

Žilinská univerzita v Žiline
Fakulta elektrotechniky a informačných technológií
Katedra mechatroniky a elektroniky

Evidenčné číslo: 28260620201113

**METÓDY DETEKCIE PRÍTOMNOSTI A MERANIE
KONCENTRÁCIE CO PLYNU POMOCO
ELEKTROCHEMICKÉHO SNÍMAČA**

**2020
Ondrej Šebán**

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMAČNÝCH
TECHNOLÓGIÍ
KATEDRA MECHATRONIKY A ELEKTRONIKY

Metódy detekcie prítomnosti a meranie koncentrácie
CO plynu pomocou elektrochemického snímača

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Autotronika
Študijný odbor: Elektrotechnika
Školiace pracovisko: Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta elektrotechniky a informačných
technológií, Katedra mechatroniky a elektroniky
Školiteľ: doc. RNDr. Juraj Pančík CSc.
Konzultant:

2020
Ondrej Šebán



KATEDRA MECHATRONIKY A ELEKTRONIKY

Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina
tel.: 041/5131881 fax: 041/5131534 e-mail: kme@fel.uniza.sk



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Meno: **Ondrej ŠEBÁŇ**

Študijný program: Autotronika

Názov bakalárskej práce:

Metódy detekcie prítomnosti a meranie koncentrácie CO plynu pomocou elektrochemického snímača

Pokyny pre vypracovanie bakalárskej práce:

1. Vymedzenie pojmov v predmetnej problematike
2. Rešerš dostupných hotových výrobkov a dostupných komponentov pre stavbu zariadení pre detekciu a meranie koncentrácie toxických plynov
3. Analýza integrácie zariadení do nadradených systémov prostredníctvom IoT (Internet of Things)
4. Overenie demonštračného vzoru na báze vývojového kitu výrobcu Analog Devices CN0357 so snímačom koncentrácie plynu CO

Predpokladaný rozsah práce - počet strán textu: max. 40

počet strán grafických príloh: max. 10

Školiteľ bakalárskej práce: doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc.

Konzultant bakalárskej práce :

Dátum zadania bakalárskej práce: **31. 10. 2019**

Dátum odovzdania bakalárskej práce: **12. 5. 2020**


doc. Ing. Michal Frivaldský, PhD.
vedúci katedry

Abstrakt

Abstrakt v štátnom jazyku

Cieľom bakalárskej práce je predstaviť snímače plynov. Informovať o detekcii a meraní koncentrácie toxických plynov. Bakalárska práca overí činnosť detektora plynu CO a vyhodnotí jeho výsledky. Práca je vypracovaná na základe štyroch zadaných bodov. Teoretická časť opisuje vymedzenie pojmov v predmetovej problematike, princíp činnosti elektrochemického snímača a iných snímačov pre koncentráciu CO plynu. Analytická časť obsahuje rešerš dostupných hotových výrobkov a komponentov pre stavbu zariadení pre detekciu a meranie koncentrácie toxických plynov. Je vykonaná analýza integrácie zariadení do nadradených systémov prostredníctvom IoT. Bakalárska práca popisuje overenie demonštračného vzoru na báze vývojového kitu od výrobcu Analog Devices CN0357 so snímačom koncentrácie plynu CO.

Kľúčové slová: toxické plyny, oxid uhoľnatý, elektrochemický snímač, IoT, vývojový kit CN0357

Abstract in English

The goal of this bachelor thesis is to explore gas sensors. The special focus will be put on sensors that detect and measure concentration of toxic gases. Specifically, this thesis will test the function of Carbon monoxide (CO) gas detector. Results of this testing will be scored and evaluated. The bachelor thesis was elaborated on the basis of four requirements. Theoretical part explains terminology utilized in this area, the principle of functioning of electro-chemical sensor and the principle of functioning of other sensors measuring the concentration of Carbon monoxide. Analytical part contains a detailed list of available products and components that are necessary for the design of devices intended for detection and measurement of toxic gases. Subsequently, the analysis for integration of devices into the higher-level systems through Internet of Things (IoT) was conducted. Verification of the demonstration pattern was executed via the developmental kit of the producer Analog Devices CN0357 with the gas sensor measuring concentration of Carbon monoxide.

Keywords: toxic gases, carbon monoxide, electrochemical sensor, IoT, development kit CN03

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMAČNÝCH TECHNOLÓGIÍ

ANOTAČNÝ ZÁZNAM – BAKALÁRSKA PRÁCA

Meno a priezvisko: Ondrej Šebán

Akademický rok: 2019/2020

Názov práce: Metódy detekcie prítomnosti a meranie koncentrácie CO plynu pomocou elektrochemického snímača

Počet strán: 37

Počet obrázkov: 12

Počet tabuliek: 6

Počet grafov: 1

Počet príloh: 1

Počet použ. lit.: 34

Anotácia v slovenskom jazyku:

Bakalárska práca sa zaoberá snímačmi plynov a zameria sa na detekciu a meranie koncentrácie toxických plynov. V rámci práce sa overí činnosť detektora plynu CO a vyhodnotia sa výsledky.

Kľúčové slová: snímače plynov, detekcia, meranie, oxid uhoľnatý (CO plyn)

Anotácia v anglickom jazyku:

The bachelor thesis deals with gas sensors and focuses on the detection and measurement of toxic gases. The work verifies the operation of the CO gas detector and evaluates the results.

Keywords: gas sensors, detection, measurement, carbon monoxide (CO gas)

Vedúci bakalárskej práce: doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc

Konzultant:

Recenzent: _____

Dátum odovzdania práce: 12.05.2020

Obsah

Úvod.....	1
1 Vymedzenie pojmov v predmetnej problematike.....	2
1.1 Problematika toxických plynov.....	2
1.2 Meracie jednotky používané na detekciu a na meranie plynov	4
1.3 Snímače plynov	5
1.4 Snímače CO plynu a ich princíp činnosti.....	8
1.5 Detekcia prítomnosti koncentrácie plynov.....	11
1.6 Meranie koncentrácie plynov pomocou elektrochemického snímača ..	12
1.7 Metrologické otázky merania koncentrácie plynov	13
2 Rešerš dostupných dostupných komponentov pre stavbu zariadení pre meranie koncentrácie toxických plynov	15
2.1 Rešerš meracích zariadení a detektorov pre detekciu a meranie koncentrácie CO plynu	15
2.2 Analýza merania CO plynov v Autotronike.....	17
2.3 Lambda sonda	17
2.4 Rešerš dostupných komponentov pre stavbu zariadení pre detekciu a meranie koncentrácie toxických plynov	19
2.5 Analýza integrácie zariadení do nadradených systémov prostredníctvom IoT	20
3 Overenie demonštrácie vzoru so snímačom koncentrácie plynu CO	24
3.1 Popis použitého snímača CO	24
3.2 Popis vývojového kitu Analog Devices CN0357.....	26
3.2.1 Bloková schéma	27
3.2.2 Zjednodušený popis interfejsovej dosky snímača CO	28
3.2.3 Popis analógového zapojenia interfejsovej dosky EVAL- ADICUP3029	29

3.2.4	Popis zapojenia digitálnej časti interfejsovej dosky EVAL-ADICUP3029	30
3.2.5	Programové vybavenie vývojového kitu CN0357	30
3.3	Overenie demonštračného vzoru	32
	Záver	36
4	Bibliografia	i

Zoznam obrázkov

Obrázok 1-1: Detekčná karta pracujúca na princípe chemickej detekcie (Zakuťanský, 2018).....	8
Obrázok 1-2: Princíp činnosti biomimetickej detekcie CO (Zakuťanský, 2018) .	9
Obrázok 1-3 Princíp činnosti 3. elektródového elektrochemického snímaču (Vafek, 2020)	10
Obrázok 1-4: Všeobecný princíp činnosti snímača (Fabianová, 2020)	10
Obrázok 2-1: Informačný časový priebeh ako sa vyvíjal Internet of Things (ZDROJ: Vlastná tvorba MS VISIO 2010).....	21
Obrázok 2-2: Blokový diagram Wireless Sensor Node (Priya, 2020).....	23
Obrázok 3-1: Bloková schéma vývojového kitu CN0357 (ZDROJ: Vlastné spracovanie v programe MS VISIO 2010)	27
Obrázok 3-2: Zjednodušený obvod elektrochemického snímača (AnalogDevices, 2009)	28
Obrázok 3-3: Bloková schéma zapojenia digitálnej časti interfejsovej dosky EVAL-ADICUP3029 (ZDROJ: Vlastná tvorba MS VISIO 2010)	30
Obrázok 3-4: Demonštrácia detekcie CO pri dyme z horiaceho papierika (ZDROJ: Vlastný experiment).....	33
Obrázok 3-5: Grafické vyhotovenie z Tabuľka 3-3 pre 3 demonštračné merania(ZDROJ: Vlastná tvorba v MS EXCEL)	35
Obrázok 3-6: Demonštrácia pri meraní CO plynu z výfuku motocykla (ZDROJ: Vlastný experiment).....	35

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1-1: Zdravotne dôsledky koncentrácie CO plynu (JANÁSEK, a iní, 2004).....	4
Tabuľka 2-1: Prehľadová tabuľka zariadení na meranie koncentrácie plynu CO (ZDROJ: Vlastná tvorba).....	17
Tabuľka 2-2: Dostupné hotové komponenty a snímače pre stavbu zariadení pre detekciu a meranie koncentrácie CO plynu (ZDROJ: Vlastná tvorba)	20
Tabuľka 3-1: Čas zopnutia alarmu pri koncentrácií CO plynu (Kidde Fire safety, 2019).....	25
Tabuľka 3-2: Prehľadová tabuľka softvéru (ZDROJ: Vlastná tvorba)	32
Tabuľka 3-3: Hodnoty koncentrácie CO plynu pri dyme z papierika, overenie demonštrácie a 2. demonštrácia (meranie výfukových plynov z motocykla)(ZDROJ: Vlastná tvorba MS EXCEL).....	34

Zoznam skratiek

CO – oxid uhoľnatý

IoT – Internet of Things

PPM – Parts Per Million

WSN - Wireless Sensor Networks

Pod'akovanie

Týmto by som chcel pod'akovať školiteľovi bakalárskej práce doc. RNDr. Jurajovi Pančíkovi, CSc. za cenné a odborné rady a jeho trpezlivosť, pri vypracovaní bakalárskej práce. Vďaka patrí i mojej rodine a priateľke ktorá vždy stála pri mne pri písaní bakalárskej práce.

Úvod

Predmetom bakalárskej práce je metóda detekcie prítomnosti a merania koncentrácie CO plynu pomocou elektrochemického snímača. Práce predstaví snímače plynov a zameria sa na detekciu a meranie koncentrácie toxických plynov. V rámci bakalárskej práce sa overí činnosť detektora plynu CO a vyhodnotia sa výsledky. Cieľom bakalárskej práce je overenie vývojového kitu od výrobcu Analog Devices CN0357 so snímačom koncentrácie CO plynu Alphasense CO-AX.

Prvá kapitola je zameraná na teoretickú časť, ktorá slúži na vymedzenie pojmov v predmetovej problematike. Vznik CO plynu a jeho pôsobenie na ľudí. Kapitola bližšie popisuje aj princíp činnosti elektrochemického snímača a iných typov snímačov na meranie oxidu uhoľnatého.

Rešerš dostupných hotových výrobkov a dostupných komponentov pre stavbu zariadení a pre detekciu a meranie koncentrácie toxických plynov bude popísaný v druhej kapitole. Bližšie využitie a popis elektrochemického snímača v automobilovom priemysle, kde taktiež vzniká škodlivý oxid uhoľnatý, vo výfukovom potrubí.

Tretia kapitola overuje demonštráciu vývojového kitu CN0257 od výrobcu Analog Devices s elektrochemickým snímačom koncentrácie CO plynu CO-AX.

1 Vymedzenie pojmov v predmetnej problematike

1.1 Problematika toxických plynov

V dnešnej dobe je už zaznamenaných veľa chemických havárií, kde sa do ovzdušia dostali toxické plyny, ktoré mali za príčinu rôzne dlhodobé, či dedičné choroby, alebo pri tých najhorších situáciách končili až smrťou. K takémuto úniku, havárií môže dôjsť hlavne vo veľkých chemických závodoch nepozornosťou človeka, pri výrobe, alebo pri skladovaní chemických látok. Môže to nastať i kvôli chybám, ktoré nevieme ovplyvniť ako je napríklad vplyv povodne, vetra, zosun pôdy. V niektorých prípadoch ako sú teroristické útoky, či vojny, ľudia používali takéto plyny vo svoj prospech, keď sa ich naučili uskladňovať a používať proti nepriateľským krajinám. Jeden z najnebezpečnejších a najznámejších plynov bol Yperit(horčicový plyn), ktorý bol veľmi škodlivý. Takmer každý deň môže nastať chemická havária pri preprave toxických látok, či už prostredníctvom vodnej, leteckej alebo cestnej prepravy. Typická príčina úniku takýchto látok je technologická (prevádzková) havária. Ako príklad sa používa technologická havária v indickom meste Bhopal, kedy pri úniku chemických látok zomrelo vyše 5000 ľudí (THE ATLANTIC, 2018)

Najčastejšie príčiny úmrtí na Slovensku sú formou zadusenia oxidom uhoľnatým, tzv. tichým zabijakom, ktorý usmrtí 150 ľudí ročne. Tento plyn vzniká pri nedokonalom spaľovaní dreva v krbe, či v kachliach. Preto hasiči pri požiaroch nosia kyslíkovú masku napojenú na bombu.

Jedna z najhorších priemyselných havárií na Slovensku sa stala vo Východoslovenských železniciach Košice z októbra 1995, kde zahynulo 11 ľudí. Dôvodom tejto nehody bola chyba zváračov, ktorí zvárali potrubie a neoboznámili sa s chemickými plynmi, ktoré tadiaľ viedli, následne nastal výbuch, pri ktorom sa vytvorilo veľké množstvo CO plynu. (SITA, 2019)

Z toho všetkého vyplýva „za nebezpečné chemické látky sú považované chemické látky, ktoré aj napriek bežnému spôsobu ich používania a zaobchádzania ohrozujú život alebo zdravie osôb, alebo ohrozujú životné prostredie. Každá chemická látka môže byť nebezpečná, ak je nesprávne používaná alebo sa s ňou nesprávne nakladá“ (KURUCZ, 2017) . Takýmito toxickými látkami sa zaoberá samotný vedný

odbor Toxikológia, ktorá skúma nepriaznivé účinky chemických látok a ich zmesi na živé organizmy a životné prostredie. Fyzikálnu a chemickú analýzu využíva na identifikáciu a kvantitatívne stanovenie toxických látok v prírode či v živých organizmoch, čo sa týka i poľnohospodárstva, ekológie či botaniky. Tento vedný odbor toxikológie spolupracuje i s medicínou, kde pomáha pri otravách chemickými látkami. Poskytuje veľmi presne informácie o látkach pri rozbere situácie. Vždy sa snaží zistiť a zhromaždiť čo najviac informácii, aké účinky daná chemická látka môže spôsobiť.

Definovať jedovatosť a škodlivosť toxických látok pomáha toxicita, čo určuje vlastnosti niektorých škodlivých účinkov na živé organizmy. Ďalej sa zameriame na delenie toxických látok, ktoré sa delia do dvoch hlavných skupín. Do skupiny s účinkami všeobecnými – prejavujú sa poškodením životných funkcií. Tieto účinky môžu byť dráždivé, dusivé, karcinogénne. V druhej skupine sa nachádzajú toxické látky s účinkami systémovými, pri ktorých látky pôsobia len na určitú časť orgánu, alebo orgánovej skupiny. Ako je napríklad poškodenie pokožky, pečene, obličiek alebo centrálného nervového systému. Práca je zameraná na nebezpečný oxid uhoľnatý (CO). Ako slabo nebezpečná látka je hodnotená z hľadiska chronického pôsobenia, ale podľa akútnej nebezpečnosti je hodnotená ako silno nebezpečná látka, čo určuje aj zaradenie látky do triedy toxicity D B (JANÁSEK, a iní, 2004).

Oxid uhoľnatý vzniká pri nedokonalom spaľovaní uhlíka, tento plyn je bez farby a bez zápachu, je prudko jedovatý. Je to horľavý plyn a spolu so zmesou vzduchu vytvára explozívne zmesi (KURUCZ, 2017).

Pri inhalácii oxidu uhoľnatého často nastáva smrť. Plyn má za následok zníženie schopnosti presunu kyslíka do kritických orgánov tela. K poruchám kardiovaskulárnych funkcií, zástave srdca, upchatiu ciev, dochádza pri koncentrácií 3 až 5 % CO. Účinok však závisí aj od iných faktorov, ako je napríklad doba pôsobenia, telesnej námahe postihnutého, teploty prostredia a vlhkosti vzduchu. Hodnoty 0,01 – 0,02 % určujú dolnú hranicu toxického pôsobenia danej látky. Vážne nebezpečenstvo pre ľudský organizmus vzniká pri látkovom množstve vyššom ako 0,05 % . Pri látkovom množstve plynu CO vyššej ako 1,28 % , približne pri troch nadýchnutiach v priebehu 1 až 3 minút človek stráca vedomie a zomrie. Účinky plynu CO sú zaznamenané v Tabuľka 1-1 (JANÁSEK, a iní, 2004).

Koncentrácia CO			Príznaky
Objem%	mg/m ³	ppm	
0,02	230	200	Bolesti hlavy a otrava po 2 až 3 hodinách
0,04	460	400	Zreteľná otrava po 1 až 2 hodinách
0,05	570	500	Halucinácie za 30 až 120 minút
0,1	1140	1000	Smrť za 2 hodiny
0,3	3440	3000	Smrť za 30 minút
0,79	9160	7900	Okamžitá smrť zadusením

Tabuľka 1-1: Zdravotne dôsledky koncentrácie CO plynu (JANÁSEK, a iní, 2004)

1.2 Meracie jednotky používané na detekciu a na meranie plynov

Ako jeden z najčastejších príkladov na prepočet koncentrácie plynov sa používa prepočet: $1/1000=0,001=0,1\%$ (zo 100%), čo je koncentrácia z: 1 liter plynu v zmesi s 1000 l vzduchu. Ďalej sa označuje dolná medza výbušnosti LEL (Lower Explosion Limit), čo je vlastne koncentrácia plynu, pod hodnotou ktorej zmes plynu so vzduchom ešte nehorí, takže nemôže nastať výbuch. Dané detektory sú navrhnuté tak, aby sa dali použiť v rozsahu koncentrácie, ktorá je nižšia ako je dolná medza výbušnosti, pre LPG je $LEL=1,35\%$ objemu, pre metán je $LEL=4,4\%$ objemu. Horná medza výbušnosti UEL (Upper Explosion Limit), je miera množstva plynu, nad hodnotou ktorej zmes plynu so vzduchom už nehorí, preto taktiež nenastane výbuch. Spôsob vyjadrenia koncentrácie plynu ako podiel danej zložky v celkovom objeme zmesi plynu sa označuje PPM(part per million). Maximálna miera množstva plynu, ktorú môže zmerať daný detektor sa vyjadruje v % LEL, alebo v ppm, čo označuje celý merací rozsah (full rang) (MERATEX, 2016).

Z bezpečnostného hľadiska ďalej rozdeľujeme toxické látky na najvyššiu prípustnú koncentráciu látok NPK, ktorá sa udáva v mg.m^{-3} . Tieto hodnoty sú uvedené v hygienických smerniciach, ich prekročenie môže byť stíhané. Pre nepoškodenie zdravotného stavu osôb vystavených toxickým látkam sa používa označenie NPK-P, čo je najvyššia prípustná koncentrácia plynov. Pod označením NPK-Pp sa označujú

primerané hodnoty množstva plynov, škodlivín v ovzduší, nesmú byť prekročené v celosvetovom priemere. V žiadnom prípade sa nemôže prekročiť medzná koncentrácia plynov NPK-Pm. Hmotnostné a objemové koncentrácie sa dajú navzájom prepočítať podľa vzťahu $\text{mg.m}^{-3} = \frac{\text{ppm.M}}{24,45}$, kde M predstavuje molekulovú hmotnosť nebezpečnej látky (JANÁSEK, a iní, 2004).

1.3 Snímače plynov

Medzi prvé typy snímačov plynov patril detektor skonštruovaný z bielej podložky, ktorá vybledla na hnedastú alebo na čiernu farbu, keď zachytila koncentráciu oxidu uhoľnatého. Keď úmrtnosť i tak stúpala, začali sa vyvíjať polovodičové zariadenia ktoré vznikli výskumom v roku 1962, kde spolu s jednoduchým elektrickým obvodom dokázali zistiť nízku koncentráciu plynov. Teoretická časť činnosti snímačov je nasledovná. Vonkajším obvodom snímača prechádza elektrický prúd, ktorý spôsobila elektrochemická reakcia. Elektrochemická reakcia vzniká preniknutím plynu cez chrbát pórovej platničky snímača k pracovnej elektróde, kde je plyn redukovaný, alebo oxidovaný. Daný prúd má za úlohu merať a zosilňovať daný signál. Množstvom oxidovaného plynu na pracovnej elektróde je riadené množstvo prúdu. To aby náš výstupný signál zo snímača bol lineárne úmerný množstvu plynu vstupujúceho do snímača, sú preto snímače navrhnuté tak, aby prívod plynu bol obmedzený na pomalé presakovanie. Toto je hlavnou výhodou elektrochemických snímačov, pretože vieme podľa lineárneho výstupu presnejšie merať i nižšie množstvo plynu a jednoduchšie sa dajú kalibrovať, kde nám stačia základné hodnoty a jeden bod. Takzvaná difúzna kontrola vie zmeniť bariéru, ktorá umožňuje prispôbiť snímač ku konkrétnemu cieľu rozsahu množstva plynu. Doba pomocou výskumov dospela postupne ku štyrom typov snímačov, ktoré sú rozdielne svojou rýchlosťou odozvy, presnosťou, či rozdielom ich cien.

Prvým typom je optochemický snímač, ktorý pracuje na princípe chemickej reakcie. Oxid uhoľnatý svojou reakciou mení farbu chemikálie vankúšika z ktorého snímač pozostáva. Takéto snímače však poskytujú najnižšiu úroveň ochrany. Ďalším typom sú biomimetické snímače, viažu na seba CO. Podľa množstva CO plynu v priestore sa daný snímač zafarbí na hnedo. Monitorovať sa to dá priamo ale aj

pomocou fotodiódy. Životnosť takýchto snímačov je 6 rokov s pomocou lítiových batérií. Dané snímače ako prvé vstúpili na široký trh. Problém nastal pri ich vysokej cene, preto sú uprednostňované väčším zariadeniam ako sú napr. nemocnice. Hlavne kvôli ich technológií, ktorá je jediná testovaná bez falošných poplachov. Polovodičový typ snímačov je monitorovaný integrovaným obvodom, ktorý dohliada na odpor snímacieho prvku. Aby snímač pracoval ako má, musí byť zahriaty na teplotu 400 °C. Ich životnosť nie je veľmi vysoká, čo je približne 5 rokov. Samozrejmosťou je, že každý rok sa musia testovať testovacím plynom a to i pri inštalácii snímačov. Sú napájané zo siete, pretože majú vysokú spotrebu energie, pri batériách by vydržali iba niekoľko mesiacov. Medzi najmodernejšie snímače môžeme zaradiť digitálne. Digitálne snímače sú o niečo drahšie, ale vieme z nich vyčítať údaje z pamäte nameranej v priebehu času. Ich koncentráciu CO nám zobrazujú v dieloch na milión. Výhodou systémov je i to, že si vieme pozrieť aj hodnoty pred hodnotou spustenia alarmu, vieme ešte skôr zareagovať na prebytok plynu a môžeme problém riešiť. Pre rýchle merania, na účely údržby, pre lietadlá, osobné či nákladné automobily sa využíva prenosný snímač CO. Takéto snímače merajú výskyt CO v reálnom čase na niekoľko ppm, pretože reagujú na nízke hladiny CO v sekundách. Na rozdiel od snímačov v domácnostiach, ktorým to trvá niekoľko minút. Zobrazenie vyhodnotenia snímača je na digitálnom displeji. Výrobcovia odporúčajú každoročnú kalibráciu a mali by byť vždy testované pomocou kalibrovaného skúšobného plynu, aby snímače boli stále funkčné. Bežne dostupné zariadenia so snímačmi plynov majú vlastné testovacie tlačidlo, ktoré však netestuje schopnosť alarmu snímať plyn, ale testuje výdrž batérie, elektrický obvod a bzučiak. Vývojom sa snímače dostali na životnosť 10 rokov, oproti prvým, ktoré mali životnosť 2 roky. Snímače napájané zo siete majú i zálohovanú batériu, pre výpadok elektriny (ESPACENET, 2019).

V dnešnej modernej dobe sme už obklopení mnohými snímačmi, alebo elektrickým príslušenstvom, ako sú detektory, ktoré nás chránia a vedia nám pomôcť pri identifikácii rôznych škodlivých látok. Môžeme ich využívať aj pre prospech k životnému prostrediu, kde sa snažíme pomocou špeciálnych snímačov znižovať napríklad emisie vo vozidlách a iných prepravných pomôckach. Zisťovať škodlivé látky v pôde, radiáciu pri jadrových elektrárnach, alebo rôznych nebezpečných výbuchoch.

Snímače nás už všade obklopujú a pomáhajú nám v bežnom živote. Detektory majú rôzne funkcie ako je napríklad detekcia CO plynu, pokles kyslíka a detekcia horenia, kde sa môže spustiť požiarny snímač. Väčšinou sú snímače vybavené alarmom, ktorý ohlási nebezpečný plyn v prostredí. Medzi najpopulárnejšie snímače na trhu pribudli CO alarmy od spoločnosti Innogy, ktoré merajú množstvo CO plynu v domácnostiach. Dajú sa ľahko kúpiť na internete a pomocou mobilnej aplikácie si vieme kontrolovať množstvo CO plynu v domácnosti, alebo nás alarm upozorní zvukovým signálom. V aplikácii je vidieť kedy sa vetralo, čiže pokles CO, graficky znázornené v hodinových intervaloch. Alarm je veľmi dobrý a využiteľný, keďže oxid uhoľnatý je neviditeľný plyn bez zápachu a chuti. Aj nízka koncentrácia tohto plynu je pre naše telo škodlivá, viaže sa nám na krvinky. Takýto snímač len jednoducho pripevníme na stenu, technici alebo sami si nastavíme aplikáciu v mobile cez ich internetovú stránku. Je to praktický snímač a mali by sme ho používať hlavne ak máme v miestnosti krb, aby upozornil na uniknutý dym. Firma Seitron sa zameriava na výrobu detektorov a detekčných systémov pre kontrolu úniku metánu, LPG a oxidu uhoľnatého (CO), pre priemysel a domácnosti. Meranie takýchto plynov sa vyjadruje koncentráciou plynu, ako objemové percento z celkového objemu plynu v zmesi plynu. Detekčné systémy sú rôzne, napríklad systémy na meranie v podzemných parkoviskách, kde nám systémy merajú prebytok benzínových výparov, LPG a CO. Dá sa nastaviť rôzny stupeň alarmu. Multigate je multifunkčný detektor, kde môžeme pripojiť až 32 možných periférií do vzdialenosti 1 km. SOS Electronic nám poskytuje 167 typov snímačov. Poskytujú nám samotné snímače, ktoré si môžeme sami naprogramovať alebo vymeniť v pokazenom module, alebo si môžeme kúpiť celé moduly. Ceny takýchto modulov sa pohybujú od 30 eur nahor, až po tie kvalitnejšie v cene 70 eur. Meratex, meracia technika sa zaoberá domovými detektormi plynu, kde nám poskytujú ochranu pred únikom výbušných plynov a toxického oxidu uhoľnatého. Detektory môžu byť drôtové ale i bezdrôtové. V automobilovom priemysle poznáme snímače, ktoré sa používajú na meranie emisií, keďže v motorových vozidlách vzniká CO plyn vo výfukovom potrubí. Pre menší vznik CO plynu vo vozidle používame Lambda sondu, ktorá má za úlohu kontrolovať správny pomer zmesi paliva a kyslíka pri spaľovaní motora vo výfukovom potrubí.

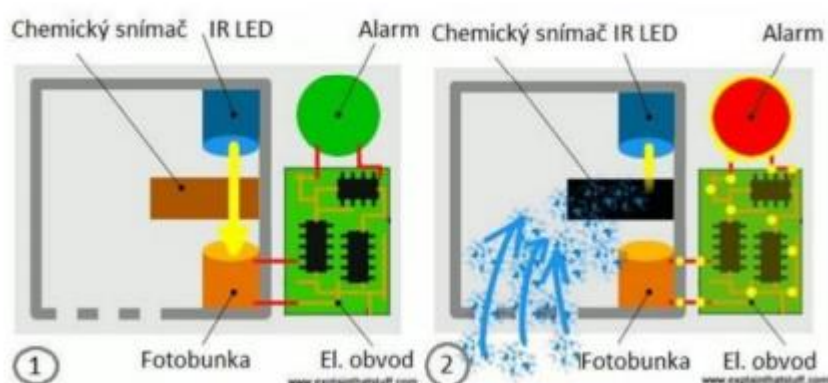
1.4 Snímače CO plynu a ich princíp činnosti

Optický snímač pracuje na chemickej detekcii koncentrácie CO plynu. Princíp činnosti optického snímača patrí medzi najjednoduchší princíp. Na základe chemickej reakcie, kde pri identifikácii oxidu uhoľnatého sa biela podložka zafarbila na hnedastú alebo až čiernu farbu, v závislosti od koncentrácie oxidu uhoľnatého. Výhodou takéhoto typu merania oxidu uhoľnatého je nízka cena oproti iným prístrojom. Jeho najväčšou nevýhodou je nepresné meranie keďže vychádzame len z optickej zmeny farby chemickej vrstvy.



Obrázok 1-1: Detekčná karta pracujúca na princípe chemickej detekcie (Zakut'anský, 2018)

Biomimetická detekcia oxidu uhoľnatého pracuje na podobnom princípe ako naše telo, keď hemoglobín pri koncentracii oxidu uhoľnatého mení svoju farbu na silno červenú. V prípade biomimetického snímača sa nachádza disk potretý reaktívnym gélom, ktorý pri kontakte s CO plynom stmavne. Reaktívna vrstva je ožarovaná infračervenou LED diódou, odrazený lúč z LED diódy má menšiu intenzitu svietivosti pri koncentracii CO plynu. Zmenu zaznamená elektrický obvod ktorého výstupom je alarm.



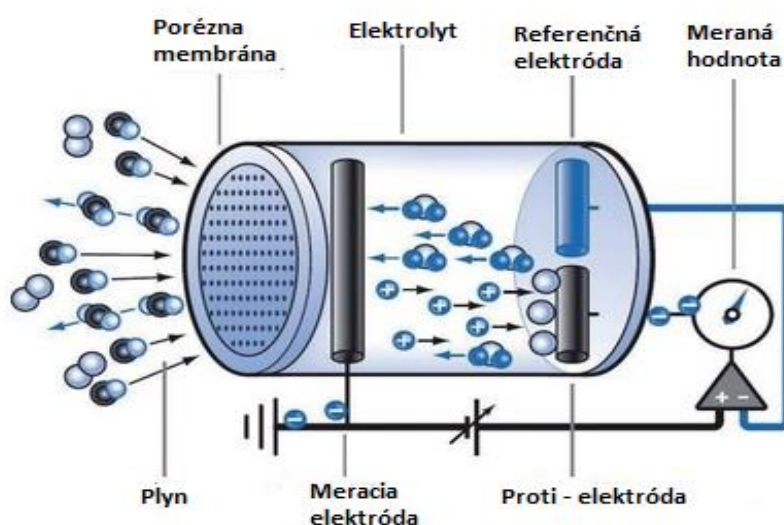
Obrázok 1-2: Princíp činnosti biomimetickej detekcie CO (Zakuťanský, 2018)

Modré šípky znázorňujú výskyt oxidu uhoľnatého, kde sa pri koncentrácií CO plynu chemický snímač zafarbí na čierno. Vyžarujúce svetlo z LED diódy nedopadá správne na fotobunku, ktorá to zaznamená a informáciu pošle do elektrického obvodu, kde to ďalej zaznamená alarm. (Zakuťanský, 2018)

Klasickým meracím prostriedkom v dnešnej dobe sa stali detekčné trubičky na koncentráciu CO plynu. V uzavretom sklenenom telese trubičky sa na pevnom nosnom materiáli nachádza chemické činidlo (látka ktorá spôsobuje silnú chemickú reakciu), ktoré pri kontakte s určitým plynom alebo parami reaguje charakteristickou zmenou sfarbenia. Príslušný kontakt sa dosahuje tým, že pomocou nasávacej pumpy prechádza trubičkou definované množstvo vzduchu. Pre reakciu postačuje aj minimálny výskyt plynu. Trubička obsahuje vlastnú stupnicu z ktorej vieme ihneď odčítať a vyhodnotiť hodnotu koncentrácie oxidu uhoľnatého. Pred meraním je vhodné uskutočniť i meranie vlhkosti vzduchu, pretože meranie CO plynu pomocou trubičky môže byť ovplyvnené teplotou a vlhkosťou. (Janovič, 2010)

Polovodičové snímače pracujú na princípe zmeny reakcie a jeho elektrického odporu podľa množstva koncentrácie oxidu uhoľnatého. Vo vnútri snímača sa nachádza pliešok ktorý je pokrytý oxidačnou vrstvou SnO_2 . Pretože CO plyn je horľavá látka, pri zmene teploty reaguje s oxidačnou vrstvou. Ide o kyslíkovú väzbu s oxidom kovu, ktorá konverguje s oxidom uhličitým. Táto reakcia je silno exotermická a prejavuje sa

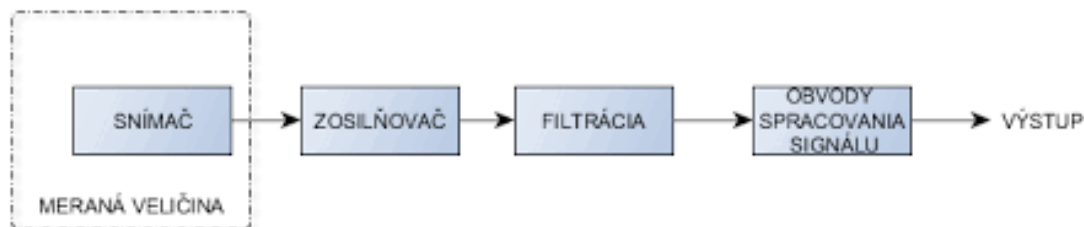
elektrickou zmenou. Z ktorej vieme následne zistiť koncentráciu CO plynu.



Obrázok 1-3 Princíp činnosti 3. elektródového elektrochemického snímaču (Vafek, 2020)

Princíp činnosti elektrochemického snímača spočíva na princípe elektrochemického článku. „Elektrochemický článok je systém 2, 3 popr. 4 elektród, ktoré sú umiestnené v gélovom elektrolyte. Priestor s elektrolytom a elektródami je oddelený od okolitej atmosféry difúznou bariérou. Tou prechádzajú molekuly meraného plynu, ktoré reagujú s elektrolytom. Na elektródach dochádza k oxidačnej a redukčnej reakcii, ktorá má za následok zmenu potenciálu článku. So vzrastajúcou koncentráciou plynu vzrastá aj potenciál. „ (Chromservis SK, s.r.o., 2019)

Výhodou takýchto snímačov je ich spoľahlivosť a nízka cena článkov, a to platí pre bežné plyny. Pri týchto snímačoch treba rátať s ich dlhou odozvou na vyhodnotenie informácií z prostredia, či sa v danom prostredí nachádza koncentrácia oxidu uhličitého, čo patrí medzi jednu z ich nevýhod. (Chromservis SK, s.r.o., 2019)



Obrázok 1-4: Všeobecný princíp činnosti snímača (Fabianová, 2020)

1.5 Detekcia prítomnosti koncentrácie plynov

Vo vzduchu sa nachádza veľmi veľké množstvo chemických látok či zlúčenín. Na to aby sme si vedeli danú látku z tohto množstva iných látok vybrať či odhaliť, v našom prípade oxid uhoľnatý, využívame detekciu. Detekcia pomáha rozpoznávať jednotlivé látky plynu ktoré sa nachádzajú vo veľkom množstve v prostredí. Práve preto je detekcia hlavným a prvým javom, ktorý nám pomáha objaviť oxid uhoľnatý. Každá svoja plynná, či iná látka má svoj detektor, ktorý objaví daný konkrétny plyn alebo látku. Na rozdiel od merania, je detekcia potrebnnejšia. Pri správnej detekcií nám stačí vedieť o aký druh látky v prostredí ide a vieme vyhodnotiť, či je to pre naše telo škodlivé, alebo nie. To by sme pri meraní samotnom tak jednoducho nezistili.

Medzi základné pojmy, ktoré nám pomáhajú detekovať koncentráciu plynov, zaradujeme charakterizáciu, zaradenie a približné určenie toxickkej látky do určitej skupiny. Na presnejšie určenie druhu látky používame pojem identifikácia a stanovenie. Skutočná hodnota veličiny nám opisuje hodnotu, ku ktorej sa meraním snažíme čo najbližšie priblížiť. Jedným z najdôležitejších pojmov je chemická analýza. Pojem predstavuje proces, kde vstupom je skúmaná vzorka plynu a na výstupe informácia o zložení plynu. Tieto pojmy vieme vyčítať a presnejšie určiť pomocou detektorov. Detektor nám predstavuje zariadenie, ktoré indukuje signálom výskyt plynu, kde sa prekročí prahová hodnota. Detekcia toxických plynov nám slúži hlavne na včasné upozornenie ľudí pohybujúcich sa v priestoroch, kde sa môže vyskytovať toxická látka. Na zisťovanie oxidu uhoľnatého a na zistenie jeho množstva v akom sa vyskytuje v danom priestore využívame mnohé snímače. (KURUCZ, 2016).

Detegovať koncentráciu toxických plynov môžeme tromi základnými metódami:

- Chemickou reakciou
- Fyzikálno-chemickým procesom
- Fyzikálnym princípom

Pri zisťovaní prítomností oxidu uhoľnatého využijeme analýzu pomocou chemickej reakcie. Princíp činnosti je pomocou chemickej reakcie, kde určovanú zložku, pomocou chemickej reakcie prevedieme na zložku vhodnejšiu pre presnejšiu analýzu. Množstvo CO plynu môžeme sledovať až pri ustálenom stave po daných

chemických reakciách. Takýto princíp sa využíva hlavne pri prípadoch, keď nie je možné použiť presnosť rozlíšenia na fyzikálnom alebo fyzikálno-chemickom princípe. Typy chemických analyzátorov majú schopnosť vysoko presného stanovenia zložky plynu CO v prostredí. Keďže pri chemickej reakcii musíme mať i pomocnú látku, princíp sa stáva nie až tak výhodným, čo zvyšuje i údržbu či obsluhu (Janovič, 2010).

Pri detekcii úniku CO plynu, pri jeho lokalizácii, ale pri nižšom nároku na presnosť sa využívajú analyzátory na fyzikálno-chemickom princípe. Tento typ analyzátorov využíva polovodičové snímače. Meranie pomocou tohto typu by malo prebiehať hlavne vo vnútornom prostredí, pretože zmena teploty a vlhkosť ovplyvňuje detekciu. Fyzikálna veličina sa meria pri chemickej reakcii, ktorá nastáva pri chemickej premene povrchu, pri vzájomnom pôsobení látky na povrchu snímača, čo je vlastne princíp činnosti daného fyzikálno-chemického analyzátora (Janovič, 2010).

Snímače ktoré pracujú na fyzikálnom princípe, pracujú na vzájomnom pôsobení meranej látky a snímača, medzi ktorými nedochádza ku chemickým zmenám detegovanej látky. Fyzikálne snímače využívajú hlavne fyzikálne veličiny, ako je tepelná vodivosť, hustota, index lomu, rýchlosť vzduchu a iné. Údaje poskytujú len s malým časovým oneskorením a nevyžadujú reagujúcu látku, oproti chemickým kde je reagujúca látka potrebná, čo pri fyzikálnych zjednodušuje obsluhu, to je ich hlavnou výhodou. (Janovič, 2010)

1.6 Meranie koncentrácie plynov pomocou elektrochemického snímača

Ak už prebehla detekcia konkrétneho plynu, oxidu uhoľnatého, je potrebné plyn zmerať. Meraním zistíme jeho množstvo v akom sa v prostredí nachádza. Či je k životu nebezpečné, alebo je to zanedbateľné množstvo. Každá látka má svoju jednotku v ktorej sa meria. Pri koncentracii CO plynu je to jednotka ppm (parts per million). Meraním na rozdiel od detekcie vieme presne zistiť, v akom množstve sa nachádza látka v prostredí.

Meranie bez detekcie danej látky by bolo zbytočné, keď že by sme nevedeli o akú látku ide.

Princíp koncentrácie plynov pomocou elektrochemického snímača je postavený na generovaní elektrického prúdu v snímači, ktorým sa detegovaný plyn podrobuje chemickej reakcii. Takéto snímače pracujú na princípe ako palivový článok. Skladá sa

z dvoch elektród, z anódy a katódy, sú navzájom odizolované membránou, alebo elektrolytom. V anóde sa spotrebúva kyslík, cez katódu sa dostáva oxid uhoľnatý do snímača, kde nastáva spomínaná chemická reakcia. Získaný elektrický prúd súvisí s množstvom oxidu uhoľnatého. Snímač sa dá prispôsobiť konkrétnemu cieľovému rozsahu množstva plynov. Najväčšou výhodou oproti iným typom snímačov je jeho lineárny a vysoko presný výstup CO plynu zo snímača, jeho pracovná doba je pod minimálnym výkonom, snímače si vyžadujú menej údržby. Životnosť takýchto snímačov je od 5 do 10 rokov. Kalibrácia snímača sa musí uskutočniť pri dodaní skúšobného plynu. Snímač má taktiež testovacie tlačidlá, ktoré nám poskytujú informácie o účinnosti batérie, jeho obvodu a bzučiaka. Nevýhoda snímačov je taká že nie sú vhodné pre identifikáciu viacerých druhov plynu. Dôvodom je ich mechanizmus, ktorý pracuje na oxidácií alebo redukcií plynov (ESPACENET, 2019).

1.7 Metrologické otázky merania koncentrácie plynov

Metrológia je veda zaoberajúca sa meracími prístrojmi, meraním samotnom, meracími jednotkami, či technikou merania. Hlavnú úlohu odohráva metrologická kontrola. Meradlá, ktoré sú uvedené na trh musia prejsť takouto kontrolou, kde podľa zákonov a noriem musia vyhovovať. Pre schválenie meradla i pre revíziu schváleného typu potrebujeme odoslať žiadosť. (Preben Howarth, 2014)

Rozdiel medzi meradlami oxidu uhoľnatého a inými druhmi meradiel spočíva v tom, že meradlá pre detekciu koncentrácie plynov CO ako je elektrochemický, biomimetický, polovodičový, digitálny, či prenosný pracujú na chemickom procese merania. Meranie prebieha pri chemickej reakcii, kde potrebuje, aby nám snímač vedel zo vzduchu vyhotoviť číselný údaj čo najpresnejšie. Tieto meradlá musia byť presne nakonfigurované a nemôžu si dovoliť chybovať. Je to veľmi zaujímavé, že dokázali meradlo nastaviť na daný konkrétny plyn, pretože vo vzduchu sa nachádza množstvo iných molekúl vody, kyslíka a mnoho ďalších zlúčenín. Snímač na CO plyn musí odrušiť ďalšie plyny a vyhodnotiť len hodnotu CO. Analógové meracie prístroje na meranie prúdu, alebo napätia pracujú na princípe silového pôsobenia magnetického poľa pevnej cievky na otočnú cievku, ktorá sa pri prechode prúdu alebo napätia vychýli. Ide o jednoduchšie meranie, keďže pracuje s určitou veličinou.

Využitie takýchto snímačov na koncentráciu plynov CO je hlavne kvôli bezpečnosti ľudí, ktorí v domácnostiach kúria drevom a najmä pri spaľovaní dreva v kozube v miestnosti. Keďže CO plyn nie je cítiť ani vidieť jeho výskyt je vysoko pravdepodobný. Práve preto by už mali byť takéto snímače v novostavbách samozrejmosťou. Tieto snímače im vopred ohlásia už len malý výskyt plynu a môžu na to ihneď reagovať. Vo fabrikách s výskytom oxidu uhoľnatého môže okrem úniku dôjsť i ku výbuchu kde nastane poškodenie majetku. Z hľadiska ochrany zdravia pri práci dochádza pri používaní takýchto snímačov k zvýšeniu bezpečnosti.

V automobilovom priemysle je zasa hlavnou úlohou takýchto snímačov znížiť znečistenie životného prostredia. Toto všetko sa odrazí na kvalite potravín (ovocia, zeleniny, obilnín, mäsa atď.) a tak isto na zdraví obyvateľstva aj zvierat.

2 Rešerš dostupných dostupných komponentov pre stavbu zariadení pre meranie koncentrácie toxických plynov

-- analýza integrácie zariadení do nadradených systémov prostredníctvom IoT (Internet of Things)

2.1 Rešerš meracích zariadení a detektorov pre detekciu a meranie koncentrácie CO plynu

Rešerš na dostupné hotové výrobky je vykonaný na rôznych webových prehliadačoch ako je Google, Bing, Internet Explorer. Najviac možných výrobkov a firiem je na Google prehliadači. Skoro každý okres poskytuje aspoň jednu takúto firmu, alebo predajňu ktorá predáva dané hotové snímače a poskytuje i inštaláciu. V dnešnej dobe je to už veľmi jednoduché. Stačí zadať do prehliadača daný typ snímača, lokalitu. Napríklad na stránke Kompass.sk je prehľad o všetkých firmách ktoré sa zaoberajú danými snímačmi.

Pri hotových výrobkoch je dôležité umiestniť daný snímač správne, keďže CO plyn má približne rovnakú hustotu ako vzduch. Pri inštalácii by sa mali umiestňovať blízko stropu alebo podlahy. Dnes by sa už i pri novej výstavbe domu mali inštalovať schválené signalizačné snímače CO plynu v samotnom priestore na spanie alebo v ich blízkosti. Každý výrobca udáva umiestnenie snímača do domácnosti, preto je potrebné si vždy prečítať inštalčný manuál ku danému snímaču.

Č.	Typ meradla pre meranie koncentrácie CO plynu	Charakteristika daného meradla	URL adresa
1.	Detektor úniku plynu SAFE 808COM	-Kombinovaný detektor (CO plynu, horľavých a výbušných plynov) -Zobrazenie aktuálnej hodnoty na LCD displeji	http://bezpecnost.spp.sk/
2.	Analyzátory spalín	-Možnosť meniť snímače (teplota, dif. tlak, druhy spalín) -Elektrochemický snímač -Komunikačné rozhranie USB, Bluetooth, aplikácie	http://www.meraciepristroje.sk/a/nalyzator-spalin-kimo-kigaz-80
3.	Detektor oxidu uhoľnatého	-Digitálny ručný prístroj -Sonda zabodovaná v tele prístroja -Doba prevádzky na batérii 200 hodín	https://www.meratex.sk/detektor-oxidu-uholnateho-kimo-co50/
4.	Detektor CO s alarmom	-Pracuje aj vo vlhkých prostrediach -Snímač so životnosťou 10 rokov -Distribútor - https://www.kidde.eu/	https://www.profiarmy.eu/detektor-oxidu-uhelnateho/kidde-7dco-detektor-co-s-alarmem-cidlo-uniku-plynu
5.	Digitálny Merač CO EXTECH CO10	-LCD displej -Akustická signalizácia -meranie od 0 po 1000 miliontin	http://www.meraciepristroje.sk/merac-co-extech-co10
6.	Prístroj pre detekciu CO plynu	-Jednoduché ovládanie -Optické a akustické zobrazenie -Precízny elektrochemický snímač	http://www.woehler.sk/pristroj-pre-detekciu-co-cm-220/

7.	GS816A-H11 CO alarm for RC1	-Dlhá výdrž batérie -Pohodlné použitie -Akustická signalizácia -Výrobca SITERWELL ELECTRONICS CO	https://partners.sigfox.com/products/gs816a-h11-co-alarm-for-rc1
----	-----------------------------	--	---

Tabuľka 2-1: Prehľadová tabuľka zariadení na meranie koncentrácie plynu CO (ZDROJ: Vlastná tvorba)

2.2 Analýza merania CO plynov v Autotronike

V tejto časti sa opisuje využitie daného snímača i v mojom odbore autotroniky. Ide o snímač, ktorý nám pomáha merať emisie vo výfukových plynch. Hlavne sa s nimi môžeme stretnúť pri emisných kontrolách automobilov, kde už v dnešnej dobe sú snímače veľmi presné a kontroly tým prísnejšie. Daným meraním však môžeme zistiť i poškodenie automobilu, ak by malo zlý, či nepravidelný chod motora. Pri vyššej koncentrácii paliva sa môže hneď zamerať na lambda sondu ktorá sa nachádza vo výfukovom potrubí. Ide o kyslíkový snímač, ktorý reaguje na prítomnosť kyslíka vo výfukovom potrubí, kde na základe chemickej reakcie vytvára elektrický signál. Pomer paliva a vzduchu v pracovnom priestore upraví škrtiaca klapka a vstrekovače pomocou riadiacej jednotky motora, kde bol vyslaný daný elektrický signál. Vďaka lambda sonde pracuje motor hospodárnejšie a produkuje menej škodlivých látok, tým že riadiaca jednotka je schopná vytvárať čo najlepší pomer zmesi paliva a vzduchu z výstupu lambda. Podľa toho vieme určiť že nám niekde uniká palivo, alebo máme vyšší pomer vzduchu a môžeme sa zamerať na palivovú alebo vzduchovú sústavu, a to nám pomôže sa priblížiť ku danej chybe.

2.3 Lambda sonda

V tejto kapitole sa bližšie zameriame na Lambda sondu. Lambda sonda je vlastne snímač tak isto ako iné snímače, ktoré nám vyhotovujú signál, keď zaznamenajú vysokú alebo nepriaznivú koncentráciu CO plynu. Pomocou lambda sondy bránime znečisteniu prostredia, a takisto k lepším emisiám z automobilov. Pri koncentracii plynu oxidu uhoľnatého vo výfukovom potrubí lambda snímač zaznamená koncentráciu a signál pošle do riadiacej jednotky, aby sa upravila zmes v spaľovacom priestore. Kvôli tomu je dôležité vedieť, prečo je daný snímač potrebný a pracuje na

podobnom princípe ako elektrochemický snímač, aby sme predišli k zbytočnej koncentrácii oxidu uhoľnatého.

Lambda sonda vznikla odvodením písmena z gréckej abecedy λ (lambda), čo je hodnota pri ktorej je zachovaný pomer medzi množstvom vzduchu a množstva paliva. V danom odbore sa často stretávame s danou súčiastkou. V dnešnej dobe už mnoho motoristov pozná lambda sondu a vie aké má využitie v automobiloch, či v motocykloch. Lambda sonda sa začala využívať z dôvodu čoraz prísnejších emisií. Jej využitie bolo hlavne v zážihových motoroch, ale v dnešnej dobe sa už používa i vo vznetrových motoroch, kde sa využíva na optimalizáciu vstrekovania paliva do valcov. Hlavnou úlohou lambda sondy je teda zníženie škodlivých emisií. Lambda sonda obsahuje elektrochemický článok, ktorý vytvára na základe chemickej reakcie spalín a atmosférického vzduchu hlavne vo výfukovom potrubí elektrický signál. Chemická reakcia vzniká z dôvodu výroby lambda sondy. Lambda sonda sa vyrába zo špeciálnej poréznej keramiky, ktorá má na povrchu nanesené platínové elektródy s mikropórmí prepúšťajúcimi plyn, na vnútornom i vonkajšom povrchu. Lambda sonda pracuje od určitej teploty, kde minimálna pracovná teplota je 350 °C. V dnešnej dobe majú už vyhrievanie, kde stačí teplota 200 °C. Pracovnú dobu má za následok keramika, ktorá je vodivá pri vysokých teplotách. Elektrické napätie sa objaví na elektródach, ktoré vzniká pri rozdielnom obsahu kyslíka na oboch stranách poréznej keramiky, na ochranu pred usadeninami z výfukových plynov.

Ide o snímač, ktorý kontroluje prítomnosť kyslíka vo výfukových plynoch. Podľa vyhotoveného signálu lambda sonda posiela signál do riadiacej jednotky motora, ktorá nastavuje pomer benzínu a vzduchu. Následne vytvorí zmes, respektíve množstvo vstrekovaneho paliva. To má za následok zníženie množstva škodlivých látok vo výfukových plynoch. Lambda sonda má fľaškovitý tvar, vďaka ktorému môžu plynule obtekať plyny. Správny pomer paliva a vzduchu by mala byť lambda (λ) rovná 0. Na spálenie jedného litra paliva sa spotrebuje približne 9 500 litrov vzduchu. Z toho nám vychádza ideálny pomer paliva a vzduchu 14,7 : 1, čo znamená, že na jeden kilogram paliva potrebujeme 14,7 kilogramu vzduchu. Prebytok vzduchu v zmesi, chudobnú zmes, nám určí vtedy, keď lambda bude väčšia ako 1. Naopak ak je lambda menšia ako

l je prebytok paliva, zmes je obohatená, Pri tejto hodnote sa zvyšuje vo výfukovom potrubí koncentrácia oxidu uhoľnatého a uhl'ovodíkov (Janco, 2020).

2.4 Rešerš dostupných komponentov pre stavbu zariadení pre detekciu a meranie koncentrácie toxických plynov

Detektory sa skladajú z určitých komponentov, ktoré sa dajú ľahko vymeniť. Bola by zbytočnosť kvôli zlému snímaču, či modulu meniť celé zariadenie. Snímač, alebo modul sa dá vymeniť za pár eur. Tým sa šetrí aj životné prostredie keďže sa nevyhodí celé plastové zariadenie a elektronika, ktorú zariadenie obsahuje. Niektoré firmy so snímačmi oxidu uhličitého ponúkajú výmenu daného komponentu ktorý sa dá zameniť.

Č.	Komponenty a moduly	Parametre	Adresa URL
1.	Snímač plynov CO/LPG 	-100-5000ppm -Prevádzková teplota -10 až 50 °C -Distribútor SOS electronic	https://www.sos.sk/products/nissha-fis/sb-96-00-227977
2.	MQ-7 – snímač oxidu uhoľnatého	-Dlhá životnosť a nízke náklady -Vhodný pre rôzne aplikácie -Datasheet : https://www.pololu.com/file/0J313/MQ7.pdf	https://techfun.sk/produkt/snimačy-plynov-mq-x/
3.	OKYSTAR OKY3336 – komponent	-Výrobca OKYSTAR -Výstupný analógový, digitálny -Rozlíšenie 10 až 1000 miliontin -Firma TME	https://www.tme.eu/sk/details/oky3336/snimač-prostredia/oky-star/

4.	Modul snímaču plynov CO	-MOS snímačmi a moduly od firmy FIS -Kalibrovateľný modul -Distribútor SOS electronic	https://www.sos.sk/articles/fis/senzor- plynu-alebo- kalibrovany- modul-2113
5.	Modul CO (Arduino): MQ-9	-Pre domáce či priemyselné zariadenia -Rýchla odozva a obnova dát	https://www.gme.sk/modul- co-senzor- oxidu- uhelnateho

Tabuľka 2-2: Dostupné hotové komponenty a snímače pre stavbu zariadení pre detekciu a meranie koncentrácie CO plynu (ZDROJ: Vlastná tvorba)

2.5 Analýza integrácie zariadení do nadradených systémov prostredníctvom IoT

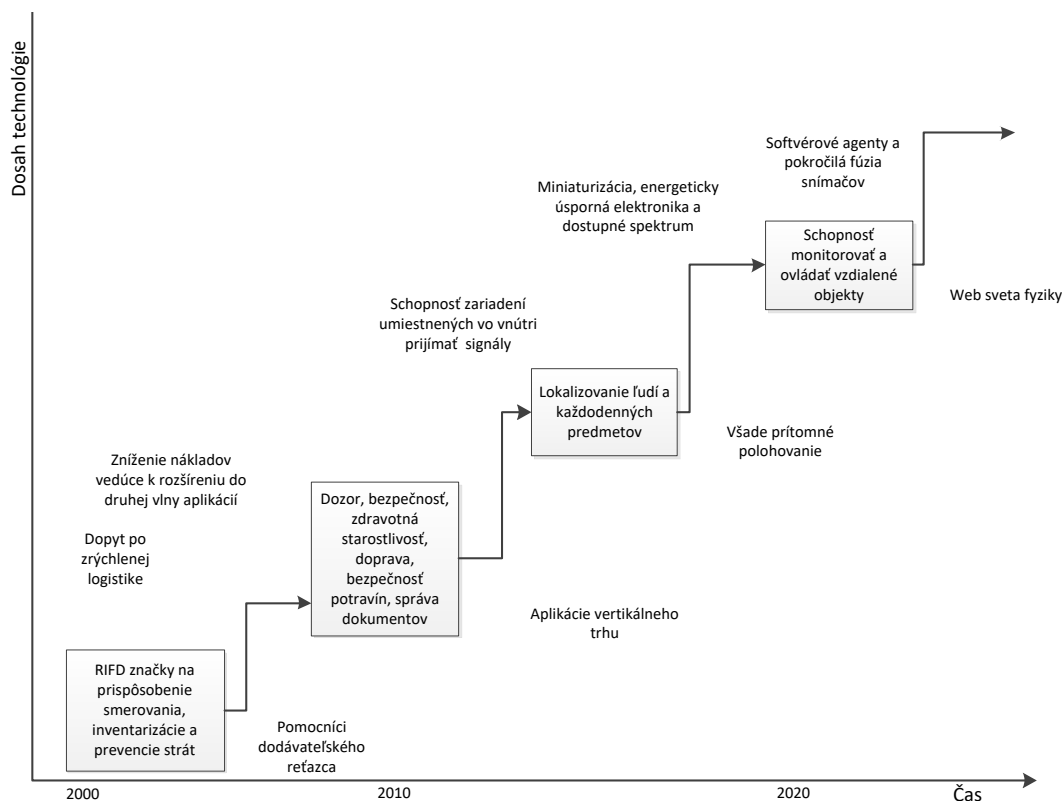
Pojem Internet of Things (IoT), takzvané internet vecí, sa v dnešnej dobe používa čoraz častejšie. Internet vecí je prepojenie viacerých vecí, zvyčajne bezdrôtovú komunikáciu pomocou internetu, alebo osobnej siete. Toto zariadenie musí okrem komunikácie s inými zariadeniami byť schopné i zbierať dáta a spracovávať ako aj ovládať dané dáta. Všeobecne povedané, ide o vzájomne prepojenú sieť snímačov, akčných členov a riadiacich systémov, ktoré majú za cieľ dosiahnuť vyššiu efektívnosť, bezpečnosť alebo komfort, keď to porovnáme so stavmi pred ich nasadením. (SOS electronic, 2017)

Internet of Things je súbor zložitejších zariadení, ale i jednoduchších zariadení, ktoré ako systém musia medzi sebou komunikovať. Pri jednoduchšej definícii to môžeme prirovnať ku systému. Systém je súbor prvkov ktoré navzájom medzi sebou komunikujú.

Medzinárodná telekomunikačná únia nazvala Internet of Things ako globálnu infraštruktúru. Táto globálna infraštruktúra využíva využitia pokročilých služieb prepojením fyzických ale aj virtuálnych vecí, všetko to vzniká na základe nových technológií v komunikačnom či informačnom odvetí. IoT bolo vytvorené hlavne pre informačné - technologické spoločnosti. Hlavnou úlohou zariadení je komunikovať

s ostatnými zariadeniami a umožniť minimálny zber dát, ich snímanie a ovládanie (SOS electronic, 2017).

Internet vecí nám teda priniesol už v dnešnej dobe inteligentné domácnosti, verejné osvetlenia. Ich najväčšie a hlavné uplatnenie je v oblastiach automobilového priemyslu, zdravotníctva a elektrotechniky. Firmu Innogy môžeme zaradiť medzi IoT. Daná firma nám poskytuje komunikáciu snímača v našej domácnosti s našim mobilom, kde nám poskytuje informácie a časové záznamy v grafoch. V danej aplikácii je vidieť výskyt koncentrácie oxidu uhličitého, kedy sme si vyvetrali, aká je teplota v miestnosti. Firma Innogy poskytuje mnoho snímačov ktoré sa navzájom prepoja a ich výstup meranie si ľahko skontroluje v mobilnej aplikácii. Mnohé zariadenia sú už i pripojené na dané zariadenia v domácnosti, čo znamená že ich môžeme z aplikácie i ovládať.



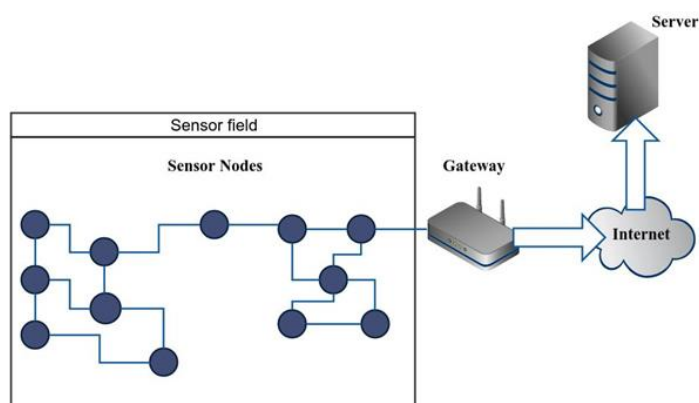
Obrázok 2-1: Informačný časový priebeh ako sa vyvíjal Internet of Things (ZDROJ: Vlastná tvorba MS VSIO 2010)

Využitie IoT pre monitorovanie oxidu uhoľnatého v našom prostredí

Využitie Internet of Things pre monitorovanie oxidu uhoľnatého v našom prostredí či okolí má veľký význam. Z dôvodu väčšej bezpečnosti pre rodiny, či rozľahlejšie prostredia. Rýchlym získaním informácií pri koncentracii plynu CO vieme rýchlo reagovať a riešiť problém i keď nie sme doma. Jednoduchšie môžeme problém nahlásiť daným zariadeniam, aby ho riešili a tak chrániť i ostatných ľudí.

IoT pracuje na princípe prepojenia medzi objektmi. Pri navrhovaní IoT sú hlavnými parametrami rozšíriteľnosť a škálovateľnosť. Popri riešení parametrov by sa mali zväžiť aj fyzikálne vlastnosti zariadení. Pre detekciu oxidu uhoľnatého v IoT sa tvorí architektúra zberu dát. Architektúra pozostáva z vrstiev. Prvou vrstvou je vrstva snímania, ktorá je zodpovedná za zber údajov týkajúcich sa emisií oxidu uhoľnatého. To sa dá dosiahnuť použitím bezdrôtových snímačových sietí, ktorá je schopná merať hladiny CO. Druhá vrstva je sieťová vrstva pre zber údajov o CO, je to rozhranie každého inteligentného objektu, aby bolo možné zdieľať informácie. Tretia vrstva je vrstva služieb, ktorá vykonáva služby ako komunikácia medzi zariadeniami, ukladanie a správa údajov oxidu uhoľnatého. Technológia cloud computingu je používaná v tejto vrstve na ukladanie a spracovanie veľkých dát. Štvrtá vrstva je vrstva rozhrania. Správa a prepojenie vecí sa zjednoduší pomocou rozhrania. Účelom sieťovej vrstvy v architektúre IoT je prepojiť každý inteligentný objekt, aby sa mohli zdieľať informácie. Pomocou tejto vrstvy je všetko neustále informované o svojom prostredí a výmene údajov od snímacej vrstvy po vrstvu služieb. Dáta oxidu uhoľnatého, ktoré sa zhromažďujú pomocou technológie bezdrôtových snímačov, sú umiestnené v pripojenom prostredí. Používajú sa tu technológie 3G, Bluetooth, ZigBee, infračervené pripojenie, Wi-Fi.

WSN (Wireless Sensor Networks) pozostáva z uzlov, snímačov ktoré spolu komunikujú cez uzly. WSN sa skladá zo snímačového uzla, klienta a prepojeného základného reťazca. Predstavuje architektúru sieťového systému WSN, pozostávajúcu zo snímačových uzlov, ktoré sa používajú ako súčasť monitorovania životného prostredia. V WSN senzorové uzly zdieľajú údaje medzi sebou a odosiela spracované informácie do Gateway, ktoré sú zasielané klientom pomocou internetu. (Paruchuri, 2020)



Obrázok 2-2: Blokový diagram *Wireless Sensor Node* (Priya, 2020)

3 Overenie demonštrácie vzoru so snímačom koncentrácie plynu CO

V tejto kapitole sa budeme venovať overeniu demonštračného vzoru postaveného na báze vývojového kitu od výrobcu Analog Devices CN0357 so snímačom koncentrácie plynu CO.

3.1 Popis použitého snímača CO

Vývojový kit CN0357 (Analog Devices, 2018) vyrába spoločnosť Analog Devices. Zariadenie slúži na napájanie a spracovanie výstupného signálu prenosného detektoru plynu s jednoduchým napájaním a využívajúcim elektrochemický snímač. Vývojový kit využíva snímač oxidu uhoľnatého Alphasense CO-AX (Alphasense LTD, 2020). Rozsah merania snímača Alphasense CO-AX je od 0-2000ppm. Jeho výhodou je nízka hladina šumu a nízka chyba spôsobená nelinearitou v celom rozsahu merania. Snímač má maximálny limit prebytočného plynu nad ppm pre stabilnú reakciu na pulz plynu je 4000 ppm. Životnosť snímača po 24 mesiacoch používania klesne na 80% pôvodného signálu. (Alphasense LTD, 2020)

Elektrochemické snímače ponúkajú niekoľko výhod pre prístroje, ktoré detegujú alebo merajú koncentráciu mnohých toxických plynov. Väčšina snímačov je špecifická pre jednotlivé plyny. Vývojový kit CN0357 je dodávaný so snímačom oxidu uhoľnatého a tieto predvolené nastavenia sú natavené v softvéri (nevyžaduje sa žiadna konfigurácia). Pri použití iného typu snímača, sa musí zmeniť citlivosť a rozsah snímača v dodávanom softvéri.

Stránka dodávateľa vývojového kitu CN0357 spoločnosti MOUSER (Mouser, 2013) ponúka v súčasnosti náhrady použitých CO snímačov a aj iné typy vývojových kitov pre snímače CO (a ďalšie plyny). Na príklad ide o vývojové dosky a súpravy s procesormi ARM Cortex-M3 Development Platform alebo vývojové nástroje pre viacúčelové snímače toxického plynu PMOD EVAL-CN0357-PMDZ (MOUSER ELECTRONICS, 2017).

Jednotka koncentrácie pre detekciu a meranie CO plynu je ppm (Parts Per Million) a ide o pomer dielov či častíc (napr. molekúl CO) na jeden milión iných častíc (napr. molekúl vzduchu). Skrátene sa používa tiež ppm, čo je výraz pre jednu milióntinu (celku). Na výpočet sa dajú použiť dostupné online kalkulačky (Vypočítej to, 2013), v ktorých sa dajú rýchlo a ľahko jednotky ppm previesť na percentá.

Základné prevody ppm z percent:

- $100\% = 1\,000\,000\text{ ppm}$
- $1\% = 10\,000\text{ ppm}$

Úrovně koncentrácie oxidu uhoľnatého sa pohybujú od nízkej po nebezpečnú:

- Nízka úroveň – 50 ppm a menej
- Stredná úroveň – 51 až 100 ppm
- Vysoká úroveň, nebezpečná – vyššia ako 101 ppm

40 ppm	10 hodín
50 ppm	8 hodín
70 ppm	1 – 4 hodiny
150 ppm	10 – 50 minút
400 ppm	4 – 15 minút

Tabuľka 3-1: Čas zopnutia alarmu pri koncentrácií CO plynu (Kidde Fire safety, 2019)

V tabuľke 3-1 je znázornené pri akej ustálenej koncentrácií oxidu uhoľnatého a za aký čas sa spustí alarm v domácnosti. Prvé príznaky začínajú až od 200 ppm, kedy začína bolesť hlavy a otrava po 2 až 3 hodinách. Snímače sú na kalibrované na hodnotu ktorá pre náš život nie je až tak moc nebezpečná a môžu sa spraviť opatrenia aby sa predišlo k väčšiemu množstvu jedovateho plynu. Revízny technik komínov pán Daniel Hlaváčik (Danty s.r.o), taktiež i súdny znalec, poskytol informáciu o reálnych hodnotách. Bezpečná hranica sa nachádza do hodnoty 100 ppm, ale ak sa hodnota koncentrácie CO dostane nad 500 ppm hrozí už nebezpečenstvo ohrozenia života.

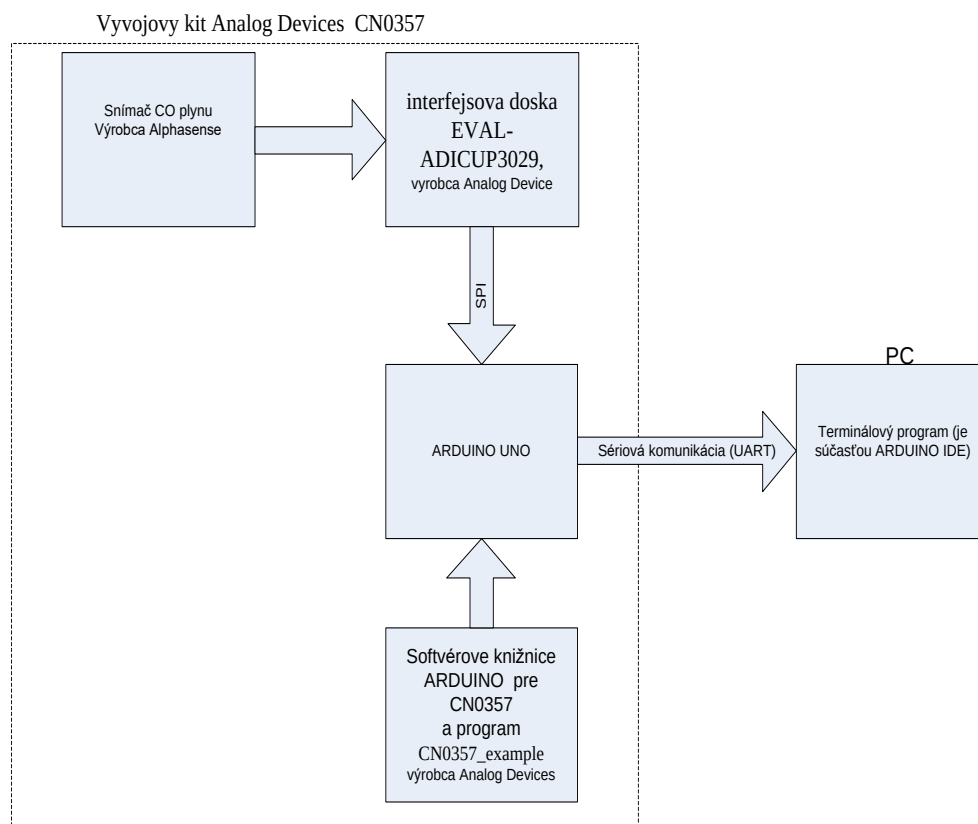
3.2 Popis vývojového kitu Analog Devices CN0357

Elektronika vývojového kitu CN0357 sa dodáva ako prídavná doska (shield), pre platformu Arduino (tzv. Arduino form faktor). Analog Devices dodáva aj softvér v podobe softvérových knižníc pre Arduino, v tomto prípade sú to knižnice AD5270, AD7790, ktoré sú voľne dostupné (Github, 2020). Pri demonštrácii bol použitý vývojový kit CN0357 so snímačom Alphasense CO-AX a s programovateľnou doskou Arduino UNO. Pre vyhotovenie meraní bol použitý návod na zapojenie vývojového kitu od spoločnosti AnalogDevices (AnalogDevices, 2020). Na spomenutej stránke sa dajú nájsť aj náhrady za vývojový kit CN0357 a jeho využitie s inými snímačmi plynov. Snahou demonštrácie CO snímača bolo viackrát overiť funkčnosť snímača CO, overenie či sa namerané koncentrácie CO odlišujú alebo sú približne rovnaké a či sa chyba koncentrácie plynu CO mení.

Popise zapojenia hardvérových častí je nasledovný, interfejsová doska EVAL-CN0357-ARDZ s osadením snímačom CO sa pripojí k vývojovej doske Arduino UNO (viď. Bloková schéma viď. Obrázok 3-1). V poslednom kroku sa pripája USB kábel do portu USB na Arduino UNO a druhý koniec do počítača alebo notebooku.

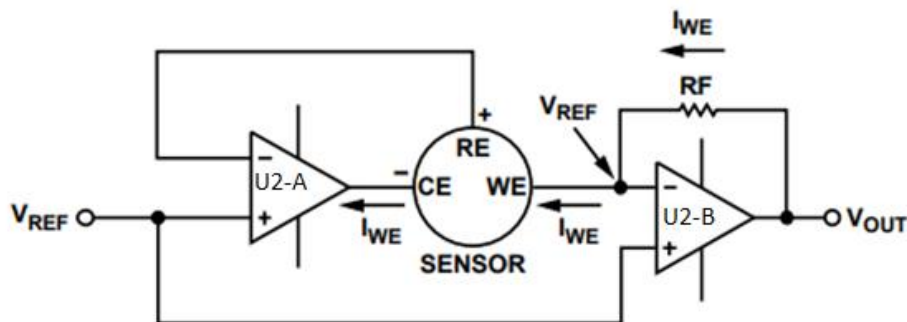
Softvérová časť demonštračného vývojového kitu CN0357 je vytvorená na platforme ARDUINO a je už vopred nakonfigurovaná pre daný snímač oxidu uhoľnatého ktorý sa dodáva s kitom CN0357. To znamená, že sa už nevyžadujú žiadne softvérové konfigurácie. V súbore `CN0357_example.ino` sa môže konfigurovať rozsah snímača daný premenou `ui16sensorRange` v zdrojovom kóde (`uint16_t ui16sensorRange = 2000;`) a citlivosť použitého elektrochemického snímača v zdrojovom kóde danou premennou `uint16sensitivity` (`uint16_t ui16sensitivity = 65;`), kde sú tieto hodnoty už vopred nakonfigurované. Ak sa rozhodnete použiť iný typ snímača, bude sa musieť zmeniť citlivosť a rozsah snímača v softvéri. (Analog Devices, 2017).

3.2.1 Bloková schéma



Obrázok 3-1: Bloková schéma vývojového kitu CN0357 (ZDROJ: Vlastné spracovanie v programe MS VISIO 2010)

3.2.2 Zjednodušený popis interfejsovej dosky snímača CO



Obrázok 3-2: Zjednodušený obvod elektrochemického snímača (AnalogDevices, 2009)

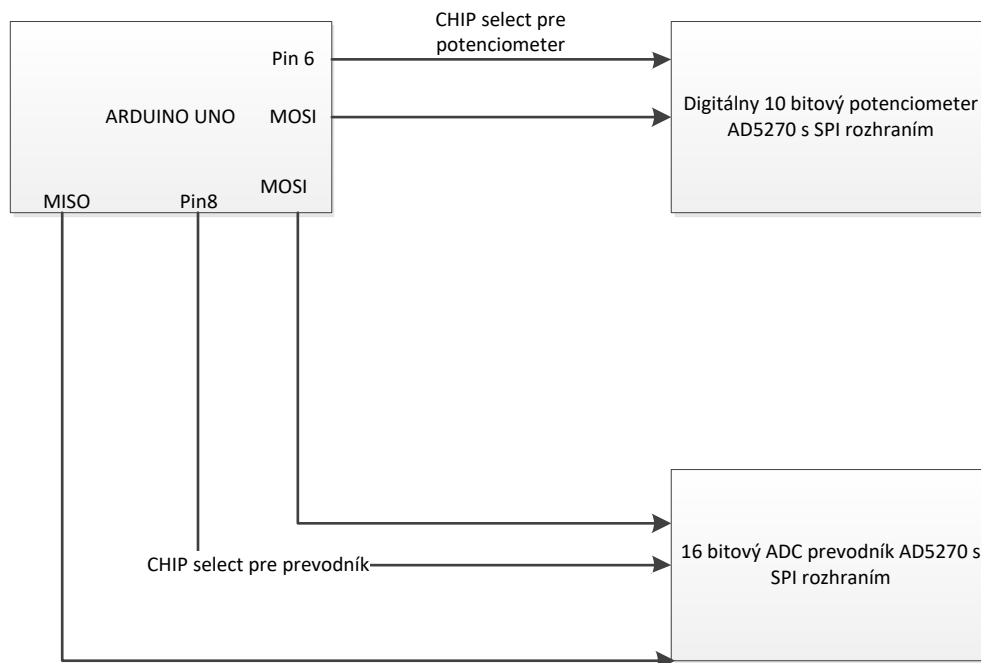
Obrázok 3-2 zobrazuje zjednodušenú schému elektrochemického spracovania obvodu meraného snímača. Elektrochemické snímače umožňujú difúzie plynu do snímača cez membránu a interakciu s pracovnou elektródou (WE). Referenčná elektróda (RE) poskytuje spätnú väzbu zosilňovaču U2-A, čo udržiava stály potenciál s pracovnou elektródou WE do zmeny napätia na protielektróde (CE). Smer prúdu v termináli WE závisí od toho, či reakcia, ktorá sa vyskytuje v snímači, je oxidácia alebo redukcia. V prípade snímača oxidu uhoľnatého dochádza ku oxidácií. Preto prúd tečie do pracovnej elektródy ktorá vyžaduje aby protielektróda bola pod záporným napätím (zvyčajne 300 mV až 400 mV) vzhľadom na pracovnú elektródu. Operačný zosilňovač ovládajúci terminál CE by mal mať výstupné napätie rozsah približne ± 1 V vzhľadom na V_{REF} . Prúd do WE terminálu je menší ako 100 nA na ppm koncentrácie plynu. Preto premena tohto prúdu na výstupné napätie vyžaduje impedančný zosilňovač s veľmi nízkym vstupným prepäťovým prúdom. Zosilňovač ADA4528-2 má vstupy CMOS s maximálnym vstupným prepäťovým prúdom 220 pA pri izbovej teplote, vďaka čomu je veľmi vhodný pre túto aplikáciu. ADR3412 stanovuje pseudo referenčný základ pre obvod, ktorý umožňuje jednosmernú prevádzku pri spotrebovaní veľmi malý kľudový prúd (maximum 100 μ A). Zosilňovač U2-A zachytáva dostatočný prúd z terminálu CE ktorý udržiava potenciál 0 V medzi terminálom WE a RE na snímači. Terminál RE je pripojený k invertujúcemu vstupu zosilňovača U2-A, preto neprúdi žiadny tok dovnútra alebo z neho. To znamená, že prúd pochádza z terminálu WE a lineárne sa mení s koncentráciou plynu. Impedančný zosilňovač U2-B prevádza prúd snímača na napätie úmerné koncentrácií plynu.

3.2.3 Popis analógového zapojenia interfejsovej dosky EVAL-ADICUP3029

Elektronická príloha A: Bloková schéma zapojenia CN0357 ARDUINO SHIELD (Strana 2)

Popis analógovej interfejsovej dosky EVAL-ADICUP3029. Malé prúdy prechádzajúce snímačom sa prevádzajú na napätie, ktoré môže prečítať ADC prevodník. 16-bitová hodnota ADC sa prijíma cez rozhranie SPI dosky EVAL-ADICUP3029, kde sa počíta koncentrácia plynu. Zdrojový kód CN0357_example konfiguruje potrebné komponenty, spracováva výstupnú hodnotu ADC a vykonáva všetky potrebné konverzie, aby zabezpečil koncentráciu plynu. Na odosielanie výsledkov do okna terminálu sa používa rozhranie UART (prenosová rýchlosť 9600 a dátová dĺžka 8 bitov). Koncentrácia CO v častiach na milión (ppm), je výstup poskytnutý v terminálovom okne. Citlivosť snímača (ui16sensitivity) a rozsah snímača (ui16sensorRange), patria medzi požadované parametre snímača. Parametre sú požadované kvôli tomu, že na vývojový kit sa dá pripojiť viac rozličných typov snímačov a každý typ snímača má svoje nastavenie daných parametrov, pre ich správne detegovanie. Používa ADA4528-2, duálny automatický zosilňovač, ktorý má maximálne kompenzované napätie $2,5 \mu\text{V}$ pri izbovej teplote, ktorý vedie $5,6 \mu\text{V} / \sqrt{\text{Hz}}$ z hustoty šumového napätia. Okrem toho je programovateľný program AD5270-20 reostat ktorý sa používa skôr ako pevný tranzistorový odpor, umožňuje rýchle rozpoznávanie rôznych systémov plynových snímačov. Referencia presnosti ADR3412, nízka hlučnosť, mikropower stanovuje referenčnú hodnotu uzemnenia 1,2 V. V spoločnom režime napätie s presnosťou 0,1% a odchýlkou 8 ppm / ° C. Pre aplikácie, kde sa merajú trakcie plynu ppm je dôležitá koncentrácia pomocou ADA4528-2 a vďaka ADR3412 je výkon obvodu vhodný na prepojenie so 16-bitovým ADC prevodníkom.

3.2.4 Popis zapojenia digitálnej časti interfejsovej dosky EVAL-ADICUP3029



Obrázok 3-3: Bloková schéma zapojenia digitálnej časti interfejsovej dosky EVAL-ADICUP3029 (ZDROJ: Vlastná tvorba MS VISIO 2010)

Arduino UNO je doska ktorá pracuje s mikročipom ATmega328P od výrobcu Atmel (Atmel, 2018), má 14 digitálnych vstupných/výstupných pinov a 6 analógových vstupov. Arduino UNO je vybavené aj resetovacím tlačidlom. Pripojenie k počítaču pomocou USB kábla.

AD5270 je 10 bitový digitálny potenciometer, má programovateľné napájanie a slúži na kalibráciu snímačov (Analog Devices, 2014).

AD7790 je 16 bitový prevodník. Využitie prevodníka AD7790 je v prenosových prístrojoch, v meracích snímačoch a na meranie teploty. Napájanie prevodníka je 2,5V až 5,2V. Pri normálnej prevádzke vydrží prúd 75 μ A (Analog Devices, 2014).

3.2.5 Programové vybavenie vývojového kitu CN0357

Vývojový kit CN0357 je vybavený naprogramovanou softvérovou doskou pre daný elektrochemický snímač Alphasense CO-AX. Na začiatku projektu softvér vypočíta potrebné parametre a nakonfiguruje digitálny potenciometer (AD5270).

Hlavnými nakonfigurovanými premenami sú rozsah snímača `ui16sensorRange` v zdrojovom kóde (`uint16_t ui16sensorRange = 2000;`) a citlivosť elektrochemického snímača `uint16sensitivity` (`uint16_t ui16sensitivity = 65;`), tieto parametre s konštantami sa nachádzajú v záhlaví súboru `adi_cn0357.h` projektu. Ak by sa použil iný typ snímača museli by sa naprogramované hodnoty zmeniť. Program, ktorý obsahuje funkciu `main` `cn0357_example.ino` konfiguruje potrebné premenné, spracováva výstupnú hodnotu ADC prevodníka a vykonáva všetky potrebné konverzie, aby zabezpečila koncentráciu plynu. Pre odosielanie výsledkov do okna terminálu sa používa rozhranie UART (s dátovou dĺžkou 8 bitov) (Analog Devices, 2017).

Číslo riadku	Názov súboru	Typ súboru	Popis súboru	Číslo prílohy	Výrobca a URL adresa
1.	CN0357_examples.ino	Funkcia main	Hlavný program	Elektronická príloha A: Zdrojový kód hlavného programu CN0357 examples pre ARDUINO Príloha A	Analog Devices https://www.analog.com/media/en/referencedesigns/CN0357.pdf
2.	AD5270.h	Arduino knižnica	Hlavičkový súbor knižnice pre prácu s 10 bitovým digitálnym s rozhraním SPI	Elektronická príloha B: Zdrojový kód pre knižnicu AD5270.h od výrobcu Analog Devices pre ARDUINO Príloha B	Analog Devices https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD5270_5271.pdf

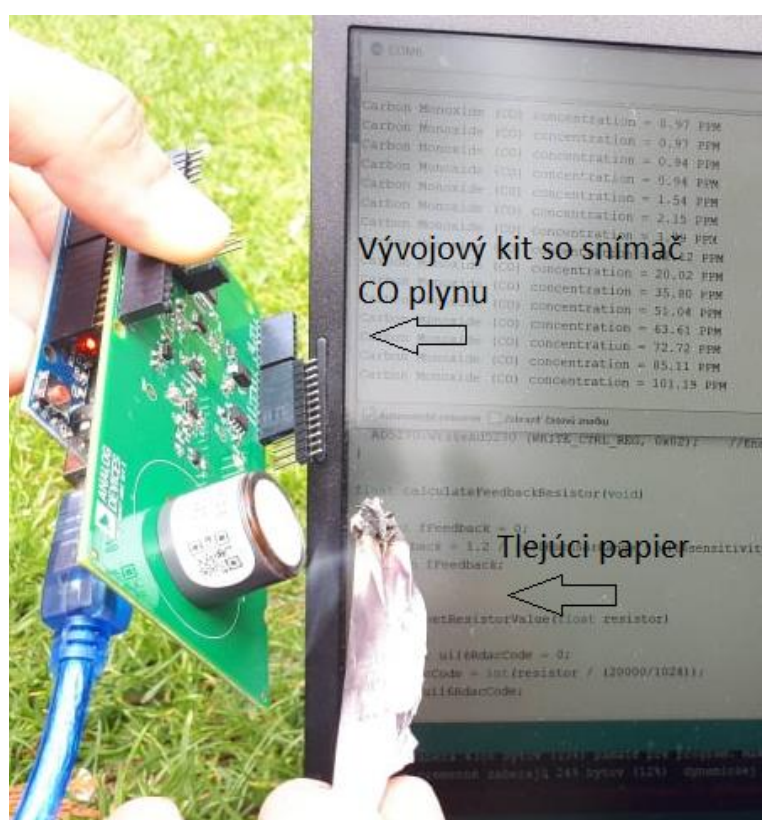
3.	AD7790.h	Arduino knižnica	Hlavičkový súbor knižnice pre prácu s ADC prevodníkom s rozhraním SPI a 16 bitmi	Elektronická príloha C: Zdrojový kód pre knižnicu AD7790.h od výrobcu Analog Devices pre ARDUINO Príloha C	Analog Devices https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7790.pdf
4.	SPI.h	Arduino knižnica	Hlavičkový súbor pre komunikáciu medzi riadiacim mikroprocesorom a ostatnými integrovanými obvodmi	Arduino https://www.arduino.cc/en/reference/SPI	
5.	Arduino.h	Arduino knižnica	Hlavičkový súbor pre Arduino	Arduino https://github.com/esp8266/Arduino/blob/master/cores/esp8266/Arduino.h	

Tabuľka 3-2: Prehľadová tabuľka softvéru (ZDROJ: Vlastná tvorba)

3.3 Overenie demonštračného vzoru

Overenie demonštrácie vzoru bolo ďalším cieľom. Bolo treba od demonštrovať vývojový kit CN0357 na ktorý bol pripojený elektrochemickým snímač Alphasense CO-AX. Ide o najpoužívanejší snímač v dnešnej dobe pre meranie detekcie koncentrácie CO plynu. Pracuje na chemickej reakcii ktorá sa vyhodnotí pomocou elektród na ktorých dochádza k oxidácii a k redukčnej reakcii, kde sa potom mení potenciál článku z ktorého sa elektrochemický snímač skladá. Od pána školiteľa som dostal snímač Alphasense CO-AX a vývojový kit CN0357 z cieľom aby som ho oživil a zistil či pracuje. S vývojovým kitom som sa teda oboznámil z webovej stránky AnalogDevices (AnalogDevices, 2020), ktorá tento vývojový kit CN0357 aj vyrába. Z informácií som zistil že vývojový kit CN0357 pracuje s platformou ARDUINO UNO. Prvým pokusom mala byť demonštrácie na zistenie koncentrácie z výfuku auta a porovnať to so zariadením v škole ktoré používame na dielni a meria emisie vo

vozidlách. Tento pokus sa mi však nepodaril, kvôli vzniknutej pandémie ktorú zapríčinil vírus COVID 19. Tak som zmenil pokus na meranie koncentrácie oxidu uhoľnatého pri horení papiera, kde vzniká tak tiež jedovatý plyn CO ktorý sa nachádza v dyme. Pokus bol úspešný. Pri meraní som zistil že ak dym ktorý CO snímač zaznamená sa oddiaľi, tak snímaču trvá dlhší čas do kým sa opäť vynuluje. Nedalo mi keď som to už mal hotové a motorku vonku aby som neodmeral či to pôjde aj z výfukových plynov. Tak sa mi meranie potvrdilo a oplátilo, pretože mi vyhadzovali hodnoty koncentrácie CO plynu. Postupom času musím otestovať či dáva približne také hodnoty ako zariadenia na meranie emisií v automobiloch.



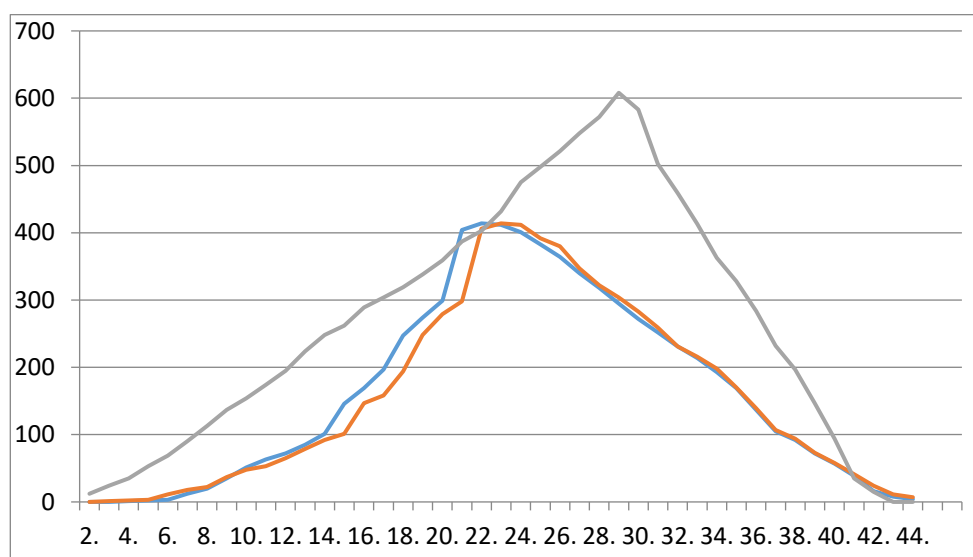
Obrázok 3-4: Demonštrácia detekcie CO pri dyme z horiaceho papierika (ZDROJ: Vlastný experiment)

Č. merania	1. demonštrácia(ppm)	2.demonštrácie(ppm)	3demonštrácia
1.	0	0	0
2.	0	0	12
3.	0	1	24

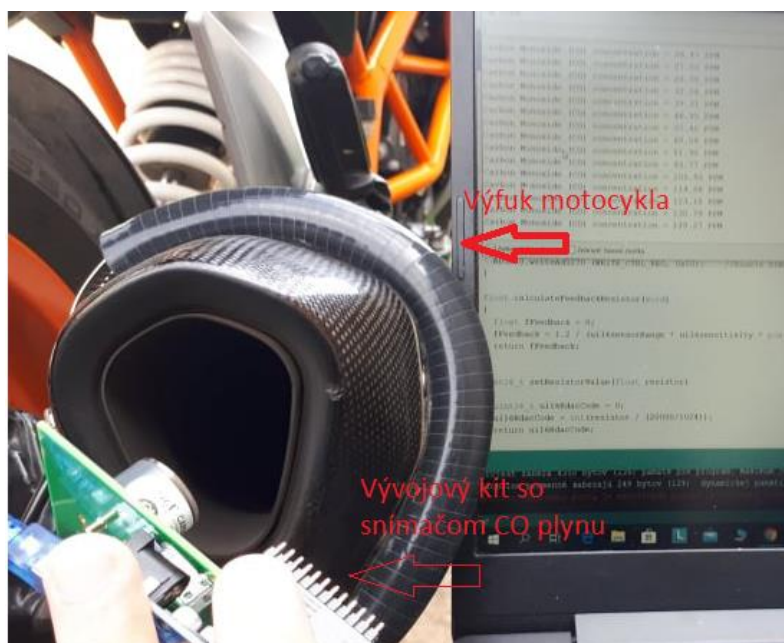
Bakalárska práca

4.	1	2	35
5.	2	3	53
6.	3	11	69
7.	12	18	90
8.	20	22	113
9.	35	37	137
10.	51	48	154
11.	63	53	174
12.	72	65	195
13.	85	79	224
14.	101	92	248
15.	146	101	262
16.	169	147	289
17.	197	158	304
18.	247	194	319
19.	274	248	338
20.	299	279	359
21.	404	298	387
22.	414	406	403
23.	412	414	432
24.	401	412	475
25.	383	392	498
26.	364	380	521
27.	340	347	548
28.	318	322	572
29.	295	304	608
30.	272	283	583
31.	252	259	502
32.	231	231	459
33.	214	216	413
34.	193	198	363
35.	169	170	328
36.	137	139	284
37.	105	107	232
38.	92	94	197
39.	72	73	147
40.	57	58	94
41.	39	41	35
42.	16	24	15
43.	8	11	0
44.	4	7	0

Tabuľka 3-3: Hodnoty koncentrácie CO plynu pri dyme z papierika, overenie demonštrácie a 2. demonštrácia (meranie výfukových plynov z motocykla)(ZDROJ: Vlastná tvorba MS EXCEL)



Obrázok 3-5: Grafické vyhotovenie z Tabuľka 3-3 pre 3 demonštračné merania(ZDROJ: Vlastná tvorba v MS EXCEL)



Obrázok 3-6: Demonštrácia pri meraní CO plynu z výfuku motocykla (ZDROJ: Vlastný experiment)

Záver

Čiastkový cieľ, vymedzenie pojmov v predmetovej problematike, je splnený v prvej kapitole. Zaoberali sme sa oxidom uhoľnatým, jeho vlastnosťami, čo spôsobuje a ako sa pred jeho výskytom ubrániť. Opísaný je postupný vývoj snímačov. Elektrochemický snímač je predmetom bakalárskej práce, preto mu je venovaná väčšia pozornosť a bližšie informácie, jeho konštrukcia a princíp činnosti, keďže je to najpoužívanejší snímač na meranie koncentrácie oxidu uhoľnatého.

Čiastkový cieľ, rešerš dostupných hotových výrobkov a komponentov pre stavbu zariadení pre detekciu a meranie koncentrácie toxických plynov, je splnený v druhej kapitole. Kde všade sa môže vyskytovať a aké má široké využitie.

Hlavným cieľom je tretia kapitola, v ktorej je overenie demonštračného vzoru na báze vývojového kitu výrobcu Analog Devices CN0357, so snímačom koncentrácie plynu CO Alphasense CO-AX a s programovateľnou doskou Arduino UNO. Po skúsenostiach, ktoré sú nadobudnuté, by bolo možné pre portovať softvér z platformy Arduino, napríklad na platformu Texas Instruments MSP430 za cca 200 hodín práce. Domnievam sa že som hlavný cieľ práce a aj čiastkové ciele práce splnil.

Elektronické prílohy k tejto záverečnej práce sú na priloženom DVD a nachádzajú sa aj na linku na Google Drive:

<https://drive.google.com/file/d/1pJqDbzIF1qSf7p0xeBDCybmkmSYZWIGw/view?usp=sharing>

4 Bibliografia

Alphasense LTD. 2020. Carbon Monoxide. *alphasense.com*. [Online] 1. 5 2020.
<http://www.alphasense.com/WEB1213/wp-content/uploads/2017/01/COAX.pdf>.

Analog Devices. 2017. Analog Devices Wiki. [Online] 2017.
https://wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/arduino-uno/reference_designs/demo_cn0357.

—. **2014.** Data Sheet AD5270/AD5271. [Online] 23. 4 2014.
https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD5270_5271.pdf.

—. **2014.** Data Sheet AD7790. [Online] 13. 7 2014.
<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7790.pdf>.

—. **2018.** EVAL-CN0357-ARDZ. [Online] 25. 4 2018.
<https://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/eval-cn0357-ardz.html#eb-overview>.

AnalogDevice. 2018. Toxic Gas Detector using the Arduino UNO. [Online] 19. 8 2018.
https://wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/arduino-uno/reference_designs/demo_cn0357.

AnalogDevices. 2020. Analog Devices. [Online] 21. 4 2020.
<https://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/eval-cn0357-ardz.html#eb-overview>.

—. **2009.** Circuit Note CN0357. [Online] 2009. [Dátum: 27. 6 2018.]
<https://www.analog.com/media/en/reference-design-documentation/reference-designs/CN0357.pdf>.

Atmel. 2018. ATmega328P DataSheet. [Online] 21. 4 2018.
http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf.

Danty s.r.o. Danty s.r.o. Daniel Hlaváčik - kominár, revízny technik komínov, súdny znaleec. [Online] <https://danty-sro-daniel-hlavacik-kominar-revizny.business.site/>.

ESPACENET. 2019. Gas Detecting device. 26. August 2019.

Fabianová, Bc. Katarína. 2020. Monoklimatická inkubační komora. *Diplomová práca.* 23. 2 2020.

Github. 2020. analogdevicesinc / arduino. [Online] 24. 3 2020. [Dátum: 16. 1 2018.]
https://github.com/analogdevicesinc/arduino/tree/master/Arduino%20Uno%20R3/examples/CN0357_example.

Chromservis SK, s.r.o. 2019. www.chromservis.eu. [Online] 19. 11 2019.
<https://www.chromservis.eu/i/contact-info?lang=SK>.

JANÁSEK, D., POTOČEK, T. a SVETLÍK, J. 2004. *Nebezpečné látky.* Žilina : Vydavateľstvo EDIS, Žilinská univerzita v Žiline, 2004. ISBN 80-8070-243-8.

Janco, Marcel. 2020. Autorubik. [Online] 25. 2 2020.
www.autorubik.sk/clanky/ako-funguje-a-na-co-sluzi-lambda-sonda/.

Janovič. 2010. Detekcia a analýza nebezpečnej koncentrácie plynov a pár. 2010.

Kidde Fire safety. 2019. What are the Carbon Monoxide levels that will sound the alarm? [Online] 4. 10 2019. https://www.kidde.com/home-safety/en/us/support/help-center/browse-articles/articles/what_are_the_carbon_monoxide_levels_that_will_sound_the_alarm_.html.

KURUCZ, J. 2017. *Priemyselné toxické látky.* Banská Bystrica : Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2017. ISBN 978-80-557-1263-5.

—. 2016. *Teoretické základy analýzy otravných a priemyselných škodlivých látok.* s.l. : Banská Bystrica : Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2016. ISBN 978-80-557-1114-0 .

Meracie prístroje. 2020. meraciepristroje.sk. [Online] 23. 1 2020.
<http://www.meraciepristroje.sk/detektory-a-analyzatory-plynov>.

MERATEX. 2016. Detekčné systémy Seitron. 2016.

Mouser. 2013. Analog devices. [Online] 19. 9 2013.
https://www.mouser.com/pdfdocs/ADI_CN0357.pdf.

MOUSER ELECTRONICS. 2017. eval CN0357 Analog Devices . [Online]
29. 7 2017. <https://www.mouser.sk/Search/Refine?Keyword=eval+CN0357>.

Paruchuri, Lakshmi. 2020. Science Publishing Corporation. [Online] 27. 3
2020. [Dátum: 2. 7 2018.]

PIETRO autodíly. 2020. PIETRO autodíly. *pietro-eshop.cz*. [Online] 13. 1
2020. https://www.pietro-eshop.cz/clanky-navody/_zobraz=vite--k-cemu-slouzi-lambda-sonda-a-jak-poznate-jeji-poskozeni.

Preben Howarth, Danish Fundamental. 2014. *Metrológia v skratke*. s.l. :
Slovenská legálna metrológia, 2014.

Priya. 2020. ENGINEERES GARAGE. *Wireless Sensor Networks(WSN):IoT*
Part 34. [Online] 27. 3 2020. [Dátum: 24. 10 2018.]
<https://www.engineersgarage.com/tutorials/wireless-sensor-networks-wsn-iot-part-34/>.

SITA. 2019. Tragická nehoda v košických železniarňach si pred 24 rokmi
vyžiadala 11 obetí. *Košice Korzár SME* . 27. 10 2019.

SOS electronic. 2017. SOSelectronic distribúcia elektrických súčiastok.
[Online] 2017. <https://www.sos.sk/articles/sos-supplier-of-solution/internet-of-things-1-cast-vsetci-hovoria-o-iot-ale-co-to-vlastne-je-2034>.

THE ATLANTIC. 2018. The World is Worst industrial Disaster is Unfolding.
10.. Júl 2018.

Vafek, Ing.Zdeněk. 2020. tzbinfo. [Online] Časopis Vytápění, 15. 3 2020.
[Dátum: 14. 3 2016.] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitni-prostredi/13910-moznosti-mereni-oxidu-uhliciteho-merici-pristroje-a-cidla>.

Vypočítej to. 2013. Prevody části z celku. [Online] 30. 9 2013.
<https://www.vypocitejto.cz/prevody-jednotek/procenta-promile-ppm.html>.

Zakuťanský, Andre. 2018. *Realizace detektoru CO koncentrace v místnosti a eliminace alarmových stavů*. Ostrava, 2018.

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Vyhlasujem, že danú bakalársku prácu: „Metódy detekcie prítomnosti a meranie koncentrácie CO plynu pomocou elektrochemického snímača” som vypracoval samostatne pod odborným vedením školiteľa bakalárskej práce doc. RNDr. Juraja Pančíka CSc. a používal len zdroje uvedené v bibliografií a z informácií získaných v priebehu štúdia.

Súhlasím so zapožičiavaním bakalárskej práce.

V Žiline, dňa: 12.5.2020

podpis

Zoznam tlačенých príloh:

Príloha A: Zdrojový kód hlavného programu CN0357_examples.ino pre ARDUINO i

Príloha B : Zdrojový kód pre knižnicu AD5270.h od výrobcu Analog Devices pre ARDUINO iv

Príloha C: Zdrojový kód pre knižnicu AD7790.h od výrobcu Analog Devices pre ARDUINO v

Zoznam elektronických príloh:

Elektronická príloha D: Bloková schéma zapojenia CN0357 ARDUINO SHIELD (Strana 2) 29

Elektronická príloha A: Zdrojový kód hlavného programu CN0357_examples.ino pre ARDUINO 31

Elektronická príloha B: Zdrojový kód pre knižnicu AD5270.h od výrobcu Analog Devices pre ARDUINO 31

Elektronická príloha C: Zdrojový kód pre knižnicu AD7790.h od výrobcu Analog Devices pre ARDUINO 32

Príloha A: Zdrojový kód hlavného programu CN0357_examples.ino pre ARDUINO

```

/*
   CN0357_example.ino - Example code for CN0357 - Toxic Gas Detector
   Created by Analog Devices Inc. - Circuits from the Lab, December 2014.
*/

#include <Arduino.h>

#include <SPI.h>

#include "AD5270.h"

#include "AD7790.h"

// AD5270 Pin Assignments

#define AD5270_SS      6  // value of the CS pin assignment

// AD7790 Pin Assignments

#define AD7790_SS      8  // value of the CS pin assignment

// Gas Sensor Variables

uint16_t uil6sensorRange = 2000;           //value is in units (PPM)

uint16_t uil6sensitivity = 65;             //value is in units (nA/ppm)

// AD5270 variables

float fResistorValue = 0;

uint16_t uil6RdacWord = 0;

// AD7790 variables

uint16_t uil6Adcdata = 0;

// Main variables

float fAdcVoltage = 0;

float fConcentration = 0;

void setup() {

    // open digital communication protocols

    Serial.begin(9600);

    SPI.begin();

    // initialize pins

    pinMode(AD5270_SS,OUTPUT);              //set CS pin for sensor

    digitalWrite(AD5270_SS,HIGH);           //brings chip select high

    pinMode(AD7790_SS,OUTPUT);              //set CS pin for LCD

    digitalWrite(AD7790_SS,HIGH);           //brings chip select high

```

```

// initialize AD5270
AD5270.AD5270_SPI_Configuration();

Ad5270INIT();

// set digipot value

fResistorValue = calculateFeedbackResistor();

ui16RdacWord = setResistorValue(fResistorValue);

AD5270.writeAd5270 (WRITE_RDAC, ui16RdacWord);

AD5270.writeAd5270 (HI_Z_PREP, 0x8001); // Putting Rheostat into high Z
mode on SDO line

AD5270.writeAd5270 (HI_Z, 0x0000);

Serial.print("Calculated Digitpot Value = ");

Serial.println(fResistorValue);

Serial.print("Actual Digitpot Value = ");

Serial.println(ui16RdacWord);

// initialize AD7790
AD7790.AD7790_SPI_Configuration();

Ad7790INIT(); }

void loop() {

do {

    ui16Adcdata = AD7790.readAd7790(STATUS_READ);

    Serial.print("ADC Status Reg value = ");

    Serial.println(ui16Adcdata);

}while (ui16Adcdata & 0x80);

ui16Adcdata = AD7790.readAd7790(DATA_READ);

fAdcVoltage = ((ui16Adcdata / pow(2,15))-1)*1.2; // Formula for
input voltage using bipolar configuration

fConcentration = (abs(fAdcVoltage)/ (ui16RdacWord*(20000/1024))) /
(ui16sensitivity*pow(10,-9));

Serial.print("ADC Data Reg value = ");

Serial.println(ui16Adcdata);

Serial.print("Sensor Voltage value = ");

Serial.println(fAdcVoltage);

Serial.print("Carbon Monoxide (CO) concentration = ");

Serial.print(fConcentration,2); //display gas concentration

Serial.println(" PPM");

delay (1000);

```

```

void Ad7790INIT(void) {

    AD7790.writeAd7790 (RESET, 0xFF);           //Resets the part for
initial use

    delay(1000);

    AD7790.writeAd7790 (MODE_WRITE, 0x00);       //Mode register value
(single conversion, +/- Vref input, unbuffered mode)

    AD7790.writeAd7790 (FILTER_WRITE, 0x07);     // Filter register
value (clock not divided down, 9.5 Hz update rate)

    void Ad5270INIT(void) {

        AD5270.writeAd5270 (WRITE_CTRL_REG, 0x02); //Enable RDAC writes

        float calculateFeedbackResistor(void) {

            float fFeedback = 0;

            fFeedback = 1.2 / (ui16sensorRange * ui16sensitivity * pow(10,-9));
//1.2 is the Vref of the circuit

            return fFeedback;

        }

        uint16_t setResistorValue(float resistor) {

            uint16_t ui16RdacCode = 0;

            ui16RdacCode = int(resistor / (20000/1024));

            return ui16RdacCode;

        }

```

Príloha B : Zdrojový kód pre knižnicu AD5270.h od výrobcu Analog Devices
pre ARDUINO

```

#ifndef AD5270_h

#define AD5270_h

#include <Arduino.h>

/***** Definitions *****/

//Commands

#define WRITE_RDAC      0x1      // Write to the RDAC Register
#define READ_RDAC       0x2      // Read from the RDAC Register
#define STORE_50TP      0x3      // Write to the RDAC to memory
#define SW_RST          0x4      // Software reset to last memory location
#define READ_50TP_CONTENTS  0x5      // Read the last memory contents
#define READ_50TP_ADDRESS  0x6      // Read the last memory address
#define WRITE_CTRL_REG   0x7      // Write to the control Register
#define READ_CTRL_REG    0x8      // Read from the control Register
#define SW_SHUTDOWN      0x9      // Software shutdown (0) - Normal, (1) -
Shutdown

#define HI_Z_PREP       0xF0      // Get the SDO line ready for High Z
#define HI_Z             0x0F      // Puts AD5270 into High Z mode

//Pins

#define AD5270_SS        6        // AD5270 SPI chip select

class AD5270class {

public:

    void writeAd5270 (uint8_t ui8command, uint16_t ui16value);

    uint16_t readAd5270 (uint8_t ui8address);

    void AD5270_SPI_Configuration(void);

private:

};

extern AD5270class AD5270;

#endif

```


Príloha C: Zdrojový kód pre knižnicu AD7790.h od výrobcu Analog Devices
pre ARDUINO

```

#ifndef _ad7790_H_

#define _ad7790_H_

/***** Include Files *****/

#include "xil_types.h"

#include "xparameters.h"

/***** Macros and Constants Definitions *****/

#define AD7790_SLAVE_ID      1

/***** AD7790 *****/

/* AD7790 Registers */

#define AD7790_REG_COMM      0 // Communications Register (WO, 8-bit)
#define AD7790_REG_STAT      0 // Status Register (RO, 8-bit)
#define AD7790_REG_MODE      1 // Mode Register (RW, 8-bit)
#define AD7790_REG_FILTER     2 // Mode Register (RW, 8-bit)
#define AD7790_REG_DATA      3 // Data Register (RO, 16-bit)

/* AD7790_REG_COMM Bits */

#define AD7790_COMM_WEN      (1 << 7) // Write Enable - active low
#define AD7790_COMM_ADDR(x) ((x) & 0x3) << 4 // Register Address
#define AD7790_COMM_WRITE    (0 << 3) // Write Operation
#define AD7790_COMM_READ     (1 << 3) // Read Operation
#define AD7790_COMM_CREAD     (1 << 2) // Continuous Read of Data
Register
#define AD7790_COMM_CH(x)    ((x) & 0x3) // Channel Selection

/* AD7790_REG_STAT Bits */

#define AD7790_STAT_RDY      (1 << 7) // Ready bit for ADC
#define AD7790_STAT_ERR      (1 << 6) // ADC Error Bit
#define AD7790_STAT_WL       (0 << 2) // 0 if the device is AD7790
#define AD7790_STAT_CH1      (1 << 1) // Channel 1 bit
#define AD7790_STAT_CH0      (1 << 0) // Channel 2 bit

/* AD7790_REG_MODE */

#define AD7790_MODE_SEL(x)    ((x) & 0x3) << 6 // Mode Select
#define AD7790_RANGE_SEL(x)   ((x) & 0x3) << 4 // Range Select
#define AD7790_MODE_BO        (1 << 3) // Burnout Current Enable Bit
#define AD7790_MODE_BUF       (1 << 1) // Buffered Mode Enable

```

```

/* AD7790_MODE_SEL(x) options */

#define AD7790_MODE_CONT      0 // Continuous Conversion Mode

#define AD7790_MODE_SINGLE    2 // Single Conversion Mode

#define AD7790_MODE_PWRDN     3 // Power-Down Mode

/* AD7790_RANGE_SEL(x) options */

#define AD7790_RANGE_DIV_1    0 // -Vref to +Vref input range
#define AD7790_RANGE_DIV_2    1 // -Vref/2 to +Vref/2 input range
#define AD7790_RANGE_DIV_4    2 // -Vref/4 to +Vref/4 input range
#define AD7790_RANGE_DIV_8    3 // -Vref/8 to +Vref/8 input range

/* AD7790_REG_FILTER */

#define AD7790_FILTER_CDIV(x) ((x) & 0x3) << 4 // Divide clock.
#define AD7790_FILTER_FS(x)   ((x) & 0x7)        // Output update rate.

/* AD7790_FILTER_CDIV options */

#define AD7790_FILTER_CDIV_NORMAL 0 // Normal Mode
#define AD7790_FILTER_CDIV_DIV2   1 // Clock Divided by 2
#define AD7790_FILTER_CDIV_DIV4   2 // Clock Divided by 4
#define AD7790_FILTER_CDIV_DIV8   3 // Clock Divided by 8

/***** Functions Declarations *****/

/* Initializes SPI and initial values for AD7790 device. */

char AD7790_Init(void);

/* Reads data from AD7790. */

unsigned long AD7790_Read(unsigned char regAdd unsigned char bytesNumber);

/* Writes data to AD7790. */

void AD7790_Write(unsigned char regAddress, unsigned char regData);

/* Converts 24-bit raw data to millivolts. */

float AD7790_ConvertToVoltage(unsigned long rawData, float vRef, unsigned char
polarity);

/* Resets the serial interface with the AD7790. */

void AD7790_Reset(void);

#endif /* ad7790_H_ */

```