

ИЗГРАЖДАНЕ НА МОДУЛ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧНА СТАНЦИЯ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА КОЛИЧЕСТВОТО ВЪГЛЕРОДЕН ОКСИД ВЪВ ВЪЗДУХА

**Велислава Райдовска, Слави Любомиров,
Емилиян Бакърджиев, Даниела Шехова**

***Резюме:** При разработването на метеорологична станция в програмна среда Ардуино е включен модул за измерване на въглеродния оксид. Измерването на концентрацията на токсичния газ се осъществява чрез CO сензори. В статията се разглежда по-подробно структурата, предимствата и свързването на сензор MQ-7, използван при реализацията на метеорологичната станция.*

***Ключови думи:** CO сензори, метеорологична станция, Ардуино*

Въведение

Въглеродният оксид, наричан преди въглероден окис, е газ без цвят и мирис, с молекулна маса 28 g/mol (по-лек от въздуха). Въглеродният оксид е продукт от непълното изгаряне на съдържащи въглерод вещества при липса на достатъчно кислород, необходим за пълното окисление до въглероден диоксид (CO₂). При висока концентрация газът е опасен за хората и животните, въпреки че се произвежда в малки количества при нормалния метаболизъм на животните и се смята, че има нормални биологични функции. Въглеродният оксид се поема чрез дишането и достига до кръвообращението чрез газообмена в белите дробове. Нормалните нива на концентрация в кръвта са от 0% до 3%, като при пушачите са по-високи. Вдишването на достатъчно голямо количество води до задушаване и може да причини смърт (*Въглероден оксид*).

Отравяне с въглероден оксид настъпва при вдишване на достатъчно голямо количество от токсичния за човешкия организъм газ. Наличието на въглероден оксид във въздуха е трудно доловимо от човек, тъй като газът няма цвят и миризма. Източници на въглероден оксид могат да бъдат всякакви отоплителни уреди, поставени на непроветриво място: газови уреди, камини, печки на дърва, също изгорелите газове от автомобил; цигареният дим също може да съдържа високи концентрации на CO.

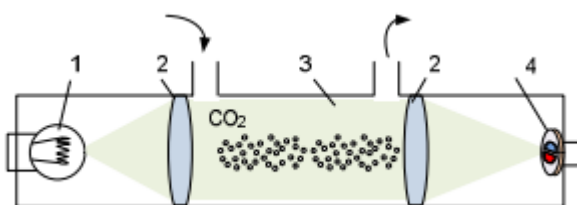
Постъпвайки в кръвообращението, въглеродният оксид се свързва с хемоглобина, който е основното съединение, пренасящо кислород в човешкото тяло; така се получава съединението карбоксихемоглобин. По този начин се възпрепятства доставката на кислород от хемоглобина до тъканите и това води до хипоксия. Афинитетът на хемоглобина към въглеродния оксид е около 230 пъти по-силен от този към кислорода. Концентрация на газа от порядъка на 667 ppm може да причини превръщането на 50% от хемоглобина в човешкото тяло в карбоксихемоглобин, което води до пристъпи на задушаване, кома или смърт.

Измерването на концентрацията се осъществява чрез CO сензори.

Сензори за измерване на въглероден оксид и въглероден диоксид

Използват се основно два вида сензори: полупроводникови газови сензори за измерване на въглероден оксид и недисперсивни инфрачервени сензори (NDIR) за измерване на въглероден диоксид.

Технологията NDIR, тип IR спектроскопия, се основава на принципа, че газовите молекули абсорбират инфрачервената светлина. Тъй като абсорбцията на определен газ възниква при специфична дължина на вълната има вграден оптичен филтър за откриване на количеството на конкретен газ. Например, тъй като CO_2 има силна абсорбция при дължина на вълната $4,26 \mu\text{m}$, се използва лентов филтър за премахване на цялата светлина извън тази дължина на вълната (Jason Seitz, Chenan Tong, 2013). На фигура 1 е показана опростена структура на интегрален NDIR газов сензор (Маринов, Джамийков и други, 2015). Излъчването от широкоспектърен източник (например, микролампа) (1), преминава през колимираща система (2), измервателната камера (3) и попада върху двуелементен детектор (4), преминавайки съответно през два различни филтъра. Единият филтър покрива цялата абсорбиционна ивица на изследвания газ (измервателен канал), а другият покрива съседна област, в която няма абсорбция (еталонен канал).



**Фиг.1. Блокова схема на NDIR сензор за измерване концентрация на CO_2 ,
1 – широкоспектърен източник, 2 – колимираща система,
3 – измервателната камера, 4 – двуелементен детектор**

Колкото по-висок е дялът на CO_2 в помещението, толкова по-малко инфрачервени лъчи ще достигнат до детектора. Тези сензори могат да съдържат и един пропорционален регулатор или/и прост ограничителен прекъсвач, така че да бъдат приложими за директно управление при прости решения. Във всички случаи има линеен изходящ сигнал $0 \dots 10 \text{ V}$ или $4 \dots 20 \text{ mA}$, който представя концентрацията на CO_2 в ppm (parts per million). Според точността на сензора и изискванията, този изходящ сигнал може да се мащабира за различни обхвати на измерване. По правило сензорите трябва да покриват обхвата от $0 \dots 2000 \text{ ppm CO}_2$. Вариацията на основни параметри на околната среда води до значителни грешки в показанията на сензорите като ефектът от изменение на налягането е доминиращ (Маринов, Джамийков и други, 2015). Нивата на грешките могат да бъдат редуцирани чрез измерване на температура, налягане и влажност с допълнителни сензори и въвеждане на динамична корекция чрез съответни алгоритми (Маринов, Джамийков и др., 2015).

За измерване на въглероден оксид се използват полупроводниковите газови сензори. Полупроводниковите сензори биват два вида – металоокисни и полимерни газови сензори (Сигнализатори за природен газ и пропан-бутан, 2014). Като чувствителни материали при металоокисните полупроводникови газови сензори се използват различни металоокисни материали като SnO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , WO_3 , Co_3O_4 и др.

Принципът им на работа се основава на изменение на съпротивлението им в присъствието на газ. Когато слой метален окис SnO_2 е нагрят при определена висока температура във въздуха, се адсорбира кислород по кристалната повърхност с отрицателен заряд. Формираният повърхностен потенциал служи като потенциална бариера, която предотвратява свободното движение на електрони. Електрическото съпротивление на сензора се дължи на тази потенциална бариера.

В присъствието на редуциращ газ повърхностната плътност на отрицателно заредения кислород намалява, така че височината на бариерата в границата на зърната намалява. Намалената височина на бариерата намалява съпротивлението на сензора.

Зависимостта между съпротивлението на сензора и концентрацията на газа металоокисните сензори е логаритмична. Затова те имат висока чувствителност към газове даже при ниската им концентрация.

При полимерните полупроводникови газови сензори като чувствителни елементи се използват слоеве на основата на фталоцианини (phtalocyanines), притежаващи висока термична и химична устойчивост. Тези слоеве са полупроводници от р-тип и кислородът във въздуха оказва голямо влияние върху проводимостта им. Проводимостта на слоевете се променя в присъствието на газове. Чувствителността на сензорите се увеличава при легиране на слоевете с атоми на тежките метали.

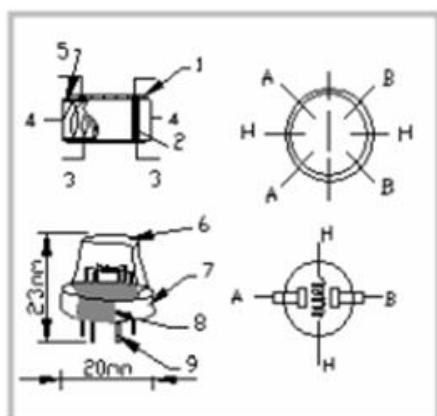
Основното предимство на използването на сензори за въглероден оксид в метеорологичната станция е, че би могло да се реагира адекватно при нараснала концентрация на газа. Недостатък на този тип сензори е, че те засичат локалната концентрация на въглероден оксид и е възможно да не отчетат нуждите на цялото пространство.

Реализация на измерването на въглероден оксид в проектираната метеорологична станция

За реализация за измерването на количеството въглероден оксид във въздуха е използван сензорът MQ-7. Структурата и конфигурацията на газовия сензор MQ-7 е показана на фигура 3. Сензорът е съставен от Al_2O_3 керамична тръба и чувствителен слой от калаен диоксид (SnO_2). Измервателният електрод и нагревателят се закрепват в обвивка, изработена от пластмаса и мрежа от неръждаема стомана. Нагревателят осигурява необходимите работни условия за работа на чувствителните компоненти. Сензорът MQ-7 има 6 извода (пина), 4 от които се използват за предаване на сигнали, а останалите два се използват за осигуряване на нагревателния ток (*Technical data MQ-7, 2016*).



Фигура 2. Сензор за въглероден оксид MQ-7 – външен вид



Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO_2
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al_2O_3
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

Фигура 3. Сензор за въглероден оксид MQ-7 – структурна схема

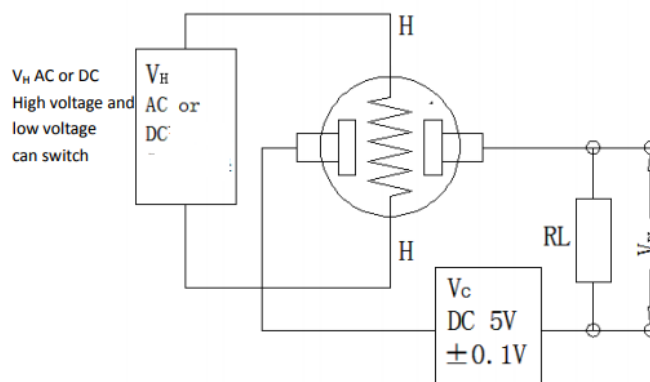
Сензорът MQ-7 има добра чувствителност към наличието на въглероден окис в широк диапазон и има предимства като дълъг живот, ниска цена и проста схема за управление и т.н.

Измерваната величина е в основната мерна единица ppm (parts per milion). Обхватът на избрания сензор е от 10 ppm до 500 ppm, а пълната му спецификация е дадена в таблица 1.

Както е показано на фигура 4, основната измервателна схема се състои от две части. Едната от тях е нагриващият кръг с функция за контрол на времето (редуването на високо напрежение и ниско напрежение). Напрежение (V_H) се използва за осигуряване на работната температура на сензора и това напрежение може да бъде постоянно или променливо. За избрания модел сензор, V_H трябва да бъде със стойност $1.5V \pm 0.1V$, когато е в режим на измерване на концентрацията на CO и със стойност $5V \pm 0.1V$ през периода на възобновяване. Втората част е сигналната изходна схема. Сигналът, получен на изводите \dot{y} , е зависим от промените на повърхностното съпротивление на сензора. Сензорът се нуждае от товарен резистор на изхода към земята. Стойността му може да бъде от 2kOhm до 47kOhm.

Model		MQ-7	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Plastic cap	
Target Gas		carbon monoxide	
Detection range		10~500ppm CO	
Standard Circuit Conditions	Loop Voltage	V_c	$\leq 10V$ DC
	Heater Voltage	V_H	5.0V \pm 0.1V AC or DC (High tem.)
			1.5V \pm 0.1V AC or DC (Low tem.)
	Heater Time	T_L	60 S \pm 1S (High tem.), 90 S \pm 1S (Low tem.)
Load Resistance	R_L	Adjustable	
Sensor character under standard test conditions	Heater Resistance	R_H	29 Ω \pm 3 Ω (room tem.)
	Heater consumption	P_H	$\leq 900mW$
	Sensitivity	S	$R_s(\text{in air})/R_s(\text{in } 150\text{ppm CO}) \geq 5$
	Output Voltage	V_s	2.5V~4.3V (in 150ppm CO)
	Concentration Slope	α	$\leq 0.6(R_{300\text{ppm}}/R_{50\text{ppm}} \text{ CO})$
Standard test conditions	Tem. Humidity	20 $^{\circ}$ C \pm 2 $^{\circ}$ C; 55% \pm 5%RH	
	Standard test circuit	V_c : 5.0V \pm 0.1V; V_H (High tem.): 5.0V \pm 0.1V; V_H (Low tem.): 1.5V \pm 0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

Таблица 1.

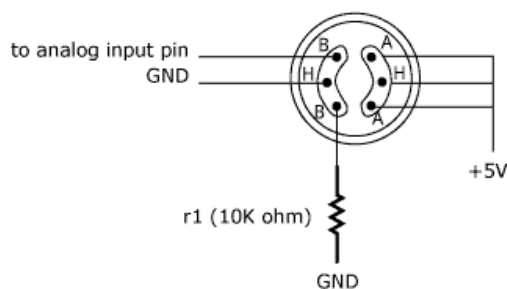


Фигура 4. Измервателна схема на сензор MQ-7

Комуникацията с входно-изходната платка Ардуино се осъществява посредством аналогов сигнален извод. Общият брой изводи на сензора е шест, с означения **A**, **H**, **A**, **B**, **H**, **B** (фигура 5). Изводите **A**, **H** и **A** са свързани към захранващ източник с напрежение 5V. За по-добра стабилност на напрежението и устойчивост на консумирания ток, в проектираната метеорологична станция е използван допълнителен стабилизатор, поради обстоятелството, че това напрежение се използва като еталон за измерваната величина. Извод **B** е свързан към аналогов пин на Ардуино, **H** – общата маса на схемата, а **B** през резистор със стойност 10 kOhm отново към маса (Toxic Gas Sensor (Model : MQ-7) Manual, 2014).

Заклучение

Качеството на въздуха е от основно значение за здравословното състояние на хората. Затова при изработването на метеорологична станция е включен модул за измерване качеството на въздуха чрез измерване на концентрацията на въглероден оксид. Измерването на тази концентрация се осъществява с помощта на сензор MQ-7. Предимствата на сензора са неговата висока чувствителност и надеждност, проста схема на свързване и ниска цена. Като развойна среда при разработката е използвана средата Ардуино. Модулът може да работи самостоятелно или да се вгради в други системи, например вентилационна.



Фигура 5. Схема на свързване на сензор MQ-7 към Ардуино

Благодарности

Авторите изказва благодарност към научен проект ФП17-ТК-006/ 25.04.2017 към Фонд „НИ“ на ПУ „Паисий Хилендарски“, за частичното финансиране на настоящата работа.

Литература

Въглероден оксид, 2016, https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8A%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BD_%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4, 29.08.2017

Метеорологична станция, 2017, https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F>, 29.08.2017

Seitz, J. and Ch. Tong, LMP91051 NDIR CO2 Gas Detection System, 2013, <http://www.ti.com/lit/an/snaa207/snaa207.pdf>> 30.08.2017

Маринов, М., Т. Джамийков, Ф. Цербе и Т. Ташев, Изследване на точността на сензори за въглероден диоксид в системи за вентилация, управлявани според

потребностите, *Инженерни науки*, год. LII, 2015, № 4, pp. 27 http://iinf.bas.bg/Tashev/Marinov_TT-2015.pdf>

Сигнализатори за природен газ и пропан-бутан, сп. ТД Инсталации, Брой 5/2014

Toxic Gas Sensor (Model: MQ-7) Manual, 2014, <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7%20Ver1.3%20-%20Manual.pdf>, 29.08.2017

Technical data MQ-7, 2016 <http://www.karlssonrobotics.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>, 30.08.2017

Сензори за контрол на микроклимата в сгради, 2012, <http://tech-dom.com/statii.aspx?id=1603>, 29.08.2017

MQ Gas sensors, 2017, <https://playground.arduino.cc/Main/MQGasSensors>, 29.08.2017

Велислава Райдовска

ПУ „Паисий Хилендарски“, Физико-технологичен факултет,

гр. Смолян, ул. „Дичо Петров“ № 28

e-mail: v_raydovska@abv.bg

BUILDING A MODULE OF METEOROLOGICAL STATION FOR MEASURING THE QUANTITY OF CARBONATED OXIDE IN THE AIR

Velislava Raydovska, Slavi Lubomirov, Emiliyan Bakardjiev, Daniela Shehova

Summary. A carbon dioxide measurement module is included in the Arduino programming environment at the development of a meteorological station. Measurement of the toxic gas concentration is carried out by CO₂ sensors. The paper discusses in more detail the structure, the advantages and the circuit of the MQ-7 sensor, used in the realization of the meteorological station.

Key words: CO₂ sensors, meteorological station, Arduino