



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

ELEKTRONICKY ŘÍZENÉ ŽHAVENÍ VODNÍ DÝMKY

ELEKTRONIC CONTROLLED GLOW FOR WATER HOOKAH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ RUMÍŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ZBYNĚK FEDRA, Ph.D.

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Tomáš Rumíšek

ID: 109714

Ročník: 3

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Elektronicky řízené žhavení vodní dýmky

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte požadavky kladené na ideální žhavení u vodní dýmky (teplota, velikost plochy atd.) a parametry, které bude vhodné ovlivňovat. Vyberte vhodné součásti a navrhnete blokové schéma řízení žhavení včetně žhavicího tělesa a napájecího zdroje.

Realizujte daný přípravek a otestujte jeho vlastnosti. Zhodnoťte rozdíly vůči klasickému použití uhlíků a celkové vlastnosti výrobku (spotřeba, možnosti regulace atd.).

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry Atmel AVR. BEN - technická literatura, Praha 2003

[2] NOVÁK, P. MOBILNÍ ROBOTY - pohony, senzory, řízení. BEN - technická literatura, Praha 2005

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 28.5.2010

Vedoucí práce: Ing. Zbyněk Fedra, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

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.

Abstrakt

Práce se zabývá náhradou elektronicky řízeného žhavení topného tělesa u vodní dýmky za standardní uhlíkové žhavení. Teplota topného tělesa je regulována mikroprocesorem AVR od firmy Atmel v závislosti na teplotě požadované uživatelem. Uživatel si může nastavit teplotu na ovládacím panelu, na kterém bude kromě nastavované teploty zobrazována také teplota aktuální.

Klíčová slova : AVR, Atmel, vodní dýmka, mikroprocesor, kouření, triaková regulace.

Abstract

This bachelor thesis deals with the substitution of a standard charcoal heating system for an electronically-controlled heating element in a hookah. The heating element temperature is regulated by the Atmel microprocessor, depending on the temperature specified by an user. The user can adjust the desired temperature on a control panel, where also the actual temperature of the heating element will be displayed.

Keywords : AVR, Atmel, hookah, microprocessor, smoking, triac regulation

RUMÍŠEK, T. *Elektronicky řízené žhavení vodní dýmky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2010. 32 s., 4 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: ing. Zbyněk Fedra, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Elektronicky řízené žhavení vodní dýmky 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 této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a~jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce ing. Zbyňku Fedrovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Obsah

Úvod	8
1. Problematika vodních dýmek.....	9
1.1. Princip funkce vodní dýmky.....	9
1.2. Princip standardního žhavení tabáku	10
1.2.1. Příprava dýmky	10
1.2.2. Poznatky o standardním žhavení tabáku.....	11
1.3. Požadavky na nové žhavení.....	12
1.3.1. Velikost, hmotnost a tvar přípravku.....	12
1.3.2. Teplota žhavicího tělesa.....	13
1.3.3. Volba materiálů.....	13
2. Návrh elektronicky řízeného žhavení vodní dýmky	14
2.1. Triaková regulace.....	14
2.2. Blokové schéma.....	15
2.2.1. Části blokového schématu	16
2.2.2. Popis blokového schématu.....	17
2.3. Schéma zapojení	18
2.4. Bloky transformátor, usměrňovač a stabilizátor.....	18
2.5. Detekce průchodu napětí nulou	19
2.5.1. Optočlen PC817C	19
2.5.2. Přivedení spínacího napětí na optočlen.....	19
2.5.3. Funkce bloku detekce průchodu napětí nulou	19
2.6. Spínání	20
2.7. Mikroprocesor.....	20
2.7.1. Využití mikroprocesoru	20
2.7.2. Mikroprocesor ATTINY 861V - 10PU.....	20
2.7.3. Napájení mikroprocesoru.....	20
2.7.4. Připojené periferie.....	21
2.8. Ovládací panel	21
2.9. Měření aktuální teploty uvnitř žhavicí komory	21
2.9.1. Výběr teplotního čidla.....	21
2.9.2. Monokrystalická čidla.....	21
2.9.3. Teplotní čidlo KTY84-130	22
2.9.4. Zapojení teplotního čidla	22
2.9.5. Zpracování teploty mikroprocesorem.....	23
2.9.6. Linearizace.....	24
2.10. Návrh žhavicího tělesa	25
3. Řídicí program.....	27
3.1. Rozbor programu	27
3.1.1. Hlavní program	27
3.1.2. Funkce nast_teplota	28
3.1.3. Funkce akt_teplota.....	29
3.1.4. Obsluha externího přerušení	30

3.1.5. Obsluha přerušení časovače	31
4. Realizace elektronicky řízeného žhavení	32
4.1. Osazení desky plošných spojů součástkami	32
4.2. Umístění desky plošných spojů a LCD	33
4.3. Výroba žhavicí komory.....	33
5. Zhodnocení výrobku	35
5.1. Regulace výkonu.....	35
5.2. Měření teploty	35
5.3. Rozhodovací logika	35
5.4. Parametry žhavicí komory	35
5.5. Vlastnosti odporového drátu	36
5.6. Vlastnosti kompletního výrobku.....	36
6. Závěr	37
Literatura	38
Seznam symbolů, veličin a zkratk	39
Seznam příloh	40

Úvod

Cílem této práce je navrhnout funkční náhradu za uhlíkové žhavení u vodní dýmky. Stávající řešení žhavení skýtá řadu nevýhod. Jednou z nich je nemožnost regulace teploty. Ta se mění v závislosti na vytížení dýmky. Čím více je dýmka používána, tím více se uhlík zahřívá. Při překročení určité teploty může dojít ke spálení tabáku. Dalšími nevýhodami jsou složité zapalování uhlíků, jejich krátká životnost, možnost popálení, vdechování škodlivých látek vznikajících při pálení uhlíku atd.). Proto bude navrženo žhavení vodní dýmky, které by tyto nevýhody minimalizovalo.

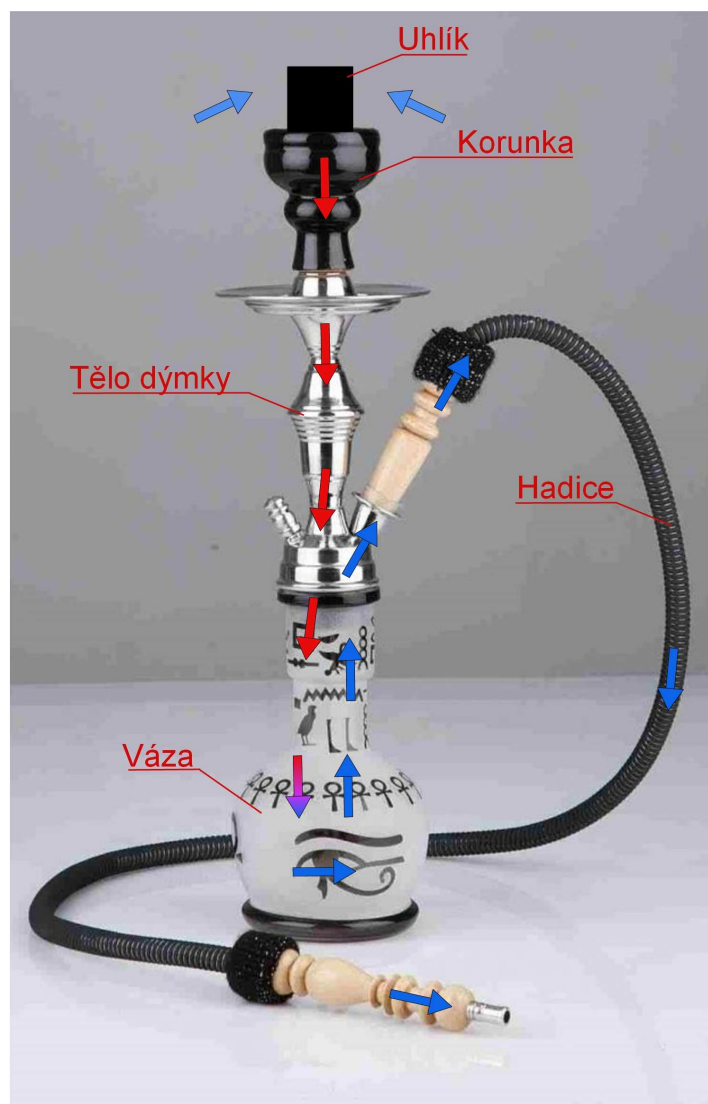
Základní myšlenkou je vybavit vodní dýmku elektrickým žhavicím tělesem nahrazujícím uhlíkové žhavení. U tohoto nově navrženého žhavení bude mít uživatel přehled o aktuální teplotě a bude mu dána možnost ji libovolně měnit. K zobrazení teplot bude sloužit LCD. Díky možnosti regulace teploty si bude moci uživatel zvolit množství vdechovaného kouře, a tudíž i intenzitu uvolňujícího se aroma z tabáku. Řízením teploty žhavicího tělesa bude udržována optimální teplota, která zabrání spálení tabáku.

1. Problematika vodních dýmek

V kapitole je vysvětlena funkce vodní dýmky, dále jsou objasněny její vlastnosti a stanoveny požadavky na nově navrhované žhavení.

1.1. Princip funkce vodní dýmky

Na obr. 1.1 je zobrazena vodní dýmka běžných rozměrů a tvarů. Proudění vzduchu je zobrazeno barevnými šipkami, které současně svou barvou informují o teplotě vzduchu v konkrétním místě vodní dýmky.



Obr. 1.1: Princip funkce vodní dýmky[1]

Nasáváním kouře z hadice se vhná horký vzduch od uhlíku do korunky, kde je uložen tabák. Tabák používaný do vodních dýmek je vlhký a horkým vzduchem dochází k jeho vysušování, což vede ke vzniku kouře. Kouř pokračuje tělem dýmky až do skleněné vázy s vodou, která procházející kouř ochladí a částečně zbaví škodlivých látek. Poté se kouř dostává do horní části vázy, odkud putuje hadicí do úst uživatele.

1.2. Princip standardního žhavení tabáku

Na obrázcích 1.2 až 1.6 je vysvětlen postup přípravy dýmky před jejím použitím. Dále jsou uvedeny základní vlastnosti standardního žhavení tabáku.

1.2.1. Příprava dýmky

Korunka je keramická nádoba, ve které je umístěn vlhký tabák. Tato nádoba má otevřené dno, skrz které prochází kouř do dolní části dýmky, kde je ochlazován vodou.



Obr. 1.2 : Korunka s tabákem[2]

Korunka (a tedy i tabák) je přikryta několika vrstvami alobalu, který se proděraví jehlou nebo jiným tenkým nástrojem.



Obr. 1.3 : Korunka přikrytá alobalem[2]

Následně se korunka nasadí na tělo dýmky.



Obr. 1.4 : Usazení korunky na tělo dýmky[2]

Poté se uhlík zapálí a položí na alobal.



Obr. 1.5 : Zapálení a usazení uhlíku [2]

Pro získání teplejšího vzduchu vstupujícího do dýmky se může korunka na závěr přikrýt tarbuší, která zajišťuje delší životnost uhlíku.



Obr. 1.6 : Tarbuš [2]

1.2.2. Poznatky o standardním žhavení tabáku

Při tomto typu žhavení rozeznáváme dva stavy :

- a) Pasivní stav žhavení (dýmka není aktivně využívána, neprodukuje kouř). Uhlík ohřívá tabák, keramickou korunkou a vzduch pod tarbuší.
- b) Aktivní stav žhavení (dýmka je aktivně využívána, produkuje kouř). Zahrnuje pasivní stav doplněný o ohřev tabáku vzduchem proudícím kolem uhlíku.

Při užívání vodní dýmky je tedy nejprve dýmka v pasivním stavu a uhlík ohřívá tabák, korunkou a vzduch pod tarbuší. Jakmile přejde do stavu aktivního, dojde navíc k ohřívání tabáku horkým vzduchem proudícím kolem uhlíku. Z toho vyplývá, že při přechodu z pasivního do aktivního stavu se teplota tabáku nezvyšuje od 0°C, nýbrž již v pasivním stavu je tabák zahřátý na určitou teplotu. Kdyby byla tato skutečnost opomenuta, nově navržené žhavení by bylo neefektivní, protože při potáhnutí z dýmky by uživateli vnikal do úst nejprve jen vzduch (a to po dobu, než by se tabák ohřál na dostatečnou teplotu), a teprve poté kouř. Efektivní kouření by ovšem mělo být založeno pouze na vdechování kouře.

1.3. Požadavky na nové žhavení

Tato část textu informuje o důležitých požadavcích a podmínkách, na jejichž základě jsou vybírány materiály a navrhovány jednotlivé části projektu.

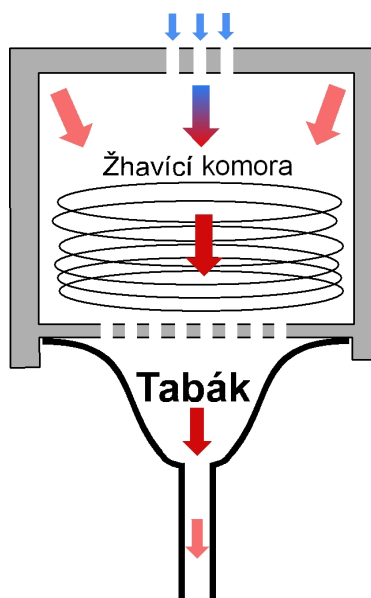
1.3.1. Velikost, hmotnost a tvar přípravku

Nejjednodušší řešení propojení nově navrženého žhavení a vodní dýmky spočívá v usazení žhavicího přípravku přímo na stávající korunkou. Díky tomu je dosaženo stejně dobrého přenosu tepla mezi žhavicím tělesem a korunkou (tu je nutno zahřívát) jako u standardního žhavení.

Velikost a hmotnost přípravku musí být co nejmenší z důvodu jednoduchého uchycení na stávající korunkou, a aby nedošlo k narušení stability vodní dýmky.

Žhavicí těleso je nutné uchytit několik milimetrů nad alobalem obalenou korunkou, aby nedošlo ke zkratování žhavicího tělesa nebo přivedení nebezpečného napětí na alobal, který je dotekem přístupný uživateli. Tento problém lze jednoduše vyřešit nahrazením alobalu nevodivým materiálem, který by byl součástí uchycení žhavicího tělesa.

V návrhu lze také použít principu tarbuše, tj. přikrytí žhavicího tělesa (z bezpečnostních důvodů nevodivým materiálem). Takto realizovaný přípravek přinese snížení spotřeby energie (žhavicí těleso nebude ochlazováno okolním studeným vzduchem) a rychlejší ohřev vzduchu proudícího kolem tabáku (vzduch vstupující do korunky bude předehřátý – znázorněn na obr. 1.5 světle červenými šipkami).



Obr. 1.5 : Řez žhavicí komorou a korunkou

Do žhavicí komory je nasáván studený vzduch, jenž prochází kolem žhavicího tělesa, např. odporového drátu, které ohřívá přicházející studený vzduch zvenčí a současně předehřátý vzduch z žhavicí komory. Horký vzduch dále prochází korunkou s tabákem a pokračuje tělem dýmky směrem do vázy.

1.3.2. Teplota žhavicího tělesa

Standardní žhavení dosahuje v pasivním stavu teploty uhlíku 360°C a v aktivním stavu přibližně 460°C. Je tedy nutné regulovat teplotu topného tělesa v tomto rozsahu, protože při překročení teploty v aktivním stavu (460°C) dochází k pálení tabáku (nežádoucí jev, při kterém se tabák znehodnotí). Při nižší teplotě než je teplota v pasivním stavu (360°C) se nedostatečně zahřívá korunka, která má na zahřívání tabáku velký vliv.

1.3.3. Volba materiálů

Žhavicí těleso musí být vyrobeno z kovu, který vydrží teploty do 500°C a přitom nepodlehne deformaci teplem. Při vysokých teplotách také nesmí docházet k uvolňování nebezpečných látek ze žhavicího tělesa. Cenově přijatelným žhavicím tělesem je odporový drát.

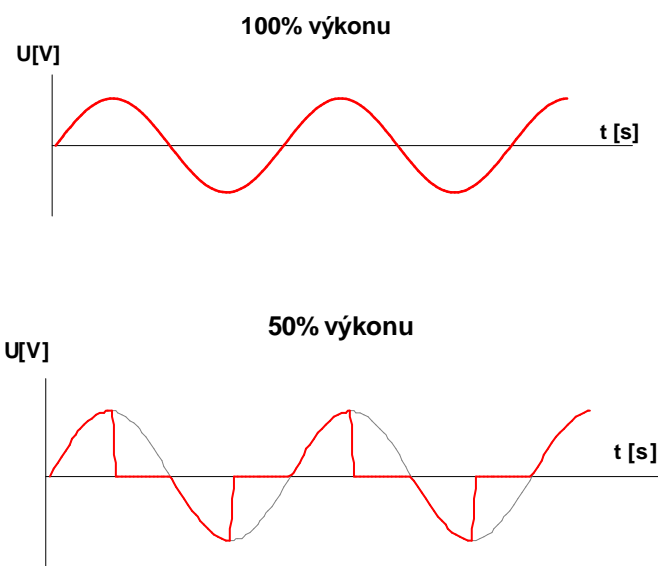
Materiál pro výrobu žhavicí komory musí být tepelně odolný, a zároveň nesmí být z bezpečnostních důvodů elektricky vodivý. Nejpříjemnějším materiálem je keramika.

2. Návrh elektronicky řízeného žhavení vodní dýmky

Zabývá se popisem způsobu regulace teploty žhavicího tělesa a návrhem blokového schématu. Na základě blokového schématu je navrženo schéma zapojení, které je dále podrobně popsáno.

2.1. Triaková regulace

Pro řízení žhavení je použita triaková regulace. Triakovou regulací je nastavováno, jaký časový úsek půlperrody sinusového napětí bude na zátěži. Tento časový úsek je označován τ . Grafické znázornění triakové regulace je na obr. 2.1, kde červený průběh označuje regulované napětí a šedý průběh naznačuje původní tvar sinusového napětí.



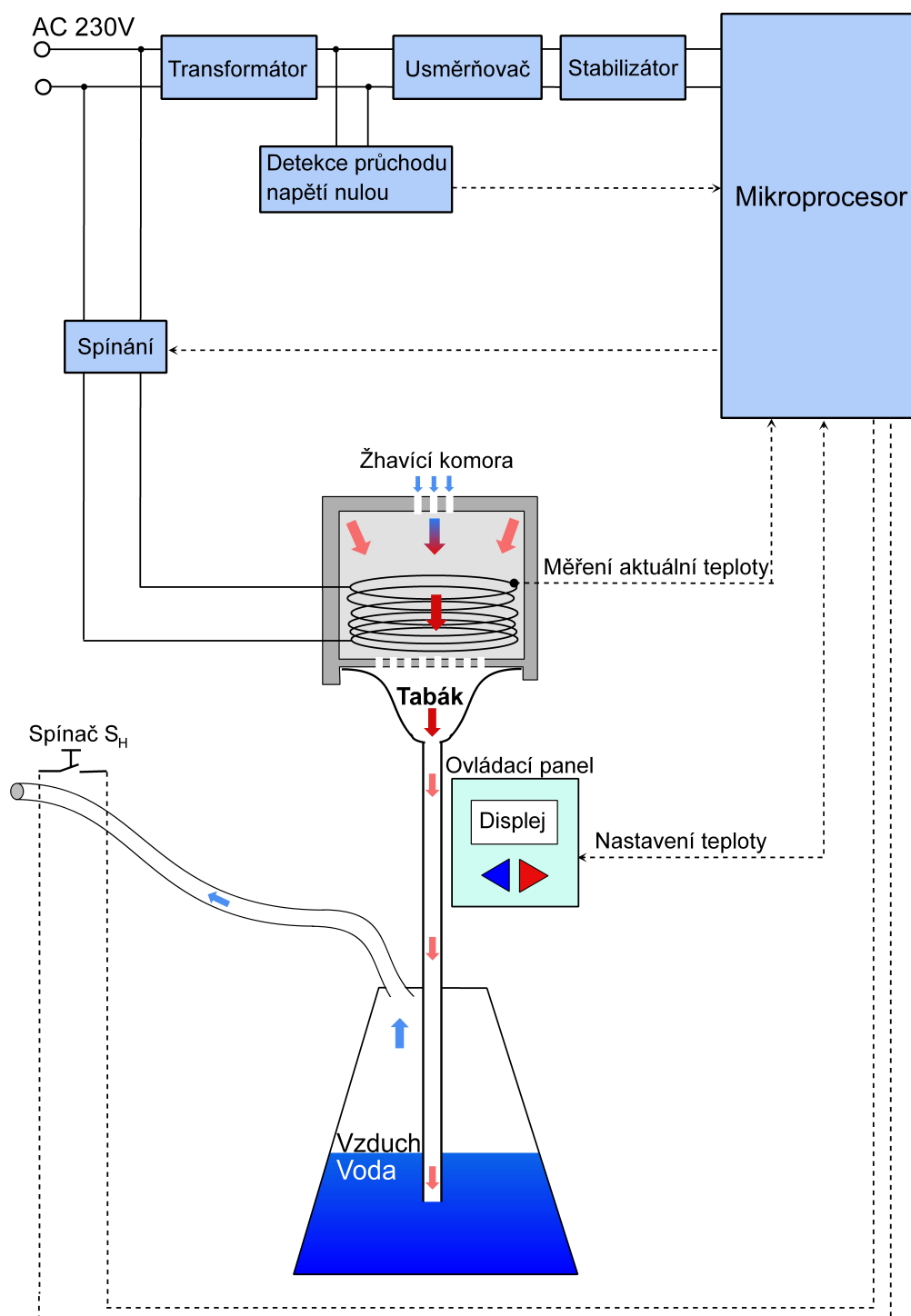
Obr. 2.1 : Triaková regulace – průběh napětí na triaku

Z obrázku je patrné, že u triakové regulace je pro správnou činnost nutné sledovat, ve kterém okamžiku je napětí před regulací nulové. Toto sledování zajišťuje blok, jenž bude v blokovém schématu označen jako „Detekce průchodu napětí nulou“. Dále v textu bude používán výraz „průchod napětí nulou“, kterým je označen okamžik, v němž je síťové napětí nulové.

Napětí je regulováno triakem, který bude součástí bloku s označením „Spínání“.

2.2. Blokové schéma

Na obr. 2.2 je zobrazeno blokové schéma elektronicky řízeného žhavení vodní dýmky.



Obr. 2.2 : Blokové schéma

2.2.1. Části blokového schématu

Transformátor

Transformuje síťové napětí 230V na napětí 9V.

Usměrňovač

Dvoucestně usměrňuje transformované napětí.

Stabilizátor

Stabilizuje usměrněné napětí, čímž vytváří napětí potřebné pro napájení mikroprocesoru.

Detekce průchodu napětí nulou

Detekuje okamžik, při kterém je síťové napětí nulové.

Spínání

Na základě impulsů od mikroprocesoru reguluje triakem výkon žhavicího tělesa.

Žhavicí komora

Válcovitý objekt vytvořený z nevodivého materiálu, uvnitř kterého je usazeno žhavicí těleso.

Ovládací panel

Obsahuje displej, na kterém je zobrazována aktuální teplota žhavicího tělesa a teplota požadovaná. Požadovanou teplotu nastavuje uživatel dvěma tlačítky umístěnými na ovládacím panelu.

Měření aktuální teploty

Naměřenou teplotu žhavicího tělesa zpracovává mikroprocesor a zobrazuje ji na displeji.

Spínač S_H

Sepnutím spínače přechází dýmka z pasivního stavu do aktivního (Uživatel sepne spínač právě tehdy, když chce dýmku aktivně používat).

Je zaveden z důvodu nižší energetické spotřeby. Je-li dýmka v pasivním stavu, je teplota žhavicího tělesa udržována na minimální teplotě (360°C). Prodlouží se tím životnost tabáku, jelikož nebude vysušován takovou měrou, jako v aktivním stavu.

2.2.2. Popis blokového schématu

Celý systém je napájen síťovým napětím 230V. Jedna větev síťového napětí slouží k napájení mikroprocesoru a sledování průchodu napětí nulou. Druhá větev napájí žhavicí těleso.

Větev síťového napětí napájejícího mikroprocesor prochází transformátorem, kde je napětí zmenšeno. Poté je dvoucestně usměrněno a nakonec stabilizováno na požadovanou hodnotu.

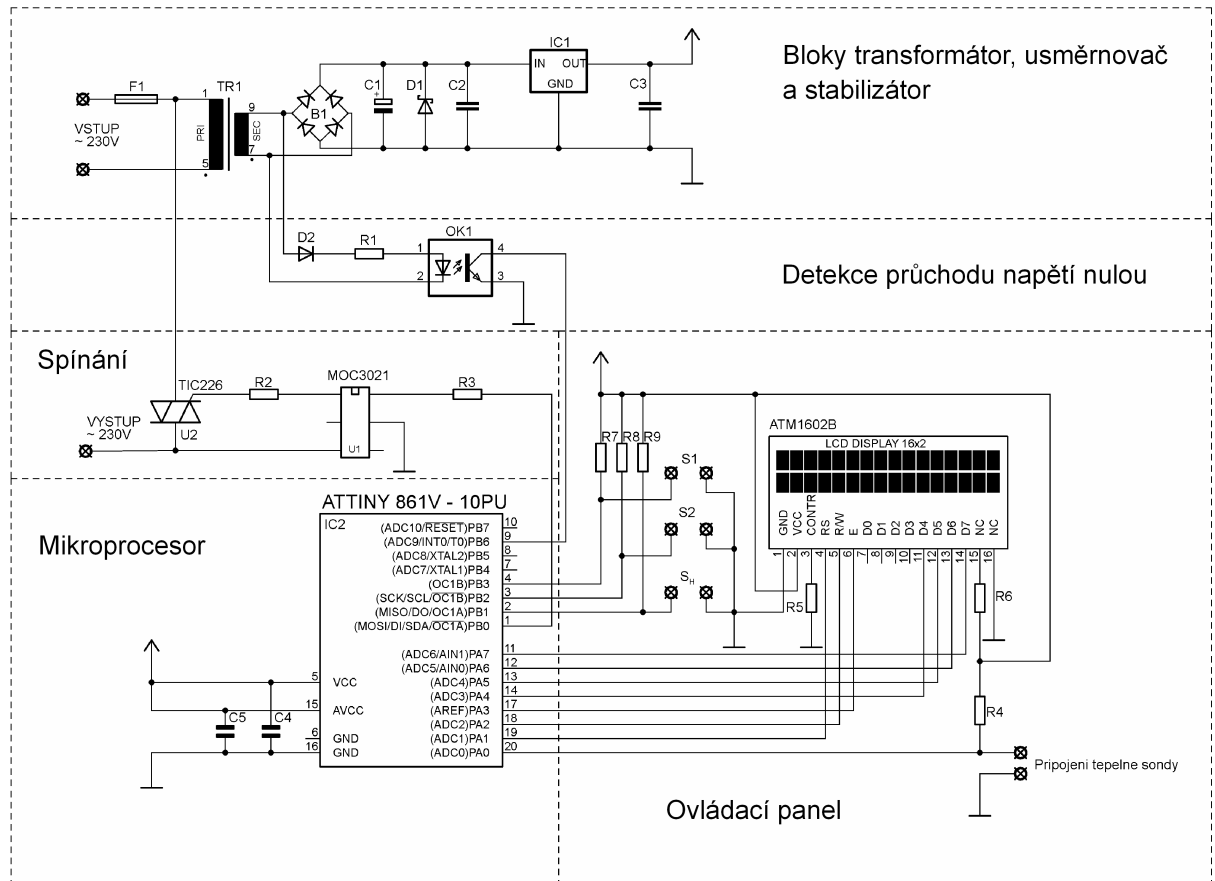
Druhá větev síťového napětí prochází blokem „Detekce průchodu napětí nulou“, který na mikroprocesoru vygeneruje přerušení pokaždé, když okamžitá hodnota procházejícího napětí bude nulová. Po přerušení mikroprocesor provede rozhodování o tom, zda má být na zátěž přivedeno napětí. K tomu dojde pouze pokud:

- a) spínač na hadici je sepnut a požadovaná teplota je vyšší než teplota aktuální;
- b) spínač na hadici není sepnut a aktuální teplota je nižší než teplota minimální.
Důvod této podmínky byl uveden v kapitole 2.3.2 Teplota žhavicího tělesa.

Pokud má být přivedeno na zátěž napětí, mikroprocesor vyšle do bloku spínání impuls.

2.3. Schéma zapojení

Na obr.2.3 je uvedeno schéma zapojení elektronicky řízeného žhavení vodní dýmky. Schéma je rozděleno na pět částí (vyznačeno přerušovanou čarou), z nichž každá představuje jeden nebo více bloků uvedených v blokovém schématu. Jednotlivé části jsou dále popsány.



Obr. 2.3 : Schéma zapojení rozdělené podle blokového schématu

2.4. Bloky transformátor, usměrňovač a stabilizátor

Síťové napětí je z 230V transformováno na hodnotu 9V, poté je toto napětí dvoucestně usměrněno usměrňovacím můstkem U1. Usměrněné napětí je vyfiltrováno kondenzátorem C₁. Stabilizátor IC1 a jeho pomocné kondenzátory C₂ a C₃ stabilizují napětí na hodnotu 5V.

Transil D1 má za úkol chránit obvody připojené k napájení před napěťovými špičkami (zákmity), které by mohly připojené obvody poškodit.

2.5. Detekce průchodu napětí nulou

Tento blok informuje mikroprocesor o okamžiku, v němž je síťové napětí nulové.

2.5.1. Optočlen PC817C

Základním prvkem bloku detekce průchodu napětí nulou je optočlen PC817C značky SHARP. Optočlen je spínací prvek skládající se z LED diody a fototranzistoru. Při rozsvícení LED diody přejde fototranzistor do sepnutého stavu. K rozsvícení LED diody dochází při napětí 1,2V a procházejícím proudem 2,5mA až 30mA [3].

2.5.2. Přivedení spínacího napětí na optočlen

Za transformátorem je odebráno sinusové napětí 9V, které je jednocestně usměrněno diodou D2. Tím je dosaženo usměrněného napětí s amplitudou 12,7V. Toto napětí je poté zmenšeno na hodnotu 1,2V sériově připojeným rezistorem R_1 k optočlenu. Velikost rezistoru bude při protékajícím proudem 3,5mA (experimentálně zjištěno) rovna:

$$R_1 = \frac{U_{D2} - U_{OK1}}{I_{OK1}} = \frac{12,7 - 1,2}{0,0035} = 3285,7\Omega \quad (2.1)$$

Pro realizaci tohoto odporu je použit rezistor o hodnotě 3300 Ω .

2.5.3. Funkce bloku detekce průchodu napětí nulou

Pokud je síťové napětí nulové, je nulové napětí také na LED diodě a optočlen je v rozepnutém stavu. Při zvyšování síťového napětí se zvyšuje i napětí na sekundárním vinutí transformátoru, a tím i na LED diodě. Při hodnotě 1,2V se LED dioda rozsvítí a optočlen přejde do sepnutého stavu.

Optočlen spíná pouze při kladné půlplně síťového napětí. Tento problém lze řešit softwarově. Jestliže je znám okamžik, ve kterém začíná kladná půlplně síťového sinusového napětí, lze začátek záporné půlperiody spočítat.

Frekvence síťového napětí je 50Hz. Převrácená hodnota frekvence udává periodu jednoho sinusového průběhu napětí :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 20ms \quad (2.2)$$

Polovina této periody udává dobu trvání jedné půlperiody síťového napětí. Pokud je tedy znám okamžik začátku kladné půlperiody, musí záporná půlperioda začít o 10ms později. Toto řešení není softwarově náročné.

2.6. Spínání

V okamžiku, kdy mikroprocesor zaznamená přerušení od optočlenu, vykoná několik logických operací, na jejichž základě rozhodne, zda má dojít k připojení fázového vodiče na žhavicí těleso. Připojení se provede tak, že mikroprocesor nejprve sepne optotriak MOC 3021, který poté sepne výkonový triak TIC226M. Toto postupné spínání je nutné z důvodu velkého spínacího proudu triaku (50mA) [5] a malého maximálního proudu vstupních/výstupních pinů mikroprocesoru (20mA) [3].

Vhodné napětí pro spínání optotriaku zajišťují rezistory R_2 a R_3 . Rezistor R_3 snižuje hodnotu napětí na výstupu mikroprocesoru (5V) na hodnotu potřebnou k sepnutí optotriaku (1V). Optotriak odebírá v sepnutém stavu 10mA [6]. Hodnota rezistoru při protékajícím proudu 2mA (experimentálně zjištěno) je:

$$R_3 = \frac{U}{I} = \frac{5-1}{0,002} = 2000\Omega \quad (2.3)$$

Triak je spínán síťovým napětím, které nejprve prochází přes sériově připojený rezistor R_2 .

2.7. Mikroprocesor

2.7.1. Využití mikroprocesoru

Mikroprocesor v tomto zapojení přijímá impulsy signalizující průchod síťového napětí nulou. Po jejich obdržení vysílá do spínací části impulsy, díky kterým je po určité době přiváděno na žhavicí těleso napětí. Tuto dobu zjišťuje opakovaným skenováním tlačítek. Také na LCD zobrazuje informace o požadované teplotě a teplotě aktuální, kterou měří.

2.7.2. Mikroprocesor ATTINY 861V - 10PU

Jedná se o mikroprocesor typu RISC s harvardskou architekturou z rodiny AVR od firmy Atmel. Je vyráběn pouze v dvacetipinovém pouzdře, ale i přesto disponuje širokou škálou funkcí.

Je vybaven 8kB Flash pamětí, která je plně využita pro rozsáhlý program. Šestnáctibitový časovač realizuje časovací cykly a pro měření teploty je využit desetibitový A/D převodník

2.7.3. Napájení mikroprocesoru

Mikroprocesor je napájen usměrněným stabilizovaným napětím o hodnotě 5V. Před připojením napájení k mikroprocesoru je nutné nejprve vybavit napájecí vstup blokovacími kondenzátory C_4 a C_5 . Ty zásobují mikroprocesor elektrickým proudem při rychlých změnách jeho odběru.

2.7.4. Připojené periferie

Port A je využit pro ovládání LCD displeje. Na pinech 2, 3 a 4 portu B jsou zaznamenávána přerušení od tlačítek S_1 , S_2 a S_H . Pin 6 přijímá přerušení od bloku „Detekce průchodu napětí nulou“ a pinem 1 je vydáván příkaz k sepnutí triaku. Pin 0 portu A zaznamenává hodnoty naměřené tepelným čidlem ve žhavicí komoře. Tyto hodnoty jsou dále zpracovávány A/D převodníkem.

2.8. Ovládací panel

Portem A mikroprocesoru je ovládán dvouřádkový a dvaatřicetimístný displej. Data jsou přenášena po čtyřech datových linkách. Kontrast displeje je nastaven rezistorem R_5 na konstantní hodnotu.

Na prvním řádku displeje je zobrazena nastavená teplota a na řádku druhém teplota aktuální. Nastavenou teplotu je možné měnit tlačítky S_1 a S_2 , která jsou vybavena zdvihacími rezistory R_7 a R_8 .

2.9. Měření aktuální teploty uvnitř žhavicí komory

Jelikož mikroprocesor není schopen přímo měřit teplotu, musí se teplota převést na veličinu, kterou dokáže změřit a zpracovat. Touto veličinou je napětí. K získání hodnoty napětí odpovídající dané teplotě je nutno použít teplotní čidlo.

2.9.1. Výběr teplotního čidla

Na výběr je velké množství součástek. Termistory, termoelektrické články, monokrystalická čidla, kovová odporová čidla, nebo dilatační teploměry. Ovšem většina z těchto součástek je pro tento účel nepoužitelná, protože neodpovídají vysoko kladeným nárokům. Je vyžadováno, aby čidlo bylo malých rozměrů z důvodu snadného umístění ve žhavicí komoře, a také nízké hmotnosti, aby nenarušovalo stabilitu vodní dýmky. Zároveň musí mít teplotní rozsah od 0°C až do 450°C . Také by bylo vhodné použít čidlo s nízkou nelinearitou pro přesné a jednoduché měření. Dále je zde problém v ceně a dostupnosti čidla.

Nejlépe vyhovujícím typem se jeví monokrystalická čidla.

2.9.2. Monokrystalická čidla

Vyrábí se z křemíku, germania nebo india. Nejčastěji používaným materiálem je křemík. Rozmezí měřitelných teplot u křemíkových čidel je od -50°C až do 150°C (vyrábí se i čidla pro vyšší teploty, např. KTY84 do 300°C). Tato čidla mají kladný teplotní součinitel odporu. Jejich rezistivita stoupá s rostoucí teplotou v důsledku snižování pohyblivosti nosičů náboje. Pohyblivost se snižuje vlivem rozptylu nosičů na mřížce polovodiče.

Křemíková čidla se vyznačují nízkou nelinearitou, dlouhodobou stabilitou, nízkou pořizovací cenou a téměř konstantním teplotním součinitelem odporu v celém rozsahu.

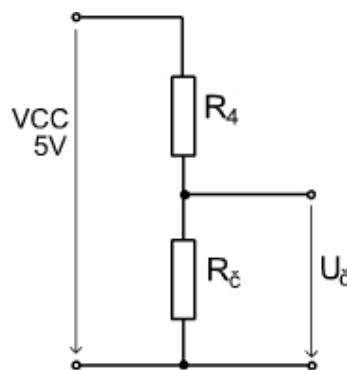
2.9.3. Teplotní čidlo KTY84-130

Monokrystalická čidla se vyrábí pro různé teplotní rozsahy, přičemž nejvyšší měřitelná teplota je 300°C. Ta k měření teploty žhavicího tělesa (odporového drátu) nestačuje, jelikož jsou předpokládány teploty až 450°C. Řešením je umístění teplotního čidla do dostatečné vzdálenosti od žhavicího tělesa. Pak není snímána teplota žhavicího tělesa, ale teplota vzduchu ve žhavicí komoře, která je podstatně menší a má pro uživatele daleko větší vypovídající hodnotu.

Čidlo KTY84-130 má miniaturní rozměry 3 x 1,5 mm. Je snadno dostupné a cenově zcela přijatelné. Reaguje na změnu teploty změnou svého odporu. V měřeném teplotním rozsahu 300°C dosahuje změny odporu 2,1 kΩ. Při tak velké změně odporu bude dosaženo vynikající přesnosti měření.

2.9.4. Zapojení teplotního čidla

Teplotní čidlo je zapojeno jako člen odporového děliče složeného z konstantního odporu rezistoru R_4 a proměnného odporu teplotního čidla $R_{\check{c}}$. Pokud se tedy mění odpor $R_{\check{c}}$, mění se i jeho napětí $U_{\check{c}}$. Odporový dělič (zobrazen na obr. 2.4) je připojen k napájecímu napětí pro mikroprocesor VCC.



Obr. 2.4 : Zapojení teplotního čidla v odporovém děliči

Výpočet napětí na čidlu:

$$U_{\check{c}} = VCC \cdot \frac{R_{\check{c}}}{R_4 + R_{\check{c}}} \quad (2.4)$$

2.9.5. Zpracování teploty mikroprocesorem

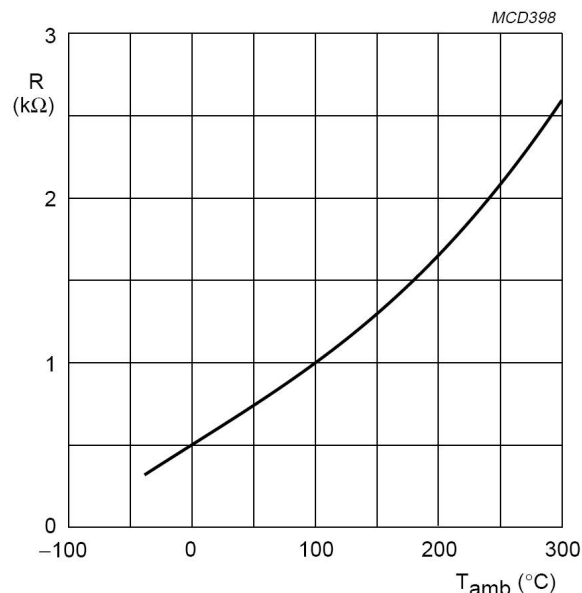
Mikroprocesor pracuje pouze s diskrétními signály. Proto je nutné převést analogové napětí na teplotním čidlu na diskrétní hodnoty napětí. K tomu slouží A/D převodník. V daném mikroprocesoru je použit desetibitový A/D převodník pracující na principu postupné aproximace. Díky tomu není potřeba připojovat externí zařízení.

Cílem je však informovat uživatele o aktuální teplotě ve žhavicí komoře. Proto je zapotřebí převést hodnotu napětí zpět na teplotu. K tomu se musí nejprve z aktuální hodnoty napětí vypočítat odpor a z něj stanovit teplota.

Výpočet odporu čidla z aktuální hodnoty napětí :

$$R_{\check{c}} = \frac{U_{\check{c}} \cdot R_4}{VCC - U_{\check{c}}} \quad (2.5)$$

Po výpočtu je tedy stanovena teplota, která odpovídá vypočítané hodnotě. Stanovení je provedeno podle křivky vyjadřující závislost odporu na teplotě (viz. obr. 2.5).

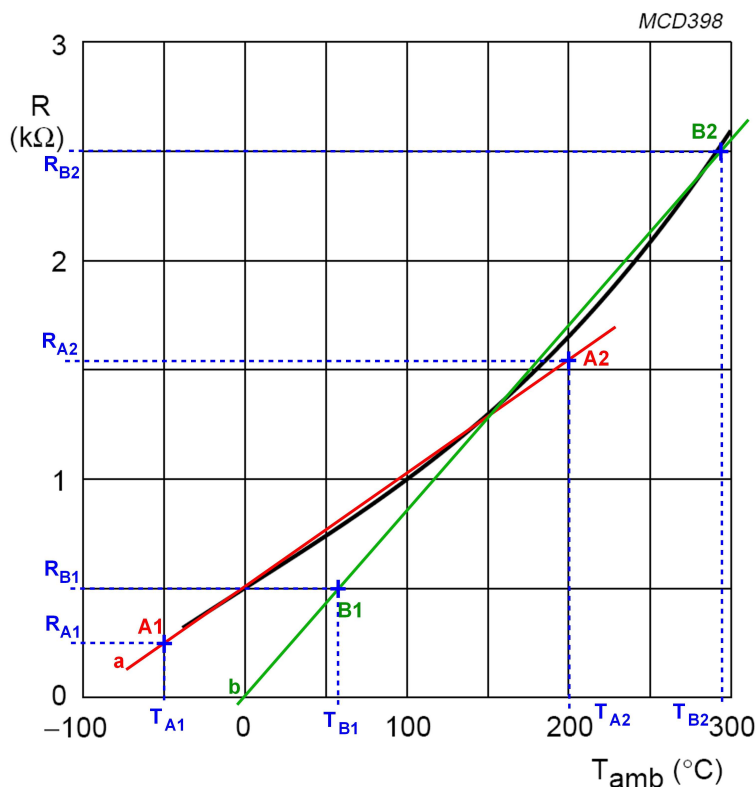


Obr. 2.5 : Závislost odporu KTY84-130 na teplotě [7]

Jelikož je závislost vyjádřena křivkou, musí být nejdříve provedena linearizace.

2.9.6. Linearizace

Linearizace je proces nahrazení části křivky přímkou. U KTY84-130 dosahuje nelinearita nízkých hodnot, ale i přesto je vhodné nahradit tuto křivku lineární částí pro snížení nepřesností při měření. Linearizace se standardně realizuje proložení křivky jednou přímkou. Ovšem pro dosažení vyšší přesnosti je lepší proložit křivku dvěma přímkami. Tím se podstatně zvýší přesnost za cenu jednoduchého softwarového řešení. Proces linearizace u KTY84-130 je zobrazen na obr. 2.6.



Obr. 2.6 : Linearizace závislosti odporu na teplotě

Závislost odporu KTY84-130 je proložena přímkami “a“ a “b“. Pokud se odpor čidla pohybuje v rozmezí od 500Ω do 1250Ω , je teplota počítána podle přímky “a“. V případě odporu vyššího než 1250Ω je teplota počítána dle přímky “b“. Každá z těchto přímek je definována konstantou “k“ charakterizující její strmost. Lze ji stanovit ze vzorce:

$$k_a = \frac{R_{A2} - R_{A1}}{T_{A2} - T_{A1}} = \frac{1550 - 250}{200 - (-50)} = 5,20, \quad (2.6)$$

$$k_b = \frac{R_{B2} - R_{B1}}{T_{B2} - T_{B1}} = \frac{2500 - 500}{293 - 60} = 8,58, \quad (2.7)$$

kde $R_{A1}, R_{A2}, R_{B1}, R_{B2}$ jsou hodnoty odporu odpovídající bodům A1, A2, B1, B2.
 $T_{A1}, T_{A2}, T_{B1}, T_{B2}$ jsou teploty ve stupních Celsia odpovídající bodům A1, A2, B1, B2.

Z těchto konstant lze vypočítat teplotu čidla odpovídající jakékoli hodnotě odporu v rozsahu dané přímky :

$$\vartheta_a = \frac{R_a - R_{T_a=0}}{k_a} = \frac{R_a - 500}{5,2} \quad [^{\circ}\text{C}], \quad (2.8)$$

$$\vartheta_b = \frac{R_b - R_{T_b=0}}{k_b} = \frac{R_b - 0}{8,58} \quad [^{\circ}\text{C}], \quad (2.9)$$

kde ϑ_a, ϑ_b jsou teploty odpovídající odporům R_a, R_b .
 R_a, R_b jsou libovolné odpory v rámci rozsahů přímek a,b.
 $R_{T_a=0}, R_{T_b=0}$ jsou odpory přímek a,b při nulové teplotě.

2.10. Návrh žhavicího tělesa

Lze vybírat z velkého množství žhavicích a topných těles. Nabízí se trysková topná tělesa, topné patrony, pásy, desky či topné spirály. Avšak většina z nich nevyhovuje svými rozměry nebo provedením. Je požadováno, aby po umístění tělesa na dýmku nedošlo k narušení stability dýmky a aby se dalo vložit do připravené žhavicí komory. Jelikož se nejedná o bodový, nýbrž plošný ohřev, je vyžadováno, aby těleso vyzařovalo tepelnou energii co největší plochou. Proto jsou topné patrony, pásy či topné desky nepoužitelné. Dalším důležitým faktorem při výběru je cena a maximální teplota. Svou maximální teplotou vyhovují trysková tělesa i topné spirály, ale trysková tělesa jsou podstatně dražší než topné spirály. Proto je jako žhavicí těleso zvolena topná spirála.

Topné spirály jsou tvořeny odporovým materiálem. Při průchodu elektrického proudu odporovým materiálem vznikají na tělese výkonové ztráty, při kterých se přeměňuje elektrická energie na energii tepelnou. Tím dochází k zahřívání tělesa a vyzařování tepelné energie do okolí tělesa.

Nejvhodnějším materiálem pro výrobu žhavicího tělesa je odporový drát. Ten je napájen spínaným síťovým napětím U_S . Předpokládaný výkon je přibližně $P=300\text{W}$. Z těchto hodnot je stanovena hodnota odporu topného tělesa R_T . Při výpočtu je uvažováno maximální nastavitelné napětí $U_S=230\text{V}$.

$$R_T = \frac{U_S^2}{P} = \frac{230^2}{300} = 176,3\Omega \quad (2.10)$$

Vyráběné odporové dráty mají různé průměry a hodnoty odporu. Tyto dvě vlastnosti jsou spolu svázány. S rostoucí hodnotou odporu klesá průměr drátu a s ním i plocha vyzařování tepelné energie.

Jelikož je požadována velká plocha vyzařování tepelné energie a zároveň poměrně velký odpor, musí se zmenšit napájecí napětí U_S . K tomu je zapotřebí vybavit zapojení transformátorem velkých rozměrů a hmotnosti. Přijatelnějším řešením je snížit nároky kladené na velikost plochy vyzařující tepelnou energii a použít odporový drát menšího průměru.

Dostupný odporový drát s dostatečným odporem je vyroben z kanthalu. Kanthal je slitina železa obsahující 20% až 30% chromu, 4% až 7,5% hliníku a stopové množství kobaltu. Je často používán pro svou vysokou odolnost vůči vysokým teplotám. Vybraný drát má odpor $53,1\Omega/m$ a průměr $0,18mm$. Pro dosažení odporu $176,3\Omega$ tedy musí být použito $3,32m$ drátu. Tuto délku lze do žhavicí komory vložit s použitím tělísek, na kterých bude drát navinut.

3. Řídící program

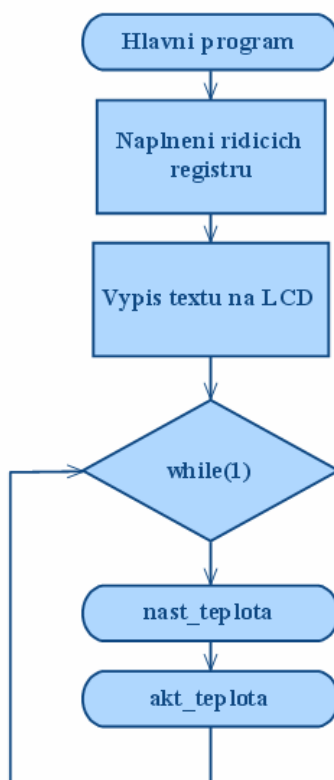
Program je navržen pro řízení osmibitového mikroprocesoru ATTINY 861V-10PU. je napsán v AVR studiu 4. Zdrojový kód je umístěn v příloze.

3.1. Rozbor programu

Rozbor programu obsahuje popis a zobrazení jednotlivých částí řídicího programu.

3.1.1. Hlavní program

Nejprve jsou naplněny řídicí registry, které aktivují a nastavují různé funkce mikroprocesoru. Mezi tyto funkce patří analogově digitální převod, čítače a časovače. Poté jsou na LCD vypsány dva základní texty, které se již nebudou měnit. Jedná se o text „Nastaveno“ a „Aktualne“. Následně je program zacyklen v nekonečné smyčce, ve které opakovaně vykonává funkce akt_teplota a nast_teplota. Schéma hlavního programu je zobrazeno na obr. 3.1.

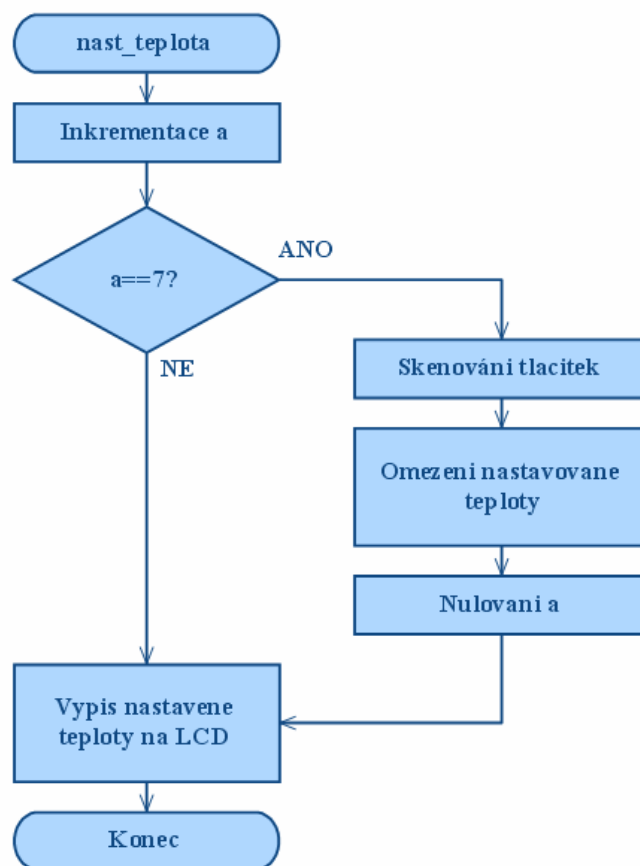


Obr. 3.1 : Blokové schéma hlavního programu

3.1.2. Funkce nast_teplota

V této funkci je dvěma tlačítky nastavována požadovaná teplota, která může nabývat deseti hodnot. Vývojový diagram této funkce je na obr. 3.2.

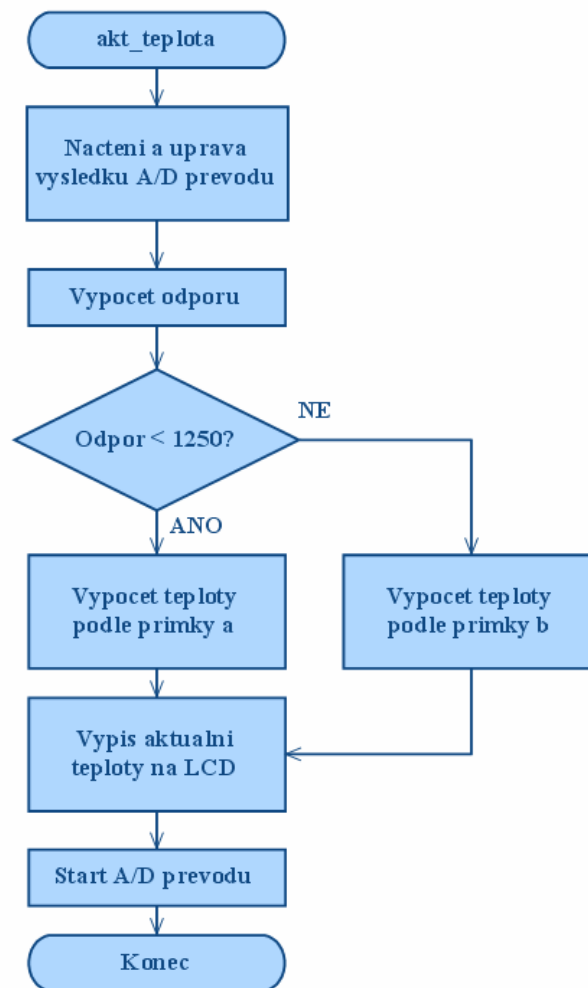
V důsledku použití poměrně rychlého mikroprocesoru dochází k častému opakování funkcí v nekonečné smyčce hlavního programu. Tím vzniká problém při nastavování teploty. Pokud by chtěl uživatel zvýšit teplotu pouze o jediný stupeň, mohl by mikroprocesor vyhodnotit toto jediné zmáčknutí tlačítka jako vícenásobné. Tím by došlo ke změně teploty o vyšší hodnotu, než bylo požadováno. Tomuto stavu by se mělo předejít použitím proměnné "a", jejíž hodnota bude s každým spuštěním funkce inkrementována. Jakmile dosáhne proměnná hodnoty sedm, dojde ke změně funkce. Bude probíhat skenování tlačítek, při kterém mikroprocesor zjišťuje, zda je některé z tlačítek sepnuto. Sepnutí by vedlo ke změně teploty. Pokud by bylo požadováno nastavení vyšší hodnoty teploty, než je teplota maximální, byla by zachována maximální hodnota. To stejné platí i pro minimální teplotu. Poté je proměnná "a" vynulována a nastavená teplota zobrazena na LCD.



Obr. 3.2 : Blokové schéma funkce nast_teplota

3.1.3. Funkce akt_teplota

Nejprve se načte a upraví výsledek A/D převodu. Tím je napětí na tepelném čidlu. Z této hodnoty je vypočítán odpor. Jestliže je jeho hodnota menší než 1250Ω , vypočítá se teplota podle přímky "a" (viz obrázek 2.6). V opačném případě je teplota vypočítána podle přímky b. Následuje výpis aktuální teploty na LCD a opětovné spuštění A/D převodu.



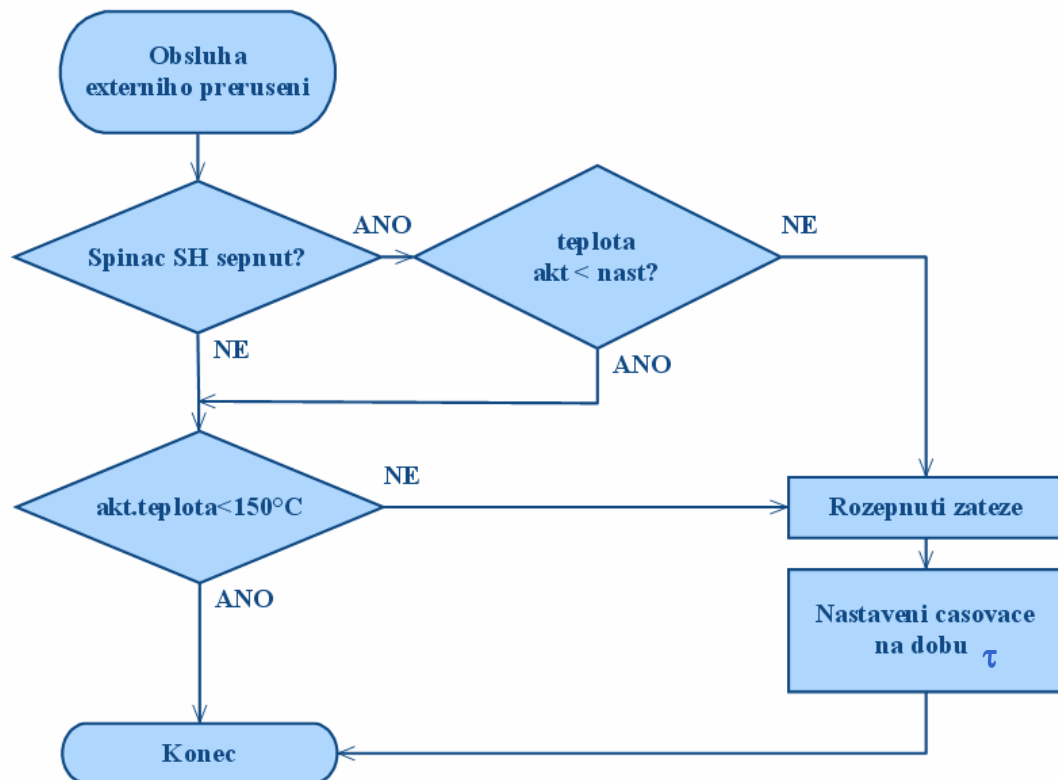
Obr. 3.3 : Blokové schéma funkce akt_teplota

3.1.4. Obsluha externího přerušeni

Obsluha přerušeni se spustí v závislosti na přerušovacím impulsu, který byl přijat zvenčí mikroprocesoru. V tomto případě se jedná o impuls vyvolaný průchodem síťového napětí nulou (začátek kladné půlperrody). Externí přerušeni pozastaví vykonávání nekonečné smyčky hlavního programu a je spuštěna obsluha přerušeni. Podstatou této části programu je rozhodnout, zda má dojít k rozepnutí zátěže.

K rozepnutí zátěže dojde v případě splnění některé z podmínek. Nejdříve se zjistí, zda je spínač SH sepnut. Pokud není, dýmka není aktivně využívána a ve žhavicí komoře je udržována minimální teplota 150°C. Pokud je ale spínač sepnut, dýmka je aktivně používána. Proto je nutné udržovat ve žhavicí komoře teplotu rovnu nebo větší teplotě nastavené.

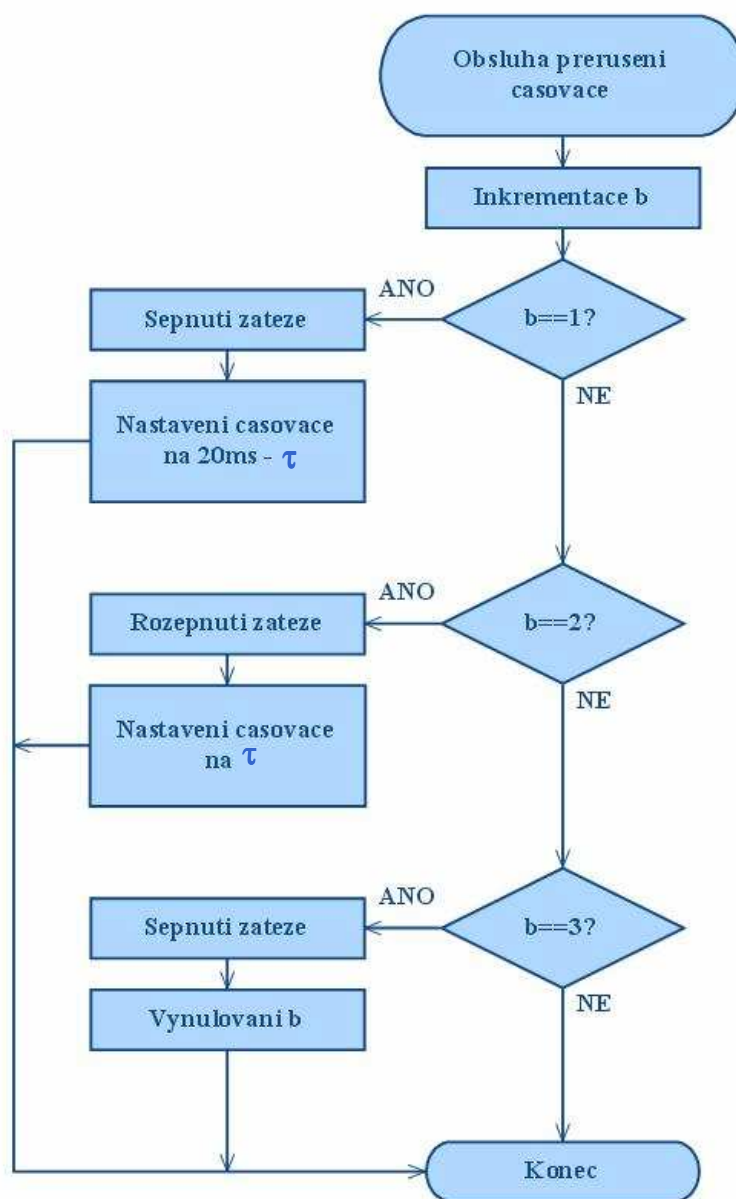
Pokud dojde k rozepnutí zátěže, nastaví se časovač na dobu τ , za kterou má být zátěž sepnuta. Doba rozepnutí je nepřímo závislá na požadované teplotě. Po skončení obsluhy přerušeni se vykonávání programu vrací do místa, kde byl hlavní program pozastaven.



Obr. 3.4 : Blokové schéma obsluhy externího přerušeni

3.1.5. Obsluha přerušeni časovače

Po uplynutí doby τ je vykonávání nekonečné smyčky hlavního programu opět pozastaveno a je spuštěna obsluha přerušeni časovače. Po inkrementaci proměnné “b” dojde k rozpoznávání její hodnoty, která udává, po kolikáté se už tato obsluha opakuje. Pokud probíhá poprvé ($b=1$), dojde k sepnutí zátěže a následnému nastavení časovače na dobu odpovídající začátku záporné půlperiody síťového napětí ($20\text{ms}-\tau$). Pokud probíhá podruhé ($b=2$), dojde k rozepnutí zátěže a nastavení časovače na dobu τ . Po nastavení časovače v případě $b=1$ i $b=2$ je obsluha přerušeni ukončena a vykonávání programu se vrací do nekonečné smyčky hlavního programu. Pokud probíhá potřetí ($b=3$), dojde k sepnutí zátěže a vynulování proměnné “b”. Tím je zajištěno, že tento cyklus, ve kterém se inkrementuje hodnota proměnné od nuly do tří, nikdy neskončí.



Obr. 3.5 : Blokové schéma obsluhy přerušeni časovače

4. Realizace elektronicky řízeného žhavení

V této kapitole je popsána realizace desky plošných spojů a žhavicí komory.

4.1. Osazení desky plošných spojů součástkami

Všechny součástky použité v zapojení jsou běžně dostupné, až na mikroprocesor ATTINY 861V-10PU. Z důvodu dlouhodobé nedostupnosti bylo nutné použít jiný vhodný mikroprocesor. Při hledání náhrady bylo stanoveno několik požadavků:

- Musí být ze série AVR, aby dokázal pracovat s programem napsaným pro tyto mikroprocesory.
- Musí mít dostatečně velkou Flash paměť pro nahrání rozsáhlého programu (8kB).
- Rozmístění jeho vývodů by mělo být totožné s původním mikroprocesorem, aby nebylo nutné dělat úpravy v již hotové desce plošných spojů.
- Frekvence 8MHz. Při jiné frekvenci by nefungovala komunikace s LCD a bylo by špatně nastavené časování. Popřípadě by se musela udělat změna v knihovně LCD a změnit nastavení časování.
- Musí mít minimálně jeden vstup externího přerušení.
- Musí mít minimálně jeden desetibitový A/D převodník.
- Musí mít minimálně jeden šestnáctibitový čítač/časovač nebo desetibitový a provést úpravu v nastavení časovače.

Ze série AVR mají osmikilobajtovou Flash paměť následující mikroprocesory

Název	Počet vývodů	Rozmístění vývodů	Maximální frekvence	10-ti bit. A/D	Časovač
ATtiny 85	8	Nevyhovuje	20	Ano	8bit
ATtiny 85V	8	Nevyhovuje	10	Ano	8bit
ATtiny 84	14	Nevyhovuje	20	Ano	16bit
ATtiny 84V	14	Nevyhovuje	10	Ano	16bit
ATtiny 861A	20	Vyhovuje	20	Ano	16bit
ATtiny 87	Informace o mikroprocesoru nezveřejněny				
ATtiny 88	28	Nevyhovuje	12	Ano	16bit

Tab 4.1 : Přehled mikroprocesorů ATtiny s Flash pamětí 8kB

Z výše uvedené tabulky je patrné, že jediným vyhovujícím je obdoba stávajícího mikroprocesoru ATtiny 861A. Ovšem ten je určen pro automobilový průmysl, a proto je jeho dostupnost ještě horší než u současného ATtiny 861V.

Bylo tedy nutné upustit od některých požadavků a zařízení vyzkoušet s jiným mikroprocesorem AVR než s ATtiny. Podobnou sérií je ATmega, ze které byl vybrán ATmega 16-16PU.

4.2. Umístění desky plošných spojů a LCD

DPS i LCD měly být umístěny do plastové krabičky, na které měla být i tlačítka pro ovládání. Tato krabička měla být přichycena k tělu dýmky. Ovšem z důvodu nedodání žádaného mikroprocesoru nebylo plánované přichycení realizováno. Proto bylo LCD i DPS umístěno pouze na distanční sloupky.

4.3. Výroba žhavicí komory

Žhavicí komora (zobrazena na obr. 4.1) je vymodelována z keramické hlíny a poté vypálena. Na boku je vybavena páskem z keramiky, který zamezuje kontaktu uživatele s napájecím napětím.



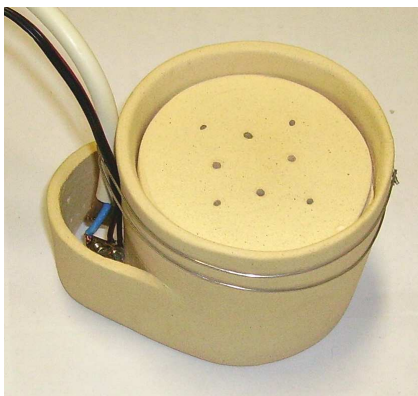
Obr. 4.1 : Žhavicí komora

V komoře jsou umístěny tři válce různých průměrů (obr. 4.2), které lze do sebe poskládat. Každý z válců má po svém vnějším plášti spirálovitý závit, v němž je uložen žhavicí drát.



Obr. 4.2 : Válce s odporovým drátem a korunka

Před usazením komory na připravenou dýmku je potřeba umístit na dno komory keramickou destičku (obr. 4.3) s několika otvory. Ta zabrání propojení alobalu, který je na připravené korunce, a odporového drátu. Kdyby tato destička byla opomenuta, mohlo by se dostat síťové napětí z drátu spadlého ze závitu na alobal, jenž je dotykem přístupný uživateli.



Obr. 4.3 : Žhavicí komora s bezpečnostní keramickou destičkou

Poté je sestavená žhavicí komora umístěna na vodní dýmku (obr.4.4).



Obr. 4.4 : Vodní dýmka, na které je umístěna žhavicí komora

5. Zhodnocení výrobku

5.1. Regulace výkonu

Regulace výkonu realizovaná mikroprocesorem spínající triak je plně funkční. Při nastavení první úrovně výkonu se odporový drát nezahřívá. Při postupném zvyšování výkonu se postupně zvyšuje teplota odporového drátu.

Při regulaci výkonu prováděné spínáním zátěže vzniká rušení. Proto je nutné vybavit zapojení odrušovacím filtrem.

5.2. Měření teploty

Měření teploty monokrystalickým čidlem je velmi nepřesné a pro další práci s naměřenou hodnotou se nehodí. Pokud má ovšem teplota pouze informativní charakter, lze čidlo KTY84-130 použít.

Při teplotách vyšších než je teplota přibližně 150°C, jsou zobrazované teploty nepřesné. Teplotní odchylky dosahují až 20°C. Teplotní rozsah čidla (300°C) byl i po vhodném uložení do žhavicí komory nedostatečný. Bude tedy nutné použít jiné čidlo, nebo změnit jeho uložení ve žhavicí komoře. Čidlo by bylo umístěno do pomocného materiálu, který by okolní teplotu utlumil na hodnotu vhodnou pro snímání. Do vzorce výpočtu teploty by pak byl zahrnut i útlum způsobený pomocným materiálem. Ovšem v důsledku použití pomocného materiálu by se zvyšovala setrvačnost odezvy zobrazované teploty na teplotu aktuální. Proto by čidlo umístěné v pomocném materiálu reagovalo při prudkých změnách teploty pomaleji než bez něj.

5.3. Rozhodovací logika

Jelikož měření teploty nefunguje spolehlivě, bylo nutné vyřadit z provozu část programu, která rozhodovala, zda má být zátěž sepnuta nebo ne. Ta totiž slouží k porovnávání naměřené a nastavené teploty.

Po odstranění nepřesnosti naměřené hodnoty je možné opět zařadit rozhodovací část programu do provozu.

5.4. Parametry žhavicí komory

Usazení komory na dýmku je snadné. Bylo by však vhodnější vybavit ji zařízením, které by zajistilo její bezpečné a spolehlivé uchycení k dýmce. Tím se při manipulaci s dýmkou předejde jejímu možnému pádu. Také je zapotřebí uchytit keramickou destičku, která odděluje žhavicí těleso od alobalu.

Komora se v provozu značně zahřívá, ale nebezpečí popálení je zde podstatně menší než u uhlíkového žhavení.

Keramický pásek překrývající přívod napájecích vodičů do komory zamezuje uživateli v kontaktu s nebezpečným napětím. Pro běžný provoz však musí být komora lépe zabezpečena proti nepřímému dotyku.

5.5. Vlastnosti odporového drátu

Drát o délce 3,32m lze do komory bez problémů umístit. Práci s drátem značně komplikuje jeho miniaturní průměr 0,18mm. I přes svůj malý průměr je schopen vyzářit tepelnou energii, která zcela dostačuje pro žhavení tabáku. Po určité době se nahřejí i válcová tělíska nesoucí drát a poté se i ony aktivně podílí na ohřevu procházejícího vzduchu.

5.6. Vlastnosti kompletního výrobku

Postupným zvyšováním výkonu se zvyšuje i teplota vzduchu procházejícího žhavicí komorou. Zpočátku je třeba nechat žhavicí komoru zahřát a teprve poté začít kouřit. Zahřátí komory trvá přibližně 5minut na 5. výkonový stupeň. Poté lze postupným zvyšováním výkonu odhadnout, který stupeň výkonu je nejvhodnější pro běžný provoz dýmky. Dostatečná teplota se projevila již na sedmém stupni výkonu. Zbývající tři vyšší stupně výkonu se osvědčily v prvních okamžicích použití, kdy je vhodné v krátké době zahřát korunku na provozní teplotu.

Při testování výrobku nebyly zjištěny žádné negativní vlivy způsobené záměnou uhlíku za kanthalové topné těleso. Také v životnosti tabáku nebyl shledán žádný rozdíl. Dokonce i rozdíl v požitku z kouření je nepostřehnutelný.

U elektronicky řízeného žhavení vodní dýmky nemůže dojít k neúmyslnému spálení tabáku, což je oproti standardnímu žhavení velká výhoda.

6. Závěr

Cílem bylo navrhnout a realizovat funkční náhradu za uhlíkové žhavení vodní dýmky. Bylo navrženo žhavicí těleso z kanthalového odporového drátu, které je umístěno ve žhavicí komoře připomínající tarbuš používanou u uhlíkového žhavení. Regulace výkonu, a tím i teploty žhavicího tělesa je dosaženo krátkodobým přerušováním fázového vodiče síťového rozvodu. K přerušování je použit triak TIC226M, jenž je schopen spínat vysoké výkony. Řízení triaku mělo být realizováno mikroprocesorem ATtiny 861V-10PU od firmy Atmel. Z důvodu nedodání požadovaného mikroprocesoru bylo nutné vyzkoušet zapojení s mikroprocesorem ATmega16-16PU. Ten je vybaven řídicím programem, který řídí triakovou regulaci, měří aktuální teplotu, zjišťuje nastavenou teplotu a zobrazuje tyto údaje na LCD.

Regulace žhavicího tělesa a žhavení tabáku probíhá bez problémů. Uživatel si nastaví jednu z deseti úrovní výkonu odpovídajících požadované teplotě.

Měření teploty čidlem KTY84-130 se ukázalo být nepřesné a nedostačující. Z tohoto důvodu nebyla vyzkoušena část programu, jež měla přinést energetickou úsporu.

Elektronicky řízené žhavení vodní dýmky plně nahrazuje standardní uhlíkové žhavení a odstraňuje většinu jeho základních nedostatků. Při manipulaci s dýmkou je podstatně menší nebezpečí popálení a odpadá problém se zapalováním žhavicího tělesa. Při kouření nedochází ke vdechování nebezpečných látek uvolňujících se při pálení uhlíku. Testování výrobku však nebylo natolik rozsáhlé, aby bylo zjištěno, zda vzniká finanční úspora při použití nového typu žhavení.

Literatura

- [1] Vodní dýmky: Vodní dýmka – Aladin – 42cm [online]. [cit. 2010-05-26].
Dostupné z:
<<http://www.webareal.cz/ethnopes/eshop/25-1-Vodni-dymky/0/5/579-VODNI-DYMKKA-ALADIN-42cm>>

- [2] vodni-dymky.net: Návod na přípravu vodní dýmky [online]. [cit. 2010-05-26].
Dostupné z:
<http://www.vodni-dymky.net/vodnidymky/navod_na_pripravu_vodni_dymky.htm>

- [3] GM Electronic, PC817C SHARP (523-202) - GM Electronic: dsh.523-202.1.pdf [online]. [cit. 2010-05-26]. Dostupné z:
<http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/523/523-202/dsh.523-202.1.pdf>

- [4] GM Electronic, TIC226M(225-025)-GM Electronic:kgm.225-025.1.pdf [online]. [cit. 2010-05-26]. Dostupné z:
<http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/225/225-025/kgm.225-025.1.pdf>

- [5] Atmel, Atmel Corporation - Industry Leader in the Design and Manufacture of Advanced Semiconductors: doc1477.pdf [online]. [cit. 2010-05-26].
Dostupné z:
<http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc7753.pdf>

- [6] GM Electronic, MOC3021 (523-134) - GM Electronic: dsh.523-134.1.pdf [online]. [cit. 2010-05-26]. Dostupné z:
<http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/523/523-134/dsh.523-134.1.pdf>

- [7] GES Electronics, kty84_1.pdf[online]. [cit. 2010-05-26]. Dostupné z:
<http://www.ges.cz/sheets/k/kty84_1.pdf>

Seznam symbolů, veličin a zkratek

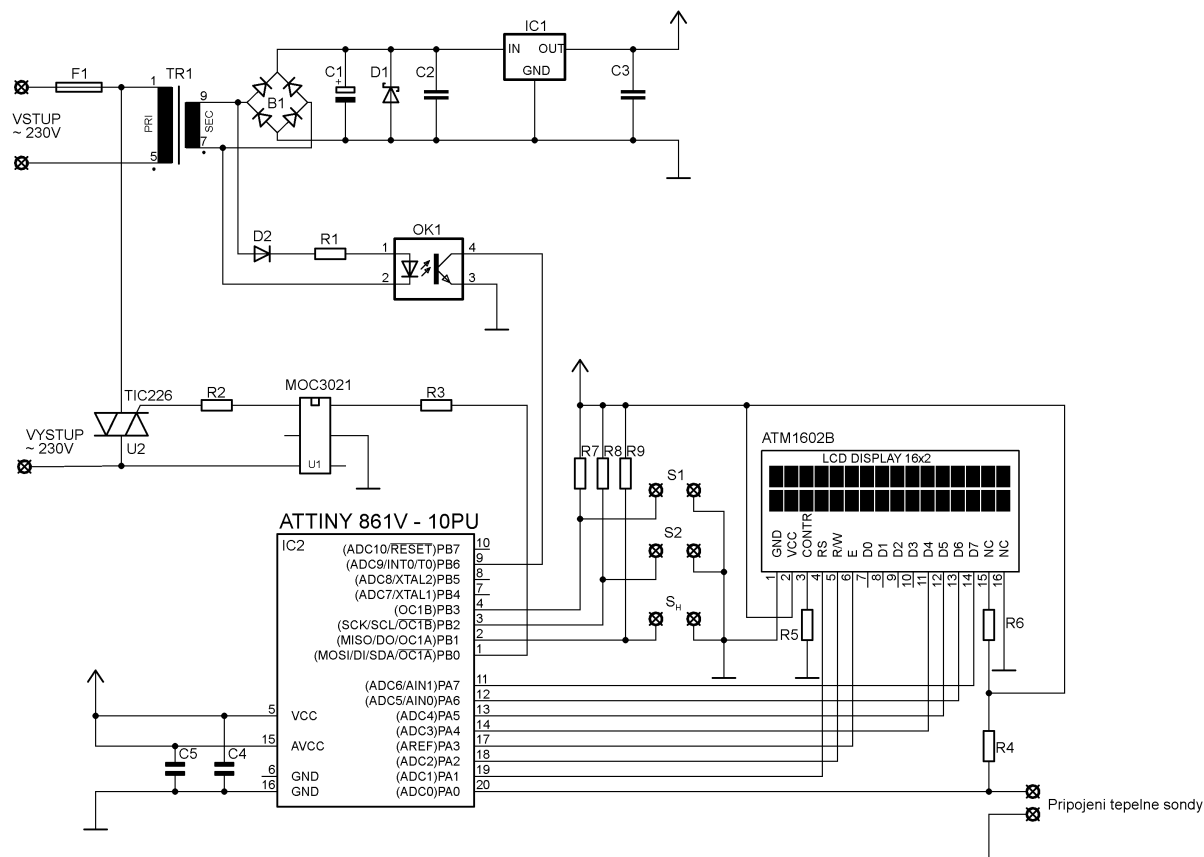
τ	Proměnná vyjadřující určitý časový úsek
S_H	Spínač umístěný na hadici
U_{D2}	Napětí na diodě D_2
U_{OK1}	Napětí na optočlenu
I_{OK1}	Proud optočlenem
T	Perioda
f	frekvence
LCD	Liquid crystal display, Displej z tekutých krystalů
A/D	Analogově digitální
$U_{\check{c}}$	Napětí na čidlu
$R_{\check{c}}$	Odpor teplotního čidla
VCC	Napájecí napětí mikroprocesoru
k	Strmost přímky
ϑ	Teplota vyjádřená ve stupních Celsia
R_T	Odpor topného tělesa
U_S	Síťové napětí
P	Výkon

Seznam příloh

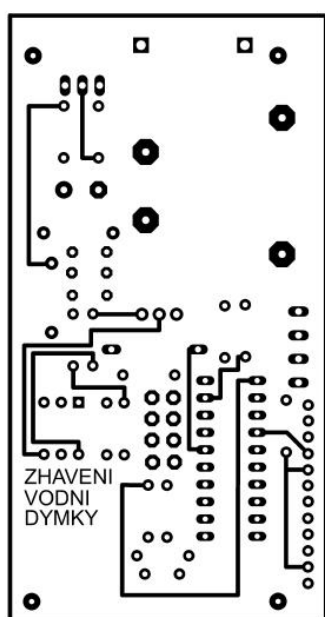
A	Návrh zařízení	41
	A.1 Obvodové zapojení	41
	A.2 Deska plošného spoje –top (strana součástek)	41
	A.3 Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	42
	A.4 Rozmístění součástek	42
B	Seznam součástek	43

A Návrh zařízení

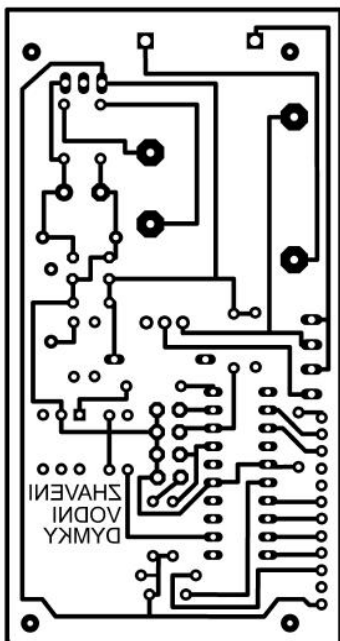
A.1 Obvodové zapojení



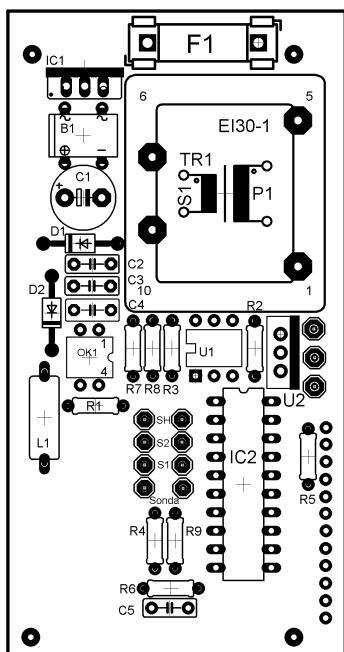
A.2 Deska plošného spoje – top (strana součástek)



A.3 Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



A.4 Rozmístění součástek



B Seznam součástek

Součástka	Označení	Hodnota
Elektrolytický kondenzátor	C1	220uF/16V
Keramický kondenzátor	C2	0,33uF
Keramický kondenzátor	C3	100nF
Keramický kondenzátor	C4	100nF
Keramický kondenzátor	C5	100nF
Uhlíkový rezistor	R1	3,3k Ω
Uhlíkový rezistor	R2	1k Ω
Uhlíkový rezistor	R3	2,2k Ω
Uhlíkový rezistor	R4	390 Ω
Uhlíkový rezistor	R5	330 Ω
Uhlíkový rezistor	R6	10 Ω
Uhlíkový rezistor	R7	47k Ω
Uhlíkový rezistor	R8	47k Ω
Uhlíkový rezistor	R9	47k Ω
Transformátor	TR1	230V/9V
Usměrňovací můstek	B1	380V/1A
Usměrňovací Dioda	D2	1N4007
Unipolární transil	D1	8,2V
Optotriak	U1	MOC3021
Stabilizátor	IC1	7805
Optočlen	OK1	PC817-SHARP
Triak	U2	TIC226
Tlačítko	S _H	
Tlačítko	S1	
Tlačítko	S2	
LCD display	1602B	16x2 znaků
Mikroprocesor	IC2	ATTINY861V - 10PU
Trubičková Pojistka	F1	2A