

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Jonáš Šafránek

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**MULTIFUNKČNÍ MONITOROVACÍ JEDNOTKA KVALITY
OVZDUŠÍ**

Jonáš Šafránek

Bakalářská práce

2022

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jonáš Šafránek**
Osobní číslo: **I18092**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Téma práce: **Multifunkční monitorovací jednotka kvality ovzduší**
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je návrh a realizace konstrukčního řešení multifunkční monitorovací jednotky. Zařízení bude umožňovat monitorování stavu ovzduší pomocí vybraných typů senzorů (např. CO, CO₂, prachových částic atp.). Naměřená data ze senzorů budou ukládána v podobě strukturovaného textového souboru (např. na paměťovém médiu SD karty), pro možnost jejich následného zpracování. Jedním z pracovních režimů bude i funkce aktivní reakce jednotky na nastavitelné úrovni monitorovaných veličin. Touto funkcí se rozumí například vyvolání optického, nebo akustického alarmu, dále pak automatické ovládání bezpečnostních prvků jiného technologického zařízení atp. Mechanická konstrukce bude navržena nejprve v podobě 3D modelu vybraného CAD software a realizována s využitím možnosti 3D tisku. Základem elektronické jednotky bude mikropočítač typu ATmega, nebo vývojový kit s tímto typem mikropočítače (např. Arduino UNO, Mega atp.). Firmware mikropočítače bude realizován v jazyce C (případně jeho klonu) a ovládací a vizualizační software bude realizován v jazyce C#. Součástí práce bude podrobný konstrukční a uživatelský manuál, včetně firmware mikropočítače a uživatelského software osobního počítače.

Rozsah pracovní zprávy: **40**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

MATOUŠEK, D., Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR-3.díl, edice uP a praxe, 2. vydání, BEN – technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-209-4
MATOUŠEK, D., Aplikace ATmega644, BEN – technická literatura, 2013, ISBN 978-80-7300-492-7
ZÁHLAVA, V., Návrh a konstrukce DPS, BEN-technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-266-4

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Libor Havlíček, Ph.D.**
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **17. prosince 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2022**

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Daniel Honc, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 7. ledna 2022

Prohlašuji:

Tuto práci jsem 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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 3. 4. 2022

Jonáš Šafránek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Liboru Havlíčkovi Ph.D. za pomoc při tvorbě zadání práce a konzultaci při jejím průběhu. Dále chci poděkovat Danielu Bydžovskému za pomoc při 3D tisku konstrukce.

V neposlední řadě chci poděkovat široké rodině a všem pracovním kolegům, za jejich podporu v průběhu tvorby této práce.

V Pardubicích dne 3. 4. 2022

Jonáš Šafránek

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá výstražným a monitorovacím systémem, upozorňujícím a reagujícím na zvýšené koncentrace potenciálně nebezpečných plynů. Teoretická část obsahuje rozbor dopadů monitorovaných plynů na člověka, principů měření různých plynů, možností automatických aktivních reakcí a běžně dostupných zařízení. V praktické části je proveden návrh zařízení, včetně konstrukce a programové části v PC i mikrokontroleru.

KLÍČOVÁ SLOVA

měření koncentrace, oxid uhličitý, oxid uhelnatý, automatická aktivní reakce, Arduino

TITLE

MULTIFUNCTIONAL AIR QUALITY MONITORING UNIT

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with a monitoring system that draws attention to the increased concentration of potentially dangerous gases. The theoretical part contains an analysis of the impacts of monitored gases on humans, the principles of measuring various gases, the possibilities of automatic active reactions and commonly available equipment. In the practical part, the design of the device is performed, including the construction and program part of the PC and microcontroller application.

KEYWORDS

Concentration measurement, Carbon dioxide, Carbon monoxide, Automatic active response, Arduino

OBSAH

Seznam zkratk a značek	11
Seznam ilustrací	12
Seznam tabulek	14
Úvod	15
1 Kvalita ovzduší	16
1.1 Vznik a dopad sloučenin	16
1.1.1 Oxid uhličitý	16
1.1.2 Oxid uhelnatý	18
2 Principy měření	19
2.1 Měřicí trubice	19
2.2 Optické senzory	19
2.3 Elektrochemické senzory	20
2.4 Polovodičové senzory	21
3 Možnosti reakcí	23
3.1 Alarmy	23
3.2 Aktivní reakce	23
3.2.1 Pohony	24
3.2.2 Regulační orgány	24
3.2.3 Relé	25
4 Komerční zařízení	27
4.1 Měřiče oxidu uhličitého	27
4.1.1 Voltcraft CO-60	27
4.1.2 Evikon E2608-CO2-230	28
4.2 Měřiče oxidu uhelnatého	29
4.2.1 Kidde 10SCO	29

4.2.2	Evikon E2630-CO-24VDC	30
5	System měření kvality ovzduší	31
5.1	Mikrokontroler Arduino Mega2560 R3	31
5.1.1	Napájení	32
5.1.2	Analogové vstupy	34
5.2	Vstupní periferie	34
5.2.1	Modul kvality ovzduší MQ-135	34
5.2.2	Modul kvality ovzduší MQ-9	35
5.2.3	Modul klávesnice	37
5.3	Vstupně-výstupní periferie	37
5.3.1	Čtečka microSD karty	37
5.3.2	Obvod reálného času	38
5.4	Výstupní periferie	39
5.4.1	Displej LCD	39
5.4.2	2 kanálové relé	40
5.4.3	Akustický bzučák	41
6	Konstrukce zařízení	42
6.1	Oživení zařízení	42
6.2	Výroba konstrukce	43
6.2.1	DesignSpark Mechanical	43
6.2.2	Návrh prototypu konstrukce	44
6.2.3	Tisk konstrukce	45
7	Program pro řízení zařízení	48
7.1	Vývojová prostředí	48
7.1.1	Arduino IDE	48
7.1.2	Visual Studio	49
7.2	Aplikace projektu arduino	52

7.2.1	Vývojové diagramy	52
7.2.2	Program aplikace	56
7.3	Aplikace projektu visual studio	60
7.3.1	Vývojový diagram	60
7.3.2	Program aplikace	62
	Závěr	65
	Použitá literatura	66
	Přílohy	71

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

2D dvojdimenzionální

3D trojdimenzionální

CAD computer aided design – počítačem vytvořený návrh

COM communication port – komunikační port

EEPROM electrically erasable programmable read only memory – elektricky mazatelná programovatelná paměť pro čtení

GUI graphical user interface – grafické uživatelské prostředí

IDE integrated development environment – integrované vývojové prostředí

IR infrared – infračervené

I2C two wire interface – dvojvodičová sběrnice

LCD liquid crystal display – displej z tekutých krystalů

LED light-emmiting diode – světlo emitující dioda

NDIR nondispersive infrared – nedisperzivní infračervené

OS operační systém

PC peronal computer – osobní počítač

PWM pulse width modulation – pulzně šířková modulace

SMS short message service – služba krátkých zpráv

SPI serial peripheral interface – sériové komunikační rozhraní

SRAM static random access memory – statická paměť s náhodným přístupem

USB universal serial bus – univerzální sériová sběrnice

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 2.1 – Měřicí trubice pro CO ₂ (Vojáček, 2020)	19
Obr. 2.2 – Vnitřní konstrukce IR čidla CO ₂ (Vojáček, 2020)	20
Obr. 2.3 – Vnitřní konstrukce elektrochemického čidla (Vojáček, 2020)	21
Obr. 2.4 – Vnitřní konstrukce polovodičového senzoru (Vojáček 2020)	22
Obr. 3.1 – Princip zpětného ventilu blokujícího průtok jedním směrem (Co je zpětný ventil pro vodu, jeho účel a rozsah, 2019)	24
Obr. 3.2 – Zobrazení principu kulového kohoutu (Kohouty FERRO, nedatováno)	25
Obr. 3.3 – Vnitřní struktura relé (Kekule, 2004)	26
Obr. 4.1 – Zařízení pro měření CO ₂ firmy Voltcraft (Digitální ukazatel klimatu v místnosti Voltcraft CO-60, nedatováno)	27
Obr. 4.2 – Zařízení pro měření CO ₂ firmy Evikon (Detektor plynu pro oxid uhličitý EVIKON E2608-CO2-230, nedatováno)	28
Obr. 4.3 – Běžný hlásič úniku CO od firmy Kidde (Kidde 10SCO hlásič plynu CO a hlásič požáru, nedatováno)	29
Obr. 4.4 – Průmyslový hlásič úniku CO firmy Evikon (Detektor plynu pro oxid uhelnatý EVIKON E2630-CO-24VDC, nedatováno)	30
Obr. 5.1 – Blokové schéma	31
Obr. 5.2 – Deska Arduino Mega2560 R3 (Arduino Mega 2560 Rev3, nedatováno)	32
Obr. 5.3 – Relé s možností rozepínání (Relé modul 1 kanál s jumperem H/L, nedatováno) ..	33
Obr. 5.4 – Senzor MQ-135 (Senzor plynů MQ-135 pro Arduino, nedatováno)	35
Obr. 5.5 – Senzor MQ-9 (MQ-9 Carbon monoxide CO alarm combustible gas sensor module for Arduino, nedatováno)	36
Obr. 5.6 – LCD modul s klávesnicí (LCD modul 16x2 pro Arduino, nedatováno)	37
Obr. 5.7 – Modul pro čtení a zápis na microSD (MicroSD card adapter module for Arduino, nedatováno)	38
Obr. 5.8 – Obvod reálného času (DS3231 RTC module precise real time clock I2C AT2432C, nedatováno)	39

Obr. 5.9 – Displej pro Arduino (Arduino display modrý 16x2 znaků, nedatováno)	39
Obr. 5.10 – Dvoukanálové relé (2 Channel relay module, nedatováno)	40
Obr. 5.11 – Bzučák (3,3-5 V Active buzzer alarm module for Arduino, nedatováno)	41
Obr. 6.1 – Oživené zařízení	42
Obr. 6.2 – Prostředí DesignSpark Mechanical a 2D nákres	43
Obr. 6.3 – 3D nákres	44
Obr. 6.4 – Model prototypu konstrukce ze zadní strany	45
Obr. 6.5 – Osazený prototyp konstrukce	46
Obr. 6.6 – Prototyp konstrukce ze zadní strany	47
Obr. 7.1 – Obrázek prostředí s testovacím programem pro buzzer	49
Obr. 7.2 – Vytváření projektu ve Visual Studiu	50
Obr. 7.3 – Okno kódu	51
Obr. 7.4 – Okno grafického návrhu	52
Obr. 7.5 – Vývojový diagram programu	53
Obr. 7.6 – Vývojový diagram části loop()	54
Obr. 7.7 – Vývojový diagram části „Naměř“	55
Obr. 7.8 – Vývojový diagram části „Vyhodnot“	56
Obr. 7.9 – Ukázka části testovacího kódu zajišťující periodické měření	57
Obr. 7.10 – Výpis koncentrace CO ₂ na displej	58
Obr. 7.11 – Ukázka souboru na microSD	58
Obr. 7.12 – Výpis koncentrací s časovou značkou na microSD	58
Obr. 7.13 – Kontrola přijaté instrukce z aplikace připojeného PC	59
Obr. 7.14 – Okno aplikace	60
Obr. 7.15 – Vývojový diagram aplikace ve Visual Studiu	61
Obr. 7.16 – Funkce pro připojení/odpojení a načtení portů	62
Obr. 7.17 – Funkce po připojení a zaškrtnutí jednoho z polí	63
Obr. 7.18 – Funkce odpojení, acknowledge tlačítko a aktivace ovládacích prvků	64

SEZNAM TABULEK

Tab. 8.1 – Technické parametry zařízení	65
---	----

ÚVOD

Moderní společnost se čím dál více zaměřuje na bezpečnost a pracovní efektivitu. Prostředí, ve kterém se lidé vyskytují, je často znečištěné nejen takovým způsobem, který mohou vnímat. Znečištění ovzduší a vyšší koncentrace určitých sloučenin v ovzduší může způsobovat od nižší efektivity až nebezpečné stavy, odvíjející se od charakteru a koncentrace dané sloučeniny.

Cílem práce bude sestavení zařízení, které bude provádět detekci určitých sloučenin v prostředí, vyhodnocovat nebezpečí, upozorňovat na něj a umožňovat aktivní reakci. Řízeno bude mikropočítačem Arduino Mega2560 R3. K funkčnímu zařízení bude vytvořena konstrukce v programu na 3D modelaci. Celé zařízení bude komunikovat s osobním počítačem, ze kterého si pomocí vytvořeného programu bude uživatel moci zvolit reakci na zvýšené, či nebezpečné koncentrace plynů v okolním prostředí. Veškerá data budou společně s časovou známkou ukládána pro možnost zpětné kontroly.

1 KVALITA OVZDUŠÍ

Kvalita ovzduší je široký pojem. V České republice je kvalita ovzduší vyhodnocována Českým hydrometeorologickým ústavem a ovlivňuje jí několik faktorů. Konkrétně jde o suspendované částice PM_{10} a $PM_{2,5}$, přízemní ozon (O_3), oxid siřičitý (SO_2), oxid dusičitý (NO_2), a oxid uhelnatý (CO). Každá z těchto sloučenin ovlivňuje život organismů, včetně člověka, právě proto probíhá samotné měření. Celkovou kvalitu ovzduší na konkrétní měřicí stanici poté shrnuje index kvality ovzduší. Stupnice udává kvalitu od 1A, tedy velmi dobré kvality ovzduší, po 3B, špatné kvality ovzduší.

Tato měření probíhají ve venkovních prostorech za účelem spíše dlouhodobého pozorování vývoje. Existují ale i další sloučeniny, které ovlivňují každodenní život, mezi ně patří i oxid uhličitý (CO_2). Jeho měření však není zahrnuto v indexu kvality ovzduší. Častěji probíhá jeho měření v uzavřených prostorech, kde se dá jeho koncentrace případně regulovat (Škáchová, 2020).

1.1 VZNIK A DOPAD SLOUČENIN

Každá z výše uvedených sloučenin musí nějak vzniknout a má jistý dopad na fungování lidského těla. V uzavřených prostorech je kromě CO také poměrně nebezpečný i CO_2 . Vystavení člověka jeho vysoké koncentraci sice nezpůsobuje tak vážné následky, jako vysoká koncentrace CO , přesto je dopad na lidský organismus negativní.

Oba tyto plyny se vážou v krvi na hemoglobin a tím omezují přenášení kyslíku krví. Právě proto mohou být počáteční příznaky velmi podobné. V jednoduchosti tělo a orgány přestanou dostávat potřebnou dávku kyslíku, na kterém jsou závislé, jelikož se nemohl navázat na hemoglobin, na který byl již navázán jiný plyn.

1.1.1 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je plyn bez barvy, zápachu a chuti, běžně se vyskytující v okolním ovzduší. Vzniká především dýcháním, spalováním a hořením. Je hustší než vzduch, tudíž se drží převážně při zemi, tedy i jeho koncentrace je při zemi vyšší. Jeho koncentrace v atmosféře během let kolísá v závislosti na různých podmínkách, ale z dlouhodobého hlediska se neustále

zvyšuje. Tomu je přikládána, zvláště v poslední době, velká pozornost. Vysoký obsah této sloučeniny se podílí největší měrou na vzniku skleníkového efektu a globálním oteplování.

Koncentrace se uvádí v ppm. Tato jednotka, která lze přeložit jako částice na milion, udává, kolik částic z milionu v prostředí je právě měřené sloučeniny či plynu. Globální průměr v atmosféře se pohybuje nad hodnotou 400 ppm. Koncentrace však závisí na místě, denním času a ročním období.

Například v přírodě, kde probíhá více fotosyntézy, je logicky úroveň CO₂ nižší. To vysvětluje i závislost na ročním období či denním času, jelikož fotosyntéza vyžaduje nejen samotný oxid uhličitý, ale například také energii ze slunečního záření. V zalesněných oblastech, či obecně v přírodě, se tedy koncentrace může pohybovat například okolo 200 ppm. V obývaných oblastech, především městech, opět záleží na více faktorech. Největší koncentrace bývá v okolí rušných silnic, případně v průmyslových oblastech. Zde může koncentrace dosahovat i 900 ppm a to už je téměř hranice, kdy CO₂ začíná významněji ovlivňovat člověka.

Uvnitř budov se tato hodnota odvíjí od okolního prostředí, ze kterého se koncentrace šíří i dovnitř. Závisí ale také na velikosti prostoru, kvalitě ventilace a počtu osob uvnitř. Každá osoba vydechuje právě CO₂ a tím se postupně zvyšuje koncentrace ve vnitřních prostorách. Jeden takový výdech má koncentraci oxidu uhličitého přibližně 40 000 ppm.

Ze studií vyplývá, že zvýšená koncentrace CO₂, pohybující se již od 1 000 ppm, výrazně ovlivňuje produktivitu, způsobuje ospalost, ovlivňuje rozhodování, přemýšlení a další. Nejvyšší pokles kognitivních schopností nastává okolo 1 400 ppm CO₂ ve vzduchu (Allen, 2016).

Uvnitř budov se však koncentrace pohybují okolo takových hodnot poměrně běžně. Ve většině nákupních center jsou měřiče, které kontrolují průběžně koncentraci, jelikož vyšší hodnoty mohou být velmi nebezpečné. Při 2 000 až 5 000 ppm může začít docházet k bolestem hlavy a vyšší koncentrace již způsobují nevolnost, dýchací potíže nastávají při 15 000 ppm a při extrémní situaci, kdy koncentrace přesáhne 40 000 ppm, dochází i ke ztrátám vědomí.

Při překročení stanovených bezpečných hodnot je potřeba udělat jistý zásah do ovzduší. Tím nejjednodušším je klasické vyvětrání. Pokud se jedná o velký uzavřený prostor, který nelze jednoduše vyvětrat, je nutno upravit nastavení vzduchotechniky (Víte, kdy musíte detekovat

oxid uhelnatý a kdy oxid uhličitý?, nedatováno; SPŠ Uherské Hradiště, nedatováno; Satish, 2012; Scully, 2019).

1.1.2 Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu. Jeho výskyt v okolním prostředí není zcela běžný a vyskytuje se pouze v nízkých koncentracích. Vzniká nedokonalým spalováním uhlíkatých materiálů, tedy pokud je pro spalování nedostatek kyslíku, nízká teplota nebo krátký čas nedovolí materiálu oxidovat za vzniku oxidu uhličitého. CO hoří modrým plamenem.

Nejčastější příčina vzniku v uzavřených prostorách je při slabém tahu komínu, nebo v případě poruchy nejčastěji plynových kotlů, či jiných plynových zařízení. Tento plyn má menší hustotu než vzduch, tudíž bývá ve vyšší koncentraci pod stropy.

Přirozená koncentrace v ovzduší se pohybuje okolo 0 až 10 ppm. V domácnostech vybavených plynovým kotlem, či hustě obydlených místech může koncentrace nabývat vyšších hodnot až ke 200 ppm.

Na hranici 200 ppm CO se již u člověka mohou začít objevovat první příznaky otravou. Při krátkém vystavení vyšší koncentraci CO se může začít projevovat závrať, bolest hlavy, nevolnost a další. Pokud bude člověk exponován delší dobu, případně i vyšší koncentraci, jde o velmi nebezpečnou situaci a hrozí poměrně rychlé zhoršení příznaků. U koncentrace 400 ppm mohou nastat křeče, ospalost, následné mdloby a poměrně rychlé úmrtí.

Při zvýšené koncentraci je potřeba jednat co nejrychleji. Základem je držet se blíže při zemi, rychle odvětrat nebezpečný prostor a tento prostor opustit. Pokud již došlo ke ztrátě vědomí některé z osob exponovaných oxidu uhelnatému, je potřeba tuto osobu přepravit na čerstvý vzduch (Havel, 2010).

2 PRINCIPY MĚŘENÍ

Principy měření koncentrací jsou různé. Pro každou sloučeninu může probíhat měření jiným způsobem. Podle principu funkce se senzory dělí na neelektronické a elektronické. Měření pomocí chemicko-mechanických senzorů, tedy těch neelektrických, nevyžaduje žádný elektronický senzor a v tom případě ani žádný zdroj elektrické energie. Hodnoty bývají odečítány ze stupnice manuálně uživatelem. U elektronického čidla je vyžadován zdroj elektrické energie a často také kalibrace. Data z takového čidla musí být zpravidla elektronicky zpracována, to umožňuje další práci s nimi a následné automatické reakce a zobrazení hodnot například na displeji (Vojáček, 2020).

2.1 MĚŘICÍ TRUBICE

Měřicí trubice jsou řazeny mezi neelektronické senzory. Dělí se dále podle počtu použití. Existují jednorázové i takové, které dokážou měření zopakovat či měřit kontinuálně.

Princip měření je založen na změně barvy materiálu umístěného v trubici, na základě jeho styku s měřeným plynem. Materiál se liší podle toho, na který plyn je senzor určen. Množství okolního vzduchu se může do této trubice dostat samovolně, případně pomocí pumpy, podle typu trubice. Na trubici se nachází měřítko, ze kterého po reakci uživatel odečte koncentraci měřeného plynu. Trubice existují s různými rozsahy a přesnostmi.

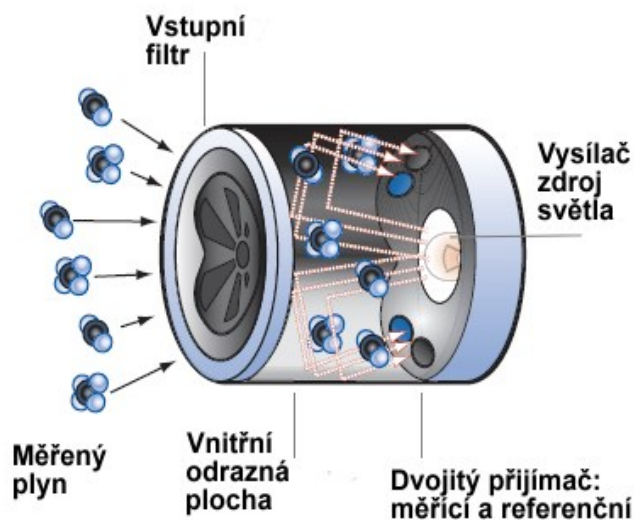


Obr. 2.1 – Měřicí trubice pro CO₂ (Vojáček, 2020)

2.2 OPTICKÉ SENZORY

Optické senzory jsou elektronické a bývají často označovány jako IR, potažmo NDIR. Z překladu těchto zkratk vyplývá, že pro měření využívají infračervené záření. Momentálně patří mezi nejpoužívanější v oblasti měření koncentrace CO₂.

Princip těchto senzorů spočívá v měření útlumu intenzity infračerveného světla, pronikající molekulami plynu. Molekuly oxidu uhličitého absorbují totiž záření takových vlnových délek, které jiné plyny pohlcují minimálně. Zařízení tedy obsahuje infračervenou diodu, či jiný vysílač, a přijímač v podobě například fotodiody. Čím větší je koncentrace plynu mezi vysílačem a přijímačem, tím méně záření na přijímač dopadne. To platí do jisté maximální koncentrace, při které již nedopadne na přijímač téměř žádné záření, v takové chvíli se již koncentrace nedá vyhodnotit. Právě tento jev určuje maximální měřicí rozsah.



Obr. 2.2 – Vnitřní konstrukce IR čidla CO₂

V praxi se využívá často dvojitý přijímač, a zařízení vypadá například jako na obr. 2.2. Na měřicí přijímač dopadá světlo již utlumené, zatímco na referenční přijímač dopadá světlo bez průchodu měřeným prostředím. Vyhodnocuje se tedy rozdíl signálů z těchto dvou přijímačů.

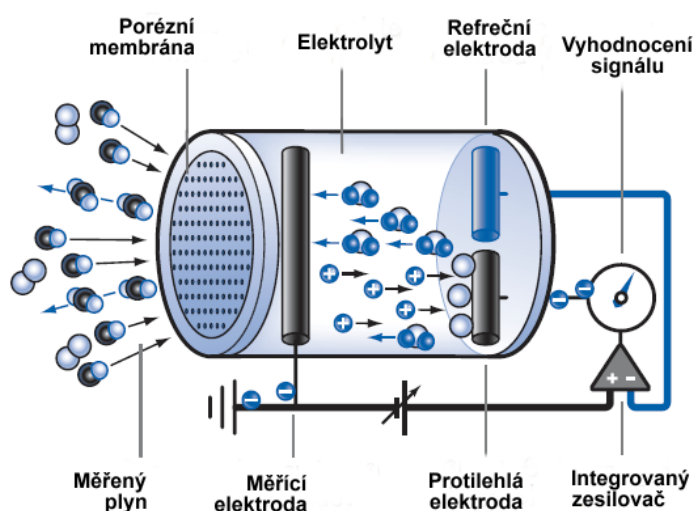
Rozdíl mezi NDIR a IR čidlem spočívá ve spektroskopickém rozdělení světla. NDIR senzory využívají absorpční charakteristiky bez dělení emitovaného světla. Jde o nejběžněji používaný typ. Tyto senzory používají pouze optické pásmové filtry. Pokud jde o disperzivní měření, je světlo spektroskopicky rozděleno.

2.3 ELEKTROCHEMICKÉ SEZNORY

Elektronické senzory, které mohou být označovány jako GSE nebo EC. Jejich výhodou je široký rozsah měření. Nabízí například měřicí rozsahy 100 až 50000 ppm. Dnes už nejsou využívány tak často, díky poměrně krátké životnosti. Dnes se využívají primárně v přenosných

zařizních, ve kterých lze vyměnit měřicí patrona a zopakovat měření. To řeší problém s životností.

Základní princip spočívá ve vytváření elektrického signálu úměrného hladině CO_2 vlivem reakce molekul měřeného plynu s elektrolytem uvnitř zařízení. Senzor tedy obsahuje alespoň dvě elektrody a elektrolyt. Složení se různí pro různé měřené plyny. Elektrody mají dva vzájemné kontakty, jeden skrz vodivý elektrolyt a druhý přes řídicí obvod. Elektrody jsou ze speciálních materiálů, umožňujících požadované chemické reakce mezi měřeným plynem a elektrolytem.



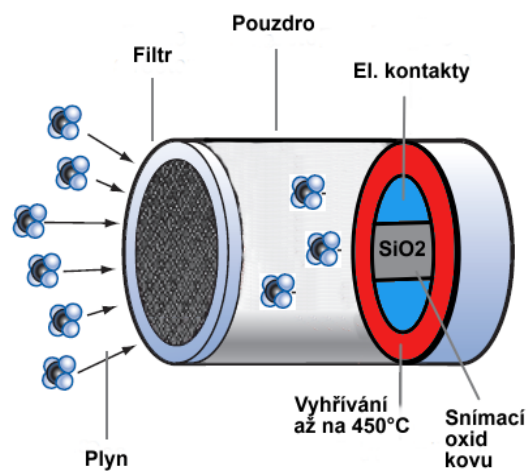
Obr. 2.3 – Vnitřní konstrukce elektrochemického čidla
(Vojáček, 2020)

Z důvodu zpřesnění měření a minimalizace vzniklých chyb se do zařízení často přidává třetí, tzv. referenční elektroda. Bez ní by zařízení v prostředí s velmi vysokou koncentrací plynu mohlo podávat zkreslené výsledky.

2.4 POLOVODIČOVÉ SENZORY

Polovodičové senzory bývají využívány v levnějších zařízeních nebo v indikátorech pro domácí prostředí a kanceláře. Tato zařízení často neposkytují přesné hodnoty, ale pouze indikaci, například LED indikaci překročení určitých mezí.

Princip je založen na ztrátě vodivosti povrchu polovodiče vlivem působení měřeného plynu. V senzoru se nachází snímací element z vhodného oxidu kovu, chemicky reagujícího na molekuly plynu. Tímto oxidem bývá nejčastěji SnO_2 , tedy oxid cínčitý. Snímací prvek se zahřívá na teplotu vhodnou pro měření cílového plynu. Kyslík z prostředí se absorbuje na snímací element. Při přítomnosti molekul oxidačních či redukčních plynů mohou reagovat s absorbovanými ionty kyslíku a dříve vázané elektrony jsou opět dostupné jako nosiče náboje ve snímacím prvku. Tento jev vede ke snížení energetické bariéry v modelu polovodiče, což vede ke zvýšení jeho vodivosti.



Obr. 2.4 – Vnitřní konstrukce polovodičového senzoru
(Vojáček 2020)

3 MOŽNOSTI REAKCÍ

Při zvýšené koncentraci plynů v okolním ovzduší je vhodná rychlá reakce. Taková reakce může být vyvolána automaticky či může být uživatel upozorněn na blížící se nebezpečí a provést akci sám.

3.1 ALARMY

Alarm slouží jako upozornění uživatele na nastalou událost, vymykající se normálnímu stavu. Upozornění může mít různé formy. Pokud je předpoklad, že je uživatel v blízkosti zařízení vydávající upozornění, nejčastěji bývá výstraha zvuková. Takovou výstrahu lze zaznamenat za normálních podmínek v okruhu několika metrů v závislosti na hlasitosti akustického signálu. Díky tomu může na upozornění reagovat každý, kdo se v blízkosti nachází. Pokud není jasné, z jakého důvodu se výstraha spustila, je vhodné doprovodit zvukový alarm nějakou vizuální formou. Zde je možno uvažovat například různé barvy LED s legendou, případně text na displeji. Pokud je výstraha akustická, je příhodno, aby uživatel dokázal alespoň akustickou složku vypnout a zařízení dal informaci, že o nastalé situaci ví. Hlasitá zvuková výstraha může být nepříjemná, způsobovat další nervozitu, a tím pádem i například chybné chování a řešení situace. K utišení výstrahy slouží např. tzv. acknowledge tlačítko.

Pokud je předpoklad, že se uživatel či jiná osoba nemusí nacházet v blízkosti zařízení, je nutno volit jiný způsob upozornění. Tím se rozumí například zaslání automatické SMS na mobilní telefon.

Veškeré tyto formy jsou určeny k upozornění osob, které by následně měly provést vlastní reakci na upozornění. Reakce se odvíjí od situace, na kterou zařízení upozorňuje. U autoalarmu je takovou reakcí kontrola vozidla a případné přivolání policie, u čidla na nebezpečné plyny to může být vyvětrání nebo rychlé opuštění místa (Zárybnický, 2015).

3.2 AKTIVNÍ REAKCE

Pokud se má jednat o automatickou reakci na nastalou situaci, využity jsou nejčastěji různé akční členy. Akční členy jsou zařízení určená k využití zpracované informace a mají za úkol ovlivňování vstupu do regulované soustavy.

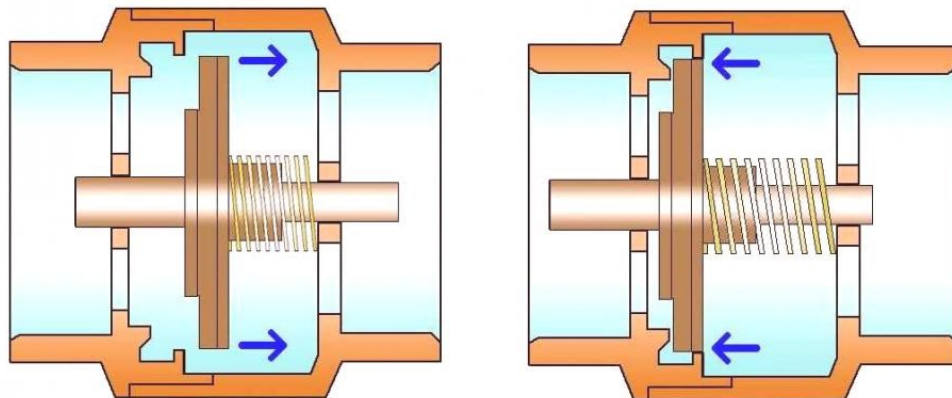
3.2.1 Pohony

Pohony se mohou dělit podle energie využívané ke konání práce pohonů na elektrické, pneumatické, hydraulické a mechanické. Dále podle výstupu signálu na spojitě a nespojitě. Mezi nejvyužívanější typy pohonů se řadí pneumatické pohony, hydraulické pohony a elektrické motory. Tyto typy pohonů jsou vhodné pro různé mechanické pohyby, například pro ovládání regulačních orgánů.

3.2.2 Regulační orgány

Regulační orgány jsou určeny především pro ovládání průtoků plynů, kapalin a par. Tyto orgány musí být dimenzovány na podmínky, ve kterých budou pracovat. Podle konstrukcí se dají dále dělit.

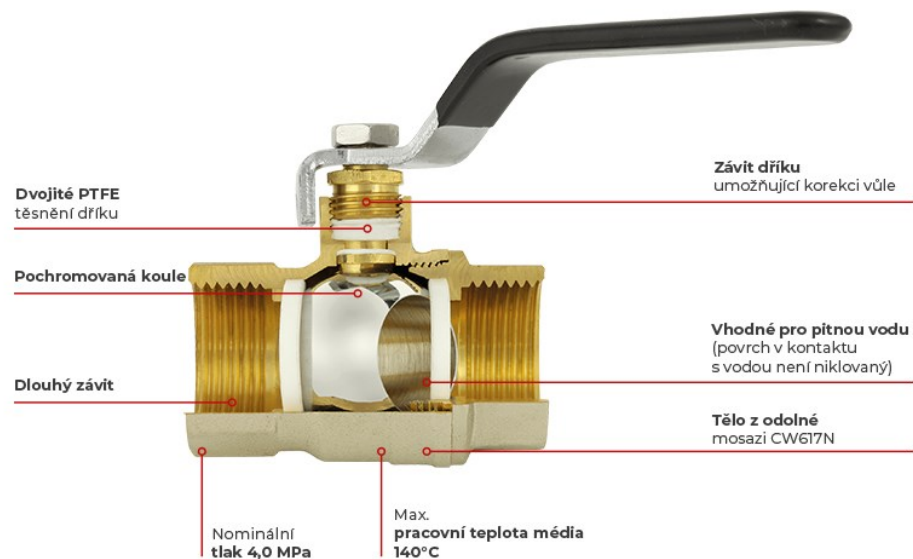
Ventily jsou jedny z nejběžnějších zařízení určených k regulaci průtoku kapalin a plynů. Konstrukce ventilů se může lišit a tím se upravuje i jejich funkce. Existují ventily uzavírací, kde jde především o naprostou těsnost. Regulační ventily, jak je možno vydedukovat z názvu především regulují průtok. Existuje velké množství dalších konstrukcí, které dále upravují samotnou funkci ventilu.



Obr. 3.1 – Princip zpětného ventilu blokujícího průtok jedním směrem
(Co je zpětný ventil pro vodu, jeho účel a rozsah, 2019)

Kohouty jsou poměrně primitivní zařízení. Regulace průtoku zde probíhá otáčením otočné části, tím se uvnitř zařízení pohybuje škrticí prvek ovlivňující průtok. Na podobném

principu funguje šoupátko, kde se průtok nereguluje otáčením, ale zasouváním škrticího prvku zpravidla kolmého k ose potrubí, kterým regulované médium protéká. Podobný princip

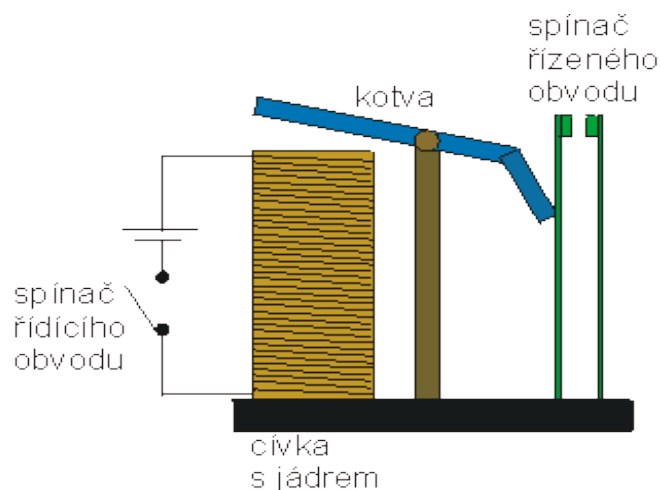


Obr. 3.2 – Zobrazení principu kulového kohoutu
(Kohouty FERRO, nedatováno)

zajišťují i klapky. Jde o desky umístěné v ose potrubí, při jejichž otáčení se upravuje průřez trubice a tím i možný průtok, především plynů.

3.2.3 Relé

Některé regulační orgány mohou být ovládány i pohonem. K tomu jsou určeny zpravidla motory. Pokud je potřeba vyvolat aktivní automatickou reakci, je vhodné ovládat nějakým způsobem tato zařízení pomocí mikropočítače. K tomu jsou určeny různé spínací nebo ovládací prvky, tím nejběžnějším spínacím je elektromagnetické relé.



Obr. 3.3 – Vnitřní struktura relé
(Kekule, 2004)

Po přivedení napětí na cívku vznikne elektromagnetické pole a dojde k přitažení kotvy. Kotva přimáčkne kontakty řízeného obvodu k sobě a řízený obvod je uzavřen. Podobný princip nabízí i rozepínací relé, které po přivedení signálu na řídicí obvod řízený obvod rozezne. Tímto způsobem je umožněno ovládat malými proudy z mikrokontroleru, jako je např. Arduino, bez problému síťové napětí.

4 KOMERČNÍ ZAŘÍZENÍ

Běžně prodávaná domácí i průmyslová zařízení poskytují ve většině případů monitoring pouze jednoho z plynů. V nabídce internetových obchodů jsou domácí zařízení na měření CO₂ v rozmezí přibližně 3 až 10 tisíc korun. Největším rozdílem mezi nimi bývají především rozsahy měření. Domácí zařízení pro kontrolu koncentrace CO jsou zpravidla levnější, jejich cena se pohybuje maximálně okolo tisíce českých korun. Prodávaná průmyslová zařízení na měření koncentrací plynů bývají podstatně dražší. Jejich ceny se pohybují v řádech vyšších tisíců korun, zároveň však nabízí přesnější měření a zpravidla možnosti reakce na určité hodnoty.

4.1 MĚŘIČE OXIDU UHLIČITÉHO

4.1.1 Voltcraft CO-60



Obr. 4.1 – Zařízení pro měření CO₂ firmy Voltcraft
(Digitální ukazatel klimatu v místnosti Voltcraft CO-60,
nedatováno)

Jedná se o domácí zařízení pro měření koncentrace oxidu uhličitého v okolním prostředí. Dokáže účinně měřit koncentrace v rozsahu 0 až 3 000 ppm. Jeho přesnost se odvíjí od hodnoty aktuální koncentrace plynu v ovzduší, při vyšších hodnotách jeho přesnost klesá až na $\pm 7\%$. Mimo naměřené koncentrace CO₂ poskytuje na svém displeji informace o čase, relativní vlhkosti a okolní teplotě. Rychlou informaci o kvalitě ovzduší udávají také tři LED

kontrolky pod displejem. Do 800 ppm signalizuje přístroj kvalitu ovzduší zelenou diodou jako v pořádku. Nad 800 ppm do 1 500 se rozsvítí kontrolka žlutá a vyšší hodnoty jsou již signalizovány diodou červenou, v tu chvíli se ozve i zvuková signalizace, kterou je možné umlčet jediným tlačítkem zařízení. Napájení je možné dvěma způsoby. První možností je napájení USB kabelem, druhou možností je napájení kabelem síťovým (VOLTCRAFT CO2-60 měřič oxidu uhličitého, nedatováno).

4.1.2 Evikon E2608-CO2-230

Domácí zařízení neumožňují mimo upozornění jinou reakci na zvýšené hladiny plynu. To umožňují různá průmyslová zařízení. Takovým zařízením je například Evikon E2608-CO2-230. Průmyslové zařízení pro měření koncentrace oxidu uhličitého se vyrábí ve více variantách, podle typu měření. Běžně prodávaná varianta je nástěnná, ale existují i s kabelovou sondou a další. Zařízení nemá vlastní světelnou a zvukovou signalizaci. Disponuje dvěma spínacími relé, umožňující například funkci vzdáleného alarmu či větrání, spínanými při různých koncentracích dle volby zákazníka. Vyráběna jsou zařízení s různými rozsahy měření, základem jsou 0 až 10 000, případně 0 až 50 000 ppm. Dále umožňuje komunikaci přes digitální rozhraní ModBus RS485 a disponuje dvěma analogovými výstupy 0 až 10 V a 4 až 20 mA. Zařízení je při používání v průmyslových prostorech nutno pravidelně kalibrovat specializovanou firmou. Napájení je realizovatelné 11 až 30 V stejnosměrného



Obr. 4.2 – Zařízení pro měření CO₂ firmy Evikon
(Detektor plynu pro oxid uhličitý EVIKON E2608-CO2-230,
nedatováno)

napětí, případně 90 až 265 V střídavého napětí (Detektor plynu pro oxid uhličitý EVIKON E2608-CO2-230, nedatováno).

4.2 MĚŘIČE OXIDU UHELNATÉHO

4.2.1 Kidde 10SCO

Domácí zařízení, určená pro monitorování CO, jsou povětšinou jednoduššího typu. Jejich hlavním úkolem je upozornění na přímé ohrožení života, nabízí tedy maximálně informaci o hodnotě koncentrace, v některých případech však ani ta není zobrazena. Pouze pokud koncentrace přesáhne bezpečnou hladinu, zařízení vydá upozornění. Zařízení Kidde 10SCO nabízí monitoring oxidu uhelnatého a hlášení vzniklého požáru. Hlásič umožňuje akustické upozornění na vzniklé nebezpečí doprovázené blikáním červené LED. Výstrahy a dočasnou deaktivaci obvodů zařízení je možné vypnout tlačítkem. Hlásič je napájen pouze 9V baterií. Disponuje tedy automatickou detekcí poklesu napájecího napětí, tedy signalizací slabé baterie.

Průmyslová zařízení na detekci oxidu uhelnatého od firmy Evikon nenabízí možnost jiné automatické aktivní reakce, než akustického a vizuálního alarmu (Kidde 10SCO hlásič plynu CO a hlásič požáru, nedatováno).



Obr. 4.3 – Běžný hlásič úniku CO od firmy Kidde
(Kidde 10SCO hlásič plynu CO a hlásič požáru,
nedatováno)

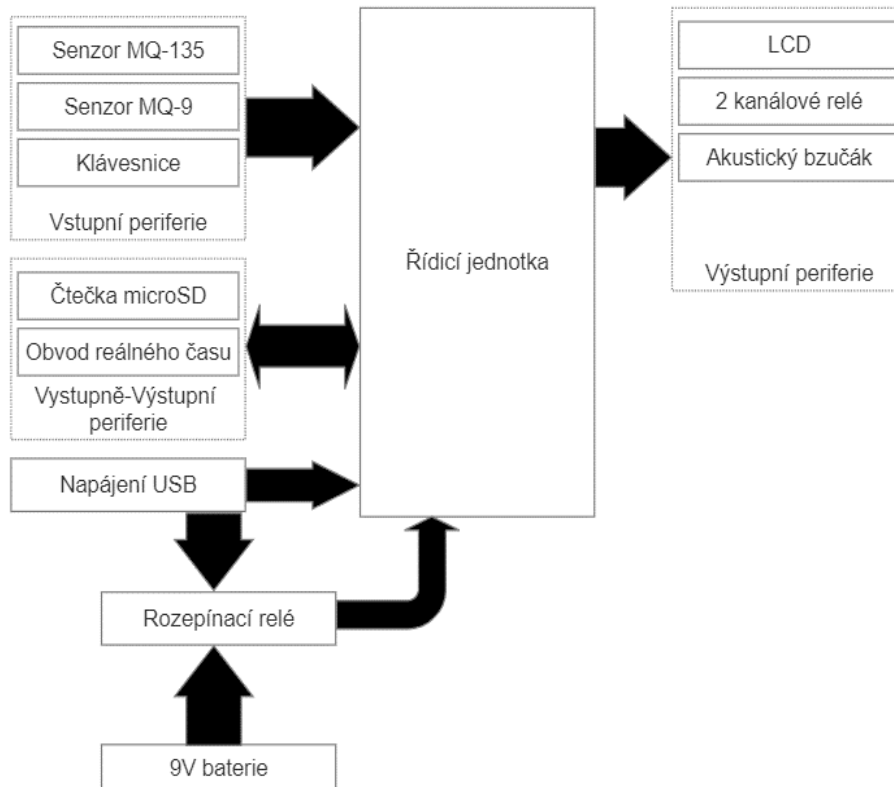
4.2.2 Evikon E2630-CO-24VDC

Průmyslové zařízení pro měření koncentrace oxidu uhelnatého Evikon E2630-CO-14VDC disponuje vlastní vizuální i zvukovou signalizací a dvěma spínacími relé pro připojení vzdáleného alarmu či umožnění automatického větrání. Zařízení je možné připojit přes rozhraní UART. Rozsah měření snímače je 0 až 200 ppm nebo 0 až 1000 ppm a koncentrace při kterých sepnou a rozepnou jednotlivá relé jsou volitelná uživatelem. Zařízení je z výroby kalibrováno a je zde nutno kalibrovat zařízení pravidelně každých 12 měsíců. Napájení je možné 24 V stejnosměrného napětí či 90 až 265 V střídavého napětí (Detektor plynu pro oxid uhelnatý EVIKON E2630-CO-24VDC, nedatováno).



Obr. 4.4 – Průmyslový hlásič úniku CO firmy Evikon
(Detektor plynu pro oxid uhelnatý EVIKON E2630-CO-
24VDC, nedatováno)

5 SYSTÉM MĚŘENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

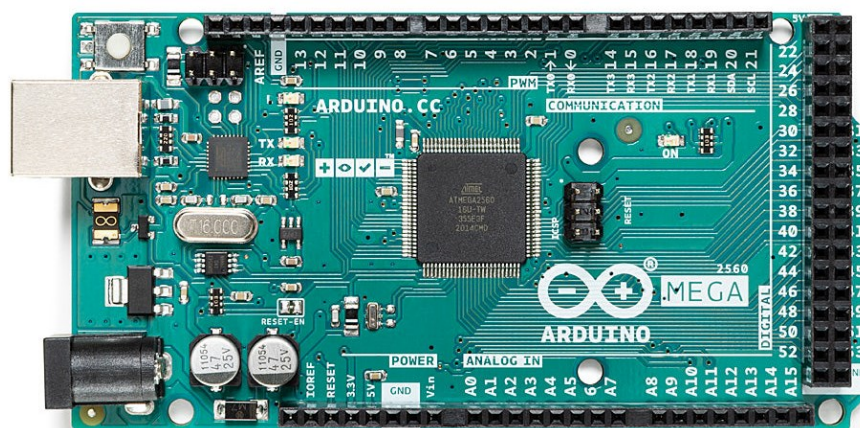


Obr. 5.1 – Blokové schéma

5.1 MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA2560 R3

Jako řídicí jednotka celého zařízení byl zvolen jednočipový mikropočítač Arduino Mega2560 R3. Stejnou funkci by zastala i menší verze Arduino UNO či Nano. Větší a výkonnější model desky byl zvolen především díky možnosti přímého připojení modulu displeje, více dostupných pinů pro připojení modulů, a v neposlední řadě také zkušenosti s prací a aktuální dispozicí tohoto mikrokontroleru. Deska Arduino byla zvolena díky mé znalosti programovacího prostředí Arduino IDE, velké dostupnosti modulů určených přímo pro komunikaci s tímto typem desky, snadné komunikaci s osobním počítačem, a v neposlední řadě také díky předešlým zkušenostem s tímto mikrokontrolerem.

Srdcem desky je mikroprocesor ATmega2560 s frekvencí 16 MHz. Disponuje větší flash pamětí než výše zmíněné modely, tedy 256 KB, ze které je 8 KB využito pro bootloader.



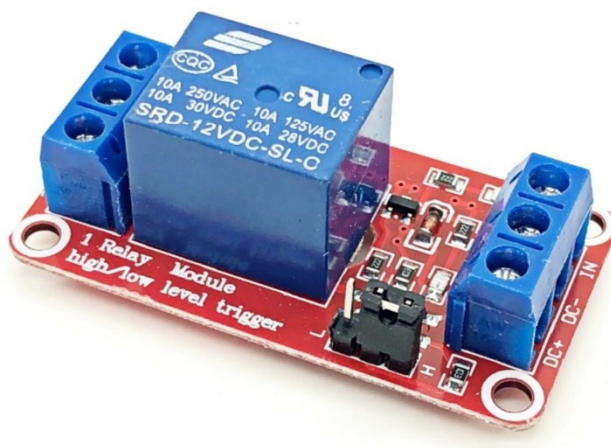
Obr. 5.2 – Deska Arduino Mega2560 R3
(Arduino Mega 2560 Rev3, nedatováno)

Paměť SRAM je velká 8 kB a EEPROM 4 kB. K dispozici je zde 54 digitálních pinů, ze kterých 15 umožňuje PWM výstup. Vstupně výstupní piny pracují s logickými hodnotami a maximální možný odebíraný proud skrze jeden z nich činí 20 mA. Analogových pinů je možno využít až 16. Některé piny, na každém modelu Arduino jiné, mají kromě klasických digitálních/analogových funkcí i funkci jedinečnou, například vodiče určité sběrnice a podobně. Z napájecích 5V pinů na desce je možno v krajním případě odebírat až 800 mA, samozřejmě v případě externího napájení, USB napájení nemůže poskytnout takovou hodnotu. Po překročení nějaké maximální hodnoty odebírané piny, ať už napájecími či digitálními, je pravděpodobné nenávratné poškození desky. Vedle USB konektoru, díky kterému lze desku spojit s osobním počítačem, komunikovat s ním a zároveň desku napájet, je tlačítko sloužící k resetu desky. Maximální možné napájecí napětí desky je v rozmezí 6 až 20 V, doporučené je však 7 až 12 V. Tohoto napětí logicky nelze dosáhnout přes USB konektor, který poskytuje maximálně 5 V a 500 mA, ale dosáhnout lze díky konektoru pro externí napájení, umístěného vedle konektoru USB (Arduino Mega2560 Rev3, nedatováno; Matoušek, 2006).

5.1.1 Napájení

Vzhledem k charakteru zařízení je vyžadováno, aby bylo napájeno i v případě krizové situace, jakou je například výpadek elektrického proudu. Zařízení je za normálního stavu možno napájet přes USB konektor 5 V nebo stabilními 7 až 12 V soustředným konektorem. Nouzové napájení je řešeno 9V baterií. Využito bylo rozepínací relé, což je zařízení, které při

přivedení požadovaného signálu potřebný obvod neuzavře, ale naopak rozpojí. Jako signál potřebný k rozpojení obvodu s 9V baterií je přiveden signál ze zdroje, kterým je napájeno i relé. Ve chvíli, kdy je signál ze sítě připojen a elektrický proud nevypadl, obvod s baterií je rozpojen a zařízení tedy napájí pouze napětí zdroje zapojeného v síti případně v PC. Pokud toto napájení vypadne ve chvíli výpadku elektrického proudu, obvod s baterií se uzavře. Ta je připojena do zařízení přes pin Vin a GND. Zde již není na rozdíl od soustředného konektoru vnitřní ochrana proti přepólování, tudíž je nutno dávat pozor, jak jsou vodiče do desky zavedeny. Vnitřní regulátory již zajistí regulaci 9 V z baterie na využívaných 5 V, případně 3,3 V na pinu desky. Využít by šla i baterie disponující větším napětím, avšak to by způsobilo významné zahřívání



Obr. 5.3 – Relé s možností rozepínání
(Relé modul 1 kanál s jumperem H/L, nedatováno)

právě regulátorů integrovaných na desce. Naopak minimální doporučené napětí na napájecích pinech Vin a GND je 6 V, z důvodu odběru cca 1 V regulátorem. Pokud by bylo zařízení napájeno touto možností méně než 6 V, deska by mohla být nestabilní.

Využití relé disponuje jumperem, přepínajícím možnost reakce na logickou úroveň high nebo low. Podle hodnoty napájecího napětí je nutno použít relé určené pro napájení danou hodnotou, pro sestavení bylo využito USB napájení, tudíž i relé musí být napájeno 5 V z USB. Pro zjednodušení práce je využita pro rozepnutí obvodu hladina low, vstup ovládací sepnutí je tedy propojen s uzemněním desky Arduino. Pokud je dostupné napájení z přítomného zdroje, napájecí obvod s baterií je rozpojen. V případě napájení přes soustředný konektor je nutno v zařízení použít relé napájené 9 V, princip funkce však zůstává stejný.

5.1.2 Analogové vstupy

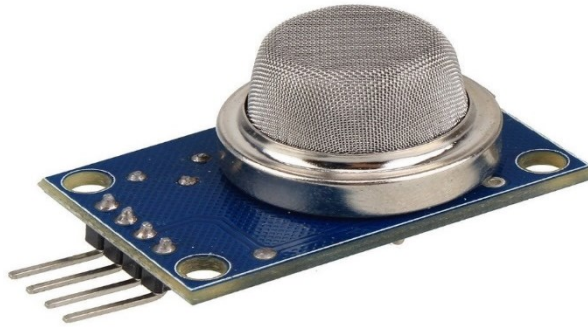
Analogové vstupy mikrokontroleru Arduino vyhodnocují analogové signály. Signály vydávají analogová čidla, termistory a další zařízení, která zpravidla při změně nějaké veličiny mění svůj odpor, případně hodnotu generovaného napětí. Tyto signály převádí pomocí desetibitových integrovaných A/D převodníků na digitální hodnotu. Analogová hodnota 0 V až referenční napětí je rozdělena na 1 024 dílků, tedy 0 až 1 023. Referenční napětí je bez úpravy rovno napájecímu, tedy 5V. Referenční napětí lze změnit připojením vlastního napájení na pin Aref, musí být maximálně 5 V, a funkcí „analogReference()“. Desky Arduino disponují také integrovaným referenčním napětím. Pokud chce uživatel využít toto napětí jako referenční, opět ho volí pomocí parametru funkce. Parametry této funkce lze přepínat zdroj referenčního napětí, a to mezi napájecím, externím nebo interním. Interní hodnoty jsou různé na různých typech desky (Arduino AnalogReference, nedatováno; Malý, 2010).

5.2 VSTUPNÍ PERIFERIE

5.2.1 Modul kvality ovzduší MQ-135

Modul obsahuje čidlo plynů. Čidlo reaguje na amoniak, oxidy dusíku, benzen, kouř a v neposlední řadě také na oxid uhličitý. Právě jeho detekce je v zařízení využita. Aktivní částí čidla je vrstva oxidu cíničitého. Odpor této vrstvy se mění s koncentrací výše zmíněných plynů v okolním prostředí. Na modulu se nachází potenciometr, kterým se upravuje koncentrace, při které vydá digitálním výstupem signál k přerušení, tato funkce i digitální výstup čidla není využit. Čidlo avšak není dokonalé a odpor mění také se změnou teploty nebo například vlhkosti. Před uvedením do provozu je tedy nutno senzor nechat pracovat a zahřívát alespoň pět až patnáct minut, aby dosáhl pracovní teploty a výsledky měření byly co nejméně zkreslené. Po uplynutí této doby je nutno čidlo kalibrovat pomocí programu určeného pro kalibraci. Je také nutné uvažovat zahřátí čidla při umístění do konstrukce. Kovový obal čidla má pracovní teplotu cca 40 °C, není tedy vhodné ho vkládat do těsně uzavřených konstrukcí. Vzhledem k reakci čidla na více plynů zároveň není ovšem ani po zahřátí měření úplně přesné. V tomto případě však neuvažujeme, že bychom se s čidlem dostali do prostředí, kde by mohlo reagovat na jiné typy plynů než oxid uhličitý. Při testování zařízení ovšem tato vlastnost velmi pomůže, jelikož hodnotu měření v ppm lze ovlivnit například plynem ze zapalovače, a tak vyzkoušet všechny režimy aplikace, bez obtížného vytváření vysoké hladiny CO₂. Hodnotě odporu odpovídá dle datasheetu určitá hladina koncentrace plynu. Díky analogovému pinu

mikrokontroleru naměří zařízení aktuální napětí na odporu a dle hodnot stanovených výrobcem vypočítá přibližnou koncentraci CO₂ v okolí. Čidlo je zapojeno do analogového vstupu A1 (Senzor pro detekci kvality vzduchu MQ-135, nedatováno; Air quality gas sensor, 2015).



Obr. 5.4 – Senzor MQ-135 (Senzor plynů MQ-135 pro Arduino, nedatováno)

5.2.2 Modul kvality ovzduší MQ-9

Modul kvality ovzduší MQ-9 obsahuje čidlo, které detekuje koncentrace plynů v prostředí. Aktivní část čidla je z oxidu cíničitého. Na modulu se nachází potenciometr, kterým se upravuje koncentrace, při které vydá digitálním výstupem signál k přerušení, tato funkce i digitální výstup čidla není využit. Čidlo samotné umožňuje práci ve dvou režimech. Pro plné využití čidla je vhodné cyklicky střídat napájení zahřívání mezi pěti volty a napájením nižším. Při napájení topení pěti volty je čidlo výrazně zahřáté, citlivé a mění svůj odpor více při detekci methanu a propanu. Při napájení topení 1,5 V, kdy je čidlo i aktivní vrstva SnO₂ chladnější, senzor více reaguje na hladinu oxidu uhelnatého. Tato funkce je možná v případě, že je čidlo použité samostatně bez integrace na modul. V případě integrování čidla na modul nelze rozdělit napájení modulu a topení, tudíž je zde modul napájen 5 V. I u čidla MQ-9 je nutné zahřátí na pracovní teplotu a následná kalibrace programem. Výslednou přibližnou koncentraci oxidu uhelnatého v prostředí udává měřicí konstanta získaná při kalibraci po zahřátí. Po naměření hodnot díky analogovému pinu a výpočtech s měřicí konstantou, při běhu aplikace, lze z údajů od výrobce určit přibližnou koncentraci CO v prostředí. Rozsah měření začíná na 150 ppm CO. Do té doby čidlo není schopno změřit hodnotu s dostatečnou přesností. Do překročení této hladiny je uvedena na displeji a při výpisu koncentrace jako nízká, po dosáhnutí 150 ppm

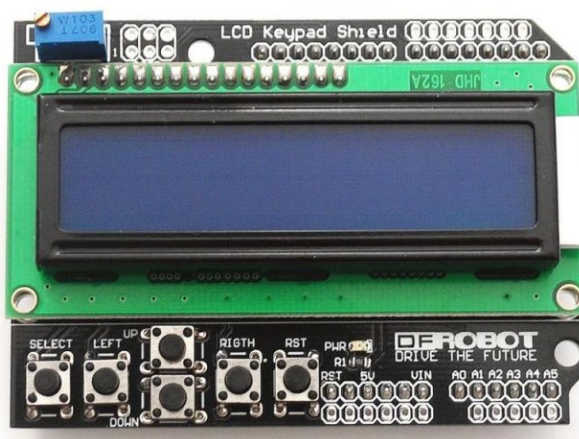
zařízení začíná okamžitě reagovat v režimu nebezpečí. Vzhledem k principu funkce čidla je výsledek ovlivněn teplotou, vlhkostí a koncentrací i jiných plynů. V tomto případě je předpoklad, že se zařízení bude nacházet v prostředí, kde hrozí pouze zvýšená hladina CO a jiné plyny neovlivní funkci zařízení. Plyny ovlivňující měření mohou být využity při snaze dosáhnout zvýšené hladiny koncentrace při testování funkce aplikace. Čidlo je zapojeno do analogového vstupu A2 (MQ-9 Semiconductor sensor for CO/combustible Gas, nedatováno).



Obr. 5.5 – Senzor MQ-9 (MQ-9 Carbon monoxide CO alarm combustible gas sensor module for Arduino, nedatováno)

5.2.3 Modul klávesnice

Modul klávesnice je z výroby připájen dohromady s displejem do jednoho modulu. Samotná část klávesnice aktivně využívá pouze jeden analogový pin mikrokontroleru. Obsahuje 5 programovatelných tlačítek a jedno tlačítko reset. Programovatelná tlačítka využívají zapojení odporového děliče. Analogový pin tedy vyhodnotí, po zmáčknutí některého z pěti tlačítek, velikost napětí na tomto děliči a podle té a předešlého měření lze zjistit, které tlačítko bylo stlačeno. Z principu této funkce je nemožné rozlišit, jaká tlačítka jsou stlačena, pokud je stlačeno více než jedno z nich. V aplikaci všech pět tlačítek funguje jako „STOP“ tlačítko. Pokud je aktivní alarm a některé tlačítko je stlačeno, alarm utichne do doby, než hladiny sloučenin klesnou na bezpečnou hladinu. Po následném navýšení těchto hladin může alarm přejít znovu do aktivního stavu. Modul klávesnice samostatně využívá pouze pin A0 (Luboš, nedatováno).



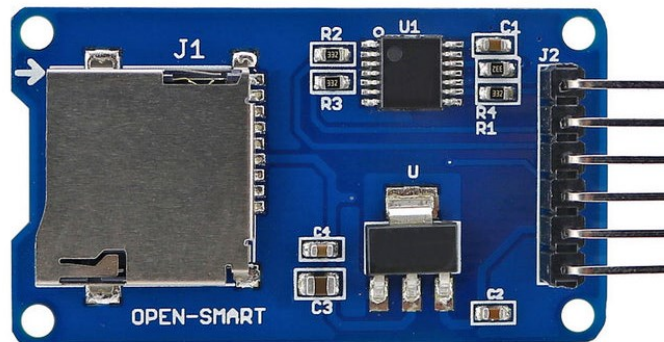
Obr. 5.6 – LCD modul s klávesnicí
(LCD modul 16x2 pro Arduino, nedatováno)

5.3 VSTUPNĚ–VÝSTUPNÍ PERIFERIE

5.3.1 Čtečka microSD karty

Čtečka je umístěna na desce s převodníkem napětí, a je tedy napájena 5 V. Komunikuje s mikrokontrolerem po sběrnici SPI po čtyřech vodičích. Před prvním zápisem na microSD kartu je vhodné naformátovat právě používanou microSD pro správnou funkci. Na kartu se průběžně ukládají naměřená data do textového souboru. Data se ukládají v intervalu, který lze zvolit v programové úvodní části programu, součástí každého záznamu je čas, ve kterém měření

proběhlo. Text je strukturován tak, aby byl možný export do programu jako je Excel apod. pro další práci s daty. Čtečka je zapojena do pinů, umožňujících komunikaci po sběrnici SPI, tedy D50 až D53.



Obr. 5.7 – Modul pro čtení a zápis na microSD
(MicroSD card adapter module for Arduino, nedatováno)

5.3.2 Obvod reálného času

Obvod je tvořen tepelně kompenzovaným krystalovým oscilátorem a krystalem. Čip má velmi přesný kmitočet a provádí interní korekci dle teploty, proto obsahuje i teploměr. Komunikace s mikrokontrolerem probíhá po sběrnici I2C, po které komunikuje mikrokontroler i s displejem. Tato sběrnice umožňuje komunikovat až s 128 zařízeními po pouze dvou obousměrných vodičích. Obvod reálného času je v tomto zařízení důležitý především pro časovou známku záznamu při zápisu na paměťovou kartu. Při spouštění zařízení při připojení z PC si zařízení načte čas právě z osobního počítače, pro udržení tohoto času po odpojení je nutné využít baterii, kterou lze vložit přímo do modulu. Piny umožňující komunikaci, a tedy připojené k obvodu reálného času, jsou D20 a D21 (RTC Hodiny reálného času DS3231 AT24C32, nedatováno).



Obr. 5.8 – Obvod reálného času
(DS3231 RTC module precise real time clock I2C AT2432C, nedatováno)

5.4 VÝSTUPNÍ PERIFERIE

5.4.1 Displej LCD

Displej je spojen s klávesnicí do jednoho modulu. Jeho univerzálnost umožňuje ho připojit jak do mikrokontroleru Arduino UNO, tak i do Arduino MEGA, jako v tomto případě. Pro komunikaci využívá sedm digitálních pinů. Nutno počítat i jeden analogový, využívaný klávesnicí. Displej má dva řádky a každý z nich může zobrazit až šestnáct znaků. Na modulu se také nachází trimr, který ovládá jas znaků zobrazených na displeji. Pro zjednodušení

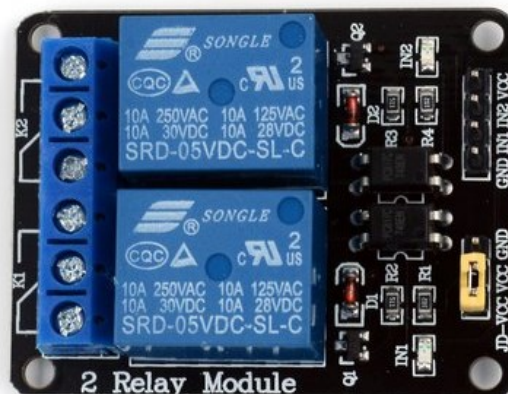


Obr. 5.9 – Displej pro Arduino
(Arduino display modrý 16x2 znaků, nedatováno)

komunikace s displejem je ve vývojovém prostředí využívána univerzální knihovna, díky které je práce s ním velmi jednoduchá. LCD displej informuje uživatele o aktuální koncentraci sloučenin v okolním prostředí. S každou měřicí periodou se displej obnoví a zobrazí poslední naměřené hodnoty. Displej využívá pro komunikaci piny D4 až D9 (Luboš, nedatováno).

5.4.2 2 kanálové relé

Modul dvoukanálového relé je deska obsahující dva relé moduly, ovládané logickými hodnotami napětí přímo z pinů mikrokontroleru. Spínat je možné až 250 V a 10 A střídavého napětí, případně 30 V a 10 A stejnosměrného napětí. Princip funkce je stejný jako u klasického relé. Při signálu k sepnutí se spustí obvod s elektromagnetem, který magnetickým polem přitáhne takzvanou kotvu, a tím uzavře obvod. Vzhledem k mechanickému principu funkce se relé řadí mezi pomalé spínací prvky, avšak pro mé využití to nečiní problém. Relé je v tomto případě využito pouze jako demonstrace reakce na překročení bezpečné hodnoty měřených veličin. Které relé má v jaký okamžik sepnout je možno ovládat přes rozhraní na osobním PC v ovládacím programu. V závislosti na prostředí by bylo možno připojit do spínaného obvodu například ventilátory, ventil, nebo jiné zařízení, které by aktivně mohlo zasáhnout do úrovně měřených plynů v okolním prostředí. Relé je ovládáno digitálními výstupy z pinů D30 a D31 (Voda, 2018).



Obr. 5.10 – Dvoukanálové relé
(2 Channel relay module, nedatováno)

5.4.3 Akustický bzučák

Alarm v případě zvýšeného či nebezpečného obsahu jednoho z měřených plynů v okolí zařizuje modul aktivního akustického bzučáku. Napájen je přímo z 5V pinu mikrokontroleru a disponuje možností napájení i 3,3 V. Zvuk vydává piezoelektrický měnič a jeho tón a délka tónu se nastavuje programově v kódu. Podle nastavení z prostředí vydává zvukové signály v různých nastalých situacích s dvěma intenzitami. Intenzita alarmu je dána délkou mezery mezi jednotlivými tóny. Krátké mezery mezi tóny výrazně zintenzivní naléhavost a důležitost reakce na alarm. V případě překročení bezpečné hladiny CO se v každém případě automaticky spustí vysoká intenzita alarmu, kvůli bezprostřední nebezpečnosti tohoto plynu. Bzučák je ovládán výstupem z pinu D23.



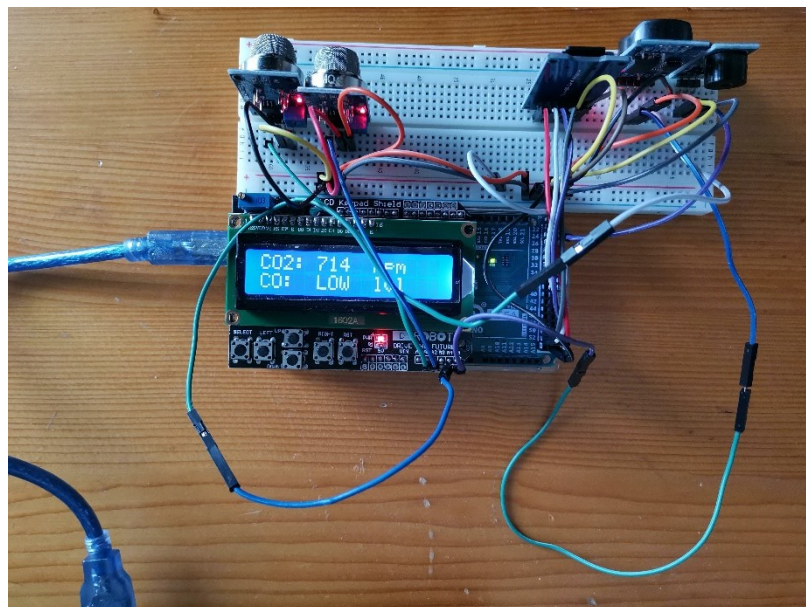
Obr. 5.11 – Bzučák

(3,3-5 V Active buzzer alarm module for Arduino, nedatováno)

6 KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ

6.1 OŽIVENÍ ZAŘÍZENÍ

Před kompletováním zařízení bylo nutné provést oživení samotného zařízení. Oživení a kontrola jednotlivých funkcí byla provedena pomocí nepájivého pole. Otestována byla veškerá čidla a další použité moduly. Nejprve byla ke každému modulu zvlášť vytvořena testovací aplikace, díky které byla ověřena správná funkce každého z nich. Zpravidla šlo o aplikaci, která již prováděla stejnou funkci, jako v následné finální podobě kódu. Ověření funkce proběhlo ve většině případů výpisem proměnných, či hlášek do sériového monitoru. Samostatně byl proveden i test komunikace mikrokontroleru s prostředím a aplikací Visual Studio. Zde test proběhl opět vytvořením aplikací. Mikrokontroler v této testovací aplikaci reagoval na různé přijaté informace různými tóny bzučáku, každý tón tedy potvrdil jinou přijatou informaci. V tomto případě tedy proběhl test dvou funkcí zároveň. Následně byl do mikrokontroleru nahrán výsledný program, ve kterém již pracovaly veškeré potřebné funkce zároveň. Po úspěšném vyzkoušení všech funkcí a oživení celého došlo na návrh, výrobu a osazení konstrukce.



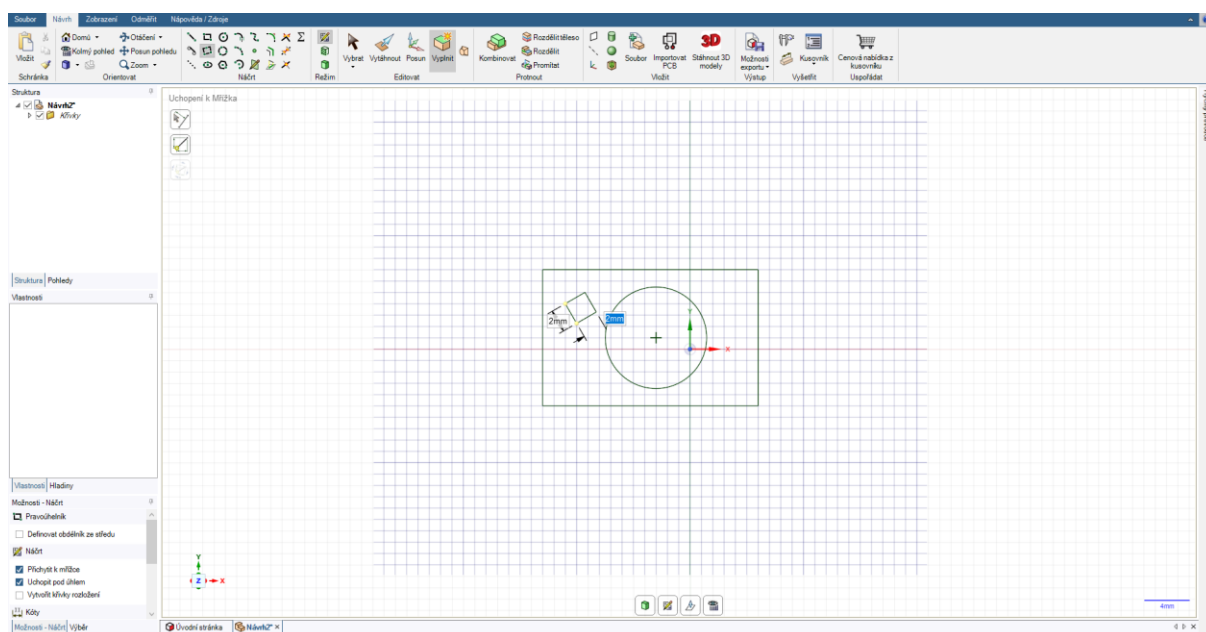
Obr. 6.1 – Oživené zařízení

6.2 VÝROBA KONSTRUKCE

Po uvážení možných způsobů výroby konstrukce pro zařízení byla zvolena výroba 3D tiskem. Tento způsob nevyžaduje příliš práce v dílně, což bylo kvůli nemožnosti přístupu do dílny hlavní motivací pro zvolení právě 3D tisku. Nutné bylo vytvořit model konstrukce v modelovacím programu a následně tento model vytisknout. Po testu několika programů a doporučení vedoucího práce byl zvolen programem pro 3D návrh konstrukce DesignSpark Mechanical.

6.2.1 DesignSpark Mechanical

Jde o program primárně určený k vytváření 2D náčrtů a 3D modelů. Program je volně dostupný a díky výrobci, který vytvořil i vlastní program na návrh desek, je vhodný pro vytváření konstrukcí v elektrotechnice. Program je velmi podobný jiným CAD modelovacím programům. Aktuální verze 5.0 je dostupná pouze pro uživatele Windows.



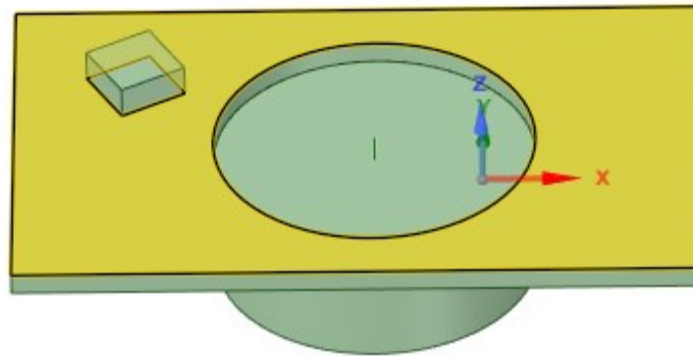
Obr. 6.2 – Prostředí DesignSpark Mechanical a 2D náčrt

Základní princip je práce s 3D prostorem. Do rovin uživatel vytváří náčrty, se kterými lze následně pracovat. Po vytvoření 2D náčrtu myší a případné úpravě rozměrů klávesnicí, je možné s jednotlivými obrazy a menšími plochami dále pracovat. Základním úkonem je „vytáhnout“. Po kliknutí na toto tlačítko si dalším klikem zvolí uživatel jednu či více ploch, se kterou chce pracovat a dalším pohybem myši z ní vytvoří 3D objekt. V 3D prostoru probíhá

orientace pomocí tzv. orientační krychle nacházející se v levém dolním rohu okna. Na krychli jsou vyznačeny osy a po jejím uchopení myší lze otáčet prostorem. Stejnou funkci vykoná i pohyb myši, pokud uživatel drží kolečko.

Na již vytvořené 3D objekty je možno vytvářet další 2D nákresy a upravovat následně tvar objektu. Při načrtávání je vhodné využít i tzv. konstrukční čáry, kterými si uživatel dopomůže při rozměrování.

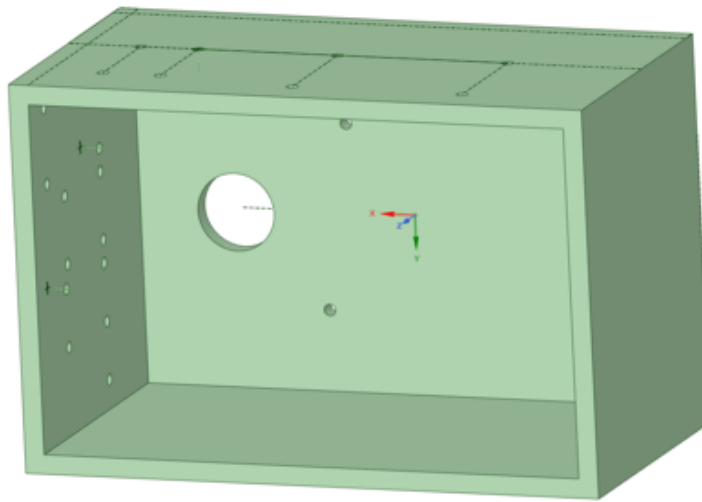
Celé prostředí je komplexní a jde v něm provádět velké množství různých úkonů. Vytváření složitějších konstrukcí nebo jejich skládání vyžaduje zkušenosti s CAD prostředím a nezvládne ho úplný nováček (Klauz, 2013).



Obr. 6.3 – 3D nákres

6.2.2 Návrh prototypu konstrukce

Díky použití modulů a desky Arduino, které již mají předpřipravené otvory k uchycení, byla zvolena pro testování jednoduchá konstrukce. Jedná se o kvádr, z jedné strany otevřený kvůli přístupu vzduchu, a hlavně z důvodu umožnění další práce uvnitř zařízení. Kvádr je z čelní strany 150 mm široký, 100 mm vysoký a 80 mm hluboký. Síla stěn je 5 mm. Rozměry modulů a vzdálenosti jednotlivých otvorů byly naměřeny před návrhem konstrukce. Rozměry desky Arduino a vzdálenost otvorů pro uchycení byly vyčteny z informací výrobce. Veškeré rozměry již rozměřené na 3D modelech se nachází v příloze. Na čelní straně jsou otvory s poloměrem 1,5 mm pro přidělaní samotné desky, do které je zapojen displej s klávesnicí. Konektory USB a napájení směřují směrem ze zařízení pro jednodušší připojení. Vedle desky se z druhé strany nachází otvor s poloměrem 10 mm pro připojení propojek k modulům



Obr. 6.4 – Model prototypu konstrukce ze zadní strany

umístěných uvnitř. Pro moduly jsou připraveny rozměřené otvory s poloměrem 1,5 mm, pro jejich přišroubování ke konstrukci. Moduly byly přišroubovány ke konstrukci pomocí šroubků s průměrem 2,5 mm a délkou 10 mm, případně 16 mm, pokud bylo potřeba. K uchycení modulu na microSD karty bylo nutno využít šroubek s menším průměrem, jelikož otvoru k uchycení tohoto modulu má poloměr pouze 1 mm. Krajiní otvory určené pro montáž jsou vzdáleny 32 mm od stěny konstrukce, kvůli možnosti manipulovat s propojkami a moduly. Na horní straně, uvnitř konstrukce, se nachází i relé modul orientovaný tak, aby byl možný přístup ke všem jeho vstupům a výstupům.

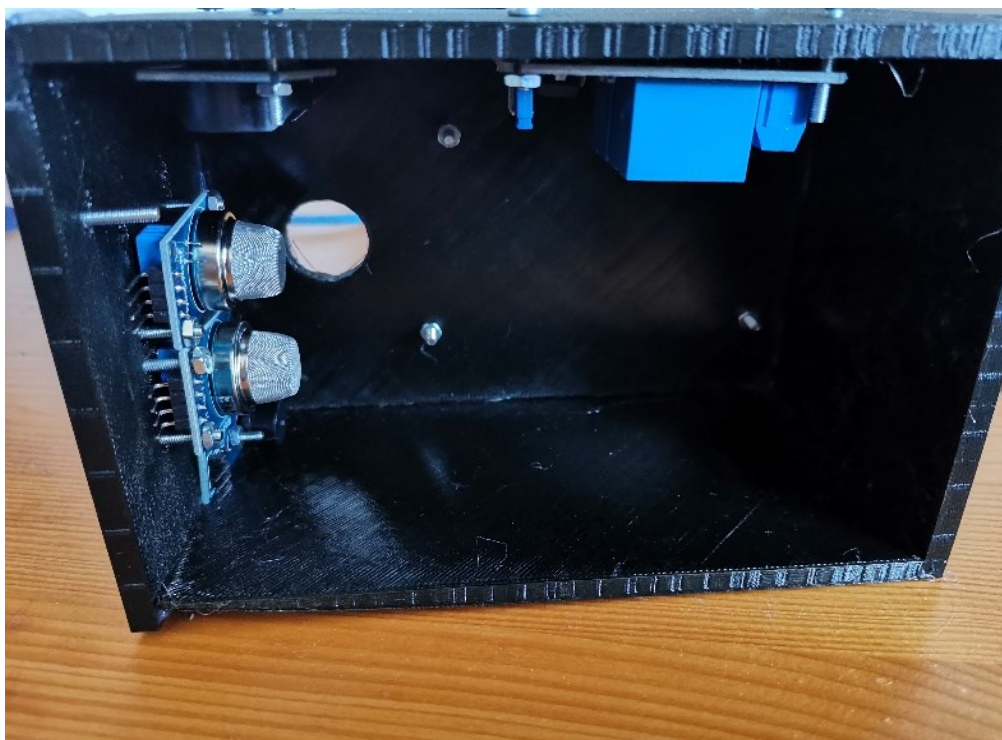
6.2.3 Tisk konstrukce

Využitá 3D tiskárna nezvládla tisknout konstrukci v celku. V programu byla tedy konstrukce rozdělena na jednotlivé stěny. Ty byly tištěny každá zvlášť a následně spojeny do celku pomocí tavné pistole.

Vzhledem k absenci vlastní 3D tiskárny byla využita kolegova tiskárna Anet A8 s černým filamentem PETG o průměru 1,75 mm a průměrem trysky 0,4 mm.



Obr. 6.5 – Osazený prototyp konstrukce



Obr. 6.6 – Prototyp konstrukce ze zadní strany

7 PROGRAM PRO ŘÍZENÍ ZAŘÍZENÍ

Program je rozdělen na dvě části. Vzhledem k ovládání přes osobní počítač bylo nutné vytvořit aplikaci pro mikrokontroler i pro osobní počítač. Program mikrokontroleru zařizuje samotnou funkci celého zařízení a k tomu přijímá případné instrukce zaslané počítačem.

Program byl sestrojen ve vývojovém prostředí Arduino IDE. Toto prostředí bylo zvoleno díky zkušenostem práce s ním a jelikož se jedná o originální prostředí přímo od výrobců mikrokontroleru.

Instrukce jsou odesílány z programu vytvořeného v prostředí Visual Studio. Hlavní důvod využití tohoto prostředí byla opět předešlá zkušenost s prací v něm.

7.1 VÝVOJOVÁ PROSTŘEDÍ

7.1.1 Arduino IDE

Prostředí Arduino IDE je volně dostupné prostředí, vytvořené přímo pro psaní kódů aplikací pro mikrokontrolery Arduino. V době sestavování aplikace a testování zařízení je aktuální verze 1.8.19. Arduino IDE podporuje běžně používané operační systémy, tedy Linux, Windows 7 a novější a Mac OS X. Jazyk využívaný při psaní kódů a aplikací je založen primárně na jazyku C respektive C++.

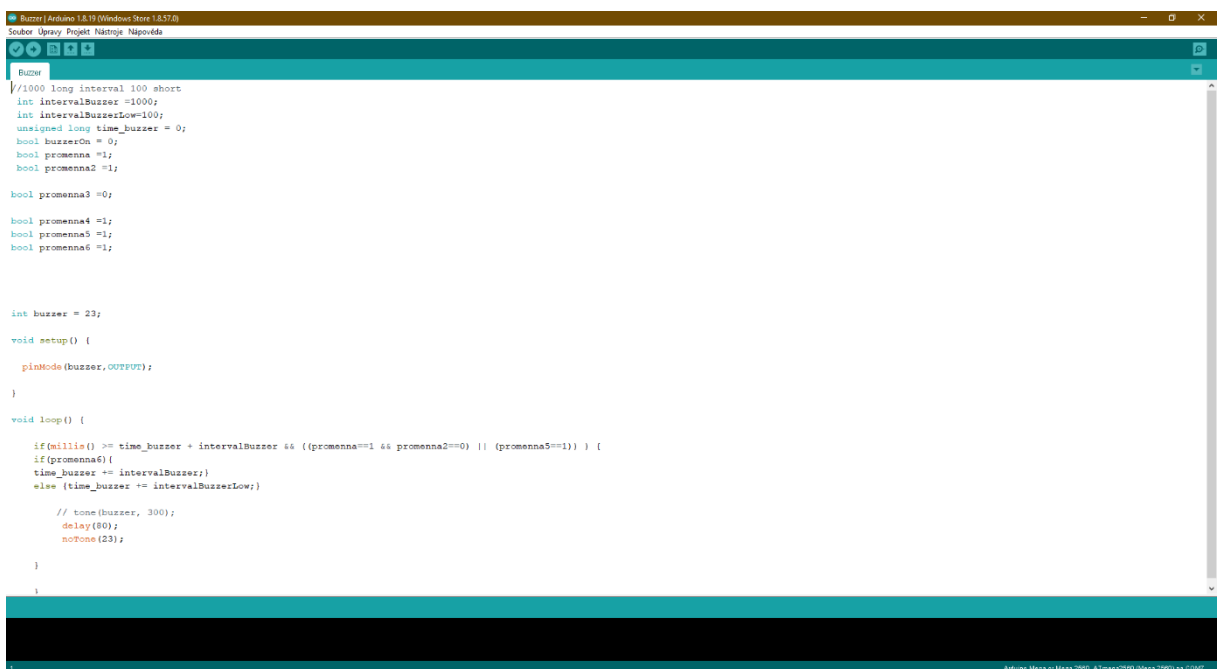
Na obr. 7.1 je okno Arduino IDE. Ve vrchní části se nachází hlavní panel, pod ním panel nástrojů, pod ním je již velká plocha určená pro psaní kódu aplikace a na samotném spodku celého okna je stavový řádek, poskytující informace o nahrávání a případných chybách kompilace.

V hlavním panelu jsou tlačítka, umožňující například správu knihoven, volbu desky, do které se má kód nahrávat, zobrazení sériového monitoru, ukládání a otevírání projektu a další.

V panelu nástrojů jsou dvě důležitá tlačítka, prvním z nich „Ověřit“ se zkušebně kompiluje program, stavový řádek mi následně podá informaci o průběhu této kompilace, zda je program připraven pro nahrání do desky, případně jestli je chybný a na jakém řádku se jaká chyba nachází. Druhé tlačítko „Nahrát“ nahraje samotný program do desky přes port COM, který byl zvolen v hlavním panelu. V případě, že nebyl v předchozím kroku program ověřen a nahrával by se s chybou, nahrání se nedokončí a porobností o chybě se opět zobrazí ve

stavovém řádku. Zbývá tři tlačítka slouží pro vytvoření nového, uložení stávajícího a otevření jiného projektu, tzv. „sketche“. Tyto funkce lze však obsloužit i z hlavního panelu.

Každý sketch musí obsahovat dvě základní funkce. Jde o „void setup()“ a „void loop()“. Bez těchto základních bloků nebude program nikdy fungovat. Zpravidla se na začátek kódu před sekci setup deklarují proměnné a nahrávají knihovny. Část setup se vykoná pouze jednou po nahrání kódu do mikrokontroleru, případně po jeho restartování, nadále již tato část zůstává neaktivní. Část loop už je klasická smyčka, vykonávající se po části setup do odpojení napájení. Zde se vkládá tělo programu. Následovat mohou další uživatelem vytvořené funkce, které se mohou volat v těle programu (Software Arduino, nedatováno).

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The main window displays a C++ sketch for a buzzer. The code includes variable declarations for interval, buzzer pin, and time, followed by a setup function to initialize the pin and a loop function that checks for sensor inputs and triggers the buzzer with a tone and delay. The IDE title bar indicates the file is named 'Buzzer' and the board is set to 'Arduino Mega or Mega 2560'.

```
Arduino IDE (Windows)
Buzzer
Sketch Upload Project Settings Help

Buzzer
//1000 long interval 100 short
int intervalBuzzer =1000;
int intervalBuzzerLow=100;
unsigned long time_buzzer = 0;
bool buzzerOn = 0;
bool promenna1 =1;
bool promenna2 =1;

bool promenna3 =0;

bool promenna4 =1;
bool promenna5 =1;
bool promenna6 =1;

int buzzer = 23;

void setup() {
  pinMode(buzzer,OUTPUT);
}

void loop() {
  if(millis() >= time_buzzer + intervalBuzzer && ((promenna1==1 && promenna2==0) || (promenna5==1))) {
    if(promenna6){
      time_buzzer += intervalBuzzer;
    }
    else {time_buzzer += intervalBuzzerLow;}

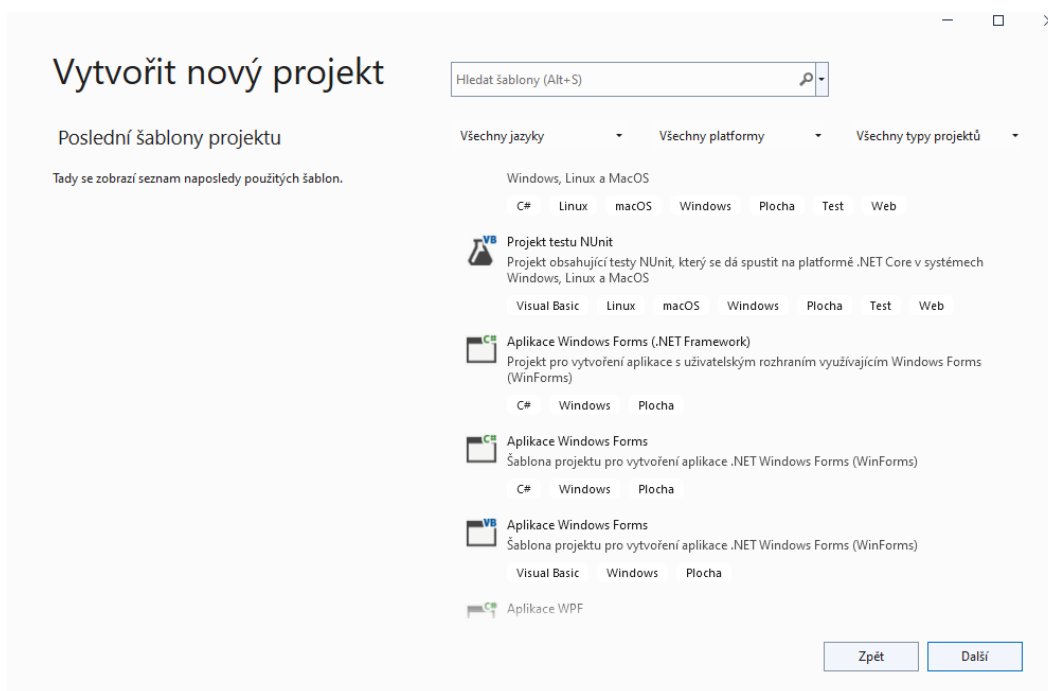
    // tone(buzzer, 300);
    delay(80);
    noTone(23);
  }
}
```

Obr. 7.1 – Obrázek prostředí s testovacím programem pro buzzer

7.1.2 Visual Studio

Prostředí Visual Studio je prostředí dostupné v několika edicích. Edice Community, využívaná v tomto případě, je volně dostupná a možnostmi srovnatelná s ostatními, placenými verzemi. Placené edice bývají zpravidla používány ve firmách, v podnikových sítích. Podle počtu potřebných instalací, případně vysokého výnosu firmy, je volena vyšší verze edice. V době tvorby aplikace byla aktuální verze Visual Studio 2022 verze 17.1. Podporovány jsou operační systémy Windows, MacOS a Linux, verze se od sebe však mírně liší. Visual Studio podporuje větší množství programovacích jazyků, případně se dají doinstalovat rozšiřující

doplňky. Největší podporu má však platforma .NET nebo C++, díky přímé podpoře od Microsoftu. Pro vývoj samotné aplikace byl zvolen jazyk, který je součástí .NET a to C#. Visual

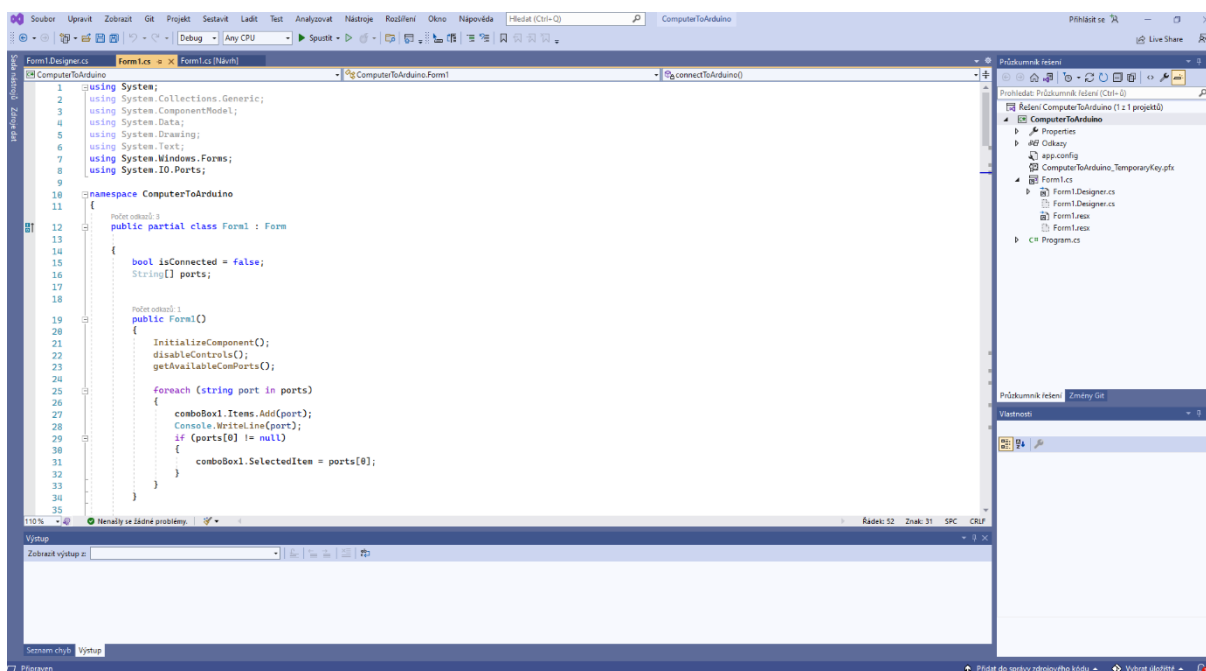


Obr. 7.2 – Vytváření projektu ve Visual Studiu

Studio umožňuje mimo jiné vytvořit projekt Windows Forms. Takový vytvořený projekt poskytuje platformu pro tvorbu grafického rozhraní a aplikace pro osobní počítač.

Po vytvoření projektu se zobrazí již vývojové prostředí. I zde se nachází hlavní panel a panel nástrojů s téměř totožnými funkcemi, jako v prostředí Arduino IDE. Důležitá jsou dvě okna, respektive části projektu. Navrh GUI aplikace a samotná aplikace. Po vytvoření projektu se v okně návrhu zobrazí prázdný formulář, do kterého můžeme přetažením myši z levé strany okna ze sady nástrojů přetahovat jednotlivé nejen grafické součásti, ke kterým následně můžeme vytvářet a definovat v jazyce C# reakce na různé akce s nimi. Takovou součástí se rozumí například tlačítko, zaškrtnuté pole, nebo v našem případě i sériový port.

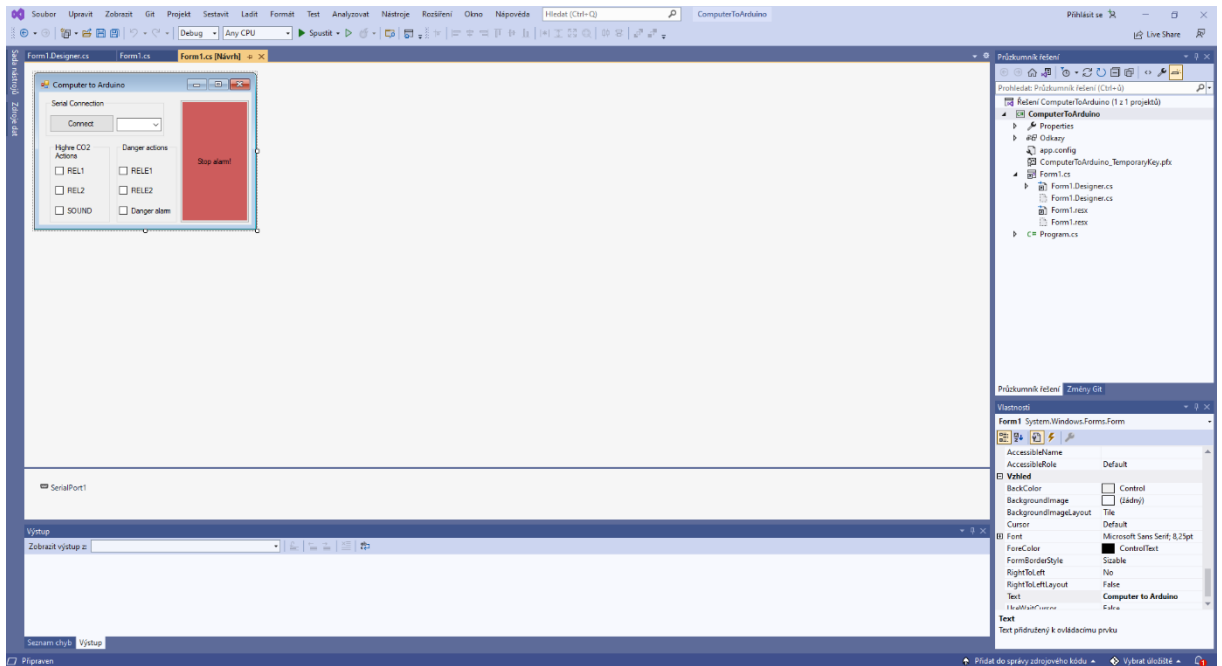
V pravé spodní části obrazovky se nachází okno vlastností. Zde je možné upravovat velkou škálu vlastností součástí, v tu chvíli vybrané myší. Upravovat lze například barva, velikost, text, název a další. Při vybrané součásti lze v okně vlastností kliknout na ikonu blesku s popisem události. Zde se vám zobrazí seznam možných událostí, které mohou teoreticky nastat s vybranou součástí. U tlačítka je jedna z událostí například „Click“. Po dvojkliku na



Obr. 7.3 – Okno kódu

volný prostor vedle nadpisu této události se automaticky vytvoří veškeré náležitosti funkce, která se vykoná po zmáčknutí tlačítka. Tato funkce se vytvoří v okně s vaším názvem a koncovkou „.cs“. Prostředí se toto okno ihned otevře a je připraveno pro jazykem C# definovat tělo této funkce.

Poslední okno, které je možné otevřít je „designer“, o jehož úpravu se ale stará samo



Obr. 7.4 – Okno grafického návrhu

prostředí, ve chvíli, kdy upravujete GUI pomocí myši a úpravy vlastností. Samozřejmě je zde i možnost úpravy v samotném designeru v kódu, ale je zbytečné skákat z jednoho okna do druhého, jelikož nejsou vidět okamžité grafické výsledky.

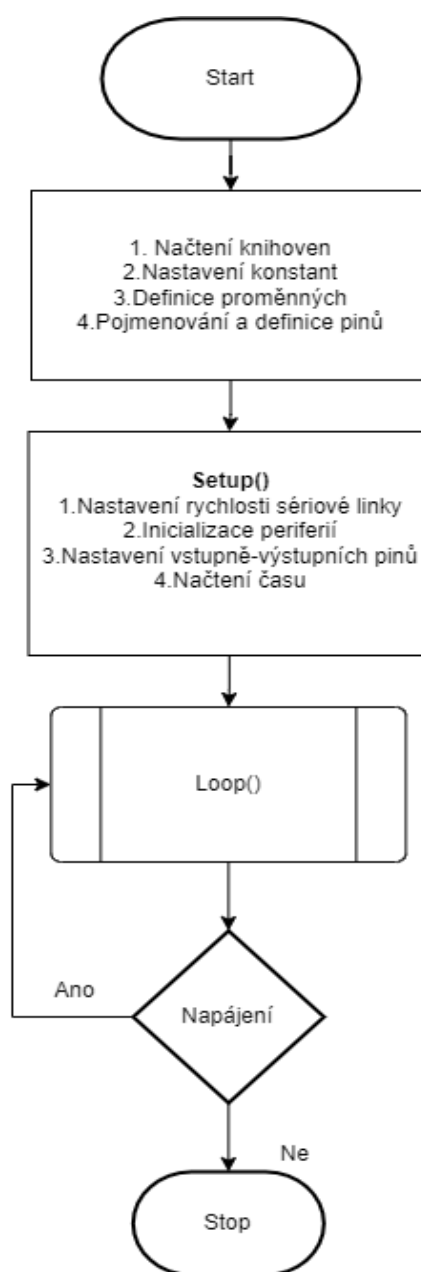
Přidávání knihoven a kontrola programu je velmi intuitivní, pokud se v programu nachází chyba, prostředí nečeká na kompilaci, ale ihned označuje řádek a možnou chybu v něm společně s komentářem (Žůrek, nedatováno).

7.2 APLIKACE PROJEKTU ARDUINO

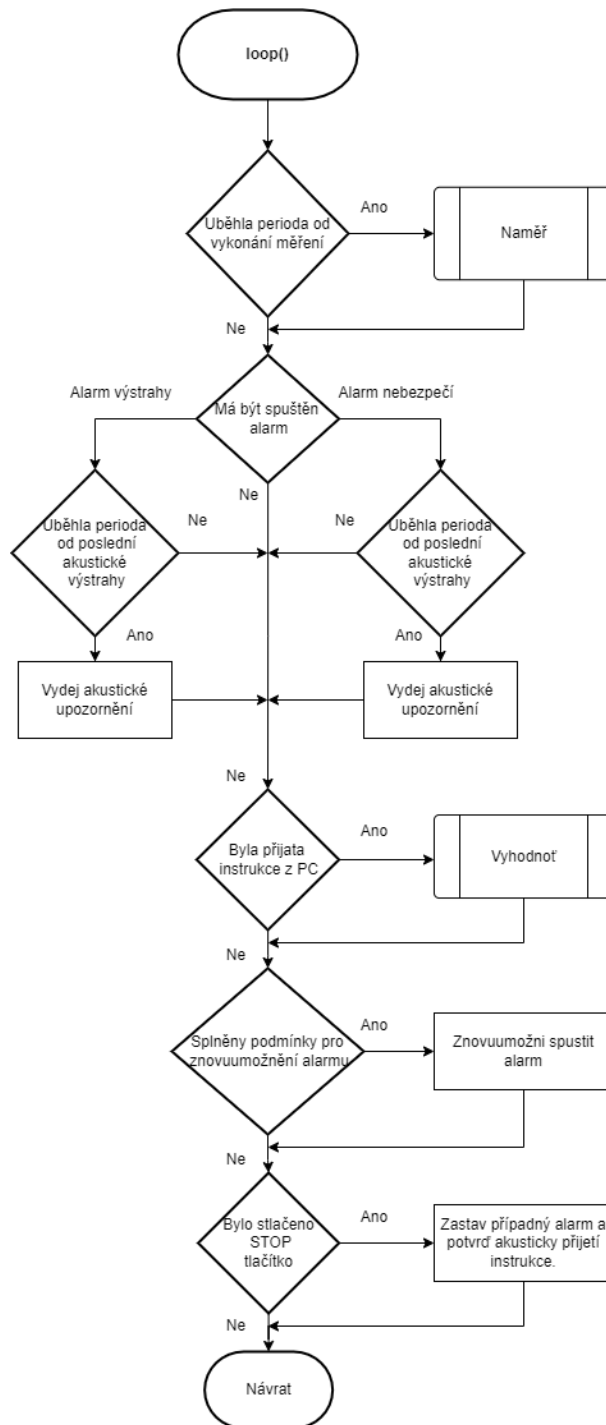
7.2.1 Vývojové diagramy

Hlavní část vývojového diagramu obsahuje tři podstatné části. Část inicializační, tedy načtení knihoven, tvorbu a definování proměnných a další. Následuje sekce „setup()“, tedy část kódu vykonávaná pouze po uvedení do provozu, případně restartu zařízení. Zde probíhá nastavení rychlosti sériové linky, inicializace vstupně-výstupních pinů, LCD displeje a microSD karty. Následuje nejobsáhlejší smyčka „loop()“, ve které se nacházejí veškeré podmínky a další funkce, zařizující chod zařízení. V této sekci se program drží do odpojení od napájení.

Sekce „loop()“ je obsáhlá. Vyhodnocují se v ní vesměs veškeré proměnné a nastalé situace. Vzhledem k charakteru programu není nutné kontrolovat proměnné a situace při každém průběhu smyčkou. Proto je zde využita funkce „millis()“, díky níž lze stanovené úkony vykonávat pouze jednou za definovanou periodu.



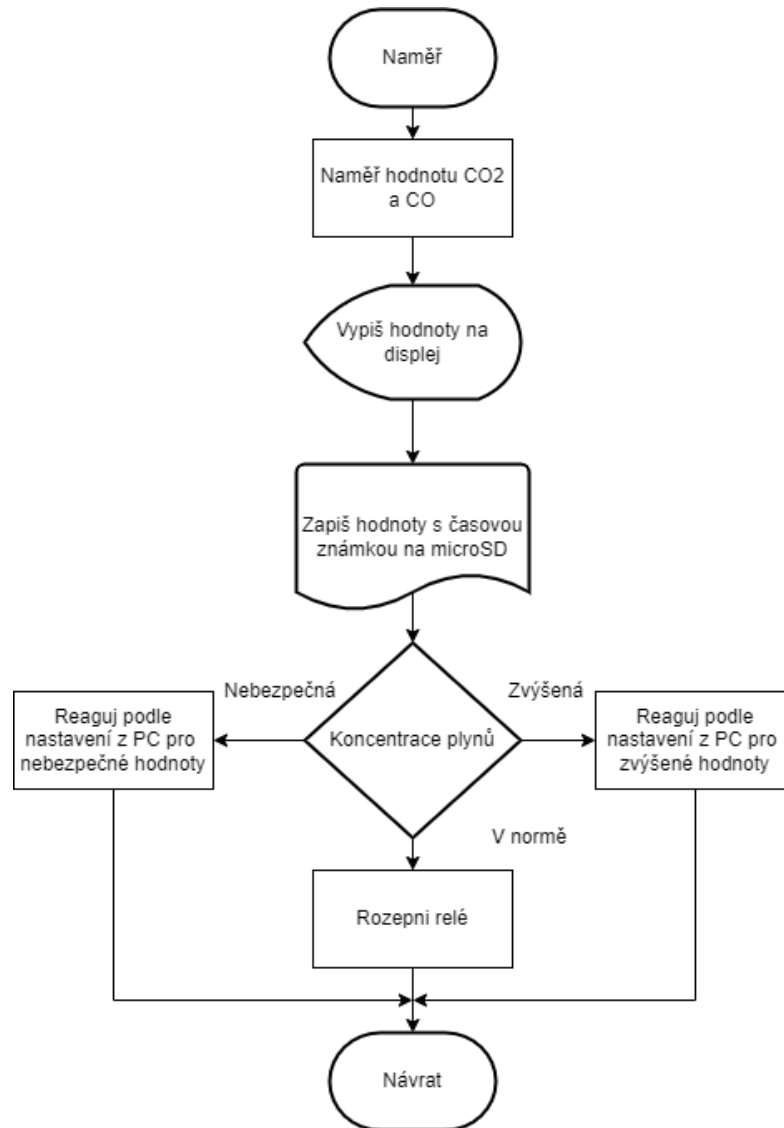
Obr. 7.5 – Vývojový diagram programu



Obr. 7.6 – Vývojový diagram části loop()

První podprogram „Naměř“, z diagramu na obr. 7.7 zajišťuje více úkolů. S periodou definovanou v úvodní části programu podprogram měří obsahy CO a CO₂ v prostředí, vypisuje tyto hodnoty na displej, ukládá data na vloženou microSD kartu a reaguje na instrukce přijaté z PC od poslední periody. Z principu mohou nastat tři scénáře. Koncentrace plynů v normě, zvýšená a nebezpečná. Při koncentraci v normě se pouze vypisují hodnoty na displej. Při zvýšené koncentraci se po zapnutí z aplikace v PC může spustit výstražný alarm, sepnout relé

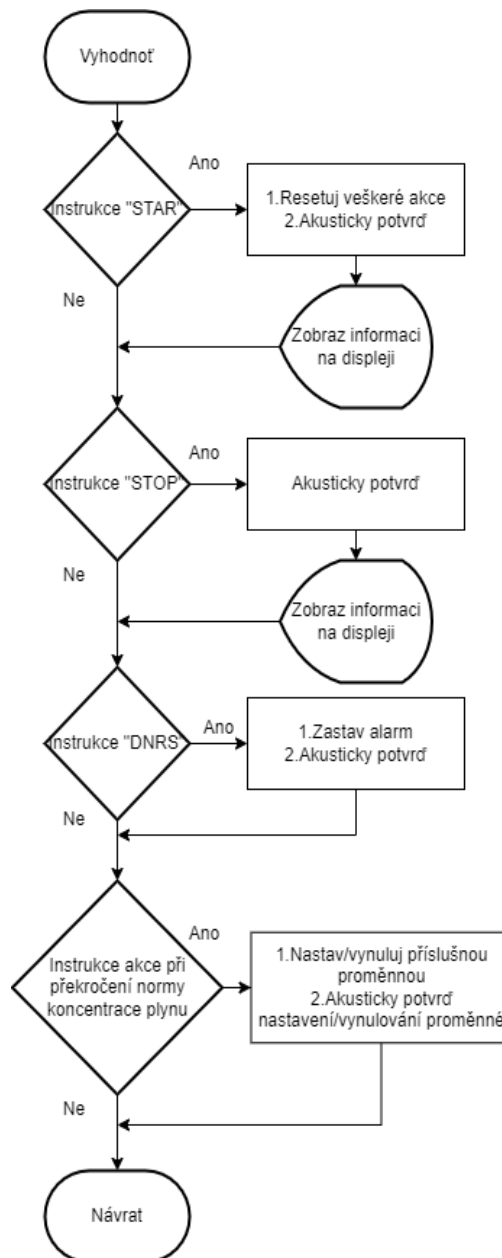
č.1, č.2, či oboje najednou. Při nebezpečné koncentraci se vždy spustí výstražný alarm. Pokud je zaškrtnuto pole v aplikaci v PC, alarm při nebezpečné hodnotě upozorňuje s větší urgencí. A i zde je možno sepnout jednotlivá relé při nebezpečné koncentraci plynů v okolí.



Obr. 7.7 – Vývojový diagram části „Naměř“

Druhý podprogram „Vyhodnot“ má za úkol v případě přijetí instrukce z aplikace v PC její vyhodnocení a následnou reakci. Pro zasílání instrukcí byl vytvořen vlastní speciální protokol. Skládá se z příznaků před a za instrukcí, tyto příznaky udávají začátek a konec právě jedné zaslané instrukce. Mezi příznaky se nachází čtyři znaky. Pro každou instrukci jsou tyto znaky jedinečné. Instrukcí zasílaných z aplikace osobního počítače je celkem patnáct. Instrukce „STAR“ dává zařízení informaci, že bylo propojeno s aplikací v PC. „STOP“ je informace o odpojení aplikace. „DNRS“ je instrukcí pro tzv. „acknowledge“, neboli potvrzení alarmu.

Zbývá dvanáct instrukcí, šest z nich slouží pro zapínání aktivních reakcí na různé hladiny plynů v ovzduší, šest z nich slouží pro vypínání těchto reakcí.



Obr. 7.8 – Vývojový diagram části „Vyhodnot“

7.2.2 Program aplikace

Měření hodnot, výpis na displej a zápis na microSD probíhá s předem definovanou periodou, konstantou „INTERVAL_SAMPLE“. V inicializační části je tato konstanta

nastavena na 1 000 ms, tedy 1 s. Na začátku této části programu se nachází instrukce pro měření hladiny CO₂ a vyhodnocení její bezpečnosti. Hodnoty zvolené na obr. 7.9 jsou upravené pro snazší testování aplikace. Za normálního provozu jsou hodnoty zvýšené hladiny 1 000 až 1 499 ppm, hodnoty nebezpečné jsou 1 500 ppm a vyšší. Během každé periody probíhá kontrola úrovně nebezpečí a v případě zvýšené koncentrace plynů se vykoná akce, kterou uživatel nastavil pro danou úroveň v programu PC. Při tvorbě programu a kalibraci zařízení se částečně vycházelo z návodů z (Webový magazín o Arduino, nedatováno; Matoušek, 2013).

Podobně se provede měření hladiny CO, hodnoty se následně zobrazí na displeji a uloží na microSD. Na microSD probíhá zápis za pomoci knihovny a způsobu tzv. „Streamingu“. Zápis je tak jednodušší a vyžaduje menší množství kódu.

```
if(millis() >= time_1 + INTERVAL_SAMPLE) {  
    time_1 += INTERVAL_SAMPLE;  
    lcd.clear();  
    //MQ-135  
    gas = analogRead(sensor);  
    co2lv1 = gas - 378; //kalibrace  
  
    co2lv1 = map(co2lv1, 0, 1024, 400, 5000);  
  
    //střední hodnota co2  
    if (co2lv1 >= 400 && co2lv1 <= 499) {  
        dangerCO2 = 0;  
        buzzerCO2 = 1;  
    }  
    //vysoká hodnota co2  
    else if (co2lv1 >= 500) {  
        buzzerCO2 = 1;  
        dangerCO2 = 1;  
    }  
    // nízká hodnota co2  
    else if (co2lv1 < 400) {  
        dangerCO2 = 0;  
        buzzerCO2 = 0;  
    }  
}
```

Obr. 7.9 – Ukázka části testovacího kódu zajišťující periodické měření

```
OXIDES – Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
History of CO & CO2lv1 new measures
2022-4-1 15:8:0 CO2: 684 ppm Nízká hodnota CO.
2022-4-1 15:8:1 CO2: 675 ppm Nízká hodnota CO.
2022-4-1 15:8:2 CO2: 666 ppm Nízká hodnota CO.
2022-4-1 15:8:3 CO2: 657 ppm Nízká hodnota CO.
2022-4-1 15:8:4 CO2: 657 ppm Nízká hodnota CO.
2022-4-1 15:8:5 CO2: 648 ppm Nízká hodnota CO.
2022-4-1 15:8:6 CO2: 643 ppm Nízká hodnota CO.
2022-4-1 15:8:7 CO2: 639 ppm Nízká hodnota CO.
2022-4-1 15:8:8 CO2: 634 ppm Nízká hodnota CO.
2022-4-1 15:8:9 CO2: 630 ppm Nízká hodnota CO.
```

Obr. 7.10 – Ukázka souboru na microSD

Další částí, nepatřící do předchozí podmínky programu, je spuštění alarmu, to je vázáno na vlastní periodu podle úrovně nebezpečí. Principiálně jde o stejnou podmínku zobrazenou na obr. 7.9, pouze doplněnou o další proměnné, které signalizují zvýšené, případně nebezpečné koncentrace plynů.

```
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("CO2:");
lcd.setCursor(5, 0);
// vytištění textu na displej
lcd.print(co2lv1);
lcd.setCursor(10, 0);
lcd.print("ppm");
```

Obr. 7.11 – Výpis koncentrace CO₂ na displej

```
createFile("oxides.txt");
if (file)
{
datumCas = rtc.getDateTime();
file << datumCas.year << "-" << datumCas.month << "-" << datumCas.day << " " << datumCas.hour << ":" << datumCas.minute << ":" << datumCas.second << " ";

file << "CO2: " << co2lv1 << " ppm ";

if (buzzerCO==1) {

file << "CO: " << ppm << " ppm." << endl;

}
else if (buzzerCO==0) {

file << "Nízká hodnota CO." << endl;

}
}
```

Obr. 7.12 – Výpis koncentrací s časovou známkou na microSD

Důležitou částí je přijímání instrukcí z aplikace osobního počítače. Po přijetí řetězce po sériové lince program vyhodnotí o jakou instrukci se jednalo, a dle toho upraví hodnoty proměnných. Po přijetí každé z patnácti instrukcí zařízení vydá zvukové potvrzení o přijetí. Po

přijetí instrukce „STAR“ se resetují všechny předem nastavené akce, které se měly vykonat po dosažení vyšších koncentrací plynů. Uživatel tedy musí po znovupřipojení do zařízení nastavit, jaká akce se má vykonat v jaké hladině.

```
//Prijimani informaci z VS
if(stringComplete)
{
    stringComplete = false;
    getCommand();

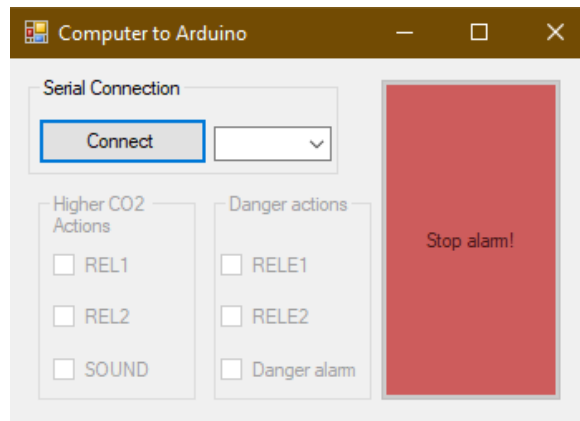
    if(commandString.equals("STAR"))
    {
        lcd.clear();
        lcd.print("Connected to VS");
        delay(1000);
        Serial.print("Connected to VisualStudio");

        act1 = 0;
        act2 = 0;
        act3 = 0;
        act4 = 0;
        act5 = 0;
        act6 = 0;
        dangerStop = 0;
        tone(buzzer, 500);
        delay(10);
        noTone(23);
    }
}
```

Obr. 7.13 – Kontrola přijaté instrukce z aplikace připojeného PC

V závěru program provádí kontrolu stisku jakéhokoliv z tlačítek, která mají funkci potvrzení alarmu. Pokud je zvuková výstraha aktivní a uživatel zmáčkne jedno z těchto tlačítek, nebo tlačítko „Stop alarm“ v PC, zvuková výstraha utichne. Alarm se znovu může dostat do aktivního stavu až v případě, kdy koncentrace plynu v ovzduší klesne na bezpečné hodnoty a znovu vzroste na hodnotu zvýšenou, případně nebezpečnou.

7.3 APLIKACE PROJEKTU VISUAL STUDIO

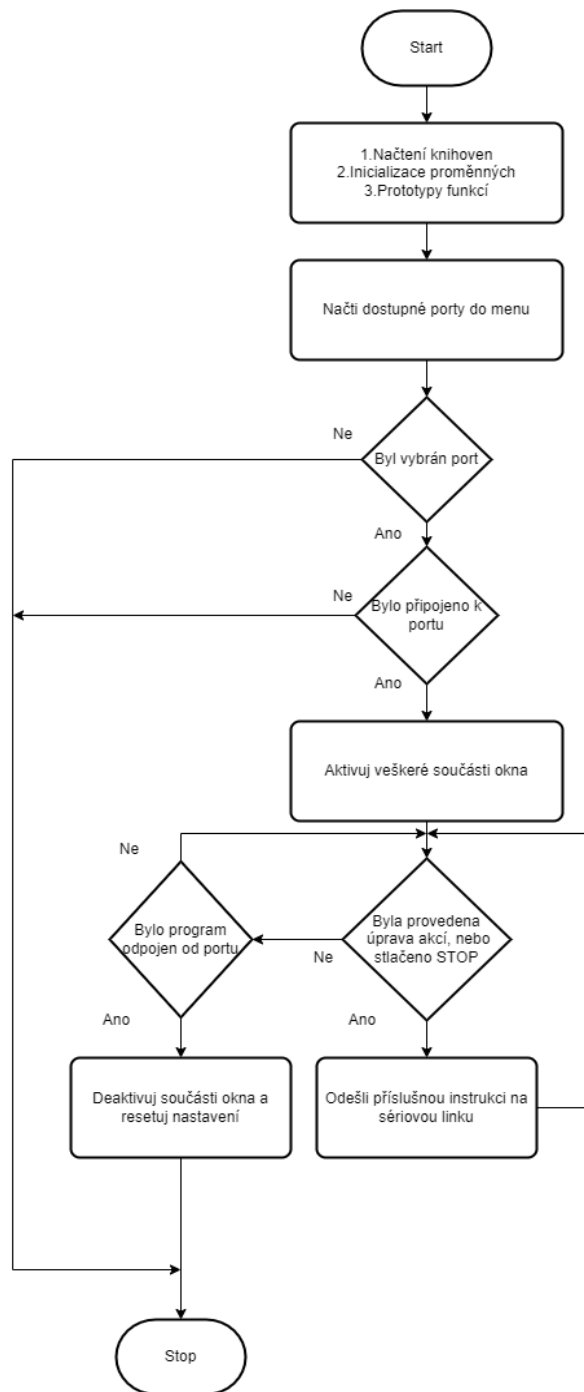


Obr. 7.14 – Okno aplikace

7.3.1 Vývojový diagram

Aplikace slouží k ovládání reakcí na různé hladiny plynů v prostředí. Hladiny jsou tři. Pokud jsou oba kontrolované plyny v normě, nenastane žádná akce. Pokud je zvýšená koncentrace CO₂, lze nastavit spuštění akustické výstrahy a sepnutí jednoho, druhého či obou připojených relé. Při nebezpečí, tedy vysoké hladině CO₂ nebo překročení bezpečné hladiny CO, se akustická výstraha spustí bez ohledu na nastavení. Pro tuto hladinu je možné nastavit opět sepnutí jednotlivých relé, nebo sepnutí urgentního alarmu, tedy akustické výstrahy pípající s krátkou periodou.

Po spuštění aplikace je potřeba vybrat port, na kterém je zařízení připojeno. Výběr se provede přes rolovací menu. Po vybrání správného portu a stlačení „Connect“, se zařízení připojí a potvrdí to zvukovým signálem. Ovládací prvky se stanou aktivními a lze nastavit reakce na výše zmíněné koncentrace plynů.



Obr. 7.15 – Vývojový diagram aplikace ve Visual Studiu

Pro komunikaci byl vytvořen speciální protokol, tedy po jakékoliv změně nastavení se odešle příslušný pokyn po sériové lince připojeného portu. Vyhodnocení takové instrukce už zařizuje samotné zařízení. Po případném odpojení aplikace od zařízení zůstane nastavení akcí v zařízení takové, jaké bylo před odpojením. Veškeré ovládací prvky se deaktivují a resetují se na původní stav. Aplikace poté může být znovu připojena, v tu chvíli se veškeré nastavení akcí

resetuje na původní stav. Pokyny po sériové lince odesílá také samotné připojení a odpojení, které opět vyhodnocuje zařízení. Samostatnou instrukci odešle i tlačítko „Stop alarm!“, kterým se zařízení dá na vědomí, že uživatel o nebezpečí ví.

7.3.2 Program aplikace

```
foreach (string port in ports)
{
    comboBox1.Items.Add(port);
    Console.WriteLine(port);
    if (ports[0] != null)
    {
        comboBox1.SelectedItem = ports[0];
    }
}

Počet odkazů: 1
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (!isConnected)
    {
        connectToArduino();
    } else
    {
        disconnectFromArduino();
    }
}

Počet odkazů: 1
void getAvailableComPorts()
{
    ports = SerialPort.GetPortNames();
}
```

Obr. 7.16 – Funkce pro připojení/odpojení a načtení portů

Většina funkcí se provede po zmáčknutí tlačítka, případně zaškrtnutí či odškrtnutí tzv. checkboxu. Taková funkce je zobrazena na obr. 7.16, kde je vidět reakce na zmáčknutí tlačítka „Connect/Disconnect“. Při tvorbě aplikace a testování se částečně vycházelo z (Application Arduino communication, nedatováno).

Po připojení k zařízení se nastaví rychlost komunikace sériové linky, parita a stopbit. Tyto vlastnosti jsou nastaveny pevně, jelikož probíhá komunikace s Arduinem a není zde předpoklad, že by se rychlost komunikace, parita a stopbity měnily. Odešle se informace o připojení k zařízení a resetuje se nastavení akcí. V neposlední řadě se změní text tlačítka „Connect“ na „Disconnect“ a aktivují se ovládací prvky. Dále je vidět na obr. 7.17 funkce řadičující sepínání relé při zvýšené hladině CO₂. Funkce po zaškrtnutí, či odškrtnutí, kontroluje,

zda je nastavení ve stavu zapnuto či vypnuto. Podle toho odešle příslušnou instrukci pro změnu do opačného stavu do zařízení.

```
private void connectToArduino()
{
    isConnected = true;
    string selectedPort = comboBox1.GetItemText(comboBox1.SelectedItem);
    SerialPort1 = new SerialPort(selectedPort, 9600, Parity.None, 8, StopBits.One);
    SerialPort1.Open();
    SerialPort1.Write("#STAR\n");
    SerialPort1.Write("#ACT10F\n");
    SerialPort1.Write("#ACT20F\n");
    SerialPort1.Write("#ACT30F\n");
    SerialPort1.Write("#ACT40F\n");
    SerialPort1.Write("#ACT50F\n");
    SerialPort1.Write("#ACT60F\n");
    button1.Text = "Disconnect";
    enableControls();
}

Počet odkazů: 1
private void Rel1CheckboxClicked(object sender, EventArgs e)
{
    if(isConnected)
    {
        if(checkBox1.Checked)
        {
            SerialPort1.Write("#ACTION\n");
        }else
        {
            SerialPort1.Write("#ACT10F\n");
        }
    }
}
```

Obr. 7.17 – Funkce po připojení a zaškrtnutí jednoho z polí

Na obr. 7.18 jsou tři funkce. První z nich udává, co se stane při odpojení od zařízení. Odešle informaci o odpojení, následně se odpojí od portu a přepíše text tlačítka „Disconnect“ na „Connect“. Následuje deaktivace ovládacích prvků a jejich reset do původního nastavení. Funkce deaktivace je velmi podobná, jako funkce aktivace prvků, zobrazená na stejném obrázku. Funkce mezi nimi slouží k odeslání „acknowledge“ signálu do zařízení.

```
private void disconnectFromArduino()
{
    isConnected = false;

    SerialPort1.Write("#STOP\n");
    SerialPort1.Close();
    button1.Text = "Connect";
    disableControls();
    resetDefaults();
}

Počet odkazů: 1
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (isConnected)
    {
        SerialPort1.Write("#DNRS\n");
    }
}

Počet odkazů: 1
private void enableControls()
{
    checkBox1.Enabled = true;
    checkBox2.Enabled = true;
    checkBox3.Enabled = true;
    checkBox4.Enabled = true;
    checkBox5.Enabled = true;
    checkBox6.Enabled = true;
    button2.Enabled = true;
    groupBox1.Enabled = true;
    groupBox3.Enabled = true;
}
```

Obr. 7.18 – Funkce odpojení, acknowledge tlačítka a aktivace ovládacích prvků

ZÁVĚR

Zařízení je schopno měřit hladiny nebezpečných plynů v ovzduší, upozorňovat na zvýšené koncentrace a případně provést aktivní reakci. To je možné díky úspěšnému propojení s vytvořenou počítačovou aplikací. Typ aktivní reakce je volitelný na uživateli, stačí potřebné zařízení připojit k relé modulu. Díky plynům, kterých koncentrace měří, je vhodné například do domácností s plynovým kotlem. Uživatel tak může sledovat, zdali není potřeba vyměnit vzduch v uzavřeném prostoru za čerstvý pro příjemnější pobyt v místnostech, případně zdali mu nehrozí přímé ohrožení života.

System by mohl být rozšířen o více senzorů dalších různých plynů, či pevných částic. Pro dlouhodobé monitorování koncentrací více prvků v ovzduší by bylo vhodné odstranit ze zařízení části alarmu a aktivních reakcí, a naopak provádět měření s delší periodou a tato měření průměrovat a podávat uživateli hodnoty z dlouhodobějšího hlediska.

Tab. 8.1 – Technické parametry zařízení

Napájení	USB + 9 V z baterie při výpadku
Rozsah měření CO	150 ppm a více
Rozsah měření CO ₂	Neudáváno
Měřicí perioda	Programově nastavitelná, vhodná 1 až 5 vteřin
Možnosti reakcí	Akustická výstraha, 2 × spínací relé
Záznam hodnot	MicroSD karta
Maximální spínatelná stejnosměrná napětí a proudy	30 V a 10 A
Maximální spínatelná střídavá napětí a proudy	250 V a 10 A
Rozměry zařízení	200 × 150 × 85 mm

POUŽITÁ LITERATURA

- 2 Channel relay module, nedatováno | 2 Channel Relay Module [online] [cit. 15. 4. 2022].
Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/2-channel-relay-module-19562460291.html>
- 3,3-5 V Active buzzer alarm module for Arduino, nedatováno | Koupit 3.3V-5V Active Buzzer Alarm Module Sensor Beep for Arduino [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.joom.com/cs/products/5f378faed784b201066b05f4>
- Air quality gas sensor, 2015 | Air Quality Gas Sensor [online]. [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: www.winsen-sensor.com
- ALLEN, Joseph G., Piers MACNAUGHTON, Usha SATISH, Suresh SANTANAM, Jose VALLARINO and John D. SPENGLER, 2016. Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environmental Health Perspectives* [online]. 124(6). ISSN 15529924. Dostupné z: [doi:10.1289/ehp.1510037](https://doi.org/10.1289/ehp.1510037)
- Application Arduino communication, nedatováno | Application Arduino Communication. educ8s.tv [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://educ8s.tv/c-application-arduino-communication/>
- Arduino Mega 2560 Rev3, nedatováno | Arduino Mega 2560 Rev3 — Arduino Official Store. [Arduino.cc](http://arduino.cc) [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <http://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>
- Arduino AnalogReference, nedatováno | Arduino - AnalogReference [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Reference/AnalogReference>
- Arduino display modrý 16x2 znaků, nedatováno | Arduino display modrý 16x2 znaků. [Drátek.cz](http://dratek.cz) [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/836-display-modry-16x2-znaku.html>
- Co je zpětný ventil pro vodu, jeho účel a rozsah, 2019 | Co je zpětný ventil pro vodu, jeho účel a rozsah. *Zásobování vodou soukromého domu, bytu, chaty.* [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.dum-vybaveni.cz/zkontrolujte-ventil-na-vodu-515>

VOLTCRAFT CO2-60 měřič oxidu uhličitého, nedatováno | Conrad [online]. [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: https://www.conrad.cz/p/volcraft-co2-60-meric-oxidu-uhliciteho-co2-0-3000-ppm-101300?&vat=true&gclid=CjwKCAjwjZmTBhB4EiwAynRmD-2Q3sgDABZf19q3unw9OT01uw6mClubTt387VlfnildmaQ983R0hBoCew0QAvD_BwE

Detektor plynu pro oxid uhelnatý EVIKON E2630-CO-24VDC | Detektor plynu pro oxid uhelnatý EVIKON E2630-CO-24VDC [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: https://www.bola.cz/detektor-plynu-pro-oxid-uhelnaty-evikon-e2630-co-24vdc?gclid=CjwKCAjw6dmSBhBkEiwA_W-

Detektor plynu pro oxid uhličitý EVIKON E2608-CO2-230, nedatováno | Detektor plynu pro oxidu uhličitý EVIKON E2608-CO2-230 [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: https://www.bola.cz/detektor-plynu-pro-oxidu-uhlicity-evikon-e2608-co2-230?gclid=CjwKCAjw6dmSBhBkEiwA_W-EoKgObJcspHsuTprSCVI37LAWNQMJb3kz61D6cEdEaGsvpWhPv_-RoCdvkQAvD_BwE

Digitální ukazatel klimatu v místnosti Voltcraft CO-60, nedatováno | Digitální ukazatel klimatu v místnosti Voltcraft CO-60 [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/vyrobek/digitalni-ukazatel-klimatu-v-mistnosti-volcraft-co-60-co2/fotogalerie/?obrazek=1>

DS3231 RTC module precise real time clock I2C AT2432C, nedatováno | DS3231 RTC Module Precise Real Time Clock I2C AT24C32 [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://robu.in/product/ds3231-rtc-module-precise-real-time-clock-i2c-at24c32/>

HAVEL, Milan and Petr VÁLEK, 2010. Oxid uhelnatý. Arnika - Chemické Látky [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/oxid-uhelnaty>

KEKULE, Jaromír, 2004. Elektromagnetické relé. Elektřin a magnetismus [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: http://elektross.gjn.cz/elmotor_magnet/rele.html

Kidde 10SCO hlásič plynu CO a hlásič požáru, nedatováno | Kidde 10SCO Hlásič plynu CO a hlásič požáru. [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/detektory-koure/kidde-10sco-hlasic-plynu-co-a-hlasic-pozaru-100020483620>

KLAUZ, Milan, 2013. DesignSpark Mechanical: program pro návrh ve 3D zdarma. CADware [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/cad-cam-cae/id:4592/designspark-mechanical-program-pro-navrh-ve-3d-zdarma>

- Kohouty FERRO, nedatováno | Kohouty FERRO. FERRO [online] [cit. 15. 4. 2022].
Dostupné z: <https://kohouty.cz/>
- LCD modul 16x2 pro Arduino, nedatováno | LCD modul 16x2 pro Arduino [online]
[cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.santy.cz/shieldy-pro-arduino-c23/arduino-lcd-1602-16x2-modul-shield-mega-nano-button-i7/>
- LUBOŠ, M, nedatováno | Arduino LCD Shield 16x2 a tlačítka - Návod. Návodů Drátek
[online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://navody.dratek.cz/navody-k-produktum/arduino-lcd-shield-16x2-a-tlacitka.html>
- MQ-9 Carbon monoxide CO alarm combustible gas sensor module for Arduino,
nedatováno | MQ-9 MQ9 Carbon Monoxide CO Alarm Combustible Gas Sensor Module
for Arduino [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné
z: <https://www.importedelectronics.com/products/mq-9-mq9-carbon-monoxide-co-alarm-combustible-gas-sensor-module-for-arduino>
- MQ-9 Semiconductor sensor for CO/combustible Gas, nedatováno | MQ-9 Semiconductor
Sensor for CO/Combustible Gas [online]. [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné
z: www.hwsensor.com
- MALÝ, Martin, 2010. Arduino: měříme a zobrazujeme fyzikální veličiny. Root.cz [online]
[cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/arduino-merime-a-zobrazujeme-fyzikalni-veliciny/>
- MATOUŠEK, David, 2006. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR AT90S. 2nd ed. Praha:
BEN - technická literatura.
- MATOUŠEK, David, 2013. Aplikace mikrokontrolérů ATmega644. 1st ed. Praha: BEN -
technická literatura.
- MicroSD card adapter module for Arduino, nedatováno | MicroSD Card Adapter module for
Arduino. pfdeal.com [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné
z: <https://www.pfdeal.com/products/microsd-card-adapter-module-for-arduino>
- Relé modul 1 kanál s jumperem H/L, nedatováno | Techfun.sk [online]. [cit. 2022-05-02].
Dostupné z: <https://techfun.sk/produkt/rele-modul-1-kanal-s-jumperom-hl/>
- RTC Hodiny reálného času DS3231 AT24C32, nedatováno | RTC Hodiny reálného času
DS3231 AT24C32. laskakit.cz [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné
z: <https://www.laskakit.cz/arduino-rtc-hodiny-realneho-casu-ds3231-at24c32/>

- SPŠ UHERSKÉ HRADIŠTĚ, nedatováno | Oxid uhličitý [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: http://ucebnicechemie.wz.cz/index.php?slozenina=oxid_uhlicity
- SATISH, Usha, Mark J. MENDELL, Krishnamurthy SHEKHAR, Toshifumi HOTCHI, Douglas SULLIVAN, Siegfried STREUFERT and William J. FISK, 2012. Is CO₂ an indoor pollutant? direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. Environmental Health Perspectives [online]. 120(12), 1671–1677 [cit. 15. 4. 2022]. ISSN 00916765. Dostupné z: doi:10.1289/EHP.1104789
- SCULLY, Robert R., Mathias BASNER, Jad NASRINI, Chiu wing LAM, Emanuel HERMOSILLO, Ruben C. GUR, Tyler MOORE, David J. ALEXANDER, Usha SATISH and Valerie E. RYDER, 2019. Effects of acute exposures to carbon dioxide on decision making and cognition in astronaut-like subjects. npj Microgravity 2019 5:1 [online]. 5(1), 1–15 [cit. 15. 4. 2022]. ISSN 2373-8065. Dostupné z: doi:10.1038/s41526-019-0071-6
- Senzor plynů MQ-135 pro Arduino, nedatováno | Senzor plynů MQ135 MQ-135 pro Arduino [online] [cit. 15. 4. 2022]. Av Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1298-senzor-plynu-mq135-mq-135-pro-arduino.html>
- Senzor pro detekci kvality vzduchu MQ-135 | Senzor pro detekci kvality vzduchu MQ-135 [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/senzor-pro-detekci-kvality-vzduchu-mq-135/>
- Software Arduino, nedatováno | Software | Arduino [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/software>
- ŠKÁCHOVÁ, Hana, Leona VLASÁKOVÁ and Markéta SCHREIBEROVÁ, 2020. Kvalita ovzduší na území České republiky v roce 2020.
- VODA, Zbyšek, 2018. TinyLab: Relé. Bastlirna HW Kitchen [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://bastlirna.hwkitchen.cz/tinylab-rele/>
- VOJÁČEK, Antonín, 2020. Kvalita vzduchu v uzavřených místnostech - 8. Principy senzorů CO₂ [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/kvalita-vzduchu-v-uzavrenych-mistnostech-8-principy-senzoru-co2.html>
- Víte, kdy musíte detekovat oxid uhelnatý a kdy oxid uhličitý? | Víte, kdy musíte detekovat oxid uhelnatý a kdy oxid uhličitý? BOLA s.r.o. [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.bola.cz/poradna/vite-kdy-musite-detekovat-oxid-uhelnaty-a-kdy-oxid-uhlicity>

Webový magazín o Arduino, nedatováno | Webový magazín o ARDUINU. Návody Drátek [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://navody.drateg.cz/>

ZÁRYBNICKÝ, Tomáš, Miroslav JAROŠ, Dana TREFÍLKOVÁ, Bohumil VESELÝ and Lubomír JANÝŠKA, 2015. Akční členy. Elektronická učebnice - Elektrotechnika [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/964>

ŽŮREK, Michal, nedatováno. Visual Studio - Úvod do vývojového prostředí. itnetwork.cz [online] [cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/csharp/visual-studio/tutorial-visual-studio-uvod>

PŘÍLOHY

Příloha A – CD

Příloha B – Uživatelská příručka k programu

Příloha C – Technický popis

Příloha k bakalářské práci

Multifunkční monitorovací jednotka kvality ovzduší

Jonáš Šafránek

CD

OBSAH

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF.
- 2 Úplný zdrojový kód aplikace pro mikrokontroler
- 3 Úplný zdrojový kód aplikace pro osobní počítač
- 4 Zdrojové kódy kalibračních programů
- 5 Kompletní 3D model konstrukce a jejího prototypu
- 6 Ilustrační schéma zapojení modulů

Příloha k bakalářské práci

Multifunkční monitorovací jednotka kvality ovzduší

Jonáš Šafránek

UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA PROGRAMU

Ovládání přes PC a obsluha

OBSAH

	Seznam ilustrací	B – 2
	Úvod	B – 3
1	Požadavky na HW	B – 4
2	Požadavky na SW	B – 5
3	Prvotní nastavení a kalibrace	B – 6
4	Ovládání z PC	B – 7
	Závěr	B – 9

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Hláška při nevložení microSD při testování	B – 4
Obr. 3.1 – Inicializační část programu	B – 6
Obr. 4.1 – Hláška po připojení programu k zařízení	B – 7
Obr. 4.2 – Okno programu	B – 8

ÚVOD

Zařízení je nutno před běžným používáním nechat zahřát a následně zkalibrovat. Pro kalibraci byly využity speciální programy a po každém vychladnutí zařízení je nutno zařízení znovu zkalibrovat. Ke kalibraci a ideálnímu spuštění zařízení je nutno spouštět z osobního počítače.

1 POŽADAVKY NA HW

Při zobrazení hodnot a základní výstražný systém není nutné žádné další zařízení, pouze zdroj napětí. Pokud má uživatel zájem dále zpracovávat naměřená data, je nutno do vypnutého zařízení vložit microSD kartu zformátovanou na souborový systém FAT. Pokud bude karta vložena, případně vyjmuta za běhu zařízení bez následného restartu, mohou být data poškozena a zařízení nemusí nadále pracovat správně. Aktuální čas se nahrává do modulu reálného času při kompilaci z PC. Pokud není do tohoto modulu vložena baterie typu LIR2032 po případném výpadku napájení již nebude časová známka zaznamenána na microSD správně, pro udržení správného času v modulu je nutno mít v zařízení vloženou baterii.



Obr. 1.1 – Hláška při nevložené microSD při testování

2 POŽADAVKY NA SW

Pro kalibraci zařízení je nutno disponovat osobním počítačem s aplikací Arduino IDE. Pro zpětné vyhodnocování dat z microSD a například zobrazení jejich historického průběhu je vhodný tabulkový procesor. Vhodný je například program Excel z balíčku Microsoft Office. Pro spuštění ovládacího programu je nutný PC s operačním systémem Windows. Ovládací aplikace byla exportována jako spustitelný soubor, stačí tedy nainstalovat a během pár vteřin uživatel může do připojeného zařízení odesílat instrukce.

3 PRVOTNÍ NASTAVENÍ A KALIBRACE

Pro kalibraci je nutné zařízení spouštět s propojením do PC. Při připojení zdroje 9 V bude USB kabel zprostředkovávat pouze komunikační funkci, nikoliv funkci napájení. Po připojení je nutné spustit postupně dva kalibrační programy pro každé čidlo zvlášť.

První z programů „MQ135-calibration“ je vhodné nechat běžet cca 10 až 15 minut. Program vypisuje za svého běhu do sériového monitoru proměnnou „minval“, po jejímž ustálení je čidlo dostatečně zahřáto a připraveno na reálné měření. Hodnotu je nutno si zapamatovat, případně zapsat na papír, následně se musí zapsat do vzorce ve finálním programu.

Program „MQ9-calibration“ plní obdobnou funkci. Po uplynutí cca 10 až 15 minut se hodnota „R0“ vypisovaná do sériového monitoru ustálí. Tuto hodnotu opět musíme zanást do finálního programu.

Po upravení těchto dvou proměnných v inicializační části programu je možné zkompileovat program do zařízení a zařízení pracuje správně.

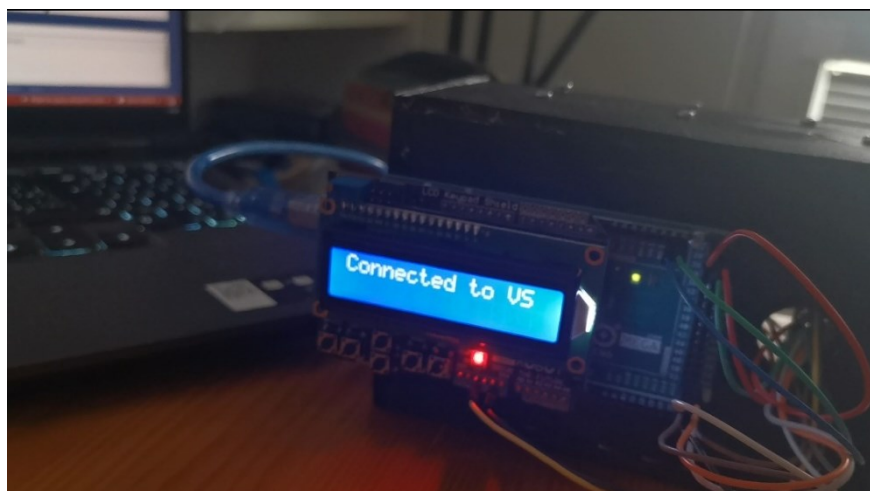
```
// měřicí proměnné MQ-9
#define pinA A2
float sensor_volt;
float RS_gas;
float ratio;
int sensorValue;
// měřicí konstanta z kalibrace
const float R0 = 0.44;

//Proměnné MQ-135
#define sensor A1
int gas, co2lvl, ppm;
// Měřicí proměnná z kalibrace
int minval=378;
```

Obr. 3.1 – Inicializační část programu

4 OVLÁDÁNÍ Z PC

Po otevření ovládacího programu se otevře malé okno aplikace. Na začátek je nutno vybrat správný port pro komunikaci. Jeho číslo lze zjistit v prostředí Arduino IDE, ze kterého musela proběhnout kalibrace, případně přes panel správce zařízení v prostředí Windows. Po zvolení správného portu uživatel může kliknout na „Connect“. Zařízení se následně připojí, což potvrdí zpráva na displeji a zvukový tón.

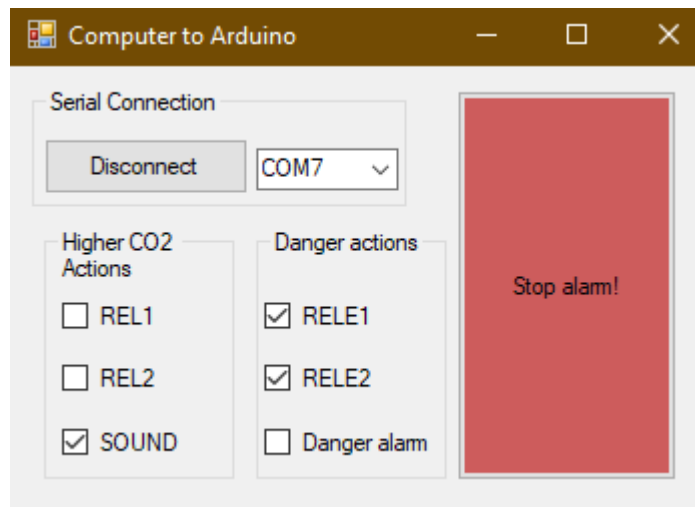


Obr. 4.1 – Hláška po připojení programu k zařízení

Každou další přijatou instrukci vyvolanou v ovládacím okně opět zařízení potvrdí zvukovým signálem, aby si byl uživatel jistý, že zařízení reaguje správně. V prvním sloupci akcí se dají nastavit tři možné reakce na zvýšenou hladinu CO₂, sepnutí relé 1, sepnutí relé 2 a zvuková výstraha s nízkou prioritou.

Na nebezpečnou hladinu CO nebo CO₂ se nastavují reakce v druhém sloupci. Pokud jeden z plynů dosáhne nebezpečné koncentrace, spustí se automaticky zvukový signál. Volitelné reakce na nebezpečnou úroveň jednoho nebo obou plynů jsou opět tři. Sepnutí relé 1, sepnutí relé 2 a zesílení zvukového signálu. Pokud je zaškrtnuta poslední možnost, zařízení spustí alarm s mnohem vyšší intenzitou a lépe tím upozorní na bezprostřední nebezpečí. Při aktivní zvukové výstraze je možno odeslat instrukci „Stop alarm!“, která umlčí zvukovou výstrahu. Případně sepnutá relé zůstanou sepnuta do okamžiku, než se koncentrace plynu změní na nižší, případně vyšší nebezpečí. V tu chvíli se také resetuje zvukový alarm a může se opět aktivovat změnou koncentrace plynů. Stejnou funkci má i pět tlačítek na klávesnici zařízení. Po odpojení tlačítkem „Disconnect“ zůstane nastavení ve stavu, v jakém bylo před odpojením.

Nastavení se resetuje až v případě, že se zařízení připojí k PC pomocí programu znovu a uživatel si bude moci navolit způsoby reakcí.



Obr. 4.2 – Okno programu

ZÁVĚR

Navržené ovládání je velmi jednoduché a intuitivní. Pouhým spuštěním programu, připojením k zařízení a následným zaškrtnutím polí si uživatel volí způsoby reakce na jednotlivé stavy. Důležité je dbát na správně provedenou kalibraci, bez níž mohou být měření velmi nepřesná, což v případě bezpečnostního zařízení není žádoucí.

Příloha k bakalářské práci

Multifunkční monitorovací jednotka kvality ovzduší

Jonáš Šafránek

TECHNICKÝ POPIS

Konstrukce k osazení

OBSAH

	Seznam ilustrací	C – 2
	Seznam tabulek	C – 2
	Úvod	C – 4
1	3D model konstrukce	C – 5
2	Zapojení elektroniky	C – 8
	Závěr	C – 10

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Pohled na finální návrh konstrukce	C – 6
Obr. 1.2 – Pohled na konstrukci shora	C – 7
Obr. 2.1 – Pohled na finální návrh konstrukce	C – 9

SEZNAM TABULEK

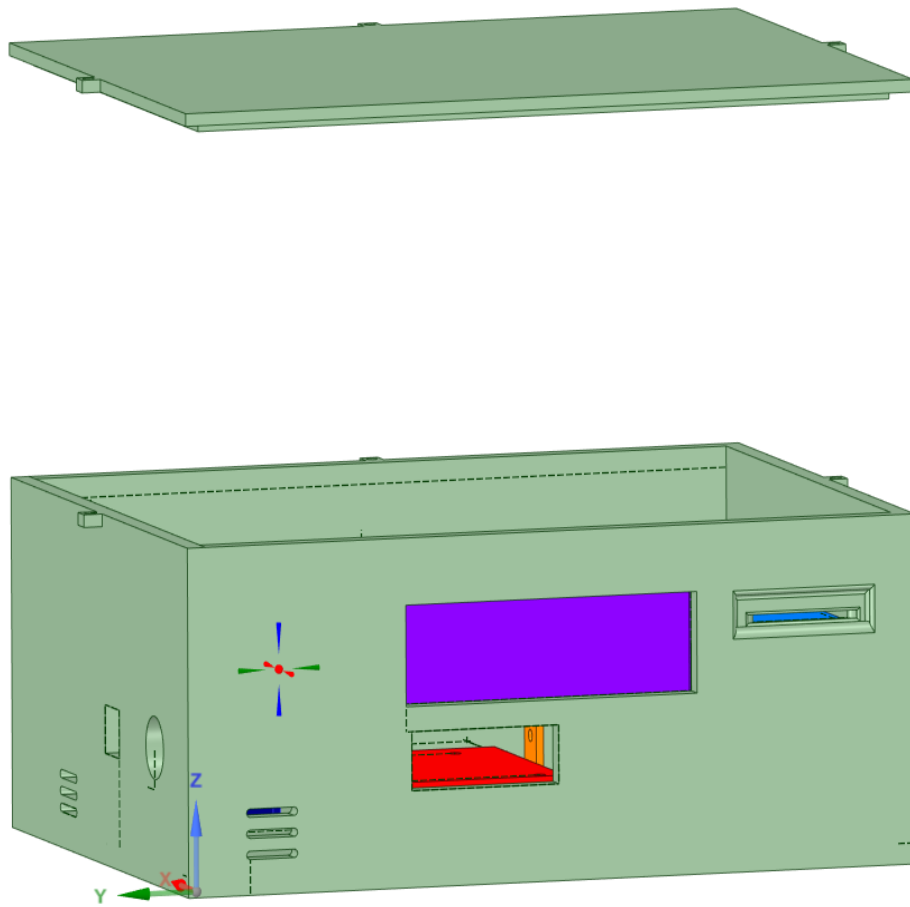
Tab. 2.1 – Technické informace konstrukce	C – 8
---	-------

ÚVOD

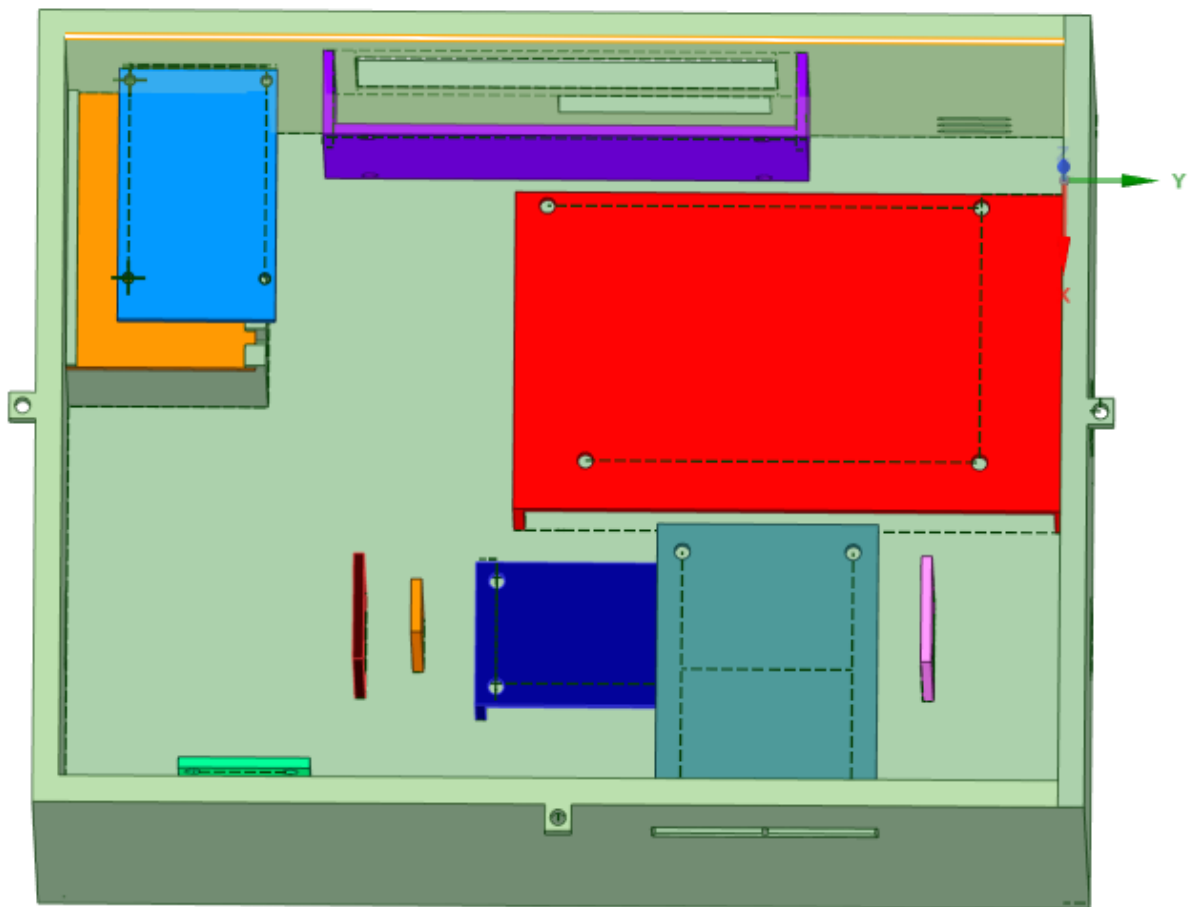
Součástí bakalářské práce je návrh konstrukce. Při ožívování byl navržen prototyp konstrukce, pro testování správného fungování po osazení. Konstrukce byla jednoduchá, aby šla vytisknout na běžné a levné 3D tiskárně. Pro reálné používání byla navržena konstrukce složitější, bez volně dostupných živých částí s prostorem na baterii. Tisk takové konstrukce již vyžaduje pokročilou a přesnou 3D tiskárnu, kterou nedisponuje nikdo z mého okolí.

1 3D MODEL KONSTRUKCE

Navržená finální konstrukce je kvádrovitého tvaru. Každý využitý modul má připravenou k tisku vlastní desku, jakousi podstavu, ke které může být následně přimontován šroubky. Pro veškeré podstavy pro moduly je v konstrukci vyhrazeno speciální místo. Každá podstava má vlastní rozměr a je zapuštěna 2,5 milimetru do kvádrové konstrukce. Po namontování jednotlivých modulů a propojení s deskou Arduino je vhodné jednotlivé podstavy dolepit do předpřipravených otvorů, aby byly pevně ukotveny. V spodní části zařízení se nachází prostor pro 9V baterii s uzavíratelným poklopem, aby byla pevně umístěna v zařízení. V přední části se nachází otvor pro displej a klávesnici. Vedle otvoru pro displej je připraven další otvor pro vkládání a vyjímání microSD karty. V zadní části se nachází otvory pro případné obvody spínané pomocí relé. Zařízení je uzavřeno víkem s otvory pro tři šroubky. Na bocích a přední straně zařízení se nacházejí průduchy pro lepší přístup okolního vzduchu. Otvory také umožňují lepší šíření akustické výstrahy. Každá odnímatelná část zařízení má na návrhu jinou barvu, pro lepší přehlednost. Každá z těchto částí tedy lze tisknout jako samostatná. Celá krabice je 200 mm široká, 85mm vysoká, a 150 mm hluboká. Výčet dílů a propojení pinů zařízení je v tab. 1.1. Kompletní 3D model a návrh v prostředí DesignSpark Mechanical je součástí přiloženého CD.



Obr. 1.1 – Pohled na finální návrh konstrukce



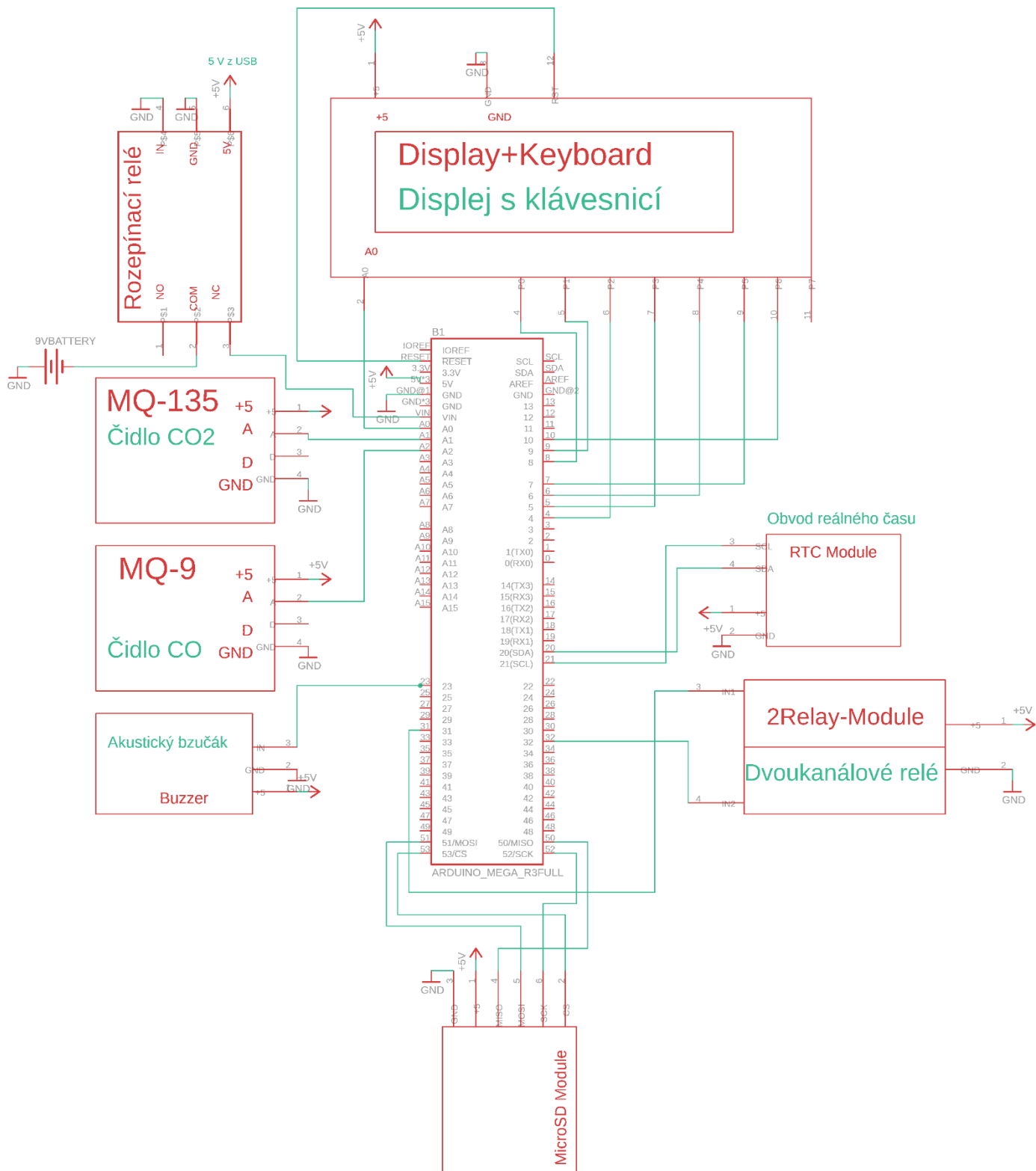
Obr. 1.2 – Pohled na konstrukci shora

2 ZAPOJENÍ ELEKTRONIKY

Popis a propojení jednotlivých pinů modulů již bylo naznačeno v praktické části bakalářské práce a tab 2.1 v technickém popisu bakalářské práce. Pro kompletnost bylo vytvořeno i jednoduché ilustrační schéma zapojení jednotlivých modulů k pinům desky Arduino Mega2560 R3. Veškeré funkční moduly jsou napájeny přímo z 5V pinů mikrokontroleru. Rozpínací relé, automaticky přepínající napájení, je napájeno ze zdroje napětí desky z důvodu automatického sepnutí napájecího obvodu s baterií v případě výpadku proudu. Pro komunikaci s PC je využit USB kabel, který ve chvíli případného připojení jiného silnějšího zdroje soustředným konektorem obstarává pouze komunikaci, nikoliv napájení. Schéma v programu EAGLE a obrázek v plném rozlišení je obsahem příloženého CD.

Tab. 2.1 – Technické informace konstrukce

Konstrukční díl	Elektronická součástka	Propojení pinů
Podstava pod Arduino	Deska Arduino	Žádné
Podstava pod MQ-135	Čidlo CO ₂ MQ-135	A0 do A1
Podstava pod MQ-9	Čidlo CO MQ-9	A0 do A2
Podstava pod RTC	Obvod reálného času	SCL do D21, SDA do D20
Podstava pod bzučák	Akustický bzučák	IN do D23
Podstava pod displej	Displej s klávesnicí	P0 až P7 do D4 až D10
Podstava pod microSD	MicroSD modul	CS do D53, SCK do D52, MOSI do D51, MISO do D50
Podstava pod spínací relé	Dvoukanálové relé	IN1 do D31, IN2 do D30
Kryt na baterii	Žádná	Žádné
Stojná konstrukce zařízení	Žádná	Žádné
Víko na konstrukci	Žádná	Žádné
Podstava pod roz. relé	Rozepínací relé	Žádné



Obr. 2.1 – Pohled na finální návrh konstrukce

ZÁVĚR

Prototyp zařízení je plně funkční, veškeré moduly pracují tak jak mají. Pro průmyslové i domácí použití je doporučena výroba finální konstrukce, ze které nejsou po uzavření volně dostupné živé části zařízení. Kompletní 3D model a další dokumentace je obsahem přiloženého CD.