

UNIVERZITA PARDUBICE  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Řízení prostředí kotelny  
Lukáš Kubík

Bakalářská práce  
2012

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Kubík**  
Osobní číslo: **I09035**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**  
Název tématu: **Řízení prostředí kotelny**  
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je návrh zařízení pro kontrolu a řízení prostředí kotelny rodinných domů vybavených kamny na tuhá paliva. Kamna na tuhá paliva většinou z různých důvodů nefungují neustále v optimálním režimu a občasně dochází k úniku kouře z důvodu ztráty tahu, od-fouknutí (bouchání) kamen z důvodu vznícení nahromaděného plynu atp. tyto jevy jsou jak obtěžující díky svému pachu, ale za určitých okolností mohou být i životně nebezpečné díky možnému obsahu oxidu uhelnatého a jiných produktů nedokonalého hoření.

Cílem práce je tedy navrhnout zařízení schopné monitorovat stav ovzduší v kotelně a řídit odvětrávání případně indikovat nahromadění nebezpečného plynu.

Teoretická část práce bude zaměřena na popis problematiky použití tuhých paliv, popis a rozbor možností detekce a složení plynů, detekce kouře atd.

Praktická část pak bude obsahovat návrh zařízení detekujícího kouř, oxid uhelnatý, případně jiné zplodiny a na základě nastavených limitů bude spouštět odtah, v případě překročení hladiny oxidu uhelnatého navíc spustí alarm.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**RIPKA, P.; TIPEK, A. Master Book of Sensors. Praha : BEN, 2003. ISBN 0-12-752184-4**

**Stanislav Ď.; Marcel K. Senzory a měřicí obvody; Praha : Vydavatelství ČVUT, 1999 ISBN 80-01-02057-6**

**www.parallax.com**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Pavel Rozsival**  
Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. prosince 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **11. května 2012**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.  
děkan



L.S.



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. března 2012

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 23. 08. 2012

Lukáš Kubík

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlovi Rozsivalovi za odborné rady a zejména za pomoc při výrobě a osazování desky plošných spojů. Dále bych chtěl poděkovat rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu studia.

**Anotace**

Tato práce pojednává o problematice použití tuhých paliv. Popisuje fáze a základní metody při spalování tuhých paliv. Součástí práce je návrh zařízení, které monitoruje a řídí prostředí kotelny rodinného domu.

**Klíčová slova**

Spalování, palivo, kouř, oxid uhelnatý

**Title**

Boiler room environment control.

**Annotation**

This work discusses the use of solid fuels. Describes the phases and basic methods for combustion of solid fuels. Part of the work is to design a device that monitors and controls the environment boiler room.

**Keywords**

Combustion, fuel, smoke, carbon monoxide

## Obsah

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>9</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Problematika použití tuhých paliv</b> .....	<b>11</b>
2.1 Složení paliva, výhřevnost a spálené teplo .....	11
2.2 Základní fáze při spalování tuhých paliv .....	12
2.2.1 Vysušování .....	12
2.2.2 Zplynování .....	13
2.2.3 Hoření pevných složek paliva a tvorba popela .....	13
2.3 Metody spalování tuhých paliv .....	13
2.3.1 Roštové spalování .....	13
2.3.2 Fluidní spalování .....	14
2.3.3 Práškové spalování .....	15
2.4 Nedokonalé spalování .....	16
2.5 Produkce škodlivin .....	16
<b>3 Detekce kouře</b> .....	<b>16</b>
3.1 Senzory založené na ionizačním principu .....	16
3.2 Senzory založené na fotoelektrickém principu .....	17
3.2.1 Blokování paprsků světla .....	17
3.2.2 Odklánění paprsků světla .....	18
<b>4 Detekce oxidu uhelnatého</b> .....	<b>19</b>
4.1 Oxid uhelnatý .....	19
4.2 Fotometrické analyzátory .....	19
4.3 Analyzátory plynů založené na tepelné vodivosti .....	20
4.4 Elektrochemické senzory .....	21
<b>5 Výběr čidel a součástek</b> .....	<b>22</b>
5.1 Mikroprocesor .....	22
5.1.1 Primární parametry Atmega16 .....	23
5.2 Detektor kouře .....	24
5.3 Detektor oxidu uhelnatého .....	24

<b>6</b>	<b>Realizace .....</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>29</b>
	<b>Příloha A – Schéma zapojení .....</b>	<b>30</b>
	<b>Příloha B – Návrh desky .....</b>	<b>31</b>
	<b>Příloha C – Vývojový diagram .....</b>	<b>32</b>
	<b>Příloha D – Zdrojový kód .....</b>	<b>33</b>
	<b>Příloha E – Seznam součástí .....</b>	<b>35</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>36</b>



## **Seznam zkratek**

RISC            Reduced Instruction Set Computer

CISC            Complex Instruction Set Computer

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Srovnání prvkového složení hořlaviny různých paliv včetně jejich výhřevností[1] .....	11
Obrázek 2 - Změna složením a výhřevností dřeva během sušení[1] .....	12
Obrázek 3 - Princip hoření částice paliva[2] .....	13
Obrázek 4 - Rovinný rošt[3] .....	14
Obrázek 5 - Stupňový rošt[3].....	14
Obrázek 6 - Fluidní pec[2].....	15
Obrázek 7 - Práškový kulový hořák[2] .....	15
Obrázek 8 - Princip ionizačního detektoru a ionizační komory[4] .....	17
Obrázek 9 - Blokování paprsku světla[4] .....	17
Obrázek 10 – Odklánění paprsků světla[4] .....	18
Obrázek 11 - Reálný optický senzor kouře[4] .....	18
Obrázek 12 - Spektrální křivky některých plynů[8] .....	19
Obrázek 13 - Historický bezdisperzní infračervený analyzátor s kapacitním snímačem[8].....	20
Obrázek 14 - Měření na principu různé tepelné vodivosti plynů[7] .....	21
Obrázek 15 - Schéma senzoru plynu na křemíkové bázi[9] .....	22
Obrázek 16 - DIP pouzdro procesoru Atmega16[10] .....	23
Obrázek 17 - Modul pro detekci oxidu uhelnatého[11] .....	25
Obrázek 18 - Zapojení přehřívání senzoru[11] .....	25
Obrázek 19 - Deska modulu pro detekci oxidu uhelnatého[11] .....	26
Obrázek 20 - Struktura a uspořádání senzoru MQ-7[12] .....	26
Obrázek 21 - Měřicí okruh MQ-7[12].....	27
Obrázek 22 - Měřicí cyklus MQ-7[12].....	28
Obrázek 24 - Návrh desky .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Definice Pinů a jejich pracovní hodnoty[11] .....	25
Tabulka 2 - Struktura a uspořádání senzoru MQ-7[12].....	27

## 1 Úvod

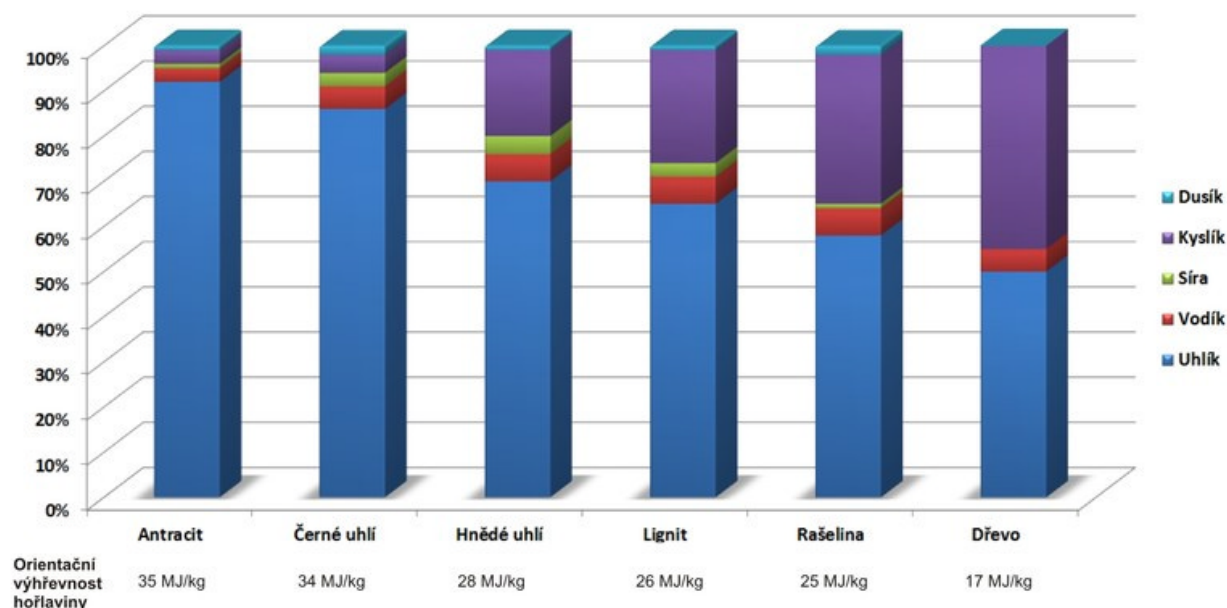
Cílem práce je návrh zařízení pro kontrolu a řízení prostředí kotelny rodinných domů vybavených kamny na tuhá paliva. Kamna na tuhá paliva většinou z různých důvodů nefungují neustále v optimálním režimu a občas dochází k úniku kouře z důvodu ztráty tahu, odfouknutí (bouchání) kamen z důvodu vznícení nahromaděného plynu atp. Tyto jevy jsou jak obtěžující díky svému pachu, ale za určitých okolností mohou být i životně nebezpečné díky možnému obsahu oxidu uhelnatého a jiných produktů nedokonalého hoření. Cílem práce je tedy navrhnout zařízení schopné monitorovat stav ovzduší v kotelně a řídit odvětrávání případně indikovat nahromadění nebezpečného plynu. Teoretická část práce je zaměřena na popis problematiky použití tuhých paliv, popis a rozbor možností detekce a složení plynů, detekce kouře. Praktická část obsahuje návrh zařízení detekujícího kouř, oxid uhelnatý a na základě nastavených limitů spouští odtah a v případě překročení hladiny oxidu uhelnatého navíc rozbliká výstražnou led diodu.

## 2 Problematika použití tuhých paliv

### 2.1 Složení paliva, výhřevnost a spálené teplo

Při procesu hoření se spotřebovává palivo a dochází k uvolňování tepla. Palivo má dvě základní složky. Vedle hořlaviny, organické užitečné části, je v palivu obsažen i balast, reprezentovaný vodou a popelovinou. Je zřejmé, že kvalita paliva závisí přímo úměrně na obsahu hořlaviny. Palivo s menším obsahem vody a popeloviny se snáze a účinněji spaluje, obsahuje více užitečné energie. S tím souvisí i menší náročnost na údržbu spalovacího zařízení.[1]

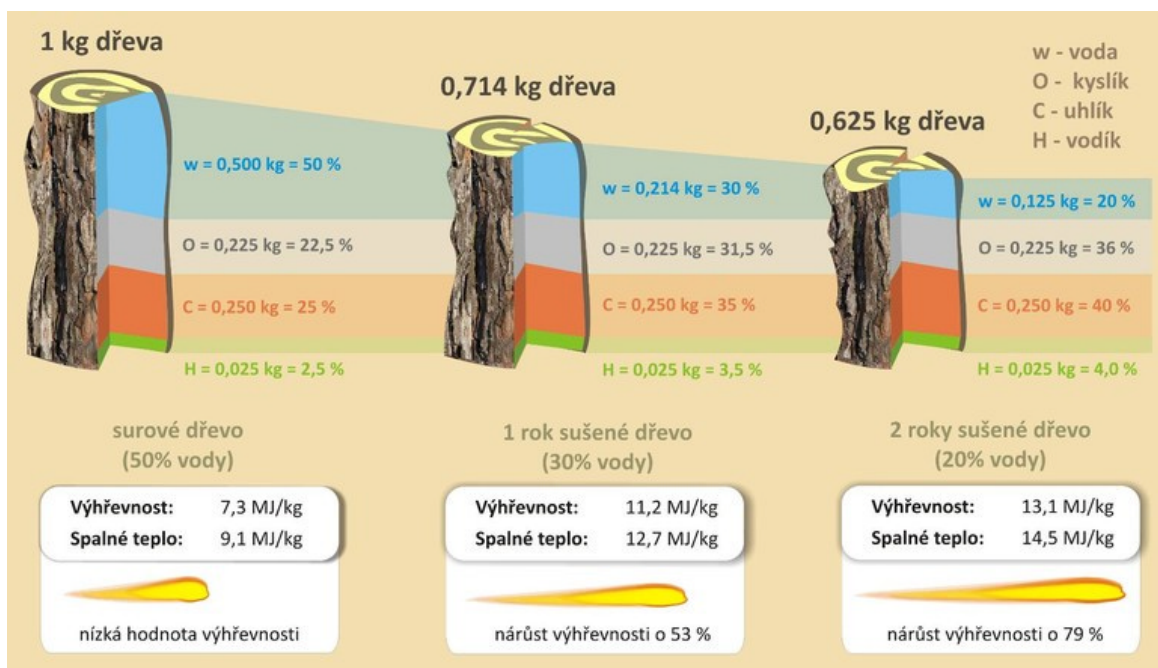
Hořlavina se skládá z pěti základních prvků: C – uhlík, H – vodík, O – kyslík, N – dusík a S – síra. První tři zásadním způsobem ovlivňují vlastní spalovací proces, poslední dva spíše ovlivňují produkci znečišťujících látek (tvorba oxidů dusíku – NO<sub>x</sub> a oxidu siřičitého – SO<sub>2</sub>). Uhlík, vodík a síra představují aktivní prvky hořlaviny a při jejich spalování se uvolňuje energie. Kyslík a dusík představují pasivní složku hořlaviny, protože nepřinášejí žádnou energetickou hodnotu. Protože různá paliva mají odlišné složení hořlaviny, je na následujícím obrázku uveden příklad šesti běžných paliv a jejich objemového složení hořlaviny.[1]



Obrázek 1 - Srovnání prvkového složení hořlaviny různých paliv včetně jejich výhřevností[1]

Základními parametry, které charakterizují palivo jsou výhřevnost a spálené teplo. Čím větší výhřevnost palivo má, tím je potřeba menší objemové množství paliva k vytopení stejných prostor. Se zvyšujícím se obsahem balastu v jednotkovém objemu paliva se snižuje procentuální zastoupení aktivních prvků hořlaviny, tedy klesá výhřevnost. Obsah balastu v palivu je možné z části ovlivnit například sušením, při kterém dochází k úbytku vody. Jako příklad, jak zvýšit výhřevnost lze uvést čerstvě pokácené dřevo. Můžeme říci, že obsah vody v surovém dřevu je přibližně 50 hmotnostních procent.

Výhřevnost bude dvakrát menší, tedy 8.5MJ/kg, než u dokonale vysušeného dřeva, které má výhřevnost 17MJ/kg. Po jednom roce sušení klesne obsah vody na cca 30% a jeho výhřevnost se tím zvýší na 11.2MJ/kg. Za další rok už bude dřevo obsahovat cca jen 20% vody a výhřevnost bude 13.1 MJ/kg. Ideální by bylo, kdyby měl člověk topící dřevem k dispozici vždy zásobu na tři roky.[1]



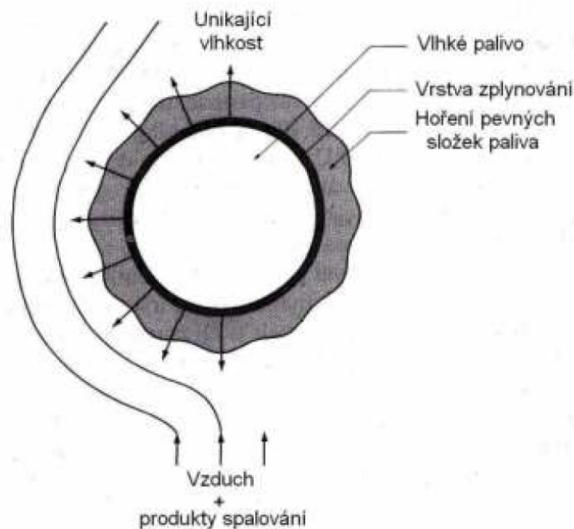
Obrázek 2 - Změna složením a výhřevností dřeva během sušení[1]

## 2.2 Základní fáze při spalování tuhých paliv

Spalování paliv je chemický proces, při kterém se slučují prvky obsažené v palivu s kyslíkem. Při tomto procesu se uvolňuje teplo. Kvalita spalování závisí na správném poměru paliva a kyslíku, na jejich promísení, dále na konstrukci a technickém stavu spalovacího zařízení.

### 2.2.1 Vysušování

Voda se v palivu vyskytuje ve dvou základních formách. Je obsažena ve struktuře paliva nebo je chemicky vázána v palivu. Vystavením paliva vysokým teplotám a proudu vzduchu dojde k urychlení procesu vysušování. Během tohoto procesu se na vysušování spotřebovává energie, která by u dokonale vysušeného paliva zvýšila výhřevnost. Nejprve je potřeba aby unikající vlhkost prošla přes zplynovací vrstvu, jež se vytvoří na povrchu částice prakticky ihned po vypaření povrchové vlhkosti a zahřátí částice na zápalnou teplotu.[2]



Obrázek 3 - Princip hoření částice paliva[2]

### 2.2.2 Zplynování

Po ukončení procesu vysušování dojde ke zvýšení teploty, která zapříčiní rozklad paliva a uvolnění těkavých složek hořlaviny. Okolní kyslík nemůže pronikat do středu částice, protože skrze póry unikají těkavé složky hořlaviny. Tento proces se nazývá pyrolýza. Unikající těkavé složky jsou následně zapáleny okolním plamenem, tím dojde k dalšímu zahřívání částice a zrychlení celého procesu zplynování.[2]

### 2.2.3 Hoření pevných složek paliva a tvorba popela

Následuje poslední část spalování. Po ukončení zplynovacího procesu zůstane uuhelnatělé částice paliva a popel. Tyto částice jsou charakteristické vysokým stupněm pórovitosti, který umožní okolnímu kyslíku snadněji pronikat do nitra paliva. Na jejich povrchu se tvoří oxid uhelnatý, který se účastní dalších reakcí a vzniká oxid uhličitý. Během těchto reakcí dochází ke vzniku popela, složeného z anorganických látek obsažených v palivu.[2]

## 2.3 Metody spalování tuhých paliv

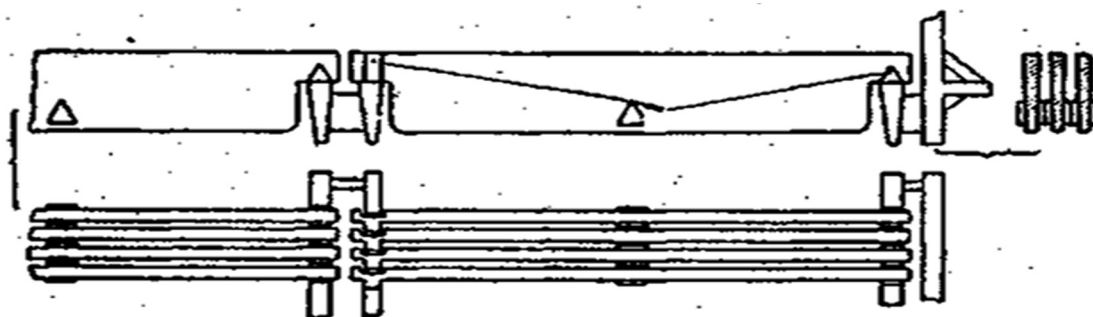
### 2.3.1 Roštové spalování

Slouží pro spalování kusových pevných paliv v klidné vrstvě filtračním způsobem. Takovéto spalovací zařízení musí mít tyto tři základní části:

- Spalovací prostor
- Rošt s palivovou násypkou, hradítkem, škvárovým jízkem a výsypkou
- Přívod spalovacího vzduchu

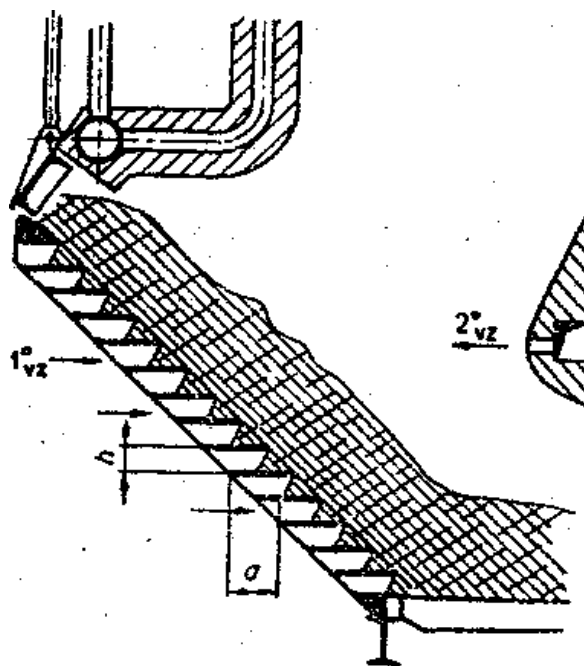
Rošt má zajistit optimální přívod spalovacího vzduchu, odvod tuhých zbytků po spalování, regulovat tepelný výkon kotle, zahřátí na zápalnou teplotu a dokonalé vyhoření

paliva. Na následujícím obrázku je příklad rovinného roštu, který se používá u kotlů menších výkonů, protože je nutno popel odstraňovat manuálně.[3]



Obrázek 4 - Rovinný rošt[3]

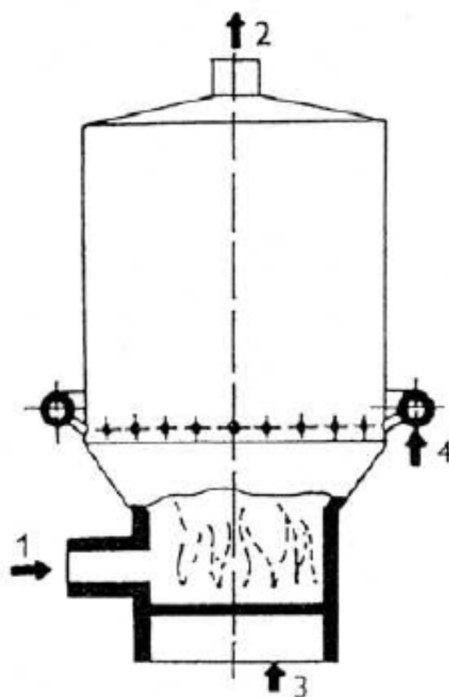
Na dalším obrázku je stupňovitý rošt, který je vhodný zejména pro paliva s větším obsahem prchlavé hořlaviny.



Obrázek 5 - Stupňovitý rošt[3]

### 2.3.2 Fluidní spalování

Pro vysokou účinnost se tohoto typu spalování užívá ve všech větších teplárnách a elektrárnách. Spaluje se zde drcené palivo, například jemně rozemleté uhlí. Práškové uhlí má daleko větší povrch než stejný objem kusového uhlí, takže rychle a stejnoměrně shoří na jemný popel. Vhodnou regulací teploty lze dosáhnout snížení nežádoucích zplodin. Díky tomu, že hoření probíhá téměř okamžitě, dá se takovýto typ kotle dobře regulovat. Účinnost se pohybuje mezi 37 – 48 %.



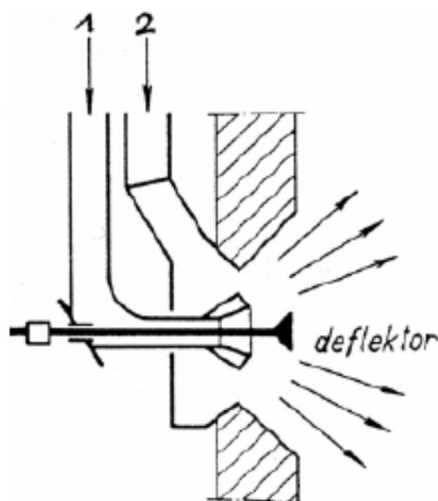
Obrázek 6 - Fluidní pec[2]

Legenda:

1- Přívod odpadu, 2- Odvod spalin, 3- Přívod primárního vzduchu, 4- Přívod sekundárního vzduchu

### 2.3.3 Práškové spalování

Kotel využívající tzv. práškovou technologii, spaluje drcené uhlí ve formě prachu, které je do hořáků kotle vháněno proudem vzduchu nebo spalin, případně jejich směsí. Práškové kotle nemají rošt, který omezuje teplotu primárního vzduchu a zatížení ohniště. Proto jsou používány pro nejvyšší výkony.[2]



Obrázek 7 - Práškový kulový hořák[2]



Legenda:

1- Prášek s primárním vzduchem, 2 - Sekundární vzduch

## 2.4 Nedokonalé spalování

Nedokonalé spalování představuje proces, při kterém se palivu dodává menší objem spalovacího vzduchu. O dokonalém spalování hovoříme tehdy, pokud veškerá hořlavina shoří (uhlík na CO<sub>2</sub> a uhlovodíky na CO<sub>2</sub> a vodu). Reakce může proběhnout dokonale, částečně a nebo vůbec. Část uhlíku neshoří vůbec (černý popel, černé saze a popílek v komíně) a část uhlíku shoří jen na CO. Nedokonalé spalování identifikujeme dle produktů nedokonalého spalování, za které hlavně považujeme CO, saze a polycyklické aromatické uhlovodíky.[1]

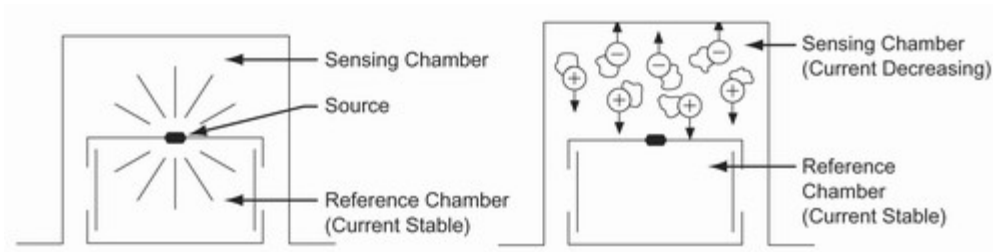
## 2.5 Produkce škodlivin

Existuje mnoho znečišťujících látek, které jsou při spalování tuhých paliv emitovány. V současné době jsou nejproblematictější emise prachu a polycyklických aromatických uhlovodíků. Dle výsledků bilancí (ČHMÚ) jsou tradičně největším znečišťovatelem ovzduší (emise prachu) u nás dopravní exhalace, které se na celkových emisích prachu podílejí 49 %. Samotné domácnosti se však dle bilance s 31 % stávají druhým největším znečišťovatelem ovzduší v České republice, viz obr. č. 10 (2009). V případě monitorování pouze stacionárních zdrojů znečištění by se však podle dat ČHMÚ podílely české domácnosti na celkové produkci prachu více jak 60 %. Průmysl se na znečišťování ovzduší v ČR podílí 27 %. Jedná se o průměrné roční hodnoty, které nijak nepostihují smogové situace.[1]

## 3 Detekce kouře

### 3.1 Senzory založené na ionizačním principu

Využívá se zde malý radioaktivní zdroj, většinou amerícium 241, které ionizuje vzduch uvnitř komory, jenž je otevřená okolnímu prostředí. V případě že do komory nepronikne žádný kouř, prochází komorou velmi malý elektrický proud v řádu pA. Senzor se tedy chová jako zdroj malého proudu. Když se aerosoly malých částic, které vznikají při spalování, dostanou do komory, začnou fungovat jako rekombinační centra pro ionty. Přitáhnou k sobě kladné ionty a neutralizují je. Tím se sníží hodnota proudu přímo úměrně k množství kouře. Komora se využívá k zamezení ovlivňování senzoru atmosférickými vlivy. Radiační dávka z detektoru kouře nepředstavuje pro člověka prakticky žádné zdravotní riziko. Je mnohem menší než přirozené záření vyskytující se na Zemi.[4][5]



Obrázek 8 - Princip ionizačního detektoru a ionizační komory[4]

Ionizační senzory mají rychlejší odezvu na kouř z hořících plamenů obsahující menší částice spalin.

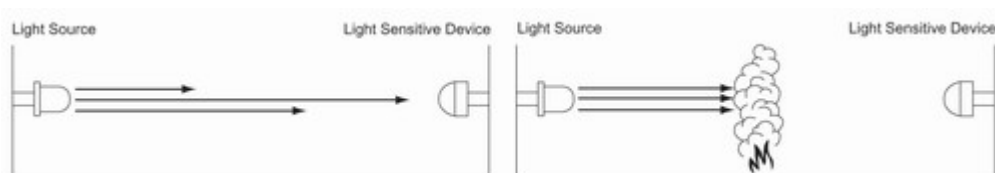
$Am^{241}$  je radioisotop s poločasem rozpadu 432 let. Vyzařuje alfa částice a velmi slabé gama záření. Vzhledem k velikosti částic alfa záření jde o nejslabší druh jaderného záření, který může být odstíněn i listem papíru. Alfa částice se pohybují poměrně pomalu a mají malou pronikavost, ale zato silné ionizační účinky na okolí. Gama záření  $Am^{241}$  je přibližně 100 krát menší než záření vyskytující se v přírodě. Pro člověka je nebezpečný pokud se dostane do těla v rozpustné formě.[5]

### 3.2 Senzory založené na fotoelektrickém principu

Tyto senzory využívají dvou základních principů a to konkrétně blokování průchodu světla anebo odklánění paprsku světla. Jejich hlavní výhoda oproti ionizačním je, že reagují rychleji na kouř z doutnajících ohňů.

#### 3.2.1 Blokování paprsků světla

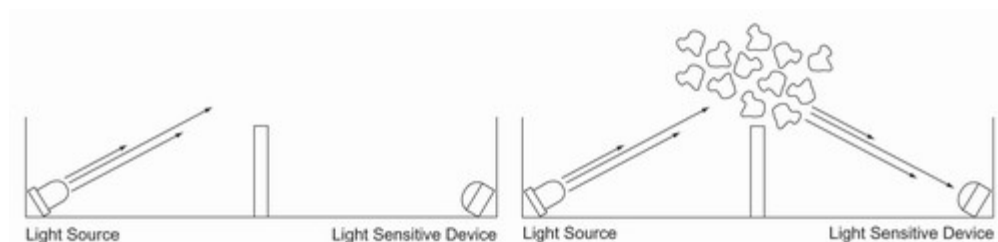
Tento princip je jednodušší a spočívá v tom, že kouř mezi zdrojem světla a fotodetektořem omezí průchod světelných paprsků směřujících do fotodiody, a tím na ní klesne napětí.



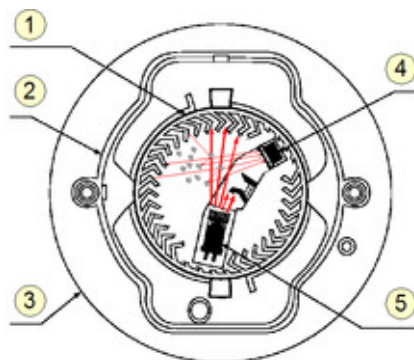
Obrázek 9 - Blokování paprsku světla[4]

### 3.2.2 Odklánění paprsků světla

Vychází se z principu optozávory spínající na světlo. Metoda kouřem odkláněného paprsku může být vytvořena například do T tvarovanou komorou se zabudovaným zdrojem světla LED v horizontální dutině písmene T a snímačem (fotodetektorem) v patě vertikálního průchodu T, který generuje proud, když na něj dopadne paprsek světla. Ve stavu bez kouře, světlo prochází napříč horizontální trubicí a nedopadá na fotodetektor. Když se v prostoru snímače objeví určitá koncentrace kouře, resp. částic jeho spalin, odkloní paprsek z horizontálního směru do vertikálního, ten dopadá na citlivou plochu fotodetektoru a detektor začne hlásit alarm.[4]



Obrázek 10 – Odklánění paprsků světla[4]



Obrázek 11 - Reálný optický senzor kouře[4]

- 1 – Optická komora
- 2 – Kryt
- 3 – Sokl krytu
- 4 – Fotodioda

## 4 Detekce oxidu uhelnatého

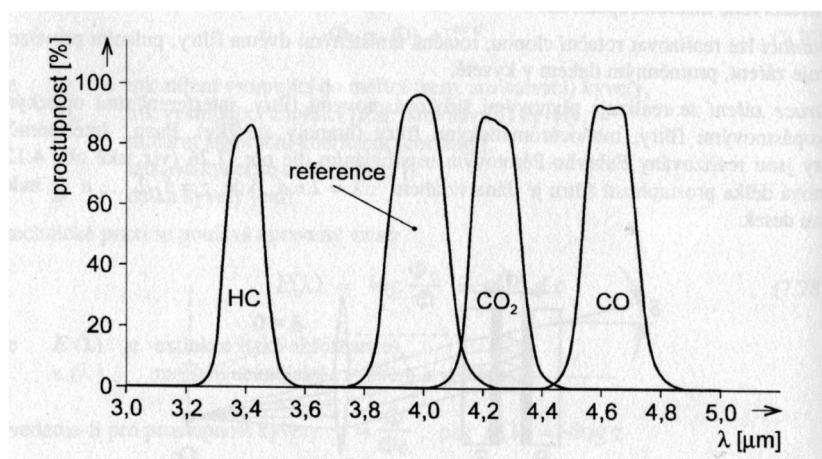
Při kontrole a měření koncentrace oxidu uhelnatého v ovzduší je možné použít mnoho principů. Vždy je však nutné zvolit takový typ snímače, který nejenom splňuje technické požadavky, ale také vyhovuje ekonomickým hlediskům.

### 4.1 Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý je silně jedovatý plyn, bez chuti a zápachu, lehčí než vzduch, nedráždivý. Uvolňuje se při nedokonalém spalování uhlíku a organických látek, je emitován např. automobily, lokálními topeništi, energetickým a metalurgickým průmyslem. Jeho nebezpečí je v tom, že je neviditelný a bez zápachu. Vdechováním se váže na červené krevní barvivo a blokuje tak schopnost krve vázat a přenášet kyslík. Prvními příznaky otravy je obvykle bolest hlavy, nevolnost, závrať, malátnost a zmatenost. U postiženého je typické třešňové zbarvení kůže a sliznic. Už koncentrace 0,05%, tj. 500 ppm, nebo asi 450 mg CO/m<sup>3</sup> může zablokovat funkci u 50% hemoglobinu s následným kolapsem a smrtí.[6]

### 4.2 Fotometrické analyzátoary

Tyto analyzátoary, nazývané taky spektrální fotometry, jsou založeny na selektivní absorpci elektromagnetického záření v oblasti viditelného i infračerveného záření v různých plynech a kapalinách. Hodnota absorpce záření v měřicí kyvetě, ve které je umístěn vzorek látky a kterou záření prochází, je funkcí koncentrace látky v plynu nebo roztoku. V infračervené oblasti vlnových délek absorbují prakticky všechny látky, které mají v molekule alespoň dva různé druhy atomů, jako je např. CO<sub>2</sub>. Analyzovanou látkou mohou být plyny, kapaliny i roztoky tuhých látek.[7][8]



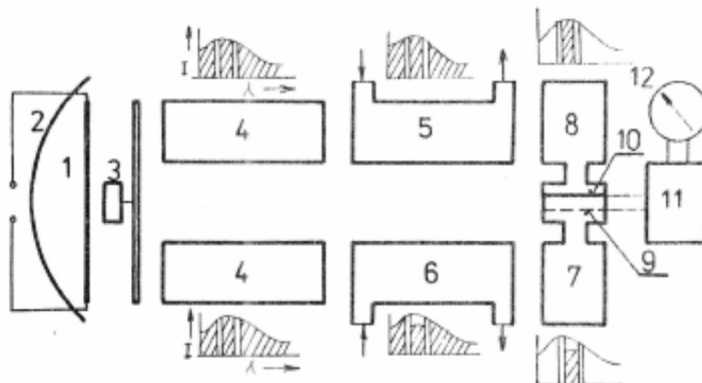
Obrázek 12 - Spektrální křivky některých plynů[8]

Infračervené analyzátoary měří koncentraci určované složky v analyzovaném plynu srovnávací metodou. Skládají se z těchto základních konstrukčních součástí:

- zdroje infračerveného záření
- měrné a srovnávací kyvety
- detektoru záření po absorpci

Podle zdroje záření je dělíme na:

- *bezdisperzní*, které využívají širokého spektra vlnových délek infračerveného záření. Zdrojem záření se spojitým infračerveným spektrem může být např. niklbromidové vlákno žhavené stabilizovaným napětím na teplotu 700 °C, které je umístěno v ohnisku parabolického zrcadla. Selektivity se dosahuje u těchto analyzátorů selektivními detektory.[8]
- *disperzní*, které jsou založeny na monochromatickém IR záření v úzkém pásmu vlnových délek (např. 8nm). Musí tedy obsahovat navíc filtry pro vymezení vlnového pásma.[8]



Obrázek 13 - Historický bezdisperzní infračervený analyzátor s kapacitním snímačem[8]

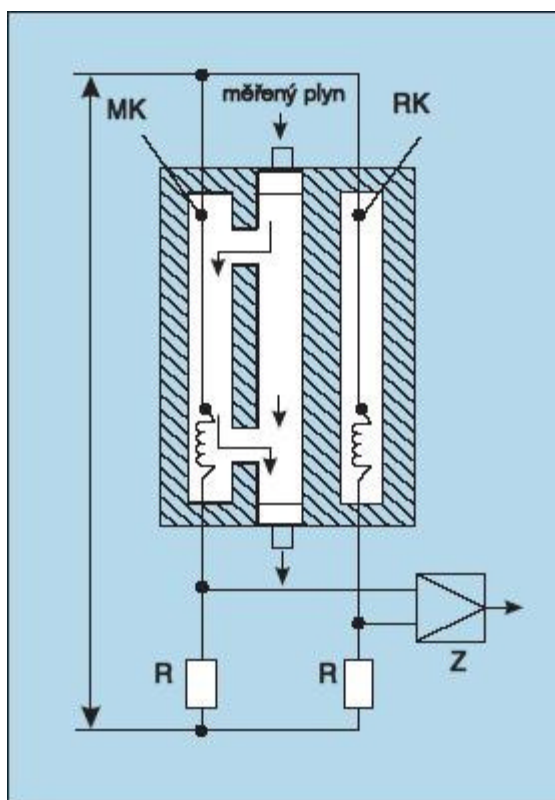
Vysvětlivky:

1 zdroj infračerveného záření, 2 parabolické zrcadlo, 3 rotující segmentová clona s elektromotorem, 4 filtrační kyvety, 5 srovnávací kyveta, 6 měrná kyveta, 7, 8 kyvety selektivního detektoru, 9 pevná deska kondenzátoru, 10 pružná deska kondenzátoru, 11 elektrický obvod, 12 indikační přístroj.

### 4.3 Analyzátorů plynů založené na tepelné vodivosti

Tento analyzátor se skládá z referenční a měřicí komory, ve kterých je napnutý tenký, vyhřívaný platinový drátek. V referenční komoře se nachází referenční plyn, zatímco skrz měřicí komoru protéká měřený plyn. Platinový drátek je společně s pevnými odpory zapojen do Wheatstoneova můstku a tvoří tak vyvážený můstkový obvod. Jestliže se změní koncentrace příslušné komponenty v měřeném plynu, změní se i tepelná vodivost měřeného plynu, což ovlivní teplotu platinového drátku v měřicí komoře. Teplota drátků ve srovnávací komoře je konstantní, protože se do ní přivádí plyn o konstantní koncentraci. Změna tepelné vodivosti se pak vyhodnotí jako změna elektrického odporu v jedné větvi

můstkového obvodu, ze které se vypočítá ve vyhodnocovací části analyzátoru koncentrace měřené složky plynu.[7][8]



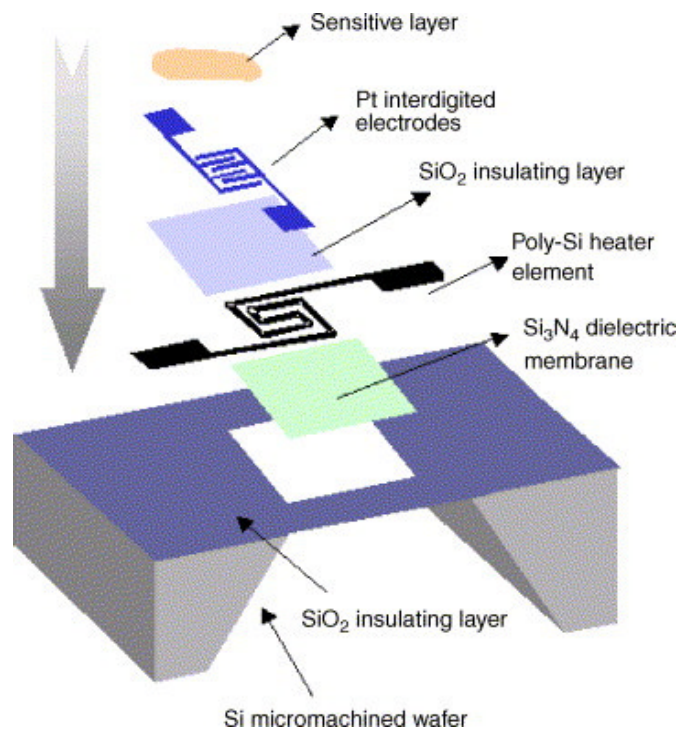
Obrázek 14 - Měření na principu různé tepelné vodivosti plynů[7]

Vysvětlivky:

MK – měřicí komora, RK – referenční komora, R – pevný odpor, Z – zesilovač

#### 4.4 Elektrochemické senzory

Jsou to senzory, které jsou založeny na změně vodivosti aktivní vrstvy v závislosti na koncentraci a druhu testovaného plynu. Základem je adsorpce (přichycení na povrchu), absorpce (vnikání do objemu) a chemisorpce (vznikání pevných chemických vazeb, redoxní reakce) molekul plynu nebo páry s pevnou látkou aktivní vrstvy a tím změna její vnitřní a povrchové vodivosti (odporu) aktivní vrstvy. Vodivost se mění podle toho, jestli detekovaný plyn dodává nebo odčerpává elektrony. Součástí těchto senzorů je žhavicí mřížka, která ohřeje aktivní oblast na teplotu, která umožní atomům konkrétního detekovaného plynu snáze překonat aktivační energii chemických reakcí. Jako aktivní oblast se využívá citlivá polovodičová vrstva z vhodných materiálů, zejména z oxidů různých kovů (oxidu zirkoničitého –  $ZrO_2$ , oxidu cíníčitého –  $SnO_2$ , oxidu titaničitého –  $TiO_2$  apod.). Materiálem na kontakty je často Pt nebo Au. Používají se často v garážích, kotelnách a dalších prostředích, kde je potřeba zajistit kontinuální snímání.[7]

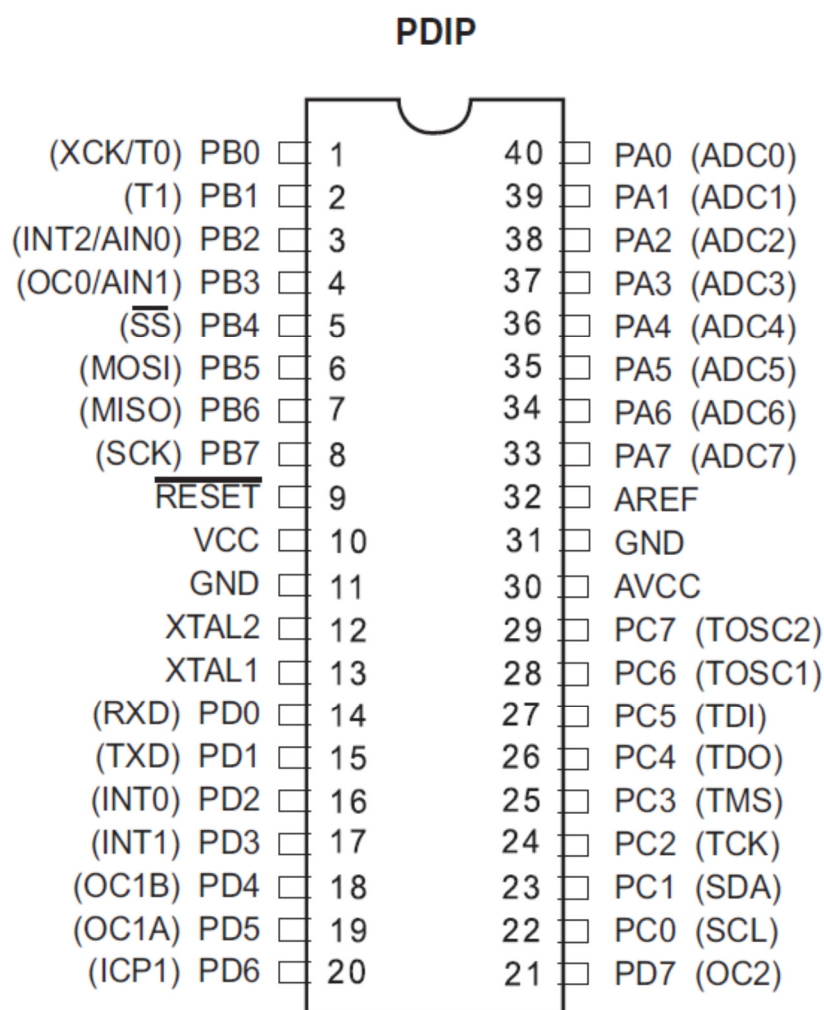


Obrázek 15 - Schéma senzoru plynu na křemíkové bázi[9]

## 5 Výběr čidel a součástek

### 5.1 Mikroprocesor

V zařízení jsem použil 8-bitový mikroprocesor Atmega16 typu RISC s Harvardskou architekturou od společnosti Atmel. Jedná se o Mikroprocesor programovatelný v jazyce C nebo v jazyce symbolických adres. K naprogramování jsem zvolil jazyk C a jako nástroj mi posloužilo výrobcem dodávané AVR Studio 4. Kvůli snadnější manipulaci a testování jsem zvolil pouzdro DIP.



Obrázek 16 - DIP pouzdro procesoru Atmega16[10]

### 5.1.1 Primární parametry Atmega16

Mezi primární parametry Atmega 16 patří[10]:

- 8 bitová architektura RISC, 131 instrukcí
- Maximální frekvence 16 MHz
- 16 Kbytu flash paměti
- 512 bytu EEPROM paměti
- 1 Kbyte interní SRAM
- 4 PWM kanály
- Dva 8 bitové a jeden 16 bitový čítač / časovač
- Osm kanálů pro 10bitový analogově digitální převodník
- 32 programovatelných I/O pinů
- Teplotní stálost



- Napájecí napětí 4.7 V
- JTAG rozhraní

## 5.2 Detektor kouře

Pro zjištění přítomnosti kouře byl vybrán detektor od společnosti Conrad. Detektor kouře pracuje na fotoelektrickém principu rozptýleného světla, který byl zvolen zejména kvůli vysokým cenám ionizačních detektorů.

## 5.3 Detektor oxidu uhelnatého

Jako detektor oxidu uhelnatého jsem použil modul od společnosti Parallax využívající sensor MQ-7 od Hanwei Electronics. Modul je opatřen čtyřmi piny z nichž dva se připojí k mikroprocesoru. Funkce spočívá v tom, že se potenciometrem nastaví hraniční úroveň oxidu uhelnatého, při které má dojít ke spuštění alarmu. V mém případě se na pinu ALR objeví logická 1 v podobě +5V.

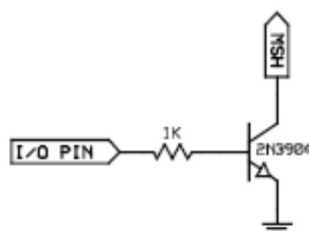
Specifikace:

- Napájení 5V stejnosměrně
- Odběr 165 mA při čištění / 50 mA při snímání
- 1 TTL vstup (HSW), 1 TTL výstup (ALR)
- Provozní teplota 0°C – 70°C



Obrázek 17 - Modul pro detekci oxidu uhelnatého[11]

Pro ovládání přehřívání je potřeba pin HSW připojit k mikroprocesoru přes 1k rezistor a NPN tranzistor např. 2N3904, jak je vidět na následujícím schématu.

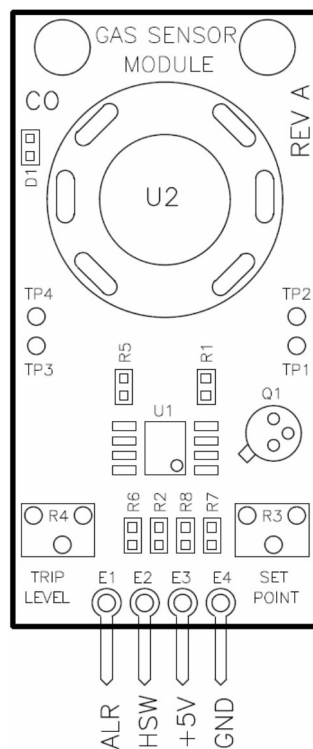


Obrázek 18 - Zapojení přehřívání senzoru[11]

Význam jednotlivých pinů je vidět z následující tabulky.

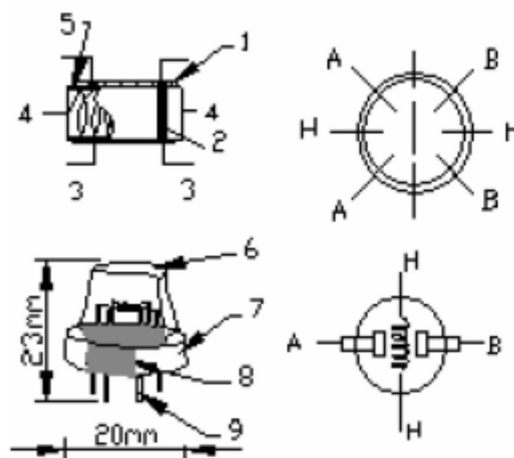
Tabulka 1 - Definice Pinů a jejich pracovní hodnoty[11]

Pin	Název	Funkce	Úrovně
E1	ALR	Výstup alarmu pro mikroprocesor	0V / 5V
E2	HSW	Vstup z uP pro přehřev, aktivní v 0	0V / 5V
E3	+5V	Napájení	5V
E4	GND	Zem	0V



Obrázek 19 - Deska modulu pro detekci oxidu uhelnatého[11]

Senzor MQ-7 se skládá z  $Al_2O_3$  keramického pouzdra,  $SnO_2$  citlivé vrstvy, měřící elektrody a ohříváče, který je tvořen ocelovou mřížkou. Ohříváč je velmi důležitá část sensoru, protože poskytuje potřebné pracovní podmínky k tomu, aby mohla citlivá vrstva správně detekovat požadovaný plyn.

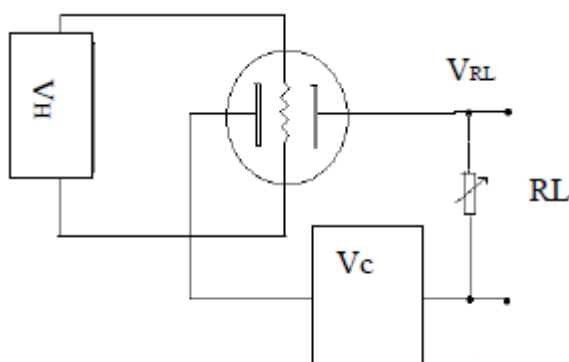


Obrázek 20 - Struktura a uspořádání sensoru MQ-7[12]

**Tabulka 2 - Struktura a uspořádání sensoru MQ-7[12]**

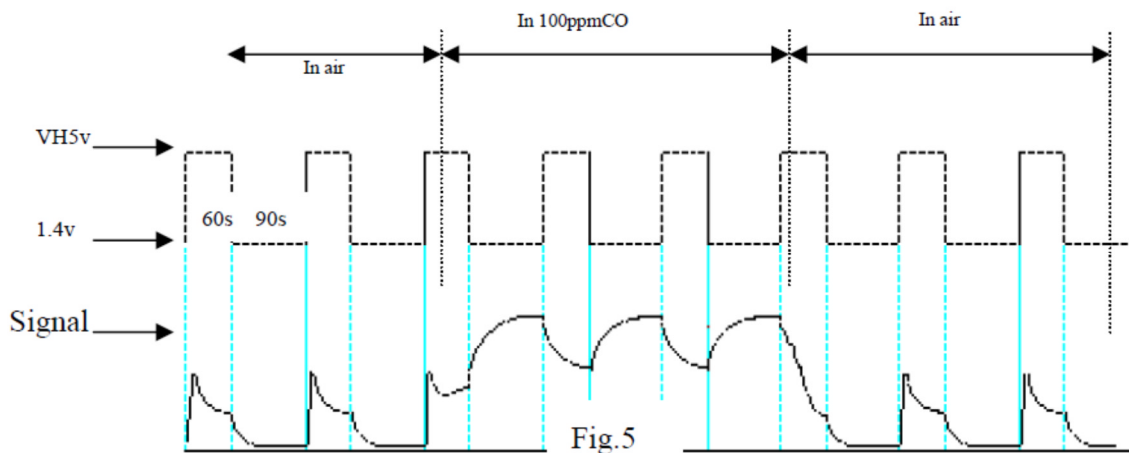
1	Citlivá vrstva	SnO <sub>2</sub>
2	Elektroda	Au
3	Vývody elektrod	Pt
4	Žhavicí vlákno	Slitina Ni-Cr
5	Tubular ceramic	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6	Sít' proti výbuchu	Ocelová gáza (SUS316 100-mesh)
7	Upínací kroužek	Nikl s vrstvou mědi
8	Pryskyřice	bakelit
9	piny	Nikl s vrstvou mědi

Měřicí okruh se skládá ze dvou základních částí. První je ohřívací část, která se periodicky rozežhívá na teplotu vyšší než 300°C, protože při nižších teplotách by celý měřicí cyklus mohl být ovlivňován vlhkostí a nečistotami, které se usazují na snímači.



**Obrázek 21 - Měřicí okruh MQ-7[12]**

Proto se nejprve prvních 60 sekund senzor „čistí“ a následujících 90 sekund probíhá samotné měření, během kterého dochází ke změně povrchového odporu  $R_s$ . Na výstupu je analogová hodnota napětí, která udává úroveň koncentrace oxidu uhelnatého. Celý proces se opakuje s periodou 2,5 minuty.



Obrázek 22 - Měřící cyklus MQ-7[12]

## 6 Realizace

Na návrh zařízení jsem použil software Eagle 6.2.. Povedlo se mi výrobek navrhnout bez drátových propojek a využít jedinou vrstvu plošného spoje. Zařízení je napájeno 12V, z důvodu využití PC ventilátoru. O napájecí napětí pro mikroprocesor a CO čidlo se stará napěťový stabilizátor 78L05. Všechny periferie jsou připojeny na port A mikroprocesoru Atmega16. Pouze ISP konektor musí být připojen na port B.

Modul hlídající úroveň oxidu uhelnatého je připojen k  $\mu P$  přes PINA2 a PINA4. Při zjištění výskytu CO v místnosti vystaví modul log. „1“ na svůj pin ALR, jenž je připojen na PINA2. PINA4 slouží ke spínání žhavení, které čidlo pro správnou funkci potřebuje.

Na PINA1 je připojen výstupní signál z detektoru kouře. Ten jsem vyvedl z místa, kde byla umístěna sirénka, kterou jsem následně odpojil. Protože původní sirénka pracovala při 12V, tak bylo potřeba na její místo připojit jednoduchý napěťový dělič, aby se zajistila potřebná 5V logická úroveň.

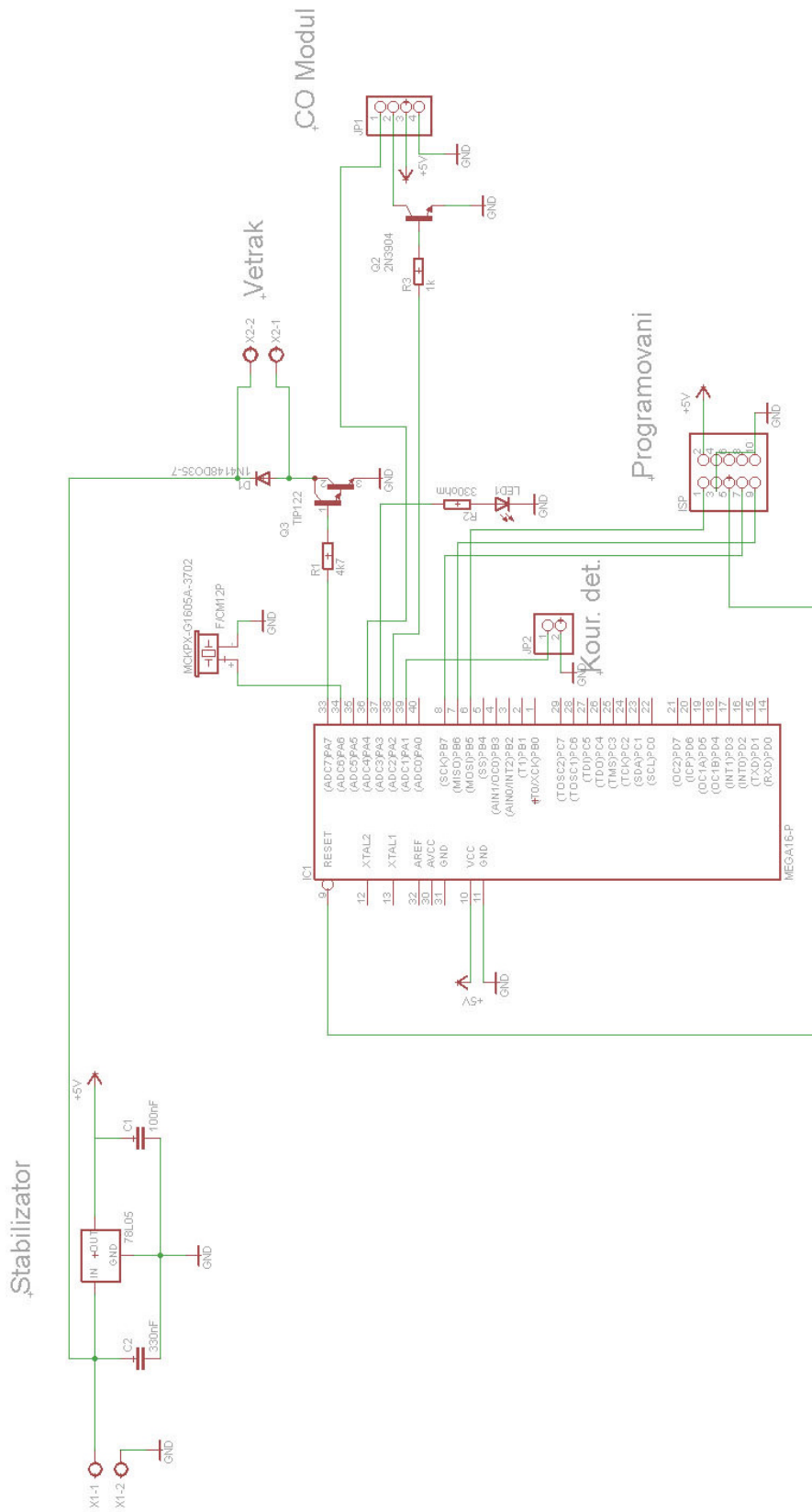
LED je připojena na PINA3. Její blikání je zajištěno v programu pomocí 16-ti bitového čítače/časovače 1. Pro správnou funkci bylo třeba vhodně nastavit registry TIMSK, TCCR1A, TCCR1B, TCNT1H a TCNT1L.

Zařízení pracuje ve smyčce, kde je průběžně kontrolován stav spalin a kouře v ovzduší. V případě, že se v místnosti vyskytne oxid uhelnatý, dojde k zapnutí ventilátoru, který zajistí odtah vzduchu z místnosti. Současně se rozbliká varovná LED. Následuje čekání po dobu 90 sekund, které souvisí s funkcí CO modulu a bylo popsáno v předešlých kapitolách. Jestliže dojde pouze ke zjištění kouře, sepne se samotný ventilátor.

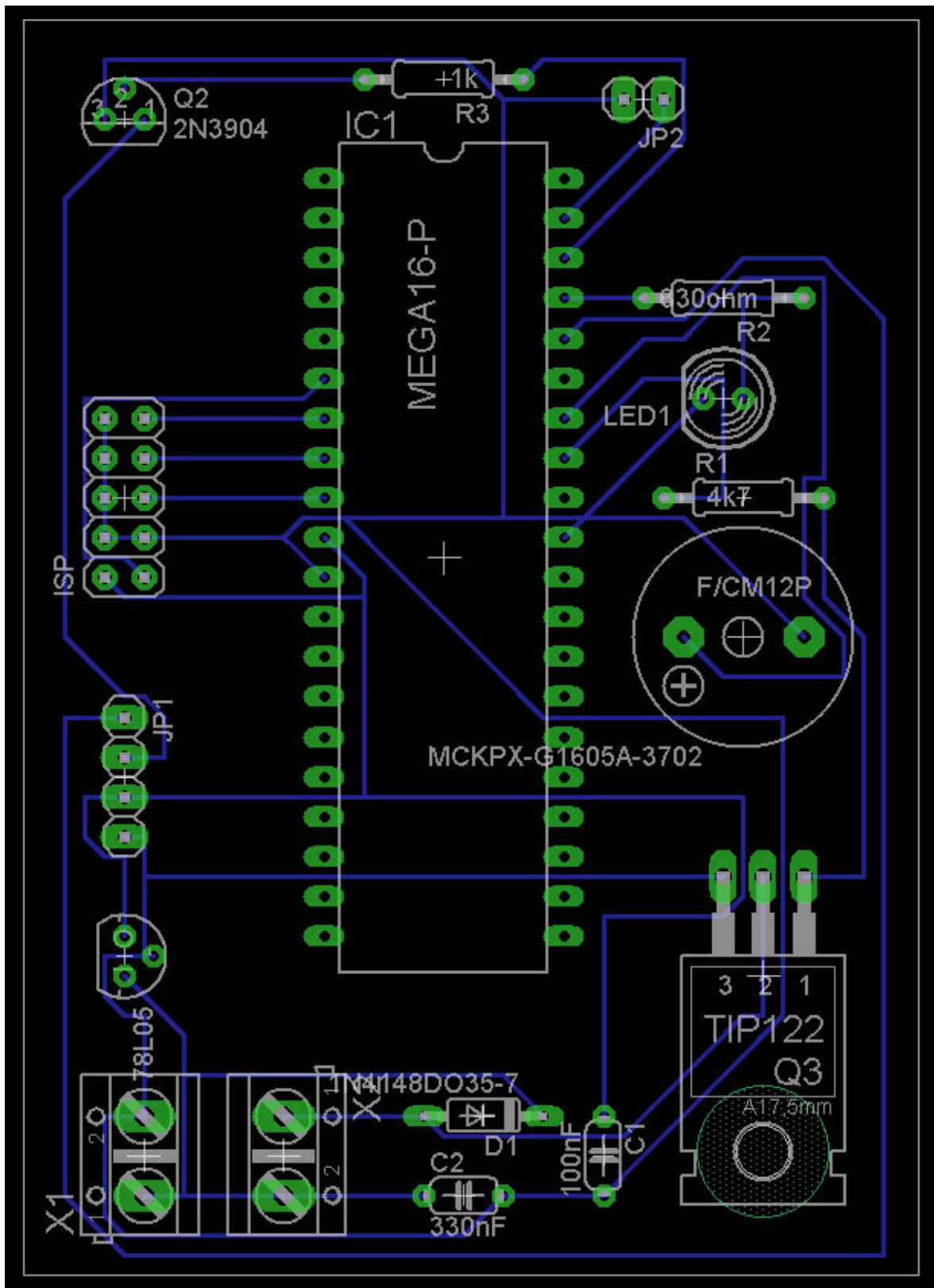
## 7 Závěr

Sestavením této jednotky jsem vyřešil problém s kouřem v kotelně, který zejména v noci byl značně nepříjemný, protože ho nikdo nezaznamenal a ráno byla po něm cítit chodba i s oblečením. Nyní je odveden ven z domu. Po konzultaci se členy domácnosti jsem se rozhodl zvukovou signalizaci vypustit, houkající siréna nikoho neoslovila. Protože je ovládací jednotka umístěna na dobře viditelném místě, signalizační dioda včas upozorní na případnou přítomnost oxidu uhelnatého, který bychom běžnými smysly neodhalili. Zařízení v této konfiguraci splnilo svůj účel a o jeho dalším vylepšování do budoucna nepřemýšlím.

# Příloha A – Schéma zapojení

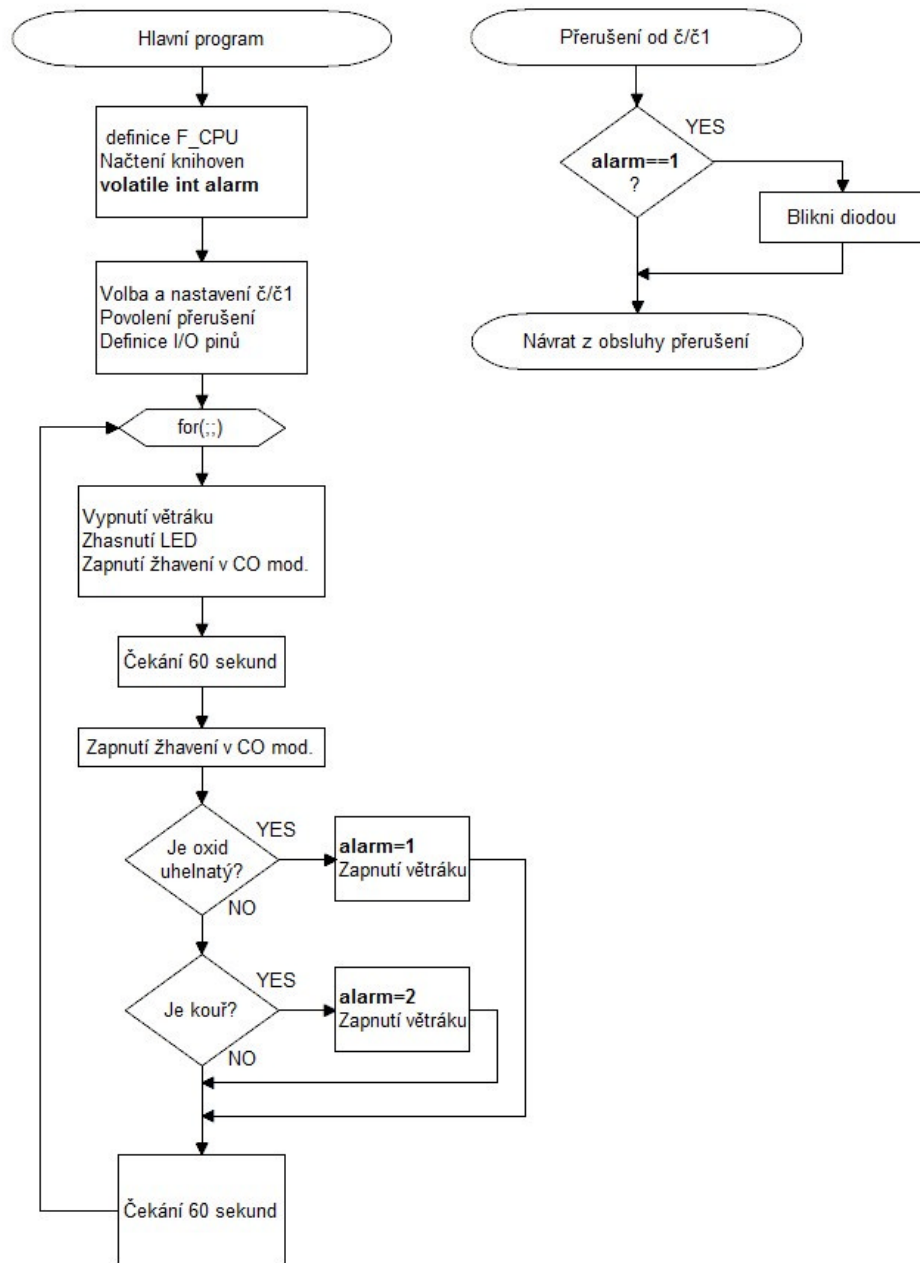


## Příloha B – Návrh desky





## Příloha C – Vývojový diagram



## Příloha D – Zdrojový kód

```

/*****
/*****main.c*****/
/*****
#define F_CPU 14.7456E6
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <util/delay.h>

volatile int alarm;

/*****Obsluha přerušení*****/
ISR(TIMER1_OVF_vect) /*Vektor přerušení při přetečení
čítače/časovače "1" */
{
if (alarm==1)
{
PORTA = (PORTA^0b00001000); // Blikne ledkou
}
}

/*****HLAVNÍ FUNKCE*****/

int main (void)
{
TIMSK = 0b0000100; //Vybere přerušení od TC1
sei(); //Povolí přerušení
TCCR1A = 0x00;
TCCR1B = (1<<CS12) | (1<<CS10); //Nastavení předděličky 1024
TCNT1H = 0b1110011;
TCNT1L = 0b1101111; /*Časovač začne počítat od 58335
(65535-58335=7200), předdělička je 1024. Hodinový kmitočet procesoru je
14.7456 MHz. Takže: 14 745 600 / 1024 / 7200 = 2 Hz Dioda změní stav 2x za
sekundu.*/
DDRA = 0xed; /* (0xed = 0b11101101) -> Piny
0,2,3,5,6,7 portu "B" budou výstupní*/

for (;;) // Nekonečná smyčka
{
alarm=0;
PORTA=(PORTA&0b01111111); //Vypíná větrák
PORTA=(PORTA&0b11110111); //Zhasíná LED

PORTA=(PORTA|0b0000100); //Zapne žhavení v CO modulu
for (i = 0; i < 240; i++) //Počká 60s
{
_delay_ms(250);
}
PORTA=(PORTA&0b11111011); //Vypne žhavení v CO modulu

if (PINA&0b00001000) //Pokud je "1" (Signál z CO modulu)
{
alarm=1;
PORTA=(PORTA|0b1000000); //Zapne větrák
}
}
}

```

```

        else if (PINA&0b00000010)          /*Pokud je "1" signál z detektoru
kouře*/
        {
            alarm=2;
            PORTA=(PORTA|0b1000000);      //Zapne větrák
        }
        else
        {
            ;
        }
    for (i = 0; i < 180; i++)              //Počká 90s
        {
            _delay_ms(500);
        }
}
}

```

## Příloha E – Seznam součástek

Označení	Hodnota	Popis
X1	AK500/2	Svorkovnice
IC2	78L05	Napěťový stabilizátor
C1	100n	Kondenzátor
C2	330p	Kondenzátor
IC1	ATMEGA16	Mikroprocesor
JP2	PINHD-1X2	Pinová lišta
R1	4k7	Rezistor
R2	330ohm	Rezistor
LED		LED
D1	1N4148	Dioda
X2	AK500/2	Svorkovnice
ISP	PINH2X5	ISP konektor
Q2	2N3904	NPN Tranzistor
Q3	TIP 122	NPN Darlington
JP1	PINHD-1X4	Pinová lišta
R3	1k	Rezistor

## Literatura

- [1] Tzbinfo. *O spalování tuhých paliv v lokálních topeništích* [online]. [cit. 2012-8-9]. Dostupný z www: <http://energetika.tzb-info.cz/8618-o-spalovani-tuhych-paliv-v-lokalnich-topenistich-1>
- [2] KUBISZ Pavel, *Návrh experimentálního reaktoru pro výzkum spalování biomasy v pevném loži*: diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2010. Vedoucí diplomové práce Vít Kermes
- [3] České vysoké učení technické, Fakulta strojní. *Podklady pro studium-Roštová ohniště* [online]. [cit. 2012-8-10]. Dostupný z www: <http://www.fsid.cvut.cz/cz/U207/U2072/RO.ppt>
- [4] Automatizace.hw.cz. *Detektory kouře - princip & IO Freescale*. [online]. [cit. 2012-8-4]. Dostupný z www: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2006091701>
- [5] World Nuclear Association. *Smoke Detectors and Americium*. [online]. [cit. 2012-8-4]. Dostupný z www: <http://www.world-nuclear.org/info/inf57.html#Notes>
- [6] Wikipedia. *Carbon monoxide*. [online]. [cit. 2012-8-2]. Dostupný z www: [http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_monoxide](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_monoxide)
- [7] Automatizace. *Průmyslové analyzátory složení plynů – přehled trhu*. [online]. [cit. 2012-8-1]. Dostupný z www: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=942>
- [8] FRIBERT Miroslav, *Měření technologických veličin – výukové texty*. Univerzita Pardubice [cit. 2012-8-2]. 133s.
- [9] J. Cerdà Belmonte, J. Manzano, J. Arbiol, A. Cirera, J. Puigcorbé, A. Vilà, N. Sabaté, I. Gràcia, C. Cané, J.R. *Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 114, Issue 2, 26 April 2006*, ISSN: 0925-4005 Vol./Iss.: 114, 2
- [10] *Datasheet Atmega16* [online]. 2003 [cit. 2012-08-2]. Dostupný z www: <http://www.atmel.com/Images/doc2466.pdf>
- [11] *Datasheet CO Gas Sensor Module* [online]. [cit. 2012-8-2]. Dostupný z www: [http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/sens/27904\\_27930-1-2-GasSensor-v2.2.pdf](http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/sens/27904_27930-1-2-GasSensor-v2.2.pdf)
- [12] *Datasheet MQ-7* [online]. [cit. 2012-8-2]. Dostupný z www: <http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/sens/MQ-7Datasheet.pdf>