena použitým napájecím zdrojem. Pro větší líhně je nutno použít přídatný zdroj pro servomotor a pro ventilátor.

LITERATURA

- [1] PROMBERGEROVÁ, Iveta. *Drůbež na vašem dvoře*. Praha: Brázda s.r.o., 2012, s. 58-62. ISBN 978-80-209-0395-2.
- [2] ŠONKA, František, Slavibor PETRŽÍLKA, Josef ZADINA, František HORÁK a Josef DUBEN. *Drobnochovy hospodářských zvířat*. Praha: Profi Press s.r.o., 2006, s. 18-22. ISBN 80-86726-19-3.
- [3] Líhně.cz a Brinsea Products Inc.. Obecně o líhnutí a typech líhni. In: *Líhně.cz* [online]. 20.9.2011 [cit. 18.10.2013]. Dostupné z: <http://www.lihne.cz/cs/39-clanky.html/clanek>. Path: Homepage; články; 20.9.2011.
- [4] FRANKO, Marián. Umělá inkubace a typy líhni. In: *drůbež.chovzvirat.com* [online]. 5.2.2007 [cit. 18.10.2013]. Dostupné z: <http://drubez.chovzvirat.com/clanky/umela-inkubace-a-typy-lihni.html>. Path: Homepage; články; 5.2.2007.
- [5] CLAUER, Phillip J.. Incubating Eggs. In: *Viginia Cooperative Extension* [online]. 1.5.2009 [cit. 25.10.2013]. Dostupné z: <http://pubs.ext.vt.edu/2902/2902-1090/2902-1090.html>. Path: Homepage; Publications & Resources; Poultry; 2902-1090.
- [6] *Bioska*: www.ceske-lihne.cz [online]. CIPO COMPUTER 2010 [cit. 22.10.2013]. Dostupné z: <http://www.bioska.cz/czech/index.htm>.
- [7] *Incubatrici Borotto*® [online]. INCUBATRICI BOROTTO: © 2013 [cit. 22.10.2013]. Dostupné z: http://www.incubatrice.net/main_page.
- [8] *R-com-Hatcher.com* [online]. 2013 [cit. 23.10.2013]. Dostupné z: <http://www.r-com-hatcher.com/rcom-company-vision.htm>
- [9] *Brinsea: The incubation Specialists* [online]. Brinsea® Products Inc 2012 [cit. 23.10.2013]. Dostupné z: <http://brinsea.com/customerservice/contact.html>.
- [10] HRADISKÝ, M. *Bezdrátově řízený model vozidla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 46 s.
- [11] Atmel Corporation *ATmega16u4, ATmega32u4* [online]. 2010 [cit. 14.11.2013]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc7766.pdf>
- [12] Atmel Corporation *ATmega48A; ATmega48PA; ATmega88A; ATmega88PA; ATmega168A; ATmega168PA; ATmega328; ATmega328P* [online]. 2012 [cit. 14.11.2013]. Dostupné z: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet.pdf
- [13] Pandatron.cz, *Ovládání znakových LCD s řadičem HD44780 – 1. Díl*, [online]. 2009 [cit. 19.11.2013]. Dostupné z: http://pandatron.cz/?685&ovladani_znakovych_lcd_s_radicem_hd44780_%96_1._dil
- [14] MAŠLÁŇ, Stanislav. Ovládání znakových LCD s řadičem HD44780. In: *HW.cz*. [online]. 16.3.2009 [cit. 19.11.2013]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/soucastky/embedded-systemy/mcu/ovladani-znakovych-lcd-s-radicem-hd44780.html>
- [15] WINSTAR Display Co., Ltd., *WH1602A* [online]. 2013 [cit. 20.11.2013]. Dostupné z: http://www.winstar.com.tw/products_detail_ov.php?lang=en&ProID=21
- [16] NXP Semiconductors, *PCF8574; PCF8574A* [online]. 2013 [cit. 8.3.2013]. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8574_PCF8574A.pdf

- [17] *SENSIRION THE SENZOR COMPANY* [online]. Sensirion AG 2013 [cit. 25.11.2013]. Dostupné z: <http://www.sensirion.com/en/home/>.
- [18] Maxim integrated, *DS1307* [online]. Maxim integrated 2008 [cit. 27.11.2013]. Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [19] SLINTÁK, Vlastimil. Obvod reálného času DS1307. In: *μArt.cz* [online]. 27. 6. 2011 [cit. 27. 11.2013]. Dostupné z: <http://uart.cz/78/obvod-realneho-casu-ds1307/>. Path: Homepage; rubriky; digitální obvody; Obvod reálného času DS1307.
- [20] Myrra [online] Myrra 2011 [cit. 28. 11. 2013]. Dostupné z: <http://www.myrra.com/>
- [21] SHARP Corporation, *S102S02 Series S202S02 Series* [online]. 2004 [cit. 29.11.2013]. Dostupné z: http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/s102s02_e.pdf
- [22] Panasonic Corporation, *SSR Switching Characteristics* [online]. 2013 [cit. 5.12.2013] Dostupné z: http://www3.panasonic.biz/ac/e/control/relay/solid-state/principle_operation/index.jsp#PDF
- [23] Fairchild Semiconductor Corporation, *BS170/MMBF170 N-Channel Enhancement Mode Field Effect Transistor* [online] 2010 [cit. 6.3.2014]. Dostupné z: <http://www.fairchildsemi.com/ds/BS/BS170.pdf>
- [24] SVADBÍK, Vít. Unipolární tranzistory – základní popis, principy. In: V.S. 2013 [online]. 2011 [cit. 6. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.vsvadbik.cz/products/unipolarni-tranzistory-zakladni-popis-principy/>. Path: Homepage;elektronika;Unipolární tranzistory – základní popis, principy.
- [25] Arduino [online] Arduino 2013 [cit. 30.11.13] Dostupné z: <http://arduino.cc/>
- [26] Robotzone, LLC., *How do servos work?* [online]. 2013 [cit. 30.11.2013]. Dostupné z: http://www.servocity.com/html/how_do_servos_work_.html
- [27] qlfev's (EA3HMJ) Blog, *SHT71 sensor temperatura y humedad*, [online]. 2012 [cit. 10.04.2014] Dostupné z: <http://qlfecv.wordpress.com/2012/09/17/sht71-sensor-temperatura-y-humedad/>
- [28] PJRC.COM, *DS1307RTC Library*, [online]. 2014 [cit. 11.04.2014] Dostupné z: http://www.pjrc.com/teensy/td_libs_DS1307RTC.html
- [29] Atlassian Bitbucket, *New LiquidCrystal*, [online]. 2013 [cit. 10.04.2014] Dostupné z: <https://bitbucket.org/fmalpartida/new-liquidcrystal/downloads>
- [30] PUTNA, Pavel. Inc.. Lekce 17 – Arduino a EEPROM. In: *Arduino* [online]. 3. 5. 2013 [cit. 25.04.2014]. Dostupné z: <http://arduino8.webnode.cz/news/lekce-17-arduino-a-eprom/> Path: Homepage;Tutoriály; Lekce 17 – Arduino a EEPROM.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

Min.	minimální
Max.	maximální
MCU	mikrokontrolér
I/O	input/output - vstupy/výstupy
LED	Light – Emitting - Diode
LCD	liquid crystal display – display s tekutými krystaly
NV SRAM	non-volatile random-access memory
ΔT	odchylka od skutečné teploty
CMOS	complementary metal-oxide-semiconductor
IGBT	insulated gate bipolar transistor
SMD	surface-mount device
UART	universal asynchronous receiver transmitter
TQFP	thin-profile quad flat pack
USB	universal serial bus
RAM	random access memory
CGROM	character generator read only memory
AM/PM	ante meridiem/post meridiem
AC/DC	střídavý/stejnoseměrný
NTC	negative temperature coefficient
SO	small outline
PDIP	plastic dual in-line packals
TO	transistor outline package
DPS	deska plošných spojů
ISP	in system programming
Log.	logická
FR	flame resist
EEPROM	electrically erasable programmable read-only memory

SEZNAM PŘÍLOH

A	Seznam součástek	41
A.1	Seznam součástek základní desky	41
A.2	Seznam součástek modulu s tlačítky	42
B	Základní programové struktury	43
B.1	Nastavení proměnných	43
B.2	Příklad smyčky void setup()	43
B.3	Příklad načtení dat z SH75, DS1307 a použití podmínky	44
B.4	Příklad příkazu switch() a ošetření zákmitů tlačítek.....	44
B.5	Příklad řízení servomotoru.....	46
B.6	Podprogram pro zápis do paměti EEPROM.....	46
B.7	Podprogram pro čtení z paměti EEPROM.....	47

A SEZNAM SOUČÁSTEK

A.1 Seznam součástek základní desky

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C1	22p	1206	SMD kondenzátor
C2	22p	1206	SMD kondenzátor
C3	100n	1206	SMD kondenzátor
C4	100n	1206	SMD kondenzátor
C5	100n	1206	SMD kondenzátor
C6	1u /16V	153CLV-0405	Elektrolytický SMD kondenzátor
C7	100n	1206	SMD kondenzátor
C8	10u / 25V	153CLV-0405	Elektrolytický SMD kondenzátor
C9	100n	1206	SMD kondenzátor
C10	100n	1206	SMD kondenzátor
C11	100n	1206	SMD kondenzátor
D1	LL4148	SOD80C	Dioda
F1	FUSESH22,5A	SH22,5	Pojistka
G1	CR2032H	CR2032H	LI baterie
HLADINA	22-05-7028-02	7395-02	Konektor
IC1	DS1307z	SOIC8	Obvod reálného času
J1	22-05-7048-04	7395-04	Konektor
J2	22-05-7068-06	7395-06	Konektor
JP1		2x03	ISP konektor
K1	S202s02	S202s02	Polovodičové relé
K2	S202s02	S202s02	Polovodičové relé
PIEZO	22-05-7028-02	7395-02	Konektor
Q1	BS170	SOT54E	Unipolární tranzistor
Q2	MC-306	MC-306	Krystal
Q3	CSM-7x-DU	CSM-7x-DU	Krystal
R1	4k7	1206	Rezistor
R2	10k	1206	Rezistor
R3	22	1206	Rezistor
R4	22	1206	Rezistor
R5	220	1206	Rezistor
R6	220	1206	Rezistor
R7	10k	1206	Rezistor
R8	4k7	1206	Rezistor
R9	10k	1206	Rezistor
R10	10k	1206	Rezistor
R11	10k	1206	Rezistor
R12	10k	1206	Rezistor
S1		B3F-10xx	Tlačítko

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
U2	Myrra 47246	2COM	Zdroj
Servo	22-05-7038-03	7395-03	Konektor
SHT75	22-05-7048-04	7395-04	Konektor
U1	Atmega32u4	TQFP44	Mikrokontrolér
VEN	22-23-2021	22-23-2021	Konektor
X1		W237-132	Con-wago svorka
X2		W237-6P	Con-wago svorka
X3	Mini-USB	32005-301	USB konektor

A.2 Seznam součástek modulu s tlačítky

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C2	100n	1206	SMD kondenzátor
C3	100n	1206	SMD kondenzátor
C4	100n	1206	SMD kondenzátor
C5	100n	1206	SMD kondenzátor
J1	22-27-2061	6410-06	Konektor
R5	10k	1206	SMD rezistor
R6	10k	1206	SMD rezistor
R7	10k	1206	SMD rezistor
R8	10k	1206	SMD rezistor

B ZÁKLADNÍ PROGRAMOVÉ STRUKTURY

B.1 Nastavení proměnných

```
#define clockPin 8//Nadefinovaný pin pro připojení senzoru SHT75 na pin SCK.  
#define dataPin 9//Nadefinovaný pin pro připojení senzoru SHT75 na pin DATA.
```

```
Servo myservo; //Je zde použito pro vytvoření bloku k řízení servomotoru.
```

```
#define I2C_ADDR 0x27,#define BACKLIGHT_PIN 3,#define En_pin 2  
#define Rw_pin 1,#define Rs_pin 0,#define D4_pin 4  
#define D5_pin 5,#define D6_pin 6, #define D7_pin 7  
// Definice adresy a pinů pro expandér I2C.  
LiquidCrystal_I2C  
lcd(I2C_ADDR,En_pin,Rw_pin,Rs_pin,D4_pin,D5_pin,D6_pin,D7_pin,  
BACKLIGHT_PIN,POSITIVE); // Funkce pro přiřazení nadefinovaných pinů pro práci s modulem I2C.
```

```
SHTxx sht71(dataPin, clockPin); // Funkce knihovny pro práci se senzorem SHT75, kde se přiřazují nadefinované piny.
```

```
float Tnas = 35; // Definovaná proměnná typu float pro nastavení teploty, aby bylo možno přičítat desetinná čísla. Přiřazení počáteční hodnoty.
```

```
Int Hnas = 50; Proměnná pro nastavení vlhkosti typu integer, pro přičítání celých čísel. Stejně jsou definovány i ostatní proměnné použité v programu.
```

```
float Tsk, Hsk; // Pomocné proměnné pro vyčtení skutečné teploty a vlhkosti ze senzoru.
```

```
const int cidlo = 7; // Nadefinování pinu, na který je připojené čidlo hladiny vody, podobným způsobem jsou nadefinována tlačítka.
```

```
const int buzzer = 13; // Nadefinování pinu, na který umístěna siréna, stejným způsobem jsou nadefinovány piny připojené k polovodičovým relé.
```

B.2 Příklad smyčky void setup()

```
void setup()  
{  
    lcd.init(); // Inicializace displeje.  
    lcd.backlight(); //Zapne podsvícení displeje.
```

```

myservo.attach(5); // Nastaví řídicí signál na ovládání
servomotoru na pin 5.
pinMode(cidlo, INPUT); // Nastaví pin, na kterém je
připojeno čidlo jako vstupní, takto se nadefinují i
tlačítka.
pinMode(buzzer, OUTPUT); // Nastaví pin, jako výstupní.
Tnas = Eepromcteni(1); // Načtení hodnoty z paměti do
proměnné Tnas.
}

```

B.3 Příklad načtení dat z SH75, DS1307 a použití podmínky

```

void loop()
{
    Tsk = sht71.readTemperatureC(); //Načtení teploty do
    proměnné Tsk.
    Hsk = sht71.readHumidity(); //Načtení vlhkosti do proměnné
    Hsk.

    tmElements_t tm; //Nadefinování symbolu registru pro čtení
    hodin, minut a vteřin z DS1307.
    RTC.read(tm); //Příkaz pro čtení z DS1307.
    H = tm.Hour; //Přiřazení hodiny do proměnné, poté se
    příkazem tm.Minute načtou minuty.

    If (cidlo == HIGH) // Podmínka pro zjištění stavu čidla.
    {
        digitalWrite(buzzer, HIGH); // Zapnutí sirény.
        digitalWrite(ssr1, LOW); // Vypnutí polovodičového
        v případě že je vstup s čidlem v logické 1.
    }
    else
    {
        digitalWrite(buzzer, LOW); // Vypne sirénu případě, že je
        čidlo v log. 0.
    }
}

```

B.4 Příklad příkazu switch() a ošetření zákmitů tlačítek

```

void loop()
{
    if (t10 != 1_t10 && N != 5) // Podmínka, která povoluje
    přičítat hodnotu do maximální hodnoty 5. Zároveň kontroluje
    předchozí stav tlačítka t10, pro ošetření zákmitů.
    {
        lcd.clear(); // Přepsání sekvence na displeji.
        N = N + 0.5; // Zvětšení hodnoty proměnné N o hodnotu
        0,5. Tato hodnota je použita, protože přičítá při
        náběžné i sestupné hraně signálu tlačítka.
    }
}

```

```

l_t10 = t10; // Ošetření zákmitu.
if (t11 != l_t11 && N != 1) // Podmínka, která povoluje
odečítat hodnotu při stisku tlačítka t11 do minimální
hodnoty 0. Zároveň kontroluje předchozí stav tlačítka, pro
ošetření zákmitů.
{
    lcd.clear();
    N = N - 0.5; // Zmenšení hodnoty proměnné N o hodnotu
0,5. Tato hodnota je použita, ze stejného důvodu,
protože odečítá při náběžné i sestupné hraně signálu
tlačítka.
}
l_t11 = t11;

switch (N) {
    case 1: // Přepne na toto zobrazení má-li proměnná N
hodnotu 1;

        lcd.setCursor(0,0); // Nastavení kurzoru na
první řádek a první znak.
lcd.print("Temperature: "); // Vypsání slova
Temperature na displeji.
lcd.print(Tsk); // Napsání aktuální teploty.
lcd.print("*C");
lcd.setCursor(0,1); //Nastavení kurzoru na druhý
řádek a první znak displeje.
lcd.print("Humidity: "); // Vypsání slova
Humidity: na displej.
lcd.print(Hsk); // Napsání aktuální teploty.
lcd.print(" %");

        break;

    case 2: // Přepne na toto zobrazení má-li proměnná N
hodnotu 2;
        lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Set temperature: ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(Tnas); // Zobrazení nastavovací hodnoty.
lcd.print("*C");
        break;

    default: // V případě že N je mimo rozsah od 1 do 5, tak se
na displeji zobrazí aktuální teplota a vlhkost.
        lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Temperature: ");
lcd.print(Tsk); // Napsání aktuální teploty.
lcd.print("*C");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Humidity: ");
lcd.print(Hsk);
lcd.print(" %");}

```

B.5 Příklad řízení servomotoru

```
void loop()
{
  if (zap == 1)
  {
    if (H==4||H==12||H==20) // Kontrola jestli má
    aktuální hodina danou hodnotu.
    {
      osa = 130; // Do proměnné osa se uloží hodnota
      130°.
    }
    else if (H = 0 || (H==8) || H==16)
    {
      osa = 50; // Do proměnné osa se uloží hodnota
      50°.
    }
    else
    {
      osa = osa; // Hodnota v proměnné osa zůstane
      stejná.
    }
  }
  else
  {
    osa = 90; // Do proměnné osa se uloží hodnota
    90°.
  }
  myservo.write(osa); // Funkce pro natočení hřídele na
  základě hodnoty proměnné osa.
}
```

B.6 Podprogram pro zápis do paměti EEPROM

```
void eeepromzapis(int adresa, int cislo)// Nadefinování
podprogramu.
{
  byte cast1 = cislo; // Převedení čísla do binární soustavy
  a zapsání prvních osm bitů do proměnné cast1.
  byte cast2 = cislo >> 8; // Bitové posunutí čísla o osm
  bitů a zapsání posledních osm bitů do proměnné cast2.
  EEPROM.write(adresa, cast1); Zapsání proměnné cast1 na
  zadanou adresu.
  EEPROM.write(adresa + 1, cast2); // Zapsání proměnné cast2
  na adresu + 1.
} //[30].
```

B.7 Podprogram pro čtení z paměti EEPROM

```
int eepromcteni(int adresa)// Nadefinování podprogramu;
{
int cislo = EEPROM.read(adresa) + ((EEPROM.read(adresa+1))
<< 8); // Příkaz pro čtení celkové hodnoty ze dvou adres v
paměti.
return cislo; // Návrat hodnoty z podprogramu.
}// [30].
```