

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Senzorový modul pre monitorovanie kvality vzduchu

Bakalárska práca

2021

Dávid Il'aš

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Senzorový modul pre monitorovanie kvality vzduchu

Bakalárska práca

Študijný program: Počítačové siete
Študijný odbor: Informatika
Školiace pracovisko: Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií
Školiteľ: prof. Ing. Ján Šaliga, PhD.

Abstrakt

Cieľom práce je krátky prehľad senzorových modulov na meranie kvality vzduchu. Prehľad rekuperačných jednotiek a ich funkcionality. Na určenie kvality vzduchu existujú štandardy, ktorými sa riadia spoločnosti, ktoré tieto systémy prevádzkujú. Tieto senzory merajú rôzne vlastnosti vzduchu ako je teplota, vlhkosť, CO₂ atď. Sú porovnávané rôzne druhy senzorov. Práca zahŕňa návrh a realizáciu riadenia z hľadiska mechanickej konštrukcie aktuátorov a senzorov, konštrukcie elektronického zariadenia a programového vybavenia. Touto pracou poukážeme na problematiku znečistenia ovzdušia a jeho vplyvu na človeka. Práca je zameraná na fakty, ktoré v minulosti neboli vôbec preberanou témou. Hlavne sú to vysoké koncentrácie CO₂ a rôzne druhy plynov v obývacích priestoroch, ktoré sa zvyšujú v snahe o čo najlepšie tepelné izolácie u starších budov.

Klíúčové slová

Kvalita vzduchu, Arduino, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ135, DHT11, rekuperácia, ventilátor

Abstract

The aim of the report is a short overview of sensor modules for measuring air quality. An overview of recovery units and their functionality. In order to determine air quality, there are standards governing companies that operate these systems. The sensors measure different air parameters such as temperature, humidity, CO₂ etc. Various types of sensors are compared. The thesis includes the design and implementation of management in terms of mechanical construction of actuators and sensors, electronic equipment design and software. The purpose of this report is to point out the issue of air pollution and its influence on human. It is important to draw attention to few facts that have not been discussed at all over the past. They are mainly high concentrations of CO₂ and other types of gases in residential premises that increase due to the best thermal isolation for old buildings.

Key words

Air quality, Arduino, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ135, DHT11, recuperation, ventilator

Zadanie práce

57782

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií

ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študijný odbor: **Informatika**
Študijný program: **Počítačové siete**

Názov práce:

Senzorový modul pre monitorovanie kvality vzduchu
Sensor modul for air quality monitoring

Študent: **Dávid Il'áš**
Školiteľ: **prof. Ing. Ján Šaliga, PhD.**
Školiace pracovisko: **Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií**
Konzultant práce:
Pracovisko konzultanta:

Pokyny na vypracovanie bakalárskej práce:

- Zoznámte sa normami a predpismi súvisiacimi s kvalitou vzduchu v bežných prostrediach ako aj aplikáciami súvisiacimi s monitorovaním kvality vzduchu, napr. riadené vetranie a pod.
- Zoznámte sa so senzormi a princípmi merania jednotlivých parametrov využívaných pre monitorovanie kvality vzduchu
- Navrhnite jednoduchý modul na báze zvoleného jednodoskového počítača, napr. Arduino, Raspberry a pod. a vhodných senzorov, ktorý by umožňoval monitorovanie vybraných parametrov vzduchu.
- Navrhnite vhodný spôsob ovládania modulu a publikácie výsledkov monitorovania. Modul by mal mať možnosť po prekročení nastavených limitných hodnôt spínať vetracie zariadenie (rekuperačná jednotka, ventilátor) prostredníctvom výstupu s otvoreným kolektorom spínaným na zem.
- Navrhnutý modul zrealizujte a odskúšajte v laboratórnych podmienkach.
- V záverečnej práci uveďte parametre charakterizujúce kvalitu vzduchu, ich význam a využitie, prehľad princípov senzorov používaných v danej oblasti, podrobný opis Vami navrhnutého riešenia a dosiahnuté výsledky.

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský
Termín pre odovzdanie práce: 28.05.2021
Dátum zadania bakalárskej práce: 30.10.2020


prof. Ing. **Liberios Vokorokos, PhD.**
dekan fakulty

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som celú bakalársku prácu vypracoval samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry.

Nemešany , 08. júna 2021

.....
vlastnoručný podpis

Podakovanie

Touto cestou sa chcem poďakovať môjmu školiťovi pánovi profesorovi Ing. Jánovi Šaligovi, PhD., za jeho cenné rady, odbornú pomoc a užitočné pripomienky, ktoré mi poskytol pri vypracovaní bakalárskej práce a taktiež za vypožičanie senzorov potrebných k riešeniu problémov tejto bakalárskej práce.

Obsah

Zoznam obrázkov	9
Zoznam tabuliek	11
Zoznam symbolov a skratiek	12
Úvod	13
1 Kvalita vzduchu	15
1.2 Kvalita ovzdušia v budovách	15
1.3 Plyny, koncentrácie plynov, normy	16
1.3.1 Oxid uhličitý CO ₂	16
1.3.2 Oxid uhoľnatý CO	17
1.3.3 Oxid dusičitý NO ₂	17
1.3.4 VOC	17
1.4 Index kvality vzduchu	18
2 Firmy a zariadenia zaoberajúce sa kvalitou ovzdušia	19
2.1 Riadené vetranie	20
2.1.1 Centrálny systém	20
2.1.2 Decentrálny systém	20
2.2 Centrálna rekuperačná jednotka	21
2.1.1 Venus	21
2.1.2 Atrea	22
3. Návrh a implementácia riešenia zvolenej problematiky	24
3.1 Vývojová doska Arduino UNO	24
3.2 Senzorový modul pre meranie teploty a vlhkosti	25
3.2.1 Modul DHT11	25
3.3 Moduly merania plynov	25
3.3.1 Senzorový modul MQ-3	27

3.3.2 Senzorový modul MQ-6	31
3.3.3 Senzorový modul MQ-7	33
3.3.4 Senzorový modul MQ-135	35
3.4 Doplnkové moduly	37
3.4.1 Modul LCD 16x2 s I2C zbernicou	37
3.4.2 Ovládanie	38
3.4.3 DC-DC Step down menič napätia LM2577S	38
3.5 Prehľad navrhovaného systému	39
4. Návrh algoritmu schéma zapojenia	40
4.1 Návrh algoritmu	40
4.2 Obal zariadenia	42
4.2 Implementácia algoritmu	43
4 Experimentálne overenie zariadenia	45
Záver	47
Zoznam použitej literatúry	48
Prílohy	50
Príloha B: Fotografie zariadenia	51
Príloha C: Zdrojový kód	53

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Mapa - národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia	15
Obr. 2 Potenciálne zdroje oxidu uhoľnatého	17
Obr. 3 Centrálna rekuperačná jednotka	21
Obr. 4 CRJ – Venus Recover	22
Obr. 5 CRJ – Venus Recover – funkčná schéma	22
Obr. 6 CRJ – Atrea Duplex 350	23
Obr. 7 CRJ – Atrea Duplex 350 – funkčná schéma	23
Obr. 8 Vývojová doska Arduino UNO.....	24
Obr. 10 Štruktúra senzora	25
Obr. 11 Zloženie senzora a elektrický obvod senzora	26
Obr. 12 Modul MQ-3.....	27
Obr. 13 Pomer napätia ku koncentrácii alkoholu	28
Obr. 14 Logaritmickeý graf detekcie plynov MQ-3	28
Obr. 15 Modul MQ-6.....	31
Obr. 16 Logaritmickeý graf detekcie plynov MQ-6	32
Obr. 17 Modul MQ-7.....	33
Obr. 18 Logaritmickeý graf detekcie plynov MQ-7	34
Obr. 19 Modul MQ-135.....	35
Obr. 20 Logaritmickeý graf detekcie plynov MQ-135	36
Obr. 21 LCD 16x2	37
Obr. 22 I2C zbernica na module LCD	37
Obr. 23 Tlačidla na ovládanie	38
Obr. 24 Menič napätia	38
Obr. 25 Prehľad navrhovaného systému	39
Obr. 26 Prototyp zapojeného zariadenia	39

Obr. 28 Predhriatie senzorov	41
Obr. 29 Teplota a vlhkosť	41
Obr. 30 Koncentrácia alkoholu	41
Obr. 31 Koncentrácia LPG	41
Obr. 32 Koncentrácia CO	42
Obr. 33 Koncentrácia CO ₂	42
Obr. 34 Grafický návrh zariadenia	42
Obr. 35 Implementácia algoritmu	43
Obr. 36 Grafická schéma zapojenia	44
Obr. 37 Graf teploty a vlhkosti v obývacej izbe	45
Obr. 38 Koncentrácia alkoholu a LPG v obývacej izbe	45
Obr. 39 Koncentrácia CO a CO ₂ v obývacej izbe	46

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a termíny ich dosiahnutia	16
Tab. 2 Neurotoxické účinky VOC bežne sa nachádzajúcich vo vnútornom ovzduší budov	18
Tab. 3 European Air Quality Index (EAQI)	19
Tab. 4 Zoznam komponentov	26
Tab. 5 Zapojenie modulov	44

Zoznam symbolov a skratiek

VOC – Volatile organic compound (prchavé organické zlúčeniny)

AQI – Air quality index (Index kvality vzduchu)

CRJ – Centrálna rekuperačná jednotka

PPM – Parts per milion (častíc na milión)

IDE - Integrated Development Environment

SCL - Synchronous Clock

SDA - Synchronous Data

Úvod

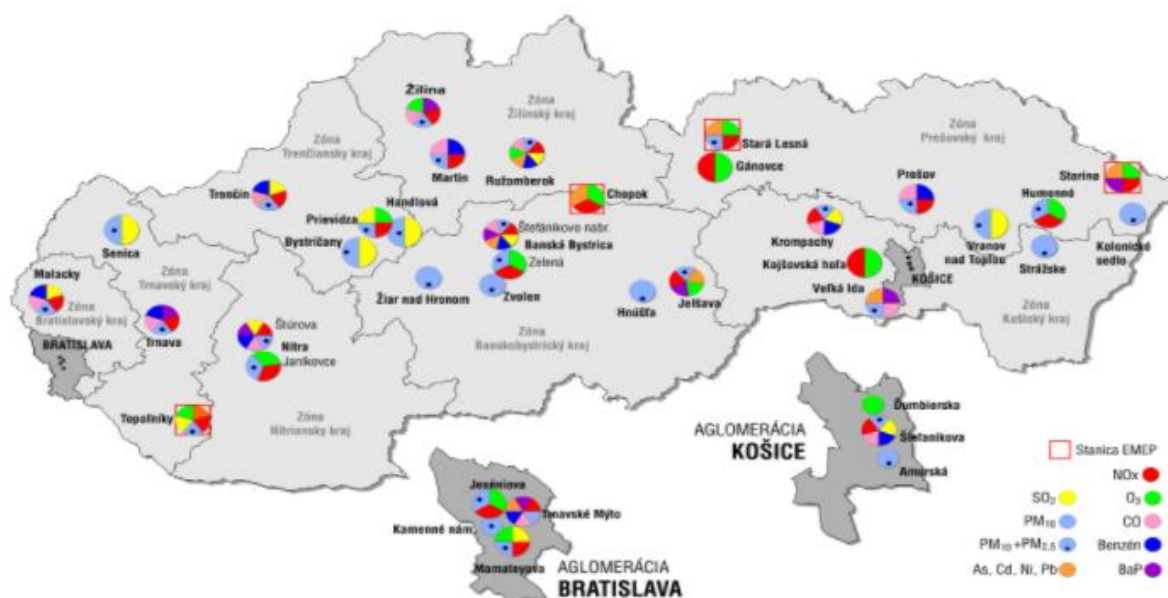
Každý z nás vníma vzduch okolo nás, či už sa nachádza v exteriéry alebo interiéry. Práca je zameraná primárne na interiér, kde trávime väčšinu našich životov. Zamestnanie, voľnočasové aktivity, nákupy, škola, ale aj samotné obývanie domácností patria k našej súčasť. Okolité vzduch taktiež v určitej miere ovplyvňuje naše pocity, správanie a v neposlednom rade aj samotné zdravie. Vysoké koncentrácie plynov, ktoré vdychujeme vytvárajú negatívne účinky na našu pamäť, zmysli, alebo spánok rôznymi možnými spôsobmi. Každý z nás disponuje individuálnym a jedinečným spôsobom adaptácie a vnímania okolitého priestranstva, preto je nesmierne zložitá určiť ideálnu koncentráciu vzduchu v interiéry. Najdôležitejšia hodnota v interiéry je hustota oxidu uhličitého, taktiež označovaného ako CO₂. Rovnakým spôsobom ovplyvňuje kvalita prostredia aj teplota a vlhkosť okolitého vzduchu. Tieto faktory zároveň dokážu značnou mierou ovplyvňovať naše pocity, či nálady. Otázkou kvality vzduchu sa zaoberajú viaceré štúdie, odborné články, inštitúcie, ktoré zároveň vydávajú normy a odporúčania, ustanovené vo vyhláškach v zbierke zákonov. Tieto vyhlášky na slovenskú vydáva Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky. V práci je venovaná pozornosť aj krátkemu prehľadu noriem, ktoré sú aplikované v praxi a využívali sme ich aj pri riešení zvolenej problematiky. Medzi merané hodnoty nepatrí len CO₂, ale aj plyny ako CO, LPG a alkohol. Hodnoty oxidu uhoľnatého v uzavretých miestnostiach sú taktiež veľmi dôležité, z dôvodu, že CO vzniká nedokonalým spaľovaním organických látok. Tie sú produkované napr. automobilmi alebo požiarimi. Ak sú hodnoty CO veľmi vysoké môže dôjsť k poškodeniu zdravia, dýchacích ciest alebo aj smrti. V neposlednom rade je potrebné venovať pozornosť aj koncentrácií uhľovodíkových plynov, ako je LPG alebo jeho zložky propán, či bután. Tento plyn je pomerne rozšírený vo výrobných prevádzkach a je rizikový z dvoch hľadísk. Z prvého hľadiska je LPG samotný, ale aj po zmiešaní so vzduchom, veľmi výbušný. Z druhého hľadiska je tento plyn nadmerne toxický a tak ako pri CO aj tu môže pri vysokých koncentráciách nastať smrť človeka. Oba tieto aspekty sú zdraviu neprospešné a preto je veľmi dôležité aby prebiehalo meranie tohto plynu. Alkohol sa taktiež využíva vo veľkých výrobných halách, či už je to na čistenie strojov alebo odmasťovanie komponentov. Nebezpečenstvo spočíva na rovnakom princípe ako aj pri už spomínanom LPG. Je to vysoko prchavý a výbušný plyn. Riziko poškodenia zdravia je veľmi vysoké. Z toho dôvodu je potrebné monitorovať tento plyn a zabezpečiť aby ľudia dýchali zdravý a kvalitný vzduch.

Prácu sme rozdelili do 5 hlavných častí. Prvá časť sa zaoberá kvalitou vzduchu, jeho charakteristikou a spracovaním vyhlášok obsahujúcich tento pojem. Druhá časť je zameraná na opis rekuperácie, princíp fungovania ale aj deskripciou firiem a systémov, ktoré sa zaoberajú kvalitou a výmenou vzduchu. V tretej a zároveň najdôležitejšej časti sa podrobne venujeme modulom, ich

princípom a spôsobom merania, ktoré boli použité pri vytvorení zariadenia na definovanie kritérií kvality ovzdušia. Vo štvrtej časti je opísaný algoritmus navrhovaného systému. Piata časť sa zaoberá experimentálnym overením navrhovaného zariadenia. V prílohe sa nachádzajú fotografie zostrojeného zariadenia a zdrojový algoritmus, ktorý bol vytvorený za účelom riešenia tejto problematiky.

1 Kvalita vzduchu

Meranie kvality vzduchu je veľmi náročné. Najbežnejšou metódou je meranie kvality vzduchu rôznymi spôsobmi podľa koncentrácie CO₂ ale tiež VOC. VOC sú organické chemikálie, ktoré majú vysoký tlak pár pri normálnej izbovej teplote. Ich vysoký tlak pary je výsledkom nízkeho bodu varu, ktorý spôsobuje, že sa veľké množstvo molekúl vyparuje alebo sublimuje z kvapalnej, alebo tuhej formy zlúčeniny a vstupuje do okolitého vzduchu, čo je znak známy ako prchavosť. VOC sú početné, rozmanité a všadeprítomné. Zahrňajú chemické látky vyrábané človekom, či prírodné látky. Väčšina vôní alebo pachov je z prchavých organických zlúčenín. [1]



Obr. 1 Mapa - národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia [2]

1.2 Kvalita ovzdušia v budovách

Budova by mala spĺňať nielen požiadavky energetickej efektívnosti, ale aj kritériá kladené na príjemné a zdravé prostredie. Ľudia strávia viac ako 80 % zo svojho času života v interiéri, preto je dôležité zohľadniť všetky aspekty vnútorného prostredia, ktoré majú vplyv na pohodu, zdravie a výkonnosť užívateľa bývajúceho v budove. Hodnotenú kvalitu interiéru musia zahŕňať nielen osvetlenie, vibrácie, tepelnú pohodu ale aj kvalitu vnútorného vzduchu. Úroveň týchto parametrov nezávisí iba od možností vetrania, kúrenia, vonkajších klimatických podmienok, vnútorných zariadení, použitých stavebných materiálov a technológií v konštrukcii budov. Každý človek k vyššie uvedeným zložkám vnútorného prostredia taktiež pridá svoje osobné pocity z vnímania priestoru a vnútornej architektúry.

1.3 Plyny, koncentrácie plynov, normy

Kvalitou vzduchu v miestnostiach sa odborné na rôznych úrovniach zaoberá niekoľko organizácií a inštitúcií. Jednak je to Svetová zdravotnícka organizácia vydávajúca rôzne odporúčajúce správy a limity. Na druhej strane sú to závislé i nezávislé lekárske štúdie alebo odporúčenia rôznych ekologických organizácií.

Tab. 1 Limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a termíny ich dosiahnutia [2]

Znečisťujúca látka	Priemerované obdobie	Limitná hodnota
Častice PM ₁₀	1 deň	50 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 35-krát za kalendárny rok
	kalendárny rok	40 µg/m ³
Častice PM _{2,5}	kalendárny rok	Do 1. januára 2020: 25 µg/m ³ Od 1. januára 2020: 20 µg/m ³
SO ₂	1 h	350 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 24-krát za kalendárny rok
	1 deň	125 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 3-krát za kalendárny rok
NO ₂	1 h	200 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 18-krát za kalendárny rok
	kalendárny rok	40 µg/m ³
CO	Najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota ¹⁾	10 mg/m ³
Pb	kalendárny rok	0,5 µg/m ³
Benzén	kalendárny rok	5 µg/m ³

1.3.1 Oxid uhličitý CO₂

Oxid uhličitý je bezfarebný plyn, ktorý je 1,52 krát ťažší ako vzduch. Vzniká oxidáciou organických látok, spaľovaním a je produktom látkovej výmeny väčšiny organizmov. Za medzné hodnoty z hľadiska kvality vnútorného ovzdušia sa považujú koncentrácie CO₂ do 1 000 ppm (0,1 % obj.). Vysoké koncentrácie CO₂ nad 5 % objemu vedú k silným bolestiam hlavy, zvýšeniu krvného tlaku, piskotu v ušiach, či pocitu nevoľnosti. Pri koncentráciách nad 10 % objemu sa môžu dostaviť svalové poruchy a bezvedomie s nebezpečenstvom udusenía. Koncentrácie nad 18 % objemu spôsobujú krátke ochrnutia a poruchy vedomia, ktoré môžu mať až smrteľné následky. Hodnoty nad 40 % majú za následok okamžité bezvedomie a neskôr smrť.

1.3.2 Oxid uhoľnatý CO

Oxid uhoľnatý je bezfarebný, horľavý plyn, ktorý vzniká nedokonalým spaľovaním všetkých uhľikátých materiálov. S krvným hemoglobínom reaguje 200 krát silnejšie ako kyslík a tvorí sa karboxyhemoglobín. 1-2 % hladiny karboxyhemoglobínu nie sú nebezpečné a pre nefajčiace dospelé osoby sú prirodzené. Nepříjemné príznaky sa objavujú pri málo zvýšených hladinách, napr. pri hladinách 2,3–4,3 % už dochádza k rýchlejšiemu vyčerpaniu a pri úrovni 2,9-4,5 % môže aj kratšie cvičenie zapríčiniť bolesti. Limitná hodnota pre tento plyn by nemala prekročiť hranicu 50 ppm v 8 hodinovom intervale. [3]



Obr. 2 Potenciálne zdroje oxidu uhoľnatého [3]

1.3.3 Oxid dusičitý NO₂

Oxid dusičitý je oxidatívny plyn, ktorý narušuje pľúcne funkcie. V slizniciach respiračného traktu nie je dobre rozpustný a preto môže penetrovať hlbšie do dolných dýchacích ciest. Ako najnižšia úroveň z hľadiska ochrany zdravia obyvateľstva 200 µg/m³ /1 hod je často prekračovaná v takých prostrediach ako sú napr. kuchyne a kabíny áut. Bolo odhadnuté, že používanie plynových spotrebičov vo vnútornom prostredí zvyšuje dlhodobú priemernú koncentráciu NO₂ v priemere o 50 µg/m³ v kuchyni a o 30 µg/m³ v obývacích izbách. [3]

1.3.4 VOC

Najdôležitejším a najrozšírenejším zdrojom VOC je benzín, ktorý je využiteľný v motorových autách. Koncentrácie VOC interiéru ovplyvňuje aj človek svojím správaním:

- maľovanie, natieranie, lepenie (xylén, etylbenzén, dekan, dodekan a benzén)
- čistenie domácností, návšteva čistiarne (trichlóretan a tetrachlóretylén)
- používanie dezodorantov, ošetrovanie, starostlivosť o telo (dichlórbenzén)

- umývanie riadu, pranie bielizne, fajčenie a šoférovanie (benzén, xylén, etylbenzén)
- kontrola výskytu škodcov (fungicídy, herbicídy, naftalíny)

Najčastejšie ľudia vnímajú prítomnosť VOC zápachom. U každého človeka sa to môže líšiť. Účinky VOC, ktoré sú prítomné vo vnútornom ovzduší sú uvedené v tabuľke 2. [4]

Tab. 2 Neurotoxické účinky VOC bežne sa nachádzajúcich vo vnútornom ovzduší budov [4]

Chemická látka	Účinok
Benzén	depresia centrálného nervového systému (CNS), závraty, kŕče,
M-butylacetát	depresia CNS
2-butanone	depresia CNS, závraty, poruchy videnia
cyklohexan	triaška, zníženie reflexov, neuróza
etylbenzén	únava, závraty, nedotklivosť
M-hexan	depresie CNS, motorická dysfunkcia, periférna neoropathia
toluén	strata pamäti, rovnováhy, poruchy videnia, pokles reakčného času, triaška,

1.4 Index kvality vzduchu

Vládny úrad používa index kvality ovzdušia na informovanie verejnosti o tom, aké je momentálne znečistené ovzdušie, alebo ako sa predpokladá jeho znečistenie. So zvyšovaním AQI sa zvyšujú rizikové verejného zdravia. Rôzne krajiny majú svoje vlastné indexy kvality ovzdušia zodpovedajúce rôznym národným normám kvality ovzdušia.

European Air Quality Index je založený na meraniach koncentrácií piatich základných znečisťujúcich látok na danej stanici v jednotlivých európskych krajinách (spolu viac ako 2 000 staníc). Tieto koncentrácie sú potom prevedené na index kvality ovzdušia podľa nasledujúcej tabuľky:

Tab. 3 European Air Quality Index (EAQI) [5]

Znečistiteľ	INDEX LEVEL				
	Dobrá	Uspokojivá	Prijateľná	Zlá	Veľmi zlá
Častice menšie ako 2,5(PM _{2,5})	0-10	10-20	20-25	25-50	50-800
Častice menšie ako 10 ((PM ₁₀)	0-20	20-35	35-50	50-100	100-1200
Oxid dusičitý (NO ₂)	0-40	40-100	100-200	200-400	400-1000
Ozón (O ₃)	0-80	80-120	120-180	180-240	240-600
Oxid siričitý (SO ₂)	0-10	100-200	200-350	350-500	500-1250

Úroveň indexu vyjadruje 5-škálová stupnica (kvalita ovzdušia – dobrá, uspokojivá, prijateľná, zlá, veľmi zlá) a zodpovedá najhoršej hodnote (úrovni) spomedzi všetkých meraných znečisťujúcich látok na danej stanici [6], pričom:

- dopravné stanice – keďže často monitorujú menej znečisťujúcich látok, berú sa z nich len tie, ktoré merajú súčasne NO₂ a PM (PM_{2,5} alebo PM₁₀)
- ostatné stanice – do výpočtu indexu sú zahrnuté tie, ktoré merajú súčasne najmenej tri znečisťujúce látky NO₂, O₃ a PM (PM_{2,5} alebo PM₁₀)
- index pre PM₁₀ a PM_{2,5} sa počíta z koncentrácií, ktoré vychádzajú z 24-hodinových kľzavých priemerov (je to priemer za sebou idúcich 24 hodinových hodnôt)
- aktuálny index zachytáva situáciu spred šiestich hodín [6]

2 Firmy a zariadenia zaoberajúce sa kvalitou ovzdušia

Na trhu existuje množstvo firiem, ktoré sa zoberajú výhrevom a ochladzovaním domácnosti ku ktorým patrí aj kvalita vnútorného vzduchu. Stále sa zlepšujúce spoločnosti sa snažia ponúknuť najlepšie zariadenia, ktoré automaticky vymieňajú interný vydýchaný vzduch, za ten externý. Udržujú stálu teplotu v dome bez ohľadu na to či je vonku zima alebo teplo. Tento výmenný systém vzduchu sa nazýva rekuperácia.

2.1 Riadené vetranie

Dnešné domy sú oproti nedávnej minulosti nielen lepšie zateplené, ale aj dôkladne utesnené. Oba fakty významne prispievajú k zníženiu únikov tepla, a teda k menšej spotrebe energie na vykurovanie. V mnohých domoch sa používa systém tzv. nárazového vetrania (núteného), týmto pojmom sa označuje vetranie pomocou otvorených okien. Tento systém je neekologický, pretože uniká teplo, ktoré si v našich domácnostiach vyrábame či už pomocou krbu alebo plynového kotla. Ak pravidelne nevetráme tak sa zhoršuje kvalita vzduchu v interiéri, stúpa v ňom obsah CO₂ a vlhkosť a výsledkom je naša malátnosť, rosiace sa okná, plesne na stenách. [7]

Tento problém je možné odstrániť pomocou riadeného vetrania. Úlohou riadeného vetrania je zabezpečovať kontinuálnu výmenu vzduchu tak, aby boli splnené hygienické kritériá, to je zároveň v porovnaní s klasickým vetraním jeho najväčším prínosom. Použitím riadeného vetrania sa zabezpečí nielen dostatok čerstvého vzduchu, ale aj jeho čistota a vhodná vlhkosť. Privádzaný čerstvý vzduch totiž prechádza prachovým, prípadne aj peľovým filtrom, takže vnútorné prostredie je podstatne menej prašné a hygienickejšie. Ďalšou výhodou riadeného vetrania je, že pri ňom nevzniká prievan.

2.1.1 Centrálny systém

Pri centrálnom systéme je vetracia jednotka umiestnená v technickej miestnosti a vetrací vzduch sa distribuuje potrubnými rozvodmi. Čerstvý vzduch sa privádza do obytných miestností a vydýchaný sa odvádza z kuchyne, kúpeľne a toalety. Vďaka tomu nedochádza v dome k šíreniu pachov a zároveň sa odvádza nadmerná vlhkosť. [8] Výhody:

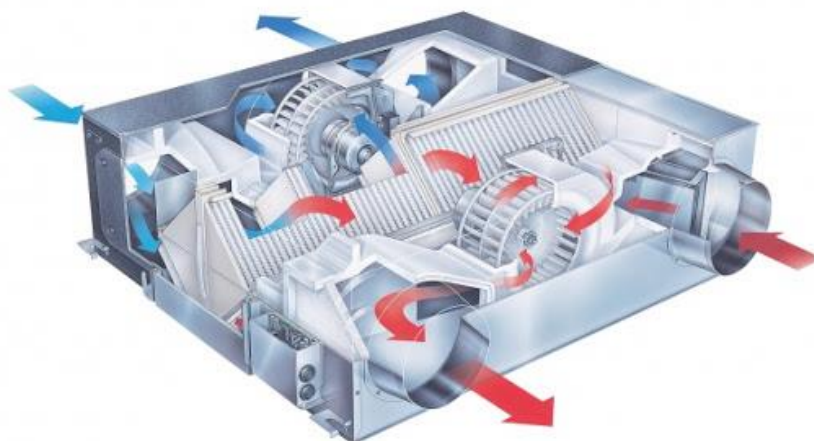
- vyššia kvalita vzduchu
- nižšia potreba tepla
- vyššia bezpečnosť

2.1.2 Decentrálny systém

Decentrálny systém tvorí sekundárnu alternatívu. Je to systém bez potrubných rozvodov, kedy sú jednotlivé, menšie vetracie jednotky osadené v obvodovej stene, prípadne sú súčasťou konštrukcie okna. [8]

2.2 Centrálna rekuperačná jednotka

Centrálna rekuperačná jednotka ma za úlohu vetrať, otepľovať, ochladzovať vzduch v celej bytovej jednotke alebo v celom objekte. Do CRJ je privádzaný vzduch z jednotlivých miestností, kde sa do jednej časti otvoru nasáva vzduch z objektu, ktorý svoju teplotu odovzdá cez krížový výmenník (rekuperátor) čerstvému vzduchu, ktorý je následne dopravený do jednotlivých miestností. Rekuperačný systém zabezpečuje kontrolované vetranie so spätným získavaním tepla. Prináša mnoho výhod ktoré zvyšujú komfort a pohodlie a zároveň znižujú náklady na prevádzku. [9] CRJ je kompaktný celohliníkový izolovaný blok, s dvoma ventilátormi, hliníkovým rekuperátorom, filtrami, dohrevom a klapkami.



Obr. 3 Centrálna rekuperačná jednotka [9]

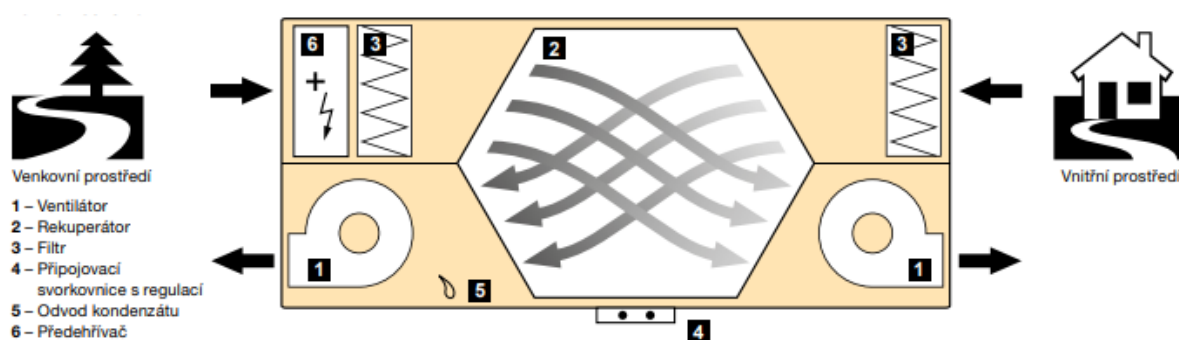
Rekuperačné vetranie je systém núteného rovnotlakového vetrania. Skladá sa z CRJ, potrubných rozvodov, tlmičov hluku, klapiek, izolácii a ovládania. Rekuperátor je výmenník spätného získavania tepla (chladu) kde odpadový vzduch odovzdáva teplo (chlad) vzduchu prichádzajúcemu, bez zmiešavania.

2.1.1 Venus

Vzduchový výkon sa pohybuje v rozmedzí $140\text{m}^3/\text{h}$ až $700\text{m}^3/\text{h}$. K tejto jednotke je možné pripojiť snímač vlhkosti a snímač CO_2 . VENUS je kompaktná rekuperačná jednotka nízkej hmotnosti, ktorá je vyrobená z polypropylénu. Rekuperačná jednotka je vzduchotechnické zariadenie, ktoré nasáva potrubím vzduch z vonkajšieho prostredia a odovzdáva mu teplo z odvádzaného (ohriateho) vzduchu, bez toho aby došlo k ich zmiešaniu. Ďalej je čerstvý vzduch dopravovaný potrubím do jednotlivých miestností. Privedený a odvedený vzduch je tiež filtrovaný. V opačnom smere zariadenie nasáva vzduch z miestnosti, odoberá mu teplo a vyfukuje ho do vonkajšieho prostredia.



Obr. 4 CRJ – Venus Recover [10]



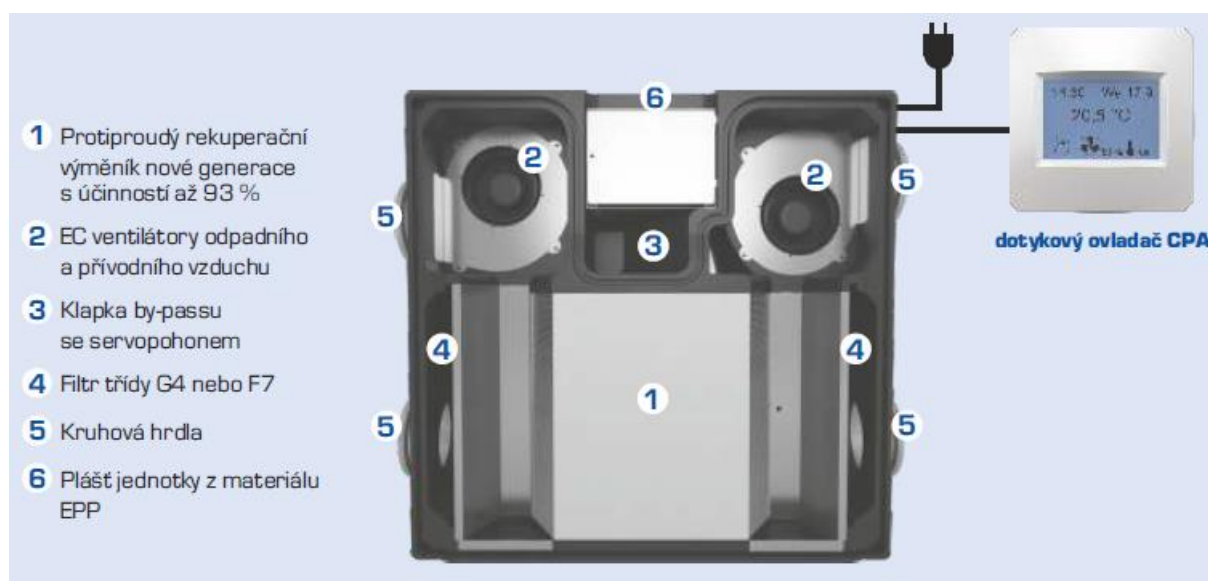
Obr. 5 CRJ – Venus Recover – funkční schéma [11]

2.1.2 Atrea

Rovnotlaková vetracia jednotka DUPLEX je vybavená úspornými ventilátormi a klapkou. Je určená pre podstropnú inštaláciu. Max. kapacita vzduchu 175m³/h ju predurčuje do menších stavieb s krátkymi rozvodnými trasami. Zariadenie je vybavené digitálnou reguláciou rady CP, ktorá umožňuje pripojiť širokú škálu externých vstupov od čidiel kvality vzduchu (čidlo relatívnej vlhkosti, čidlo CO₂), až po ovládanie cez kontaktné zopnutie v kúpeľni alebo v kuchyni. Zariadenie je možné doplniť o voliteľné zabudovateľné alebo externé príslušenstvo, napr. integrovaný elektrický predhrievač, alebo dohrievač, vodný alebo elektrický dohrev, uzatváracie klapky, cirkuláciu.



Obr. 6 CRJ – Atrea Duplex 350 [12][12]



Obr. 7 CRJ – Atrea Duplex 350 – funkční schéma [13][13]

3. Návrh a implementácia riešenia zvolenej problematiky

V tejto časti sa budeme venovať kompletnej realizácii zariadenia, ktoré má za úlohu meranie a archiváciu hodnôt jednotlivých chemických látok, ktoré môžu v nepriaznivom prostredí spôsobovať človeku zdravotné ťažkosti. Hodnoty sú merané prostredníctvom nami vybranými senzorovými modulmi.

3.1 Vývojová doska Arduino UNO

Arduino Uno je v súčasnej dobe asi najčastejšie používaný typ programovateľnej dosky. Na doske nájdeme procesor ATmega328, ktorý bol vyvinutý spoločnosťou Arduino.cc. Doska je vybavená sadami pinov digitálneho a analógového vstupu alebo výstupu, referenčné napätie pre analógové vstupy je štandardne 5V. Piny A4 a A5 navyše disponujú špecializovanú funkciu pre komunikáciu s I2C zbernicou, tieto piny budeme používať pri napájaní 16x2 LCD displeja, ktorý je pripojený na už spomínanú zbernicu. Doska má 14 digitálnych pinov a je programovateľná pomocou jazyka C a C++ v prostredí Arduino IDE, pripojenie k PC je zabezpečené cez USB kábel typu B.



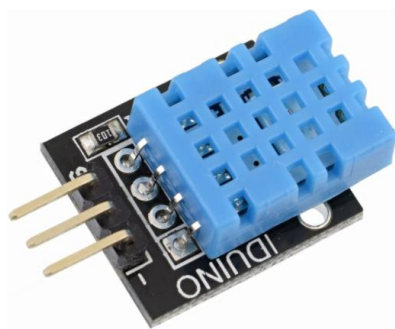
Obr. 8 Vývojová doska Arduino UNO

3.2 Senzorový modul pre meranie teploty a vlhkosti

3.2.1 Modul DHT11

Modul na Obr. 9 je digitálny snímač teploty a vlhkosti. Na meranie okolitého vzduchu využíva kapacitný snímač vlhkosti a termistor. Jeho použitie je pomerne jednoduché. Jedinou skutočnou nevýhodou tohto senzora je, že ak chceme merať teplotu a vlhkosť čo najpresnejšie, údaje zo senzora sa dajú získať iba raz za 2 sekundy. Vlastnosti:

- Meranie vlhkosti v rozsahu 20 - 80% s presnosťou 5%
- Meranie teploty v rozsahu 0-50 ° C s presnosťou ± 2 ° C



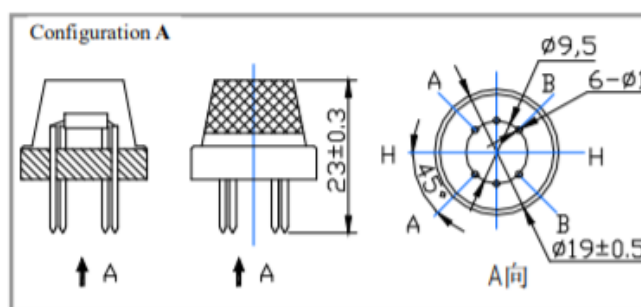
Obr. 9 Modul DHT11 [14]

[14]

3.3 Moduly merania plynov

Pri meraní plynov sa výrazom PPM označuje objemové množstvo plynu vo vzduchu. Dve najpoužívanejšie jednotky pri meraní plynu sú PPM (parts-per-milion) čo je počet nameraných molekúl v milióne molekulách vzduchu, alebo percentá.

Všetky použité senzory majú rovnakú štruktúru a konštrukciu. Líšia sa len hodnotou RL a citlivosťou pre jednotlivé plyny. Na Obr. 10 sú znázornené rozmery, rozloženie a označenie jednotlivých pinov.



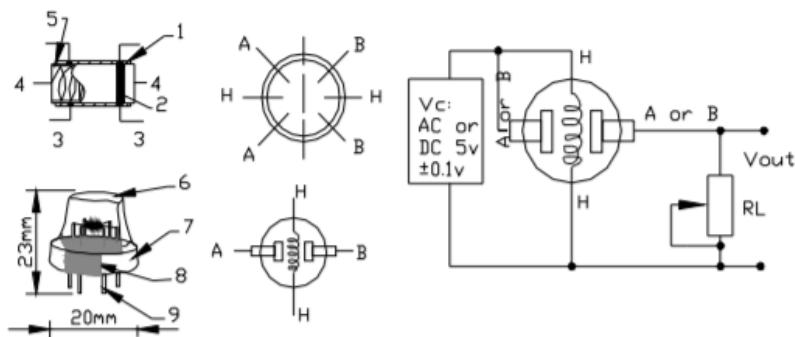
Obr. 10 Štruktúra senzora [15]

Štruktúra a konfigurácia použitých plynových senzorov je znázornená na Obr. 10, senzory sú zložené z keramickej trubice Al_2O_3 , citlivej vrstvy SnO_2 , meracej elektródy a ohrievača, ktoré sú uložené v obale z plastu a sieti z nehrdzavejúcej ocele.

Tab. 4 Zoznam komponentov [15]

	Komponent	Materiál
1	Vrstva pre snímanie plynu	SnO_2
2	Elektróda	Au
3	Vedenie elektródy	Pt
4	Ohrievacia špirála	Zliatina Ni a Cr
5	Keramicná trubica	Al_2O_3
6	Sieť proti výbuchu	Nehrdzavejúca oceľ
7	Upínací krúžok	Medené pokovovanie
8	Plastový obal	Plast
9	Pin	Medené pokovovanie

Zloženie senzora je opísané na Obr. 11 pomocou Tab. 4. Pri konštrukcii senzorov sa využívajú prvky a ich zliatiny, ktoré majú dobré elektrické vlastnosti a sú najčastejšie využívané v elektrotechnike. Konštrukcia senzora je pomerne jednoduchá, skladá sa z 9 častí, ktoré sú opísané v Tab. 4 spolu s použitými materiálmi. Elektrický obvod je taktiež pomerne jednoduchý, všetky použité senzory využívajú jednosmerné napájacie napätie 5V.

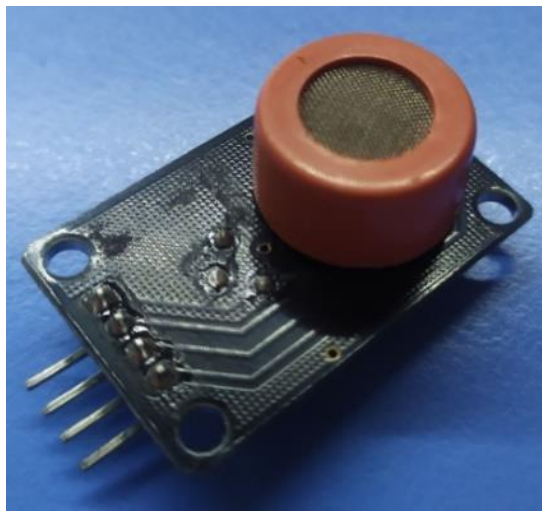


Obr. 11 Zloženie senzora a elektrický obvod senzora [15]

3.3.1 Senzorový modul MQ-3

Na Obr. 12 je prvý z použitých modulov. Jeho primárna vlastnosť je meranie koncentrácie alkoholu (etanolu) vo vzduchu. Vlastnosti:

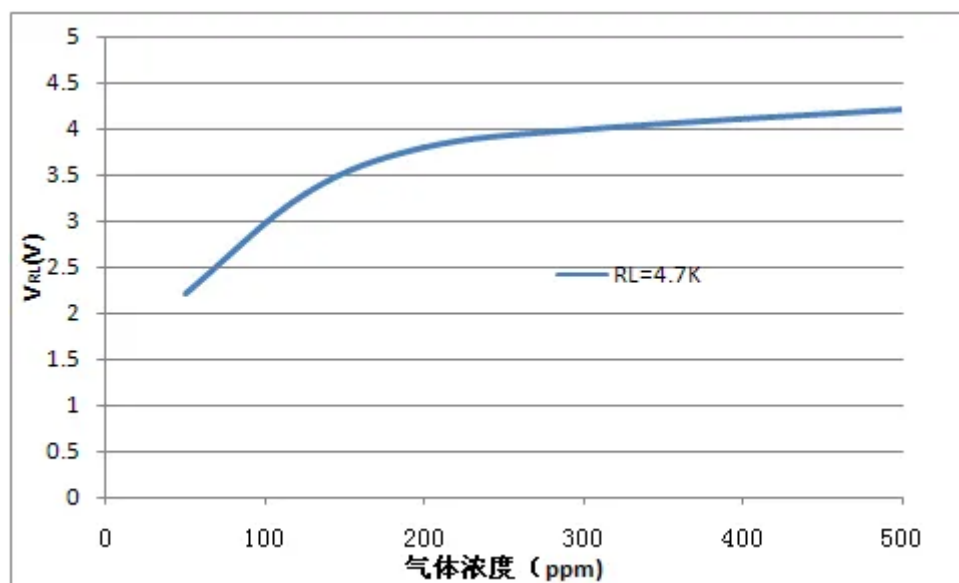
- Merací rozsah 25 – 500ppm
- Dobrá citlivosť na plynny alkohol
- Rýchla odozva a vysoká citlivosť
- Kompatibilné s väčšinou mikrokontrolérov
- Nízka citlivosť pre benzén



Obr. 12 Modul MQ-3

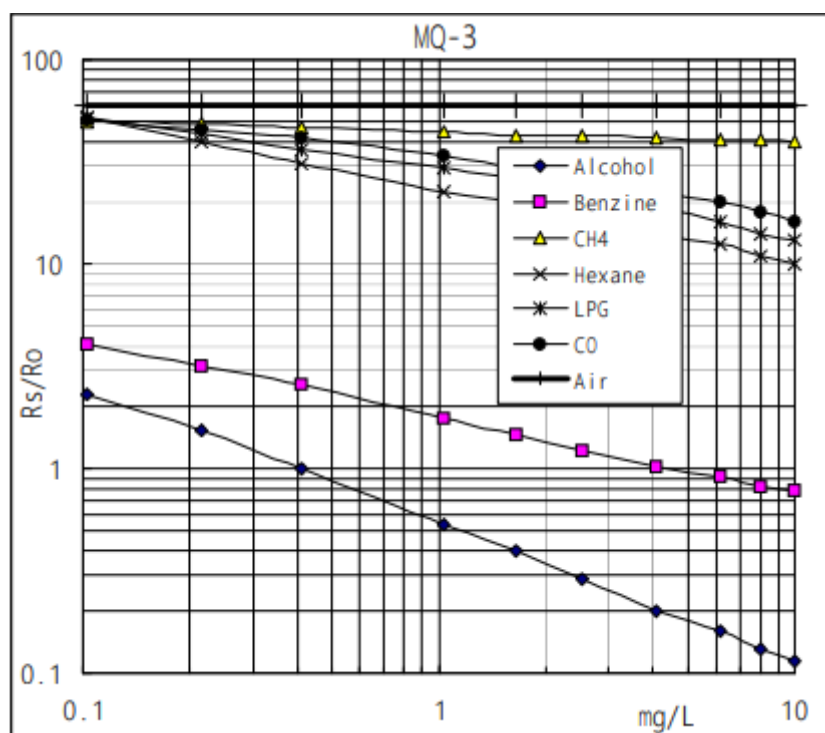
Tento senzor deteguje prítomnosť a koncentráciu alkoholu prítomného v okolitom vzduchu. Dokáže, taktiež detegovať benzén a LPG. MQ-3 je jedným z najbežnejšie používaným senzorom zo série MQ. Snímanie je založené na zmene odporu snímacieho materiálu pri vystavení alkoholu. Pracuje na 5V DC a odoberá približne 800mW [15][15]. Snímač je poháňaný ohrievačom, preto je uzatvorený a na vrchu senzora sa nachádza sieť, ktorá chráni okolie pred výbuchom, pretože tento senzor je primárne určený na meranie koncentrácie horľavých látok.

Podľa dokumentácie k senzoru, MQ-3 senzor deteguje od 25 do 500 ppm alkoholu [15]. Na Obr. 13 je graf pomeru napätia ku koncentrácii alkoholu.



Obr. 13 Pomer napätia ku koncentrácii alkoholu [16][16]

Všimnime si, že graf bol odvodený so záťažovým odporom 4,7kΩ. Bolo by ťažké replikovať výsledky z tohto grafu, namiesto toho použijeme graf pomeru R_s/R_o . Kde R_s predstavuje odpor snímača pri snímaní určitej koncentrácie a R_o činí odpor snímača pri nami definovanej nulovej koncentrácii. Pre získané hodnoty vyjadrenej zaužívanou jednotkou [mg/l] je potrebné zistiť hodnotu R_s/R_o .



Obr. 14 Logaritmický graf detekcie plynov MQ-3 [15]

Tu vidíme rôzne krivky pre každý plyn, ktoré dokáže MQ-3 detegovať. Z grafu vyššie vieme, že pomer R_{\square}/R_0 je konštantný 60 pre čistý vzduch. Taktiež podľa definície vieme, že len R_{\square} sa mení v závislosti od koncentrácie a R_0 zostáva konštantné. Preto, ak môžeme určiť hodnotu R_{\square} v čistom vzduchu, môžeme určiť aj R_0 a nakoniec R_{\square}/R_0 . Hodnotu alkoholu načítavame prostredníctvom analógového konektora (A_0), pretože ide o meniace sa napätie.

Na začiatku potrebujeme zariadenie kalibrovať, tzn. určiť si počiatočný odpor zariadenia, k tomu slúži funkcia MQ3_calib. Pri použití tejto funkcie je potrebné, aby bolo zariadenie umiestnené v čistom ovzduší bez prítomnosti alkoholu. Vo funkcii prebehne séria výpočtov:

$$R_{\square} = \left(\frac{V_c * RL}{VRL} \right) - RL \quad (1.1)$$

Rovnica (1.1) je odôvodená z Ohmového zákona [17]. Kde V_c je napätie obvodu, RL je zaťažovací odpor senzora, túto hodnotu poznáme z dokumentácie, VRL je napätie senzora, ktoré sa mení, preto v tomto výpočte použijeme počiatočnú hodnotu pri kalibrácii. Po dosadení dostaneme:

$$R_{\square} = \left(\frac{5,0 * 200}{0,3} \right) - 200 = 3133.34 [k\Omega] \quad (1.2)$$

Ak poznáme hodnotu R_{\square} a konštantu pre vzduch, R_0 si vypočítame:

$$R_0 = \frac{R_{\square}}{60} = 52.23 [k\Omega] \quad (1.3)$$

Funkcia MQ3_calib() sa použije iba raz a to na začiatku programu. Slúži iba na vypočítanie hodnoty R_0 . Na vypočítanie koncentrácie potrebujeme komplexnejší výpočet. Z Obr. 14 vieme že graf je typu log-log. To znamená, že v lineárnom meradle je správanie koncentrácie plynu vzhľadom na pomer odporu exponenciálne. Tým že graf je typu log-log, budeme vychádzať zo vzorca:

$$\log(y) = a * \log(x) + b \quad (1.4)$$

Pre výpočet si potrebujeme vybrať dve ľubovoľné body z Obr. 14 (Alcohol). V mojom prípade sú tieto body [0.4;1] a [4;0.2] pre alkohol. Pre výpočet a je výpočet nasledujúci:

$$a = \frac{[\log(y) - \log(y_0)]}{[\log(x) - \log(x_0)]} \quad (1.5)$$

$$a = \frac{\log(\frac{y}{y_0})}{\log \frac{x}{x_0}} \quad (1.6)$$

$$a = \frac{\log(\frac{0.2}{1})}{\log(\frac{4}{0.4})} \quad (1.7)$$

$$a = -0.699 \quad (1.8)$$

Teraz už poznáme a , potrebujeme si ešte vypočítať b , znova si vyberieme jeden bod z grafu. V mojom prípade to je (1;0.5). Po upravení rovnice (1.4) dostávame:

$$b = \log(y) - a * \log(x) \quad (1.9)$$

$$b = \log(0.5) - (-0.699) * \log(1) \quad (2.0)$$

$$b = -0.3 \quad (2.1)$$

Keď už poznáme a a b , môžeme nájsť koncentráciu alkoholu pre ľubovoľný pomer:

$$\log(x) = \frac{\log(y) - b}{a} \quad (2.2)$$

Avšak ak chceme dostať reálne hodnoty koncentrácie, potrebujeme ešte nájsť inverznú funkciu:

$$x = 10^{\left[\frac{\log(y)-b}{a}\right]} \quad (2.3)$$

Tieto výpočty sú použité v programe, v hlavnej funkcii MQ3_ppm(). Tento postup je využitý aj pri ďalších senzorochoch. Menia sa len hodnoty a a b .

3.3.2 Senzorový modul MQ-6

Na Obr. 15 je druhý z použitých modulov, jeho úlohou detegovať alebo merať plyny ako LPG a bután.

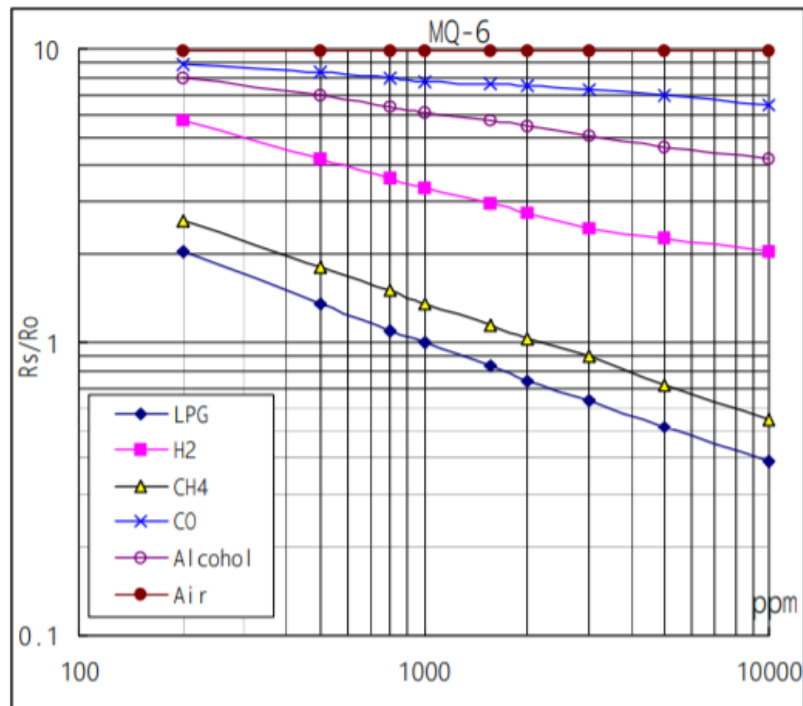
Vlastnosti:

- Merací rozsah 200-10000ppm
- Predhriatie trvá 20 sekúnd
- Analógové výstupné napätie: 0V až 5V
- Vysoká senzitivita pre LPG, propán
- Nízka senzitivita na alkohol a dym
- Rýchla odozva



Obr. 15 Modul MQ-6

Podobne ako pri senzore MQ-3, aj MQ-6 pracuje na podobnom princípe. Meranie prebieha pomocou pinu A1, ktoré vydáva rôzne napätia zodpovedajúce hladine LPG vo vzduchu. Podľa dokumentácie vieme že graf je opäť typu log-log. Obr. 16 zobrazuje senzitivnú charakteristiku plynov za určitých podmienok. R_0 je v tomto prípade definované ako odpor senzora pri koncentrácii 1000ppm plynu LPG v čistom vzduchu. Aj keď je senzor MQ-6 schopný detegovať ďalšie plyny, je primárne určený na meranie LPG. Z grafu vieme že pomer R_s / R_0 je rovný konštante 10 pre čistý vzduch. Táto konštanta je potreba pre určenie skutočnej koncentrácie LPG v ppm. [18]



Obr. 16 Logaritmický graf detekcie plynov MQ-6 [18]

Pre prvotné určenie R_0 slúži funkcia `MQ6_calib()`. Opäť prebehne séria výpočtov pre určenie začiatočného odporu. Hodnota R_L pre senzor MQ-6 je $20k\Omega$

$$R_{\square} = \left(\frac{5,0 * 20}{0,5} \right) - 20 = 180[k\Omega] \quad (2.4)$$

$$R_0 = \frac{R_{\square}}{10} = 18 [k\Omega] \quad (2.5)$$

Pre určenie potrebujeme vypočítať hodnotu $MQ6_a$ a $MQ6_b$. Vyberieme si dva body z grafu. V mojom prípade to sú [200 ; 2] a [1000 ; 1]. Po dosadení.

$$MQ6_a = \frac{\log(\frac{y}{y_0})}{\log \frac{x}{x_0}} \quad (2.6)$$

$$MQ6_a = \frac{\log(\frac{1}{2})}{\log(\frac{1000}{200})} \quad (2.7)$$

$$MQ6_a = -0.4306 \quad (2.9)$$

Pre výpočet hodnoty b si potrebujeme zvoliť ďalší bod. [5000 ; 0.5]

$$b = \log(y) - m * \log(x) \quad (2.10)$$

$$MQ6_b = \log(0.5) - (-0.4306) * \log(5000) \quad (2.11)$$

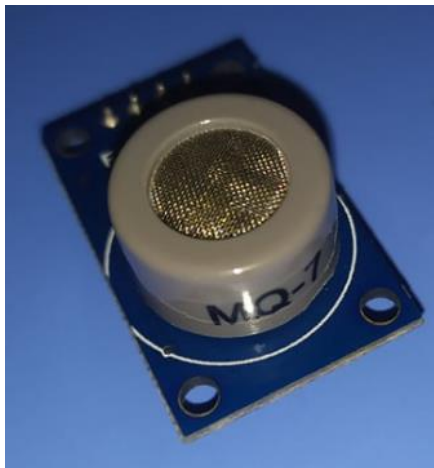
$$MQ6_b = 1.289 \quad (2.12)$$

Tieto hodnoty sa ďalej použijú vo funkcii pre výpočet koncentrácie LPG, MQ6_ppm().

3.3.3 Senzorový modul MQ-7

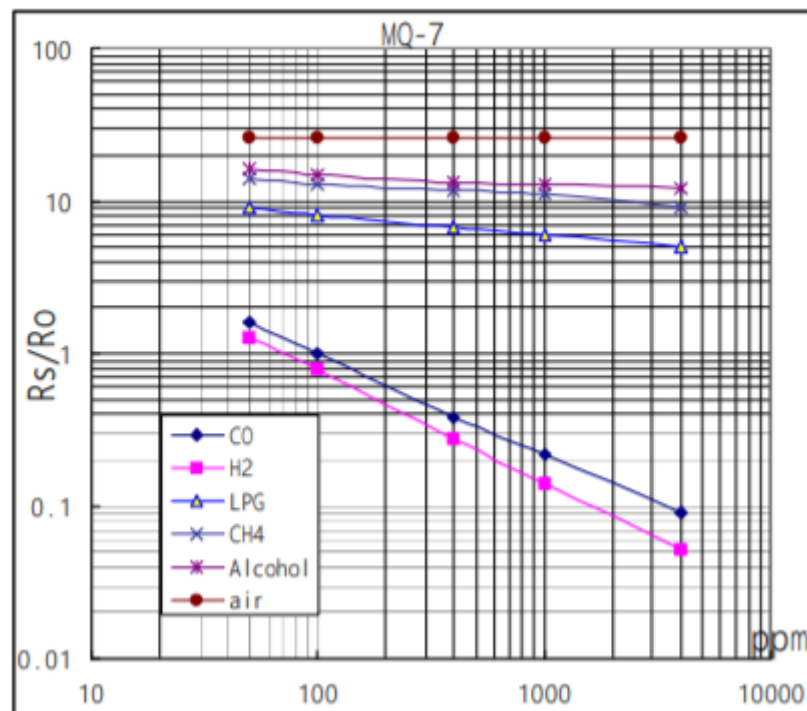
Na Obr. 17 je tretí z použitých modulov, má vysokú citlivosť na oxid uhoľnatý. Senzor by sa mohol použiť na detekciu rôznych plynov, ktoré obsahujú CO, je lacný a vhodný pre rôzne aplikácie. Vlastnosti:

- Merací rozsah 20-2000ppm
- Dobrá citlivosť na horľavý plyn v širšom rozsahu
- Vysoká citlivosť na zemný plyn
- Dlhá životnosť a nízke náklady



Obr. 17 Modul MQ-7

Senzor MQ-7 pre meranie oxidu uhoľnatého je špeciálne navrhnutý tak, aby bol citlivý na plynný CO, ktorý emitujú vozidlá, továrne ale spaľovaním rôznych látok. Podľa dokumentácie, senzor deteguje CO v rozmedzí 20 - 2000 ppm. Z Obr. 18 vieme vyčítať, že pomer R_A/R_0 pre vzduch je konštantný, táto konštanta má hodnotu 27. Meranie prebieha pomocou analógového pinu A2. [19]



Obr. 18 Logaritmický graf detekcie plynov MQ-7 [19]

Výpočet je rovnaký ako pri predchádzajúcich senzoch, menia sa len hodnoty. Najprv je potrebné vypočítať hodnotu R_0 , ktorá sa počíta vo funkcii `MQ7_calib()`. Hodnota RL pre senzor MQ-7 je $10k\Omega$

$$R_{\square} = \left(\frac{5,0 * 10}{0,55} \right) - 10 = 80,9[k\Omega] \quad (2.13)$$

$$R_0 = \frac{R_{\square}}{27} = 2,99[k\Omega] \quad (2.14)$$

Po vypočítaní R_0 nasleduje funkcia `MQ7_ppm()`. Táto funkcia vypočíta koncentráciu CO v okolí. Pre výpočet je potrebné si vybrať dva body z grafu, ktoré použijeme pre výpočet $MQ7_a$ a $MQ7_b$. V tomto výpočte som použil [100 ; 1] a [400 ; 0.4].

$$MQ7_a = \frac{\log(\frac{0,4}{1})}{\log(\frac{400}{100})} \quad (2.15)$$

$$MQ7_a = -1,321 \quad (2.16)$$

Pre výpočet hodnoty b, je potrebné si zvoliť ďalší bod [4000 ; 0.09]

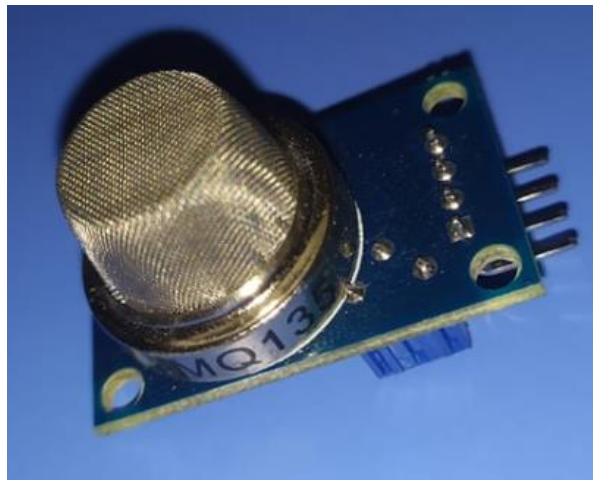
$$MQ7_b = \log(0,09) - (-1,321) * \log(4000) \quad (2.17)$$

$$MQ7_b = 3,712 \quad (2.18)$$

3.3.4 Senzorový modul MQ-135

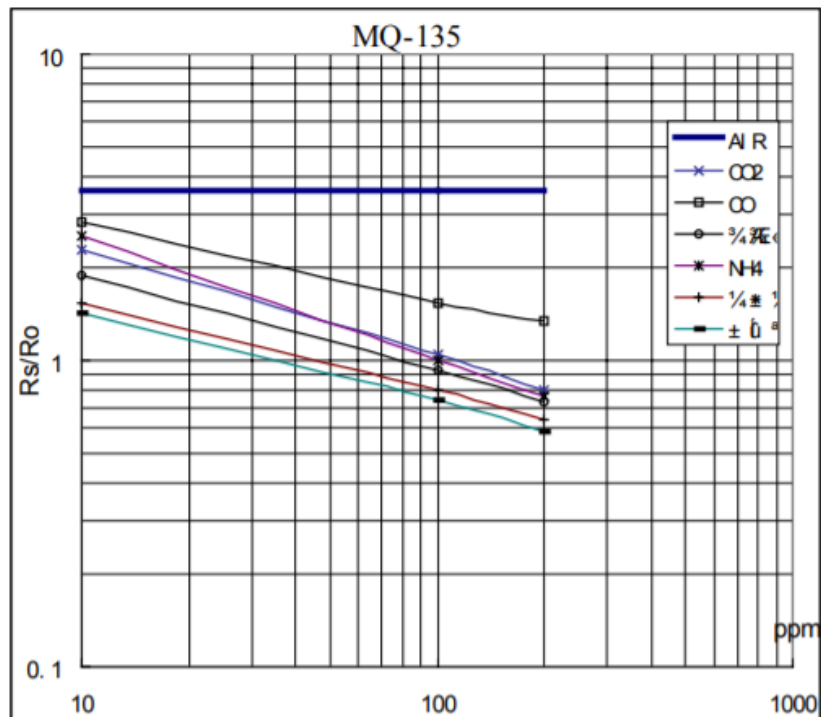
Na Obr. 19 je posledný z použitých modulov, ktorý má vysokú citlivosť na viacero plynov ako je NH_3 , NO_x , alkohol, benzén, dym, CO_2 atď. Vlastnosti:

- Merací rozsah 10 – 1000ppm
- Rýchla odozva a vysoká citlivosť
- Široký rozsah detekcie
- Prevádzkové napätie je 5V



Obr. 19 Modul MQ-135

Tento senzor sa označuje aj ako senzor kvality vzduchu, pretože dokáže detegovať viaceré dôležité plyny ako benzén, acetón, alkohol, amoniak, oxid uhličitý atď. Modul bol vybratý pre meranie koncentrácie CO_2 . Aby bola kalibrácia a teda počiatočný odpor R_0 čo najpresnejší, senzor sa musí zohrievať po dobu 24 hodín, za ideálnych podmienok a pri nízkej koncentrácii CO_2 . Aj v tomto prípade vieme z Obr. 20 zistiť, že pomer R_s / R_0 pre vzduch je konštantný a má hodnotu 3.6, túto hodnotu použijeme neskôr pre výpočet *ppm*. Výpočet pri kalibrácii prebieha vo funkcii `MQ135_calib()`. V tejto funkcii sa počíta počiatočný odpor senzora.



Obr. 20 Logaritmický graf detekcie plynov MQ-135 [20]

Tak ako pri predchádzajúcich senzoroch aj tento výpočet bol podobný. Podľa dostupnej dokumentácie je hodnota R_L 20 $k\Omega$. [20]

$$R_{\text{v}} = \left(\frac{5,0 \cdot 20}{0,55} \right) - 20 = 161,81 \quad (2.18)$$

$$R_0 = \frac{R_{\text{v}}}{3,6} = 44,94 \text{ [} k\Omega \text{]} \quad (2.19)$$

Aj v tomto prípade je potrebné si z grafu vybrať dva body [10 ; 2.4] a [40 ; 1.5].

$$MQ135_a = \frac{\log(\frac{1,5}{2,4})}{\log(\frac{40}{10})} \quad (2.20)$$

$$MQ135_a = -0,339 \quad (2.21)$$

Pre výpočet hodnoty $MQ135_b$, je potrebné si zvoliť ďalší bod [200 ; 0.8]

$$MQ135_b = \log(0,8) - (-0,339) \cdot \log(200) \quad (2.22)$$

$$MQ135_b = 0,683 \quad (2.23)$$

3.4 Doplnkové moduly

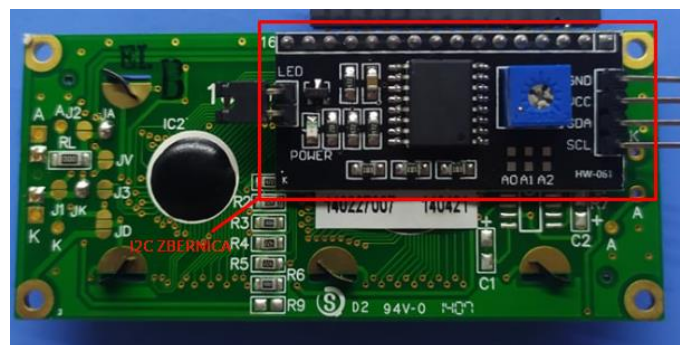
Pre fungovanie spracovaných senzorov, aby bolo zariadenie prenosné a ľahko ovládateľné bolo potrebné pridať moduly ako LCD modul, tlačidlá pre ovládanie a menič napätia. Jednotlivé moduly so podrobnejšie spracované s nadchádzajúcich kapitolách.

3.4.1 Modul LCD 16x2 s I2C zbernicou

Niekedy je lepšie, pohodlnejšie ak si dáta, ktoré chceme skúmať alebo pozorovať vypíšeme na LCD displej. Existujú rôzne druhy displejov, rôzne veľkosti, využitia, farby, displeje so zbernicou, bez zbernice. V realizovanom zariadení sa používa LCD 16x2 modul s I2C zbernicou. Číslo 16x2 napovedá, že displej dokáže vypísať 16 znakov do každého z 2 riadkov. I2C je sériová zbernica používaná na základných doskách na pripojenie periférií, ktoré nevyžadujú vysokú rýchlosť prenosu dát. [21]



Obr. 21 LCD 16x2

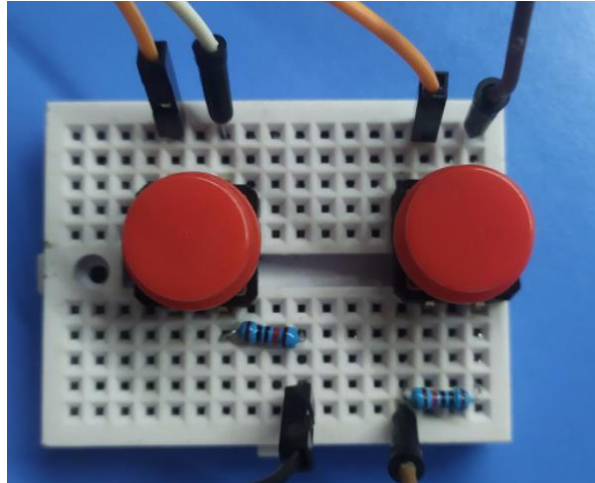


Obr. 22 I2C zbernica na module LCD

Každý mikrokontrolér má na doske Arduina vyvedené piny SDA (A4) a SCL (A5). Ich výhodou je aj skutočnosť, že s ich pomocou môžeme zapojiť aj viacej zariadení, ktoré podporujú komunikáciu prostredníctvom I2C zbernice a odlišujú sa svojou adresou. Výstupom zbernice sú 4 piny, dve pre napájanie VCC a GND, SCL a SDA pre komunikáciu. Pre komunikáciu s LCD modulom a I2C zbernicou sa v programe používa knižnica `LiquidCrystal_I2C.h`.

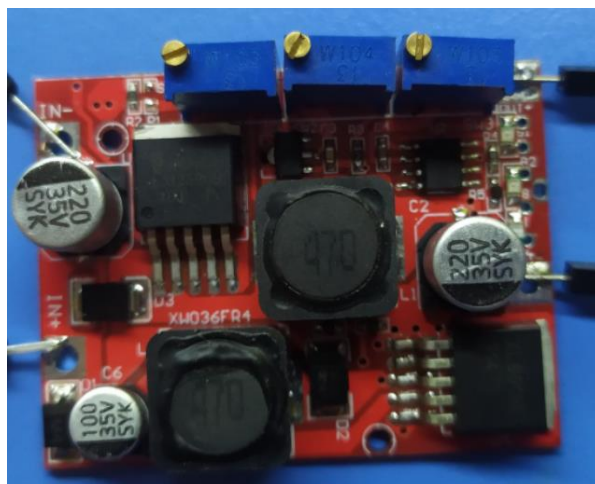
3.4.2 Ovládanie

Na ovládanie displeja sa používajú dve tlačidlá, po stlačení jednotlivých tlačidiel sa na displeji posúvame doprava alebo doľava. Tlačidlá využívajú $10\text{ k}\Omega$ rezistor pre zníženie napätia. Sú pripojené na digitálny vstup D5 a D6.



Obr. 23 Tlačidlá na ovládanie

3.4.3 DC-DC Step down menič napätia LM2577S

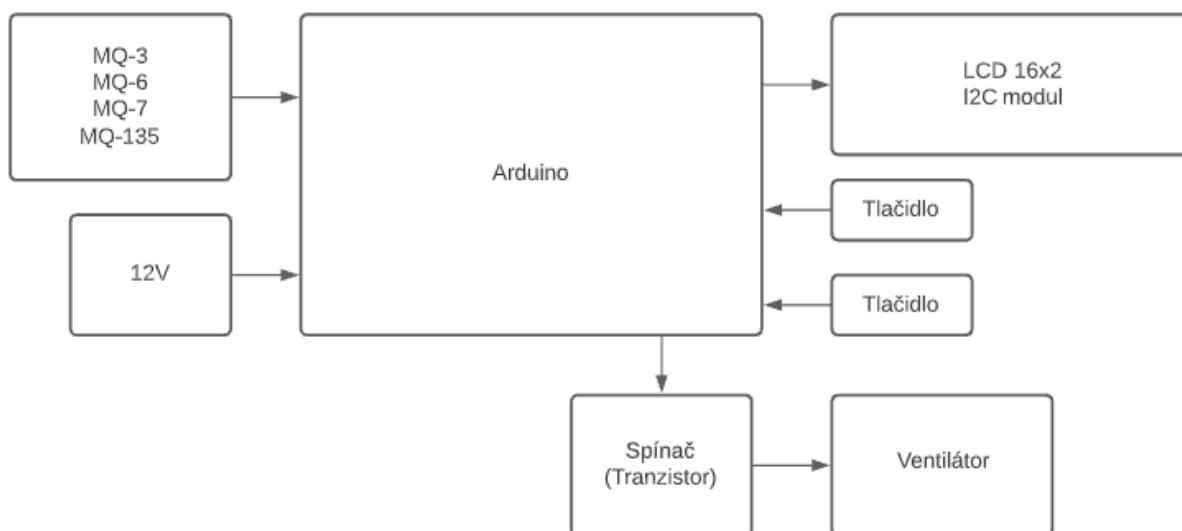


Obr. 24 Menič napätia

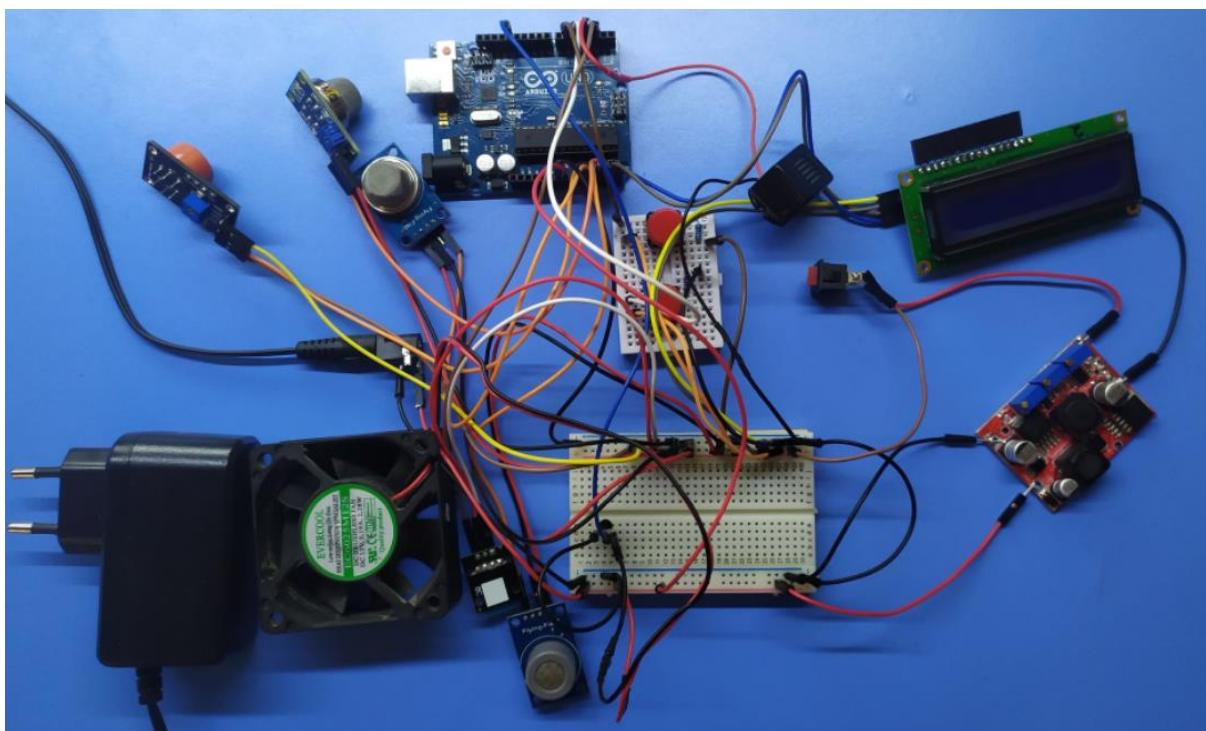
Aby bolo zariadenie spustiteľné a plne funkčné, bolo potrebné pridať menič napätia LM2577S, [22] ktorý je napájaný vstupným napätím 12V a výstupne napätie je 5V. Vstupné napätie vychádza z jednej strany kontaktného poľa, na tomto kontaktnom poli je napojený aj ventilátor, ktorý taktiež funguje na 12V, prechádza cez menič napätia. Výstupné napätie je napojené na druhú stranu kontaktného poľa, na ktorom sú napojené všetky senzory, LCD modul a alarm.

3.5 Prehľad navrhovaného systému

Používané moduly sú zapojené do kontaktného poľa.



Obr. 25 Prehľad navrhovaného systému

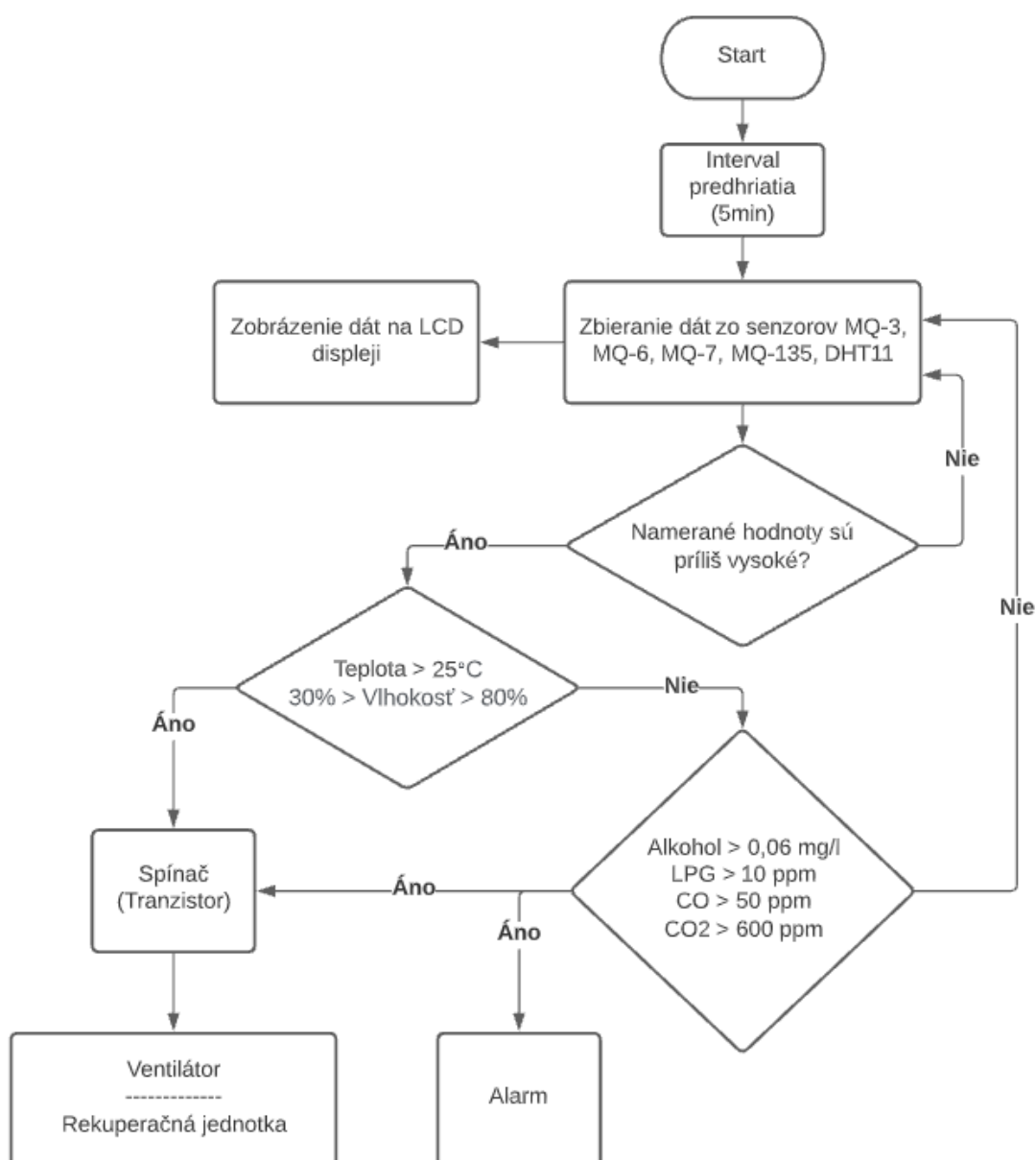


Obr. 26 Prototyp zapojeného zariadenia

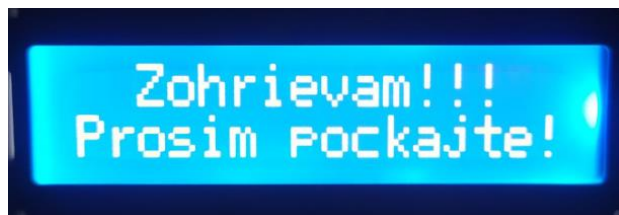
4. Návrh algoritmu schéma zapojenia

4.1 Návrh algoritmu

Na Obr. 27 sa nachádza návrh algoritmu. Po zapnutí zariadenia sa na začiatku odohrá interval prehriatia, ktorý trvá 300 sekúnd. Interval predhriatia je určený primárne na zahriatie špirál, ktoré sú vstavané v senzorochoch. Ideálne by na zahriatie špirál bol potrebný čas 24 hodín, aby sa senzory zahriali a pripravili na meranie. Následne sa zobrazia namerané hodnoty na LCD displeji.



Obr. 27 Bloková schéma navrhovaného systému na meranie znečisťovania ovzdušia



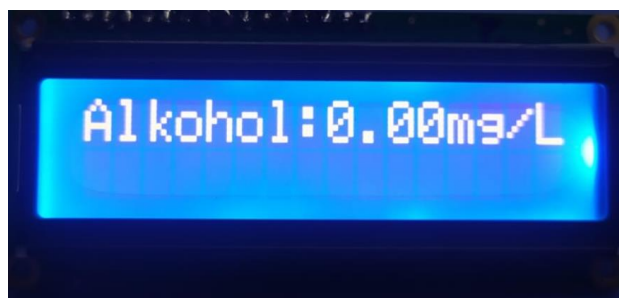
Obr. 28 Predhriatie senzorov

V prvej fáze, keď sa skonštruované zariadenie zapne, nastáva predhriatie senzorov. Po predhriatí sa ako prvé zobrazia hodnoty pre vlhkosť a teplotu Obr. 29. Tieto hodnoty sa aktualizujú každé 2 sekundy.



Obr. 29 Teplota a vlhkosť

Na Obr. 30 je znázornená koncentrácia alkoholu v prostredí, táto hodnota sa pri detegovaní plynu mení v intervale 2 sekúnd, spomínaný interval je použitý aj pri nasledujúcich meraniach.



Obr. 30 Koncentrácia alkoholu

Na Obr. 31 je znázornená koncentrácia LPG v interiéri



Obr. 31 Koncentrácia LPG

Na Obr. 32 je znázornená koncentrácia CO v interiéri.



Obr. 32 Koncentrácia CO

Na Obr. 33 je znázornená koncentrácia CO₂ v interiéri.

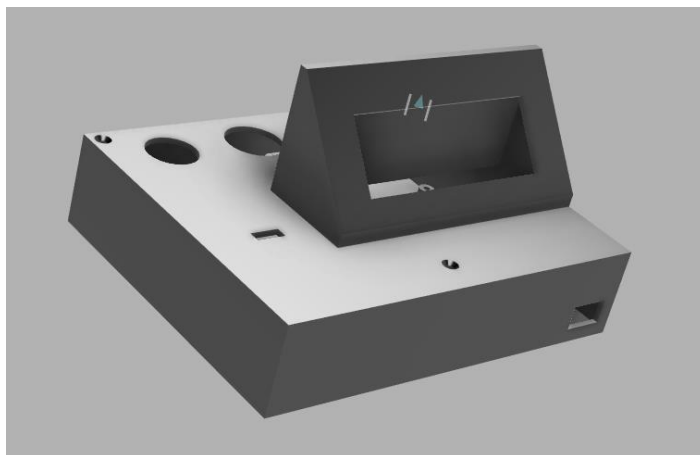


Obr. 33 Koncentrácia CO₂

4.2 Obal zariadenia

Aby jednotlivé vodiče, moduly a komponenty použité pre správne fungovanie zariadenia neboli chaoticky rozmiestnené. Pomocou 3D programu na modelovanie bol navrhnutý jednoduchý obal, kde by boli umiestnené jednotlivé komponenty. Následne sa tento model previedol do fyzickej podoby pomocou 3D tlačiarne. V hornej časti obalu sa nachádzajú moduly pre meranie koncentrácie plynov, taktiež senzor pre meranie teploty a vlhkosti, LCD displej, alarm a 2 tlačidlá pre ovládanie displeja. Vo vnútri sa nachádza kontaktné pole, Arduino mikrokontrolér a menič napätia.

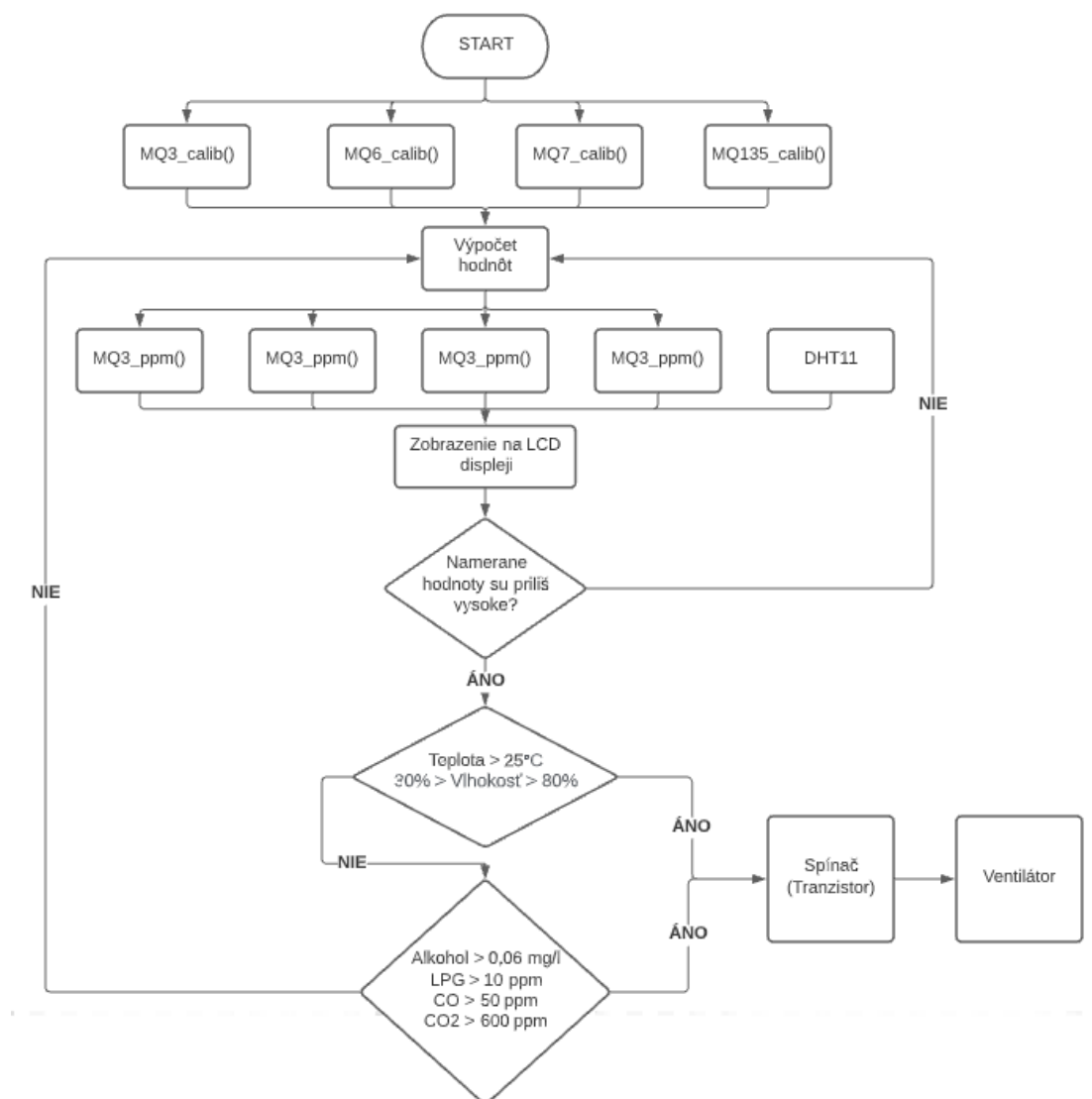
Viac fotografií v prílohe B.



Obr. 34 Grafický návrh zariadenia

4.2 Implementácia algoritmu

Obr. 35 zobrazuje implementáciu algoritmu vo funkčnom zariadení. V algoritme sa na začiatku uskutočnia funkcie MQ3_calib(), MQ6_calib(), MQ7_calib(), MQ135_calib(). V týchto funkciách sa vypočíta počiatočný odpor senzorov R0. Tento počiatočný odpor sa následne použije vo funkciách pre výpočet koncentrácie plynu pre jednotlivé senzory. Napr. hodnota R0 z funkcie MQ3_calib() sa použije vo funkcií MQ3_ppm(). Následne sa tieto hodnoty zobrazia na LCD modul. Pri prekročení nastavených limitných hodnôt teploty a vlhkosti sa zapne ventilátor prostredníctvom výstupu s otvoreným kolektorom spínacím na zem. Ak sa prekročia aj hranice rizikových plynov, ktoré zaznamenávajú jednotlivé senzory, zapne sa ventilátor a začne písať alarm, ktorý signalizuje, že sa zvýšila koncentrácia meraných plynov.

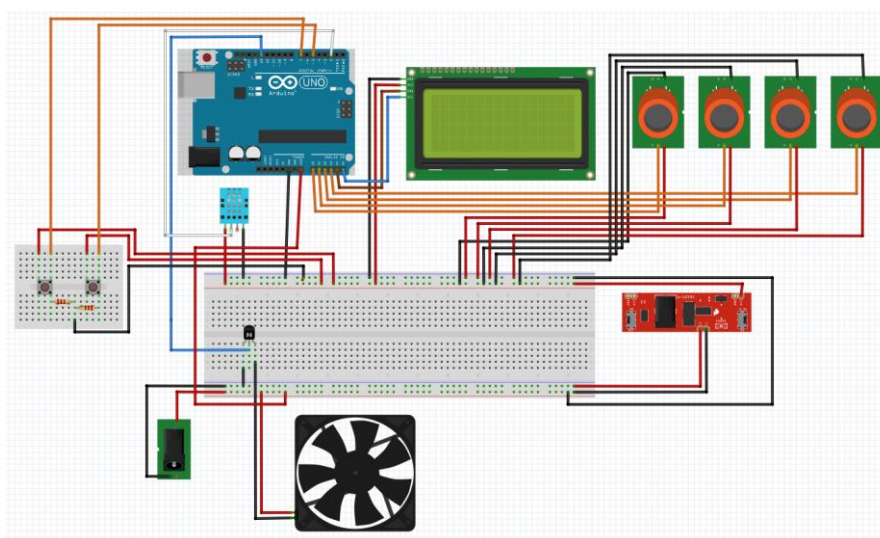


Obr. 35 Implementácia algoritmu

Tab. 5 Zapojenie modulov

Arduino	Modul/Pin	
A0	MQ-3	AOUT
A1	MQ-6	AOUT
A2	MQ-7	AOUT
A3	MQ-135	AOUT
GND	MQ-all	GND
A4	I2C zbernica	SDA
A5	I2C zbernica	SCL
D2	DHT11	SIGNAL
D3	ALARM	5V
D5	BUTTON RIGHT	SIGNAL
D6	BUTTON LEFT	SIGNAL
D13	VENTILATOR	SIGNAL

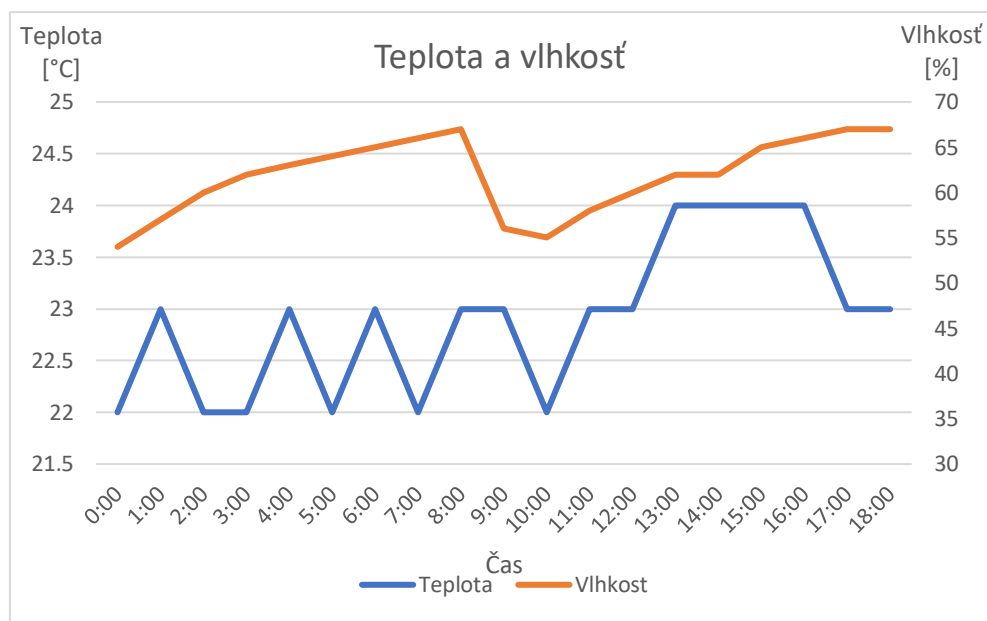
Pomocou Tab. 5 je spracovaná grafická schéma zapojenia zariadenia Obr. 35, tabuľka je zameraná na pripojenie jednotlivých digitálnych a analógových pinov do mikrokontroléra.



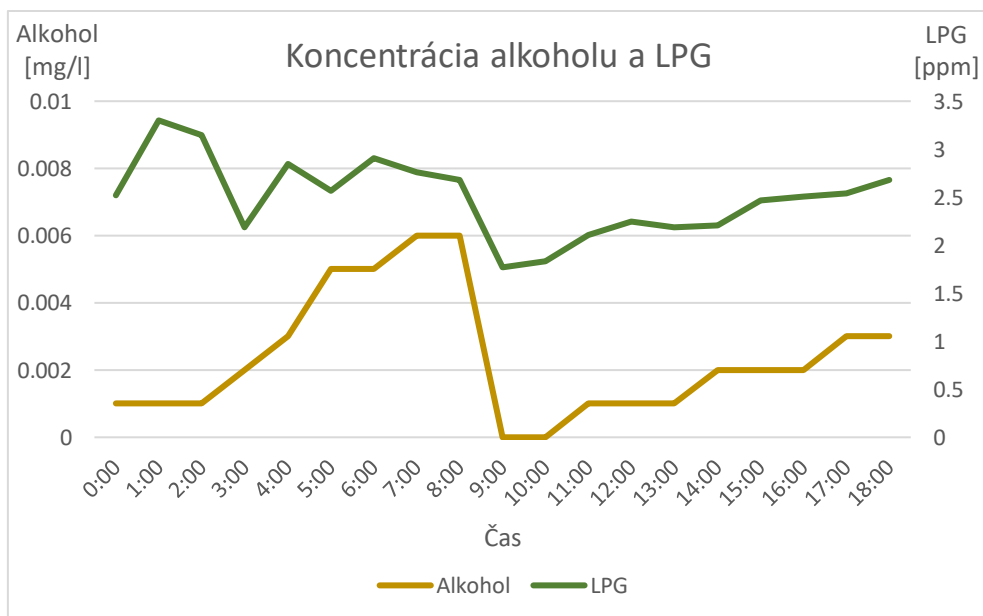
Obr. 36 Grafická schéma zapojenia

4 Experimentálne overenie zariadenia

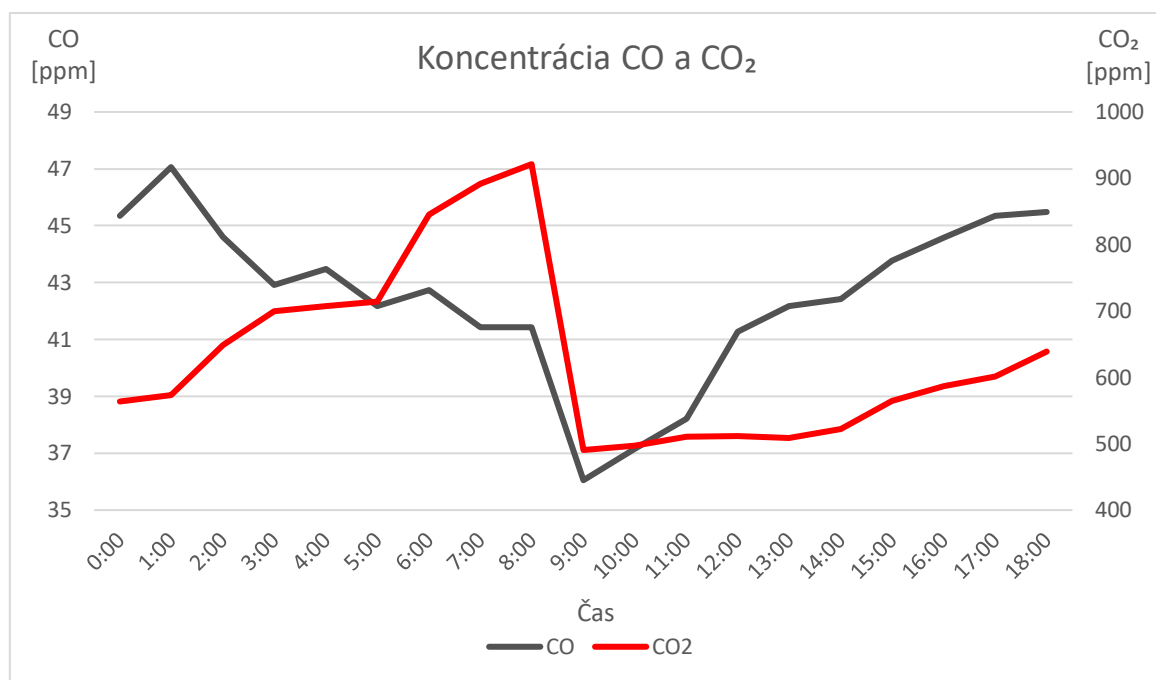
Experimentálne overenie funkčnosti zariadenia bolo prakticky odskúšané v obývacej izbe. Testovanie zariadenia prebiehalo 18 hodín. Počas tohto času bolo zariadenie umiestnené na skrini, v izbe sa nachádzali dve dospelé osoby. Začiatok experimentu nastal v čase 00:00, ukončené bolo o 18:00. O 9:00 bola izba vyvetraná pomocou núteného vetrania po dobu 15 minút.



Obr. 37 Graf teploty a vlhkosti v obývacej izbe



Obr. 38 Koncentrácia alkoholu a LPG v obývacej izbe

Obr. 39 Koncentrácia CO a CO₂ v obývacej izbe

Na obrázkoch sú znázornené grafy meraných veličín. Ako je na Obr. 36 zobrazené, teplota v obývacej izbe sa pohybuje v rozmedzí 22°C až 24°C. Hodnota teploty stúpla, ak do obývacej izby skrz okno svietilo slnko. Podobne je to aj s vlhkosťou, ktorá sa pohybovala v rozmedzí 55% až 67%.

Na Obr. 37 je znázornený graf koncentrácie alkoholu a LPG. Tu sa hranice pre alkohol nachádzali v rozmedzí 0 až 0,006 mg/l a pre LPG 1,7 ppm až 3,3 ppm.

Na Obr. 38 sú vyobrazené tie najdôležitejšie údaje a to sú hodnoty koncentrácie plynov CO a CO₂. Plyn oxidu uhoľnatého sa počas experimentálneho merania nachádzali v rozmedzí 36 ppm až 47 ppm. Tieto hodnoty sú bezpečné. Naopak, hladina CO₂ sa nad ráno drasticky zvýšila a o 8:00 hodine ráno dosiahla maximum 900ppm. Táto hodnota je riziková z dlhodobého hľadiska.

Z experimentálneho overenia vyplýva, že zostrojené zariadenie pre meranie kvality ovzdušia pracuje a zaznamenáva merané plyny. Namerané výsledky by bolo vhodné porovnať s presnejším a drahším zariadením, aby bolo možné určiť presnosť a výchylku zostrojeného zariadenia.

Záver

V tejto práci sme sa snažili poukázať na problematiku znečistenia vzduchu v interiéri a vplyv jednotlivých plynov na zdravie človeka. Aj keď sa táto téma v dnešnej dobe rieši čoraz častejšie pri novostavbách, v starších domoch je stále nedostačujúca. Prvotným problémom sú potrebné financie, ktoré je treba do takýchto zariadení investovať a tým sekundárnym je samotná implementácia prístroja do starších budov, z dôvodu jej náročnosti a zložitosti. V praktickej časti sú opísané jednotlivé moduly pre meranie kvality vzduchu, vysvetlené základne princípy fungovania týchto senzorov spolu s výpočtami. Na základe daných poznatkov sme skonštruovali zariadenie na meranie kvality ovzdušia. Zostrojené zariadenie bolo osadené do obalu vyrobeného pomocou 3D tlačiarne a bolo experimentálne overené. Po dobu 18 hodín prebiehalo meranie pre jednotlivé koncentrácie plynov v obývacej izbe, následne sme dosiahnuté výsledky spracovali v podobe grafov. Táto práca nám priniesla veľa vedomostí zo sféry týkajúcej sa kvality vzduchu, osvojili sme si fungovanie a princípy merania jednotlivých modulov pre detekciu plynu. Taktiež sme si vyskúšali prácu s elektrickými obvodmi a programovanie mikrokontroléra.

Spracované zariadenie nie je dokonalé, pre presnejšie určenie koncentrácie by bolo potrebné skonštruovať zariadenie z drahších a komplexnejších senzorov, modulov, ktoré sú založené na princípe odrazu infračerveného svetla od molekúl napr. CO₂. V budúcnosti by sa k tomuto zariadeniu mohlo pridať napríklad inteligentné ovládanie alebo rozhranie, kde by sa spracúvali dáta zo senzorov a program by automaticky vyhodnotil na základe zvykov, ako a kedy nastaviť teplotu pre jednotlivé miestnosti. Téma kvality vzduchu ma pred sebou ešte veľa výskumu a štúdie.

Zoznam použitej literatúry

- [1]. United States Enviromental Protection Agency. What are volatile organic compounds (VOCs)? [online]. Dostupné na internete: <<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-are-volatile-organic-compounds-vocs>>
- [2]. Ing. Dorota Hericová. Kvalita ovzdušia [online]. 2019. Dostupné na internete: <<https://www.enviroportal.sk/indicator/detail?id=261&print=yes>>
- [3]. Antonin Vojáček. Kvalita vzduchu v uzavřených místnostech - 1. Co sledovat a měřit ? [online]. 2019. Dostupné na internete: <<https://automatizace.hw.cz/kvalita-vzduchu-v-uzavrenych-mistnostech-1-co-sledovat-a-merit.html>>
- [4]. MUDr. Katarína Slotová, PhD. Faktory vnútorného ovzdušia budov a ich vplyv na zdravie obyvateľov [online]. 2010. Dostupné na internete: <http://www.vzbb.sk/sk/urad/narodne_centra/nrc_vo/faktory_vnut_ovzdušia101001.pdf>
- [5]. Antonin Vojáček. Kvalita vzduchu v uzavřených místnostech - 5. Co jsou PM částice ? [online]. 2019. Dostupné na internete: <<https://automatizace.hw.cz/kvalita-vzduchu-v-uzavrenych-mistnostech-5-co-jsou-pm-castice.html>>
- [6]. Euronews. Air quality index [online]. 2021. Dostupné na internete: <<https://www.euronews.com/weather/copernicus-air-quality-index>>
- [7]. Erika Kuhnová. Potrebujete vôbec riadené vetranie? [online]. 2018. Dostupné na internete: <<https://mojdom.zoznam.sk/stavba-a-rekonstrukcia/energia/potrebujete-vobec-riadene-vetranie/>>
- [8]. Teplozima. Centrálna rekuperácia [online]. 2020. Dostupné na internete: <<https://teplozima.sk/rekuperacne-jednotky/>>
- [9]. Mitshubishi. Maximálne efektívne vetranie bytov, rodinných domov, kancelárií a veľkých priestorov [online]. 2020. Dostupné na internete: <<https://www.solutrading.sk/rekuperacie/mitsubishi>>
- [10]. Venus. Rekuperačná jednotka Venus [online]. Dostupné na internete: <<https://www.multivac.sk/rekuperacne-jednotky-venus--1>>
- [11]. Venus. Venus Recover [online]. Dostupné na internet: <https://www.multivac.sk/media/cache/file/37/02_VENUS-RECOVER_1.pdf>
- [12]. Atrea. DUPLEX EASY - kompaktní větrací jednotky s rekuperací tepla a EC ventilátory [online]. Dostupné na internete: <<https://www.atrea.cz/cz/ke-stazeni-divize-vetrani-teplovzduzne-vytapeni-rodinnych-domu-bytu>>

- [13]. Atrea. Rovnotlakové větrací jednotky DUPLEX EASY [online]. Dostupné na internetu: <https://www.atrea.cz/cz/ke-stazeni-divize-vetrani-teplovzduzne-vytapeni-rodinnych-domu-bytu>>
- [14]. Modul DHT11. Dostupné na internetu: <https://www.gme.sk/modul-teplomeru-a-vlhkomeru-s-dht11>>
- [15]. HANWEI ELETRONICS CO.,LTD. TECHNICAL DATA MQ-3 GAS SENSOR [online]. Dostupné na internetu: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/MQ-3.pdf>>
- [16]. Roland Pelayo. How to Use the MQ-3 Alcohol Sensor [online]. Dostupné na internetu: <https://www.teachmemicro.com/mq-3-alcohol-sensor/>>
- [17]. Jaycon Systems. UNDERSTANDING A GAS SENSOR [online]. Dostupné na internetu: <https://jayconsystems.com/blog/understanding-a-gas-sensor> >
- [18]. HANWEI SENSORS. TECHNICAL DATA MQ-6 GAS SENSOR [online]. Dostupné na internetu: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf>>
- [19]. HANWEI ELETRONICS CO.,LTD. TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR [online]. Dostupné na internetu: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>>
- [20]. HANWEI ELETRONICS CO.,LTD. TECHNICAL DATA MQ-135 GAS SENSOR [online]. Dostupné na internetu: https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-135_Hanwei.pdf>
- [21]. Handson Technology. I2C Serial Interface 1602 LCD Module [online]. Dostupné na internetu: http://www.handsontec.com/dataspecs/module/I2C_1602_LCD.pdf>
- [22]. Texas Instruments. LM1577/LM2577 SIMPLE SWITCHER® Step-Up Voltage Regulator [online]. Dostupné na internetu: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2577.pdf?ts=1621943871679&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

Prílohy

Príloha A: CD médium – bakalárska práca v elektronickej podobe, zdrojový kód, 3D model vo formáte stl., prezentačné video, fotoprílohy v elektronickej podobe

Príloha B: Fotografie zariadenia

Príloha C: Zdrojový kód

Príloha B: Fotografie zariadenia



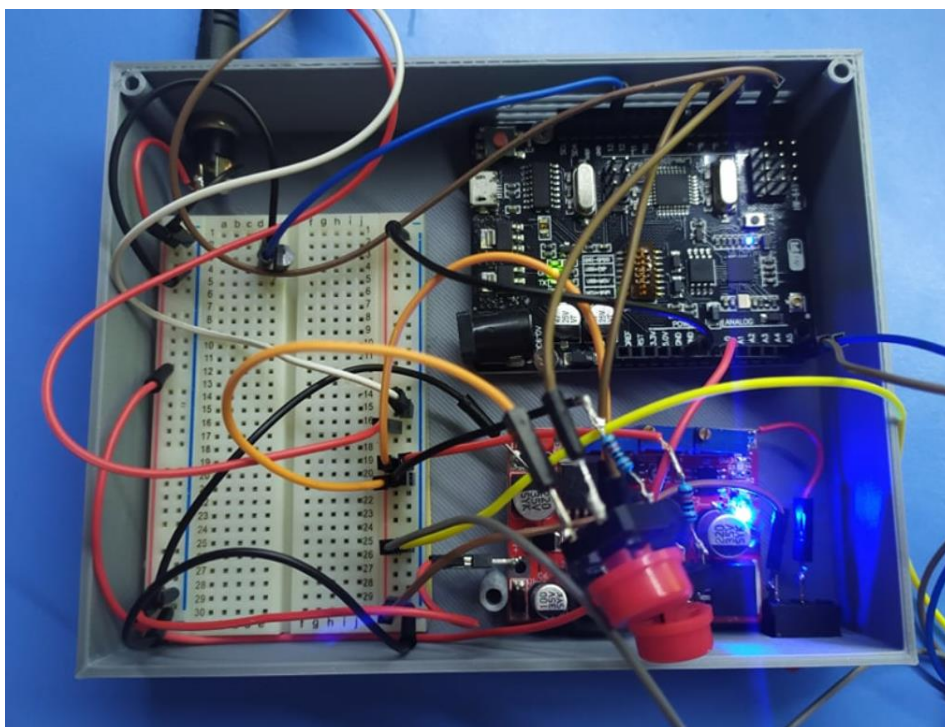
Fotografia zariadenia, pohľad z hornej strany



Fotografia zariadenia, pohľad z prednej strany



Fotografia zariadenia, pohľad zo zadnej strany



Fotografia zapojenia bez senzorov

Príloha C: Zdrojový kód

```
#include "DHT.h"           -knižnica pre senzor DHT11

#include <LiquidCrystal_I2C.h>    -knižnica pre displej s I2C zbernicou

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

#define VENTILATOR 13  - Ventilátor na pine 13

#define BUZZER 10  - Alarm na pine 10

#define DHTPIN 2  - Modul pre meranie teploty DHT11 na pine 2

#define DHTTYPE DHT11  // DHT 11

/* --- BUTTONS_VARIABLES --- */    Premenné použité pre správne fungovanie tlačidiel

int page_counter = 1;

int up = 6;

int down = 5;

boolean current_up = LOW;

boolean last_up = LOW;

boolean last_down = LOW;

boolean current_down = LOW;

/* --- DELAY PRE VYPISOVANIE DAT NA DISPLEJ --- */

int period = 1000;    - Tieto premenné sú použité pre oneskorený výpis na displej

unsigned long time_now = 0;

Každý senzor ma skupinu premenných ktoré majú rovnaké

vlastnosti líšia sa len názvom a hodnotou.
```

```
/* --- MQ3_VARIABLES --- */

int MQ3_sensorValue; - Hodnota z analógového pinu

float MQ3_sensor_volt; -napätie senzora

float MQ3_RS_gas; - premenná pre výpočet Rs pre konkrétny senzor

float MQ3_R0; - premenná pre uloženie vypočítaného počiatočného odporu

float MQ3_ratio; - hodnota podielu Rs/Ro

int MQ3_RL = 200; - zaťažovací odpor senzora

float MQ3_a = -0.699; - hodnota z výpočtu

float MQ3_b = -0.301; - hodnota z výpočtu

int MQ3_function_running = 0; - pomocná premenná

int MQ3_AirConstant = 60; - konštanta pre čistý vzduch pre jednotlivé plyny

double ppm_MQ3; - pomocná premenná


/* --- MQ6_VARIABLES --- */

int MQ6_sensorValue;

float MQ6_sensor_volt;

float MQ6_RS_gas;

float MQ6_R0;

float MQ6_ratio;

int MQ6_RL = 20;

float MQ6_a = -0.430; //Slope

float MQ6_b = 1.289; //Y-Intercept

int MQ6_function_running = 0;

int MQ6_AirConstant = 10;

double ppm_MQ6;
```

```
/* --- MQ7_VARIABLES --- */
```

```
int MQ7_sensorValue;
```

```
float MQ7_sensor_volt;
```

```
float MQ7_RS_gas;
```

```
float MQ7_R0;
```

```
float MQ7_ratio;
```

```
int MQ7_RL = 10;
```

```
float MQ7_a = -1.321; //Slope
```

```
float MQ7_b = 3.712; //Y-Intercept
```

```
int MQ7_function_running = 0;
```

```
int MQ7_AirConstant = 27;
```

```
double ppm_MQ7;
```

```
/* --- MQ135_VARIABLES --- */
```

```
int MQ135_sensorValue;
```

```
float MQ135_sensor_volt;
```

```
float MQ135_RS_gas;
```

```
float MQ135_R0;
```

```
float MQ135_ratio;
```

```
int MQ135_RL = 20;
```

```
float MQ135_a = -0.366; //Slope
```

```
float MQ135_b = 0.762; //Y-Intercept
```

```
int MQ135_function_running = 0;
```

```
int MQ135_AirConstant = 3.6;
```

```
double ppm_MQ135;
```

```
/* --- DHT11_VARIABLES --- */

float humidity = 0;

float temperature = 0;

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

/* --- INITIALIZING FUNCTIONS --- */ -inicializácia použitých funkcií

//MQ3

int MQ3_calib();

double MQ3_ppm();

//MQ6

int MQ6_calib();

double MQ6_ppm();

//MQ7

int MQ7_calib();

double MQ7_ppm();

//MQ135

int MQ135_calib();

double MQ135_ppm();

/* --- PRI SPUSTENÍ ZARIADNEIA --- */

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    dht.begin();    - príkaz pre zapnutie, spustenie senzora DHT11

    pinMode(VENTILATOR, OUTPUT);    -

    pinMode(BUZZER, OUTPUT);

    lcd.init();    - inicializácia displeja

    lcd.backlight();

    lcd.setCursor(2,0);    -po spustení zariadenia sa na displeji na prvom riadku zobrazí „Zohrievam!!!“
```



```
lcd.print("Zohrievam!!!");
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

 - na druhom riadku sa vypíše text „Prosím počkajte!“

```
lcd.print("Prosim pockajte!");
```

```
delay(300000);
```

 - v tomto bode nastáva zohriatie senzorov, ktoré trvá 5min

```
lcd.clear();
```

 - po ukončení zohrievania sa displej vyčistí

```
}
```

```
boolean press_btn (boolean last, int pin){
```

 - funkcia súži pre fungovanie tlačidiel, do premennej

```
boolean current = digitalRead(pin);
```

 current sa uloží pin tlačidla, ktoré bolo stlačené

```
if (last != current){
```

```
delay(5);
```

```
current = digitalRead(pin);
```

```
}
```

```
return current;
```

 -návratová hodnota je tlačidlo, ktoré sa práva stlačilo

```
}
```

```
void loop() {
```

 -hlavna časť programu

```
/* DHT11_MAIN */
```

```
humidity = dht.readHumidity();
```

 -do premennej humidity sa zo senzora dht uložia hodnoty pre vlhkosť

```
temperature = dht.readTemperature();
```

 -do premennej temperature sa uloží hodnota teploty

```
if (isnan(humidity) || isnan(temperature)) {
```

 -podmienka ak by senzor nebol zapojený alebo

```
Serial.println(F("Chyba pri nacistani DHT11 senzora!"));
```

 nefungoval správne

```
return;
```

```
}
```

```
/* --- PREPINANIE DISPLEJA --- */
```

```
current_up = press_btn(last_up, up);    -Stlačenie tlačidla pre pohyb doprava
```

```
current_down = press_btn(last_down, down); -Stlačenie tlačidla pre pohyb doľava
```

```
--tlačidlo doprava
```

```
if (last_up== LOW && current_up == HIGH){ --ak je tlačidlo stlačené
```

```
    lcd.clear();                -vyčisti sa displej po prejdení na novu stranku
```

```
    if(page_counter < 5){        -počítadlo pre stranku
```

```
        page_counter = page_counter +1; -po stlačení sa pripočíta +1
```

```
    }else{
```

```
        page_counter= 5 ;
```

```
    }
```

```
}
```

```
last_up = current_up;
```

```
-tlačidlo doľava
```

```
if (last_down== LOW && current_down == HIGH){ -ak je tlačidlo stlačené
```

```
    lcd.clear();                -vyčisti sa displej po prejdení na predchádzajúcu stranku
```

```
    if(page_counter > 1){        -počítadlo pre stranku
```

```
        page_counter= page_counter - 1; -po stlačení sa odpočíta - 1
```

```
    }else{
```

```
        page_counter = 1;
```

```
    }
```

```
}
```

```
last_down = current_down;
```

```
/* --- PREPINANIE DISPLEJA --- */  
  
switch (page_counter){  
  
/* --- DHT11 --- */ -Prva stranka displeja, zobria sa informacie o teplote a vlhkosti  
  
case 1:{  
  
    lcd.setCursor(0, 0);  
  
    lcd.print("Vlhkost:");  
  
    lcd.print(humidity);  
  
    lcd.print("%");  
  
    lcd.setCursor(0, 1);  
  
    lcd.print("Teplota:");  
  
    lcd.print(temperature);  
  
    lcd.print("C");  
  
    }  
  
break;  
  
/* --- MQ3_MAIN --- */ -druha stranka displeja, zobria sa informacie o koncentrácii alkoholu  
  
case 2: {  
  
    ppm_MQ3 = MQ3_ppm(); -do premennej sa uloží hodnota z funkcie MQ3_ppm()  
  
    if(millis() > time_now + period){ -jednoduché oneskorenie vypisovania dát, dáta sa zobrazia  
  
        time_now = millis();          každú sekundu, nie po každom cykle programu  
  
        lcd.setCursor(0, 0);  
  
        lcd.print("Alkohol:");  
  
        lcd.print(ppm_MQ3);  
  
        lcd.print("mg/L");  
  
        }  
  
    }  
  
break;
```

```
/* --- MQ6_MAIN --- */ -Tretia stránka displeja, zobrazia sa informácie o koncentrácii LPG
```

```
case 3: {  
    ppm_MQ6 = MQ6_ppm();  
    if(millis() > time_now + period){  
        time_now = millis();  
        lcd.setCursor(0, 0);  
        lcd.print("LPG:");  
        lcd.print(ppm_MQ6);  
        lcd.print("ppm");  
    }  
}
```

```
break;
```

```
/* --- MQ7_MAIN --- */ -Štvrtá stránka displeja, zobrazia sa informácie o koncentrácii CO
```

```
case 4: {  
    ppm_MQ7 = MQ7_ppm();  
    if(millis() > time_now + period){  
        time_now = millis();  
        lcd.setCursor(0, 0);  
        lcd.print("CO:");  
        lcd.print(ppm_MQ7);  
        lcd.print("ppm");  
    }  
}
```

```
break;
```

```
/* --- MQ135_MAIN --- */ -Piata stránka displeja, zobrazia sa informácie o koncentrácii CO2
```

```
case 5: {  
    ppm_MQ135 = MQ135_ppm();
```

```
if(millis() > time_now + period){

    time_now = millis();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("CO2:");

    lcd.print(ppm_MQ135);

    lcd.print("ppm");

}

}

break;

}

/* --- PODMIENKY PRE ZAPNUTIE VENTILATORA/REKUPERACIE --- */

if(temperature>=27 || humidity<30 || humidity>80 || ppm_MQ3>=0.01 || ppm_MQ6>=10 ||
ppm_MQ7>=100 || ppm_MQ135>=20){           - v tejto časti sa nachádzajú podmienky pre
    digitalWrite(VENTILATOR, HIGH);       spustenie ventilátora
}else{

    digitalWrite(VENTILATOR, LOW);

}

if(ppm_MQ3>=0.01 || ppm_MQ6>=10 || ppm_MQ7>=100 || ppm_MQ135>=20){

    digitalWrite(BUZZER, HIGH);           - v tejto časti sa nachádzajú podmienky pre
}else{                                     spustenie alarmu

    digitalWrite(BUZZER, LOW);

}

} -koniec voidu

/* --- MQ3_FUNCTIONS --- */

int MQ3_calib(){           -funkcia pre kalibráciu senzora MQ3

    float RS_air;          -pomocná premenná

    float R0;              -pomocná premenná
```

```

MQ3_sensorValue = analogRead(A0);      -do premennej sa načítajú hodnoty zo senzora

MQ3_sensor_volt = (float)MQ3_sensorValue/1024*5.0;    -výpočet pre zistenie napätia senzora

RS_air = ((5.0*MQ3_RL)/MQ3_sensor_volt)-MQ3_RL;      -odpor senzora pri snímaní okolitého
                                                    vzduhu

R0 = RS_air/ MQ3_AirConstant;            -počiatočný odpor senzora = RS_air / konštanta pre
                                                    vzduch, pre daný senzor

return R0;    -návratová hodnota je R0
}

double MQ3_ppm(){    -funkcia pre výpočet koncentrácie plynu

    if(MQ3_function_running == 0){        -jednoduchá podmienka pre uloženie počiatočnej hodnoty

        MQ3_R0 = MQ3_calib();            z funkcie calib()

        MQ3_function_running = MQ3_function_running + 1;

    }

    MQ3_sensorValue = analogRead(A0);      -do premennej sa načítajú hodnoty zo senzora

    MQ3_sensor_volt = (float)MQ3_sensorValue/1024*5.0;    -výpočet napätia

    MQ3_RS_gas = ((5.0*MQ3_RL)/MQ3_sensor_volt)-MQ3_RL;    -výpočet hodnoty RS

    MQ3_ratio = MQ3_RS_gas/MQ3_R0;        -podiel RS a R0

    double MQ3_ppm_log = (log10(MQ3_ratio)-MQ3_b)/MQ3_a;    -logaritmickej výpočet ppm

    double MQ3_ppm = pow(10, MQ3_ppm_log);    -inverzná funkcia pre výpočet ppm

    return MQ3_ppm;    -návratová hodnota je finalna hodnota pre koncentráciu v ppm
}

/* --- MQ6_FUNCTIONS --- */

int MQ6_calib(){    -funkcia pre kalibráciu senzora MQ6

    float RS_air;

    float R0;

    MQ6_sensorValue = analogRead(A1);

    MQ6_sensor_volt = (float)MQ6_sensorValue/1024*5.0;

```

```
RS_air = ((5.0*MQ6_RL)/MQ6_sensor_volt)-MQ6_RL;

R0 = RS_air/ MQ6_AirConstant;

return R0;

}

double MQ6_ppm(){    -funkcia pre výpočet koncentrácie plynu

    if(MQ6_function_running == 0){

        MQ6_R0 = MQ6_calib();

        MQ6_function_running = MQ6_function_running + 1;

    }

    MQ6_sensorValue = analogRead(A1);

    MQ6_sensor_volt = (float)MQ6_sensorValue/1024*5.0;

    MQ6_RS_gas = ((5.0*MQ6_RL)/MQ6_sensor_volt)-MQ6_RL;

    MQ6_ratio = MQ6_RS_gas/MQ6_R0;

    double MQ6_ppm_log = (log10(MQ6_ratio)-MQ6_b)/MQ6_a;

    double MQ6_ppm = pow(10, MQ6_ppm_log);

    return MQ6_ppm;

}

/* --- MQ7_FUNCTIONS --- */

int MQ7_calib(){    -funkcia pre kalibráciu senzora MQ7

    float RS_air;

    float R0;

    MQ7_sensorValue = analogRead(A2);

    MQ7_sensor_volt = (float)MQ7_sensorValue/1024*5.0;

    RS_air = ((5.0*MQ7_RL)/MQ7_sensor_volt)-MQ7_RL;

    R0 = RS_air / MQ7_AirConstant;

    return R0;

}
```

```
double MQ7_ppm(){  -funkcia pre výpočet koncentrácie plynu

    if(MQ7_function_running == 0){

        MQ7_R0 = MQ7_calib();

        MQ7_function_running = MQ7_function_running + 1;

    }

    MQ7_sensorValue = analogRead(A2);

    MQ7_sensor_volt = (float)MQ7_sensorValue/1024*5.0;

    MQ7_RS_gas = ((5.0*MQ7_RL)/MQ7_sensor_volt)-MQ7_RL;

    MQ7_ratio = MQ7_RS_gas/MQ7_R0;

    double MQ7_ppm_log = (log10(MQ7_ratio)-MQ7_b)/MQ7_a;

    double MQ7_ppm = pow(10, MQ7_ppm_log);

    return MQ7_ppm;

}

/* --- MQ135_FUNCTIONS --- */

int MQ135_calib(){  -funkcia pre kalibráciu senzora MQ135

    float RS_air;

    float R0;

    MQ135_sensorValue = analogRead(A3);

    MQ135_sensor_volt = (float)MQ135_sensorValue/1024*5.0;

    RS_air = ((5.0*MQ135_RL)/MQ135_sensor_volt)-MQ135_RL;

    R0 = RS_air / MQ135_AirConstant;

    return R0;

}

double MQ135_ppm(){  -funkcia pre výpočet koncentrácie plynu

    if(MQ135_function_running == 0){

        MQ135_R0 = MQ135_calib();

        MQ135_function_running = MQ135_function_running + 1;
```



```
}  
  
MQ135_sensorValue = analogRead(A3);  
  
MQ135_sensor_volt = (float)MQ135_sensorValue/1024*5.0;  
  
MQ135_RS_gas = ((5.0*MQ135_RL)/MQ135_sensor_volt)-MQ135_RL;  
  
MQ135_ratio = MQ135_RS_gas/MQ135_R0;  
  
double MQ135_ppm_log = (log10(MQ135_ratio)-MQ135_b)/MQ135_a;  
  
double MQ135_ppm = pow(10, MQ135_ppm_log);  
  
return MQ135_ppm;  
}
```