

A Study to measure reduced gases concentration using MQ-2 sensor

Dr. Ali Darwisho*
Dr. Fadi Motawej**
Hussam Farhat***

(Received 24 / 8 / 2021. Accepted 2 / 2 / 2022)

□ ABSTRACT □

In this paper, we carried out a study that enables us to calculate the number of gas molecules in terms of the output voltage of the MQ-2 gas sensor.

The MQ-2 sensor can sense a number of gases in surrounding area such as: CO, LPG, Methane (CH₄), Smoke, Alcohol, H₂, Propane (C₃H₈).

The gas sensor has a resistance whose value changes to the gas concentration and the output voltage of that sensor changes accordingly, but the direct readings given by the sensor are not very useful, and we will deduce using a number of relations the value of the gas concentration anywhere.

We designed an electronic circuit that calculates the sensor's output voltage, resistance, and gas concentration and displays it on the LCD screen, in addition to sending an alarm in the event of a gas leak to the mobile phone via the Internet. In addition to an acoustic alarm in surrounding area using an electric buzzer, the circuit test results showed an accuracy of 92.5%, a sensitivity of 95%, and a specificity of 90%.

Keywords: gas sensor, gas concentration, MQ-2, Internet of things.

*Professor- Department of Physics- Faculty of Science- Tishreen University- Lattakia- Syria./Dr.darwisho@gmail.com

** Assistant Professor - Department of Mechatronic - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering- Tishreen University- Lattakia- Syria./fmotawej@gmail.com

***Postgraduate student (Master)- Department of Physics- Faculty of Science-Tishreen University- Lattakia- Syria./hussam.farhat.1991@gmail.com

دراسة لقياس تراكيز الغازات ضعيفة التركيز باستخدام حساس MQ-2

د. علي درويشو*

د. فادي متوج**

حسام فرحات***

(تاريخ الإيداع 24 / 8 / 2021. قُبل للنشر في 2 / 2 / 2022)

□ ملخص □

قمنا في هذا البحث بدراسة تمكنا من حساب عدد جزئيات غاز بدلالة جهد مخرج حساس الغاز MQ-2 حيث يستطيع الحساس MQ-2 استشعار عدد من الغازات مثل: (أحادي أكسيد الكربون CO، النفط المسال LPG، الميثان CH₄، الدخان Smoke، الكحول Alcohol، الهيدروجين H₂، البروبان C₃H₈) في الوسط المحيط به. إن لحساس الغاز مقاومة تتغير قيمتها حسب تركيز الغاز ويتغير تبعاً لذلك جهد مخرج ذلك الحساس ولكن القراءات المباشرة التي يعطيها الحساس لا تفيد بشكل كبير وسنستنتج باستخدام عدد من العلاقات قيمة تركيز الغاز في أي مكان.

قمنا بتصميم دائرة إلكترونية تقوم بحساب جهد مخرج الحساس ومقاومته وتركيز الغاز وإظهار قيمتها على شاشة LCD وإرسال إنذار في حال وجود تسرب غاز إلى الهاتف المحمول عبر الإنترنت. بالإضافة لإنذار صوتي في مكان التسرب باستخدام طنان كهربائي Buzzer، وقد أظهرت نتائج اختبار الدارة صحتها وقدرها 92.5% وكانت الحساسية 95% أما النوعية فكانت 90%.

الكلمات مفتاحية: حساس غاز، تركيز غاز، MQ-2، إنترنت الأشياء.

* أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. Dr.darwiso@gmail.com

** مدرس - قسم الميكاترونك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. fmotawei@gmail.com

*** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. hussam.farhat.1991@gmail.com

مقدمة

إن الاستعمالات المتعددة واليومية للغازات المختلفة في المنازل والمصانع ، والخطر الناتج عن تسربها أو إشتعالها يحتم علينا أن نوجد طرقاً للحماية منها وكشفها. يمكن باستخدام حساس الغاز MQ-2 قياس تركيز الغازات في وسط ما، به إذ يحوي على مقاومة داخلية متغيرة تسمى مقاومة الحساس R_s والتي تتغير قيمتها حسب تركيز الغاز C ، حيث تتناقص قيمتها عندما يكون تركيز الغاز عالياً وتزداد في الحالة المعاكسة، أي أن العلاقة بينهما عكسية.

أهمية البحث وأهدافه

أهمية البحث:

إن قياس تركيز الغاز له أهمية كبيرة في الاستشعار عن وجود تسرب غازات قابلة للاشتعال في المنازل والمصانع الأمر الذي يمكن المعنيين من تقادي الأضرار الناتجة عن ذلك كحدوث حريق أو اختناق بسبب تلك الغازات.

هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى مايلي:

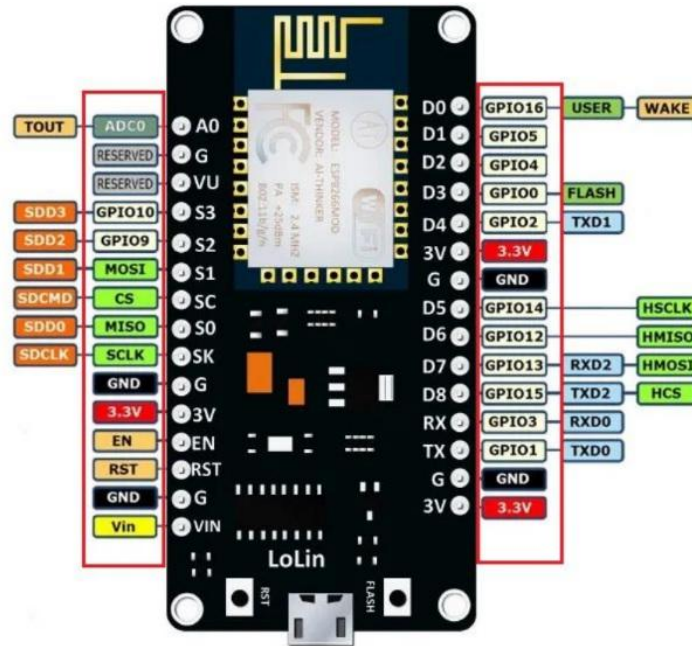
- 1- تصميم وتنفيذ دارة إلكترونية تقوم بقياس المتغيرات الآتية وإظهار قيمتها على شاشة LCD:
 - a- جهد مخرج الحساس V_{out} .
 - b- مقاومة الحساس R_s .
 - c- تركيز الغاز C مقدراً بوحدة ppm (part per million) . (جزء بالمليون)
- 2- معايرة حساس الغاز وحساب قيمة المقاومة الداخلية له في حالة الهواء النقي R_0 .
- 3- إرسال تنبيه على الهاتف المحمول في حال وجود تسرب للغاز عبر تطبيق BLYNK.
- 4- إصدار تنبيه صوتي في مكان تسرب الغاز.

طرائق البحث ومواده

- 1- اللوحة التطويرية NodeMCU ESP12 module.
- 2- حساس الغاز MQ-2.
- 3- شاشة عرض معلومات LCD.
- 4- طنان كهربائي Buzzer.
- 5- حاكمة Relay.
- 6- ديود ضوئي LED عدد 2.
- 7- برنامج رسم الدارات الإلكترونية Proteus 8.9 Professional .

اللوحة التطويرية NodeMCU ESP12 module:

وهي عبارة عن لوحة مفتوحة المصدر open source قابلة للبرمجة تحوي على شريحة WiFi التي تتصل عبرها بالإنترنت فهي توفر خاصية إنترنت الأشياء Internet of things أي تسمح بربط الأشياء مع بعضها والتواصل بينها من خلال شبكة الإنترنت كأن تكون هناك مجسات حرارة ورطوبة ترسل بياناتها إلى وزارة البيئة على سبيل المثال. تحتوي هذه اللوحة على عشرة نقاط توصيل (D0-D10) نستطيع استخدامها كدخل او كخرج وتدعم خاصية تعديل عرض النبضة Pulse Width modulation PWM باستثناء D0. وتحتوي على نقطة توصيل A0 يمكن استخدامه كمدخل تماثلي Analog input بالإضافة لنقطة توصيل Vin وثلاث نقاط تعطي جهداً قدره 3.3v وأربعة نقاط للأرضي GND. إن اللوحة التطويرية ESP8862 تعمل على جهد 3.3v وجهد مخرجها أيضاً 3.3v في حين أن اللوحة التطويرية NodeMCU ESP12 module يمكن تشغيلها بجهد يتراوح في المجال (3.3-10)v وذلك لأنها مزودة بمنظم للجهد Voltage regulator لتخفيض الجهد حتى 3.3v. [1]. يوضح الشكل (1) نقاط توصيل اللوحة التطويرية NodeMCU ESP12 module.



الشكل (1) نقاط توصيل اللوحة التطويرية NodeMCU ESP12 module. [1]

والبرمجة هي بند رئيسي في بناء أي مشروع يقوم على إنترنت الأشياء وما سنقوم ببرمجته هنا هو المتحكم الميكرو الموجود في اللوحة التطويرية NodeMCU.

بيئة العمل:

- يعتبر برنامج Arduino IDE أفضل بيئة عمل على الأردوينو فهو يحوي على محرر نصي من أجل كتابة الكود، مساحة للتنبيه بالأخطاء وشريط أدوات من أجل التحكم في الإعدادات. أيضاً يحتوي على منسق Compiler يقوم بتحويل الكود البرمجي إلى لغة يفهمها Arduino و يمررها له.
- إن لغة البرمجة المستخدمة هي Arduino C وهي لغة مشتقة بشكل أساسي من لغتي C و C++ ، وهي تُستخدم في برمجة لوحات الأردوينو بمختلف أنواعها، إذ أنها توخّذ طريقة برمجة اللوحات التطويرية مهما اختلفت أنواعها والمتحكمات المكونة التي تستند عليها.

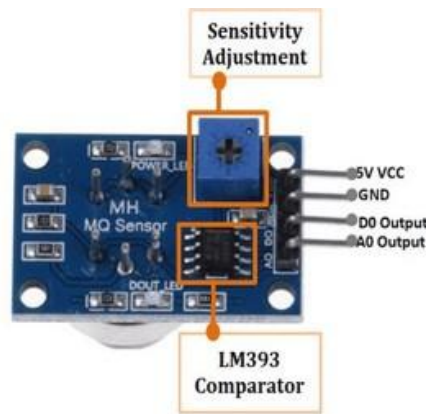
منصة Blynk:

وهي صلة الوصل بين المستخدم والانترنت التي توفر واجهة بسيطة للمستخدم لكي يتمكن من التفاعل مع الحساسات والقطع الإلكترونية المتواجدة في مكان بعيد عنه ويتصل بها عبر الإنترنت، وبالطبع لابد من وجود رمز توثق (authenticating code) لكي يتم الربط بين المستخدم وأجهزته البعيدة [2].

حساس الغاز MQ-2:

إن حساس MQ-2 هو أحد أجهزة استشعار الغاز من بين جملة حساسات شائعة الاستخدام وهو عبارة عن حساس غاز من نوع نصف ناقل ذو أكسيد معدني (MOS (Metal Oxide Semiconductor يعتمد على تغيير مقاومة مادة الاستشعار فيه عندما يتلامس الغاز مع المادة. يعمل مستشعر الغاز MQ-2 على التيار المستمر بجهد 5 فولت ويستهلك استطاعة أقل من 800 ميلي وات. يمكنه اكتشاف (أحادي أكسيد الكربون CO، النفط المسال LPG، الميثان CH₄، الدخان Smoke، الكحول Alcohol، الهيدروجين H₂، البروبان C₃H₈) [3].

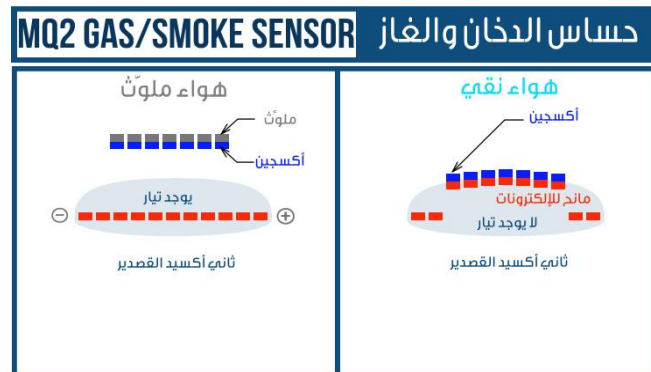
يبين الشكل (2) حساس الغاز MQ-2.



الشكل (2) حساس الغاز MQ-2

يتم تسخين ثنائي أكسيد القصدير SnO₂ في الحساس ففي حالة الهواء النظيف ، تتجذب الإلكترونات في ثاني أكسيد القصدير نحو الأكسجين الذي يتم امتصاصه على سطح مادة الاستشعار. مما يقلل من شدة التيار الكهربائي.

أما في حالة وجود غازات ضعيفة التركيز Reduced gases تتناقص الكثافة السطحية للأكسجين مما يسمح للتيار بالتدفق بحرية عبر المستشعر كما هو موضح بالشكل (3).

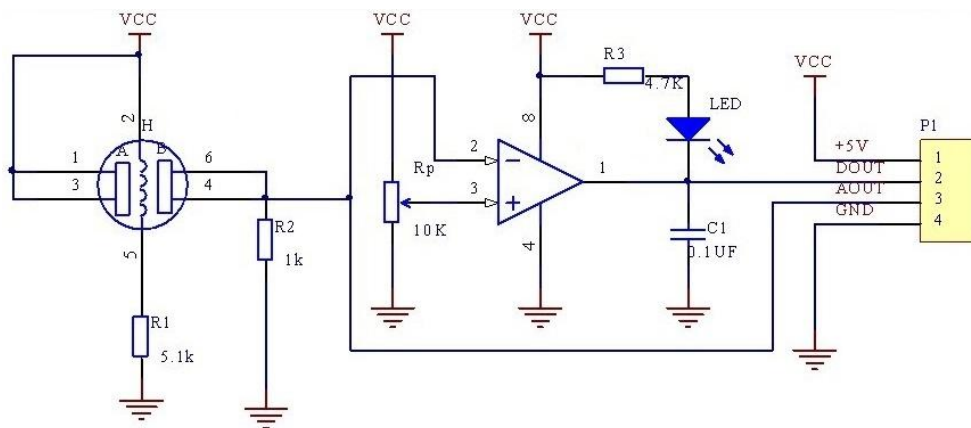


الشكل (3) آلية عمل حساس الغاز MQ-2.

يحتوي حساس الغاز MQ-2 على مقاومة حماية قيمتها $4.7k\Omega$ موصولة على التسلسل مع مقاومة متغيرة تأخذ قيماً $(0-50)k\Omega$ واللذان يشكلان معاً مقاومة الحمولة R_L والتي تأخذ قيمها في المجال $(4.7-54.7)k\Omega$ وتستخدم أجل تعديل حساسية الغاز. فكلما كانت القيمة أعلى زادت حساسية الغاز.

تكوّن مقاومة الحمولة R_L مع مقاومة الحساس R_s مقسم كمون. إذن بمعرفة مقاومتي الحمولة والحساس وقيمتي جهد الدخل والخرج يمكن حساب قيمة مقاومة الحساس في الهواء النقي R_0 . علماً أن مقاومة الحساس تبقى ثابتة في الهواء النقي في درجتي حرارة ورطوبة محددتين.

يبين الشكل (4) مخطط الدارة الداخلية للحساس المستخدم.

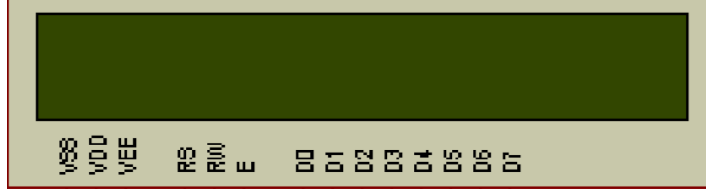


الشكل (4) مخطط الدارة الداخلية للحساس MQ-2.

شاشة الإظهار الكريستالية Liquid Crystal Display LCD:

إن شاشة الإظهار الكريستالية LCD هي عبارة عن مصفوفة نقطية تستخدم لإظهار الأحرف والأرقام والرموز الأخرى. تأتي شاشة LCD بمقاسات مختلفة من عدد الأسطر والأعمدة (المحارف)، حيث يمكن أن تكون مؤلفة من

سطر حتى أربعة أسطر، ويحتوي كل سطر على عدد من الخانات (المحارف) يتراوح من 16 وحتى 40 خانة، والخانة هي عبارة عن مربع صغير يتم فيه إظهار محرف واحد فقط. يبين الشكل (5) شاشة إظهار كريستالية محرفية مقاس 16×2 .



الشكل (5) شاشة إظهار كريستالية محرفية مقاس 16×2

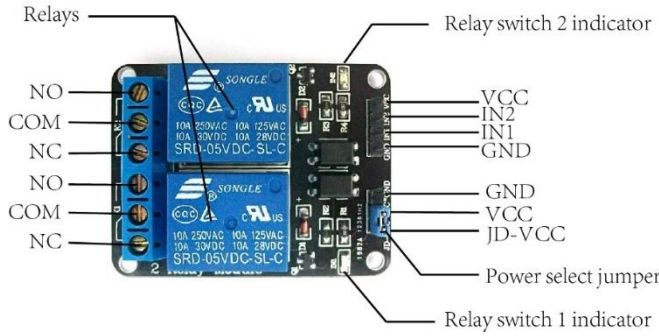
ومن أجل سهولة التخاطب مع شاشة الإظهار نستخدم بروتوكول I2C من خلال I2C module المبينة بالشكل (6) وبذلك يمكن توصيل شاشة الإظهار عبر 4 نقاط توصيل فقط.



I2C module (6)

الحاكمة Relay:

هي مفتاح يتم تفعيله كهربائياً وتتكون من ملف وتماسات، فعند تطبيق جهد مناسب على ملف الحاكمة يتغير وضع تماسات الحاكمة من حالة إلى أخرى يوضح الشكل (7) شكل ونقاط توصيل الحاكمة ذات القناتين. تتكون الحاكمة من الداخل مما يلي:



1. نقاط التوصيل الخاصة بفتح وإغلاق الدارة الكهربائية المربوطة مع الحاكمة.
2. ملف مغناطيسي يعمل على فرق جهد منخفض نسبياً لجذب نقاط التوصيل.
3. نابض لإرجاع نقاط التوصيل إلى ما كانت عليه عند فصل التيار الكهربائي عن الملف الكهربائي.

الشكل (7) بنية الحاكمة بقناتين ونقاط التوصيل الخاصة بها.

الطنان الكهربائي Buzzer:

هو عبارة عن جهاز كهربائي يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى صوت مسموع ويستعمل للإنذارات الصوتية في الدارات الإلكترونية ويعمل بجهد مستمر من (3-12) فولت. يبين الشكل (8) الطنان الكهربائي.

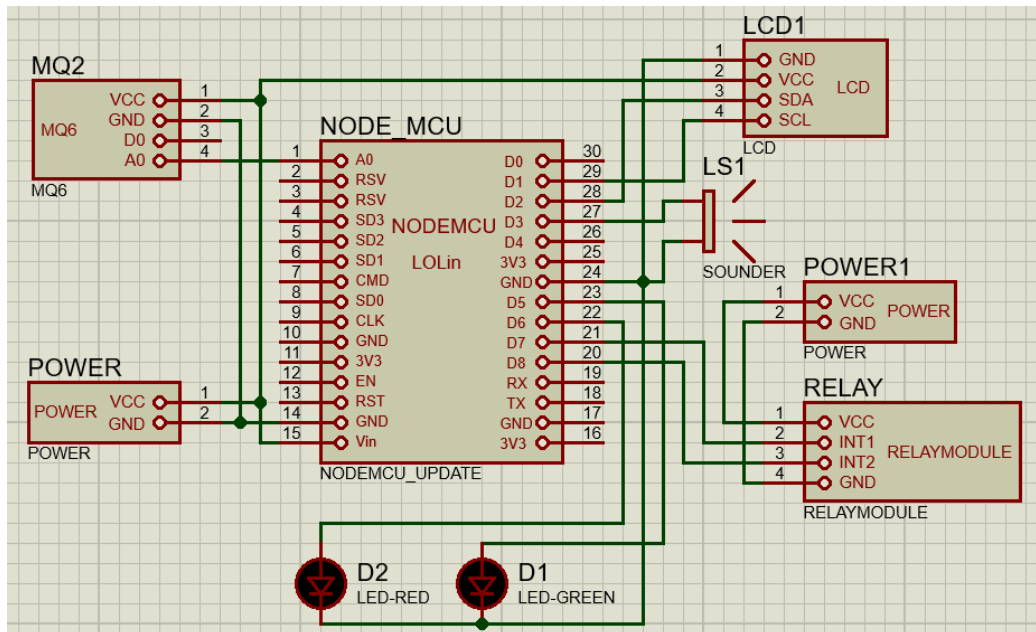


الشكل (8) الطنان الكهربائي

تصميم الدارة:

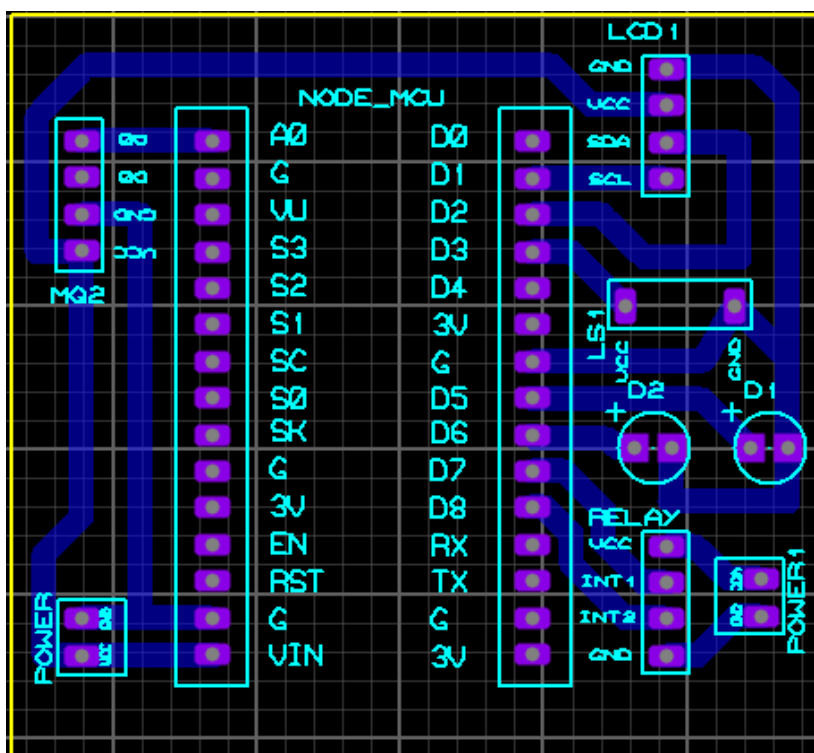
لقد قمنا بتصميم وتنفيذ الدارة الإلكترونية بواسطة برنامج Proteus 8.9 Professional المتخصص بتصميم الدارات الإلكترونية.

يبين الشكل (9) المخطط التصميمي (Schematic) للدارة المستخدمة:



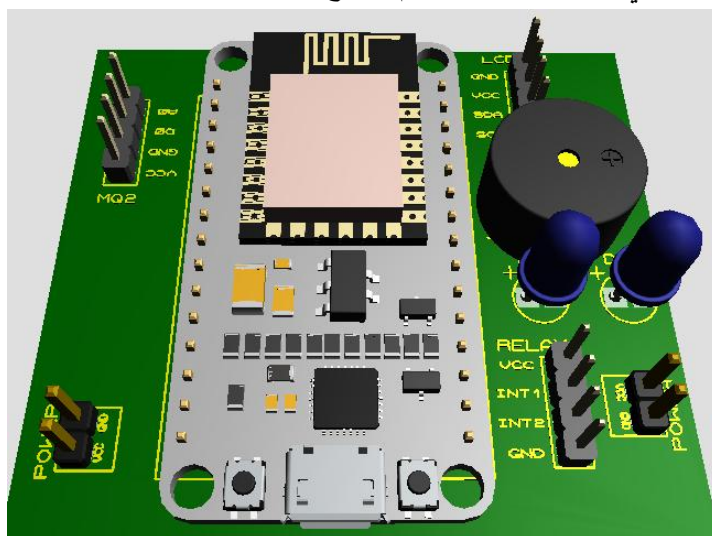
الشكل (9) المخطط التصميمي (Schematic) للدارة المستخدمة.

يبين الشكل (10) مخطط الدارة المطبوعة (PCB) للدارة المستخدمة:



الشكل (10) مخطط الدارة المطبوعة (PCB) للدارة المستخدمة.

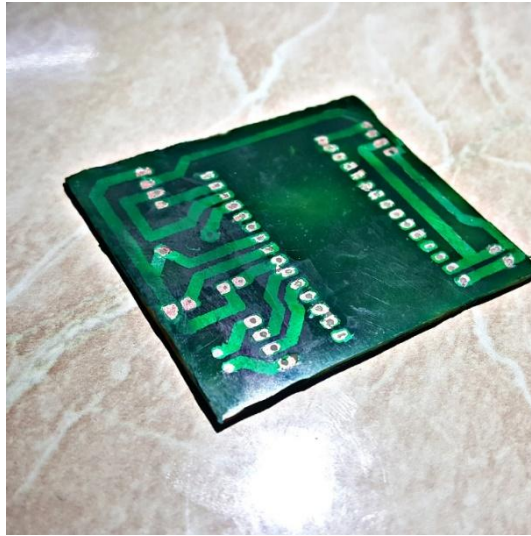
يبين الشكل (11) المنظور ثلاثي الأبعاد للدارة باستخدام برنامج proteus:



الشكل (11) المنظور ثلاثي الأبعاد للدارة المصممة باستخدام برنامج proteus.

تمت طباعة الدارة يدوياً باستخدام لوح نحاسي ومحلول حمضي من مركب كلوريد الحديد الثلاثي (FeCl_3)

يبين الشكل (12) الدارة المصنعة بعد عمليتي الطباعة والتحميض والعزل:

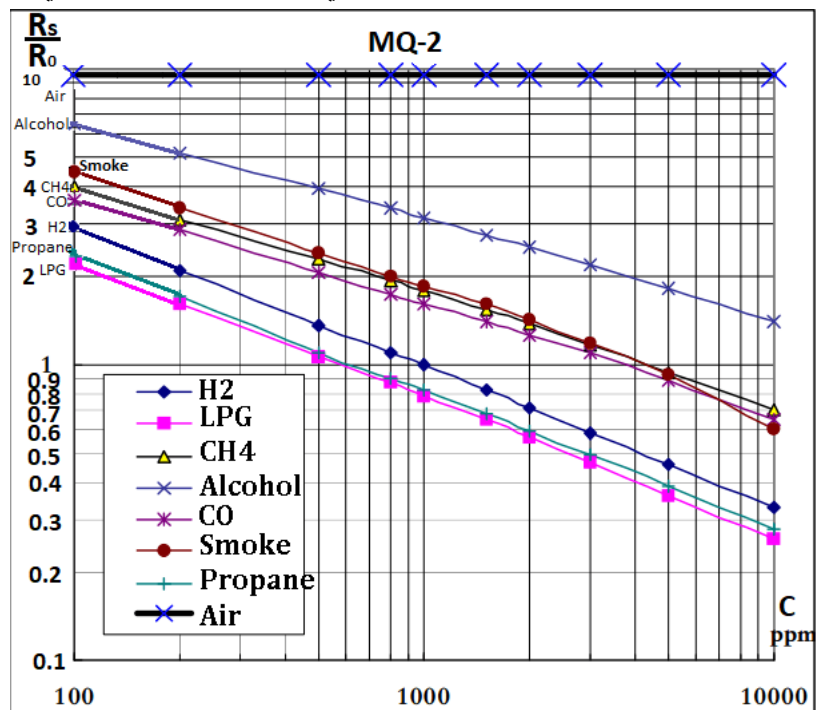


الشكل (12) الدارة المصنعة بعد الطباعة والتحميض والعزل.

النتائج والمناقشة:

يوضح الشكل (13) تغيرات النسبة $\frac{R_s}{R_0}$ بدلالة C تركيز الغاز مقدراً بوحدة ppm إن كل خط بياني في هذا

الشكل يمثل تبعية تركيز الغاز لتغيرات النسبة بين مقاومة الحساس إلى مقاومته في حالة الهواء النقي. [4]. في البداية يجب معايرة الحساس أي سنقوم بحساب قيمة المقاومة R_0 وهي عبارة عن مقاومة الحساس في حالة الهواء النقي.



الشكل (13) تغيرات النسبة $\frac{R_s}{R_0}$ بدلالة التركيز C مقدراً بوحدة ppm .

يمكن حساب جهد مخرج الحساس V_{out} باستخدام العلاقة التالية التي تربط بينه وبين قيم مخرج الحساس $SensorOutput$ وجهد الدخل V_{cc} علماً أن قراءة الحساس مقدار يتراوح بين (0-1023) [5].

$$V_{out} = \frac{SensorOutput \times V_{cc}}{1023} \quad (1)$$

توضح العلاقة الآتية تبعية مقاومة الحساس R_s لجهد المخرج V_{out} علماً أن R_L هي مقاومة الحمولة [6].

$$R_s = \left(\frac{V_{cc}}{V_{out}} - 1 \right) \times R_L \quad (2)$$

بتعويض العلاقة (1) في العلاقة (2) نجد:

$$R_s = \left(\frac{1023 - SensorOutput}{SensorOutput} \right) \times R_L \quad (3)$$

أما العلاقة الآتية فتستخدم لحساب R_0 علماً أن CAF هو معامل الهواء النقي (Clean Air Factor) [7].

$$R_0 = \frac{R_{s,avg}}{CAF} \quad (4)$$

يمكننا استنتاج قيمة معامل الهواء النقي من الشكل (13) وهو عبارة عن النسبة $\frac{R_s}{R_0}$ بالنسبة للخط ذو اللون

الأسود والذي يمثل الهواء النقي.

$$CAF = \frac{R_s}{R_0} \Big|_{air} = 9.8$$

ومنه نجد:

$$R_0 = \frac{R_{s,avg}}{9.8}$$

تم وضع حساس الغاز في هواء نقي بعيداً عن أي مصدر للتلوث وأخذ قراءاته من شاشة الإظهار ومن ثم تم حساب V_{out} و R_s باستخدام العلاقتين (1) و (3).

يوضح الجدول (1) قيم مقاومة الحساس R_s وجهد مخرجه V_{out} بتغيرات قراءة الحساس في مرحلة المعايرة (في الهواء النقي)

الجدول (1) قيم مقاومة الحساس R_s وجهد مخرجه V_{out} بتغيرات قراءة الحساس في مرحلة المعايرة (في الهواء النقي).

Rs (Ω)	Vout (v)	SensorOutput	Test Number
94.388	0.335	98	1
92.300	0.342	100	2
87.429	0.359	105	3
85.607	0.366	107	4

84.722	0.370	108	5
92.300	0.342	100	6
83.853	0.373	109	7
83.000	0.376	110	8
84.722	0.370	108	9
92.300	0.342	100	10
89.320	0.352	103	11
85.607	0.366	107	12
91.287	0.346	101	13
87.429	0.359	105	14
90.294	0.349	102	15
92.300	0.342	100	16
83.853	0.373	109	17
83.000	0.376	110	18
90.294	0.349	102	19
91.287	0.346	101	20

تم حساب المتوسط الحسابي لمقاومة الحساس في مرحلة المعايرة باستخدام العلاقة التالية:
ومنه نجد:

$$R_{s,avg} = \sum_{i=1}^{i=20} \frac{R_{s,i}}{20} = 88.265\Omega \quad (5)$$

$$R_0 = \frac{R_{s,avg}}{9.8} = \frac{88.265}{9.8} = 9.007\Omega \quad (6)$$

$$R_0 \approx 9\Omega \quad (7) \quad \text{إذن:}$$

من الشكل (13) يمكننا ملاحظة أن المحاور فيه لوغاريتمية وأن الخط المستقيم لتغيرات النسبة $\frac{R_s}{R_0}$ بدلالة

التركيز يوحي بأن العلاقة بينهما خطية علماً أنها ليست كذلك، وهذا ما سنستنتجه تالياً:
إن معادلة المستقيم بالحالة العامة تعطى بالعلاقة:

$$y = mx + p \quad (8)$$

علماً أن m هي ميل المستقيم و p هي ترتيب نقطة تقاطعه مع محور الترتيب.
أما من أجل المقاييس اللوغاريتمية فتأخذ العلاقة السابقة الشكل [8]:

$$\log y = m \cdot \log x + p \quad (9)$$

تم حساب ميل المستقيم المعبر عن الدخان باستعمال نقطتين من الخط وهما: (200, 3.4) ، (10000, 0.6) والعلاقة:

$$m = \frac{\log(y_2) - \log(y_1)}{\log(x_2) - \log(x_1)} \quad (10)$$

وبتطبيق خواص اللوغاريتم تصبح العلاقة بالشكل:

$$m = \frac{\log(y_2 / y_1)}{\log(x_2 / x_1)} \quad (11)$$

نعوض فنجد:

$$m = \frac{\log(0.6 / 3.4)}{\log(10000 / 200)} = -0.4434 \quad (12)$$

ولحساب الثابت p يكفي تعويض قيمة m السابقة في العلاقة (9) مع إحداثيات نقطة من الخط المستخدم ولتكن (200, 3.4) فنجد:

$$\log 3.4 = -0.4434 \times \log 200 + p \quad (13)$$

بالحساب نجد:

$$p = 1.551762$$

يبين الجدول (2) قيم النسبة $\frac{R_s}{R_0}$ لكل غاز عند قيم مختلفة للتركيز مقدراً بوحدة ppm.

الجدول (2) تغيرات النسبة $\frac{R_s}{R_0}$ بدلالة التركيز مقدراً بوحدة ppm عند قيم تركيز مختلفة للغازات:

(CO, Smoke, Methane, Alcohol, H₂, Propane, LPG)

	Value At 10000 (ppm)	Value At 5000 (ppm)	Value At 200 (ppm)	Gas
$\frac{R_s}{R_0}$	1.35	1.8	5.1	أحادي أكسيد الكربون (CO)
	0.6	0.95	3.4	الدخان (Smoke)
	0.7	0.94	3	الميثان (Methane)
	0.65	0.85	2.8	الكحول (Alcohol)
	0.33	0.46	2.1	الهيدروجين (H ₂)
	0.28	0.385	1.7	البروبان (Propane)
	0.27	0.37	1.6	النفط المسال (LPG)

تم إدخال القيم والعلاقات (9) و (11) على برنامج Microsoft Excel فحصلنا على قيم m, p لكل الغازات التي يستشعرها الحساس.

يبين الجدول (3) قيم m, p لكل مستقيم ممثل بالشكل رقم (4):

الجدول (3) قيم ميل وترتيب تقاطع كل مستقيم في الشكل (4) مع محور الترتيب من أجل الغازات:

(CO, Smoke, Methane, Alcohol, H₂, Propane, LPG)

p	m	Gas
1.48936	-0.33976	أحادي أكسيد الكربون (CO)
1.551762	-0.4434	الدخان (Smoke)
1.333113	-0.372	الميثان (Methane)
1.306158	-0.37331	الكحول (Alcohol)
1.410732	-0.47305	الهيدروجين (H ₂)
1.291313	-0.46104	البروبان (Propane)
1.250716	-0.45484	النفط المسال (LPG)

$$\log x = \frac{-p + \log y}{m} \quad \text{تؤول العلاقة (9) للشكل:}$$

وبرفع الطرفين إلى الأساس 10 نجد: $x = 10^{\frac{-p + \log y}{m}}$ علماً أن محور الفواصل في الشكل

(4) يمثل التركيز مقدراً بوحدة ومحور الترتيب يمثل النسبة $\frac{R_s}{R_0}$.

يبين الجدول (4) العلاقات التي تمكننا من حساب تركيز الغاز المدروس بمعرفتنا لمقاومة الحساس وبتعويض قيمة R_0 من العلاقة (7).

الجدول (4) العلاقات المعبرة عن تركيز الغاز المدروس بالمليون بدلالة مقاومة الحساس R_s

لعدة أنواع من الغازات (CO, Smoke, Methane, Alcohol, H₂, Propane, LPG)

Gas	Formula
أحادي أكسيد الكربون (CO)	$C = 10^{\frac{-1.48936 + \log \frac{R_s}{9}}{-0.33976}}$
الدخان (Smoke)	$C = 10^{\frac{-1.551762 + \log \frac{R_s}{9}}{-0.4434}}$
الميثان (Methane)	$C = 10^{\frac{-1.333113 + \log \frac{R_s}{9}}{-0.372}}$
الكحول (Alcohol)	$C = 10^{\frac{-1.306158 + \log \frac{R_s}{9}}{-0.37331}}$
الهيدروجين (H ₂)	$C = 10^{\frac{-1.410732 + \log \frac{R_s}{9}}{-0.47305}}$

البروبان (Propane)	$C = 10^{\frac{-1.291313 + \log \frac{R_s}{9}}{-0.46104}}$
النفط المسال (LPG)	$C = 10^{\frac{-1.250716 + \log \frac{R_s}{9}}{-0.45484}}$

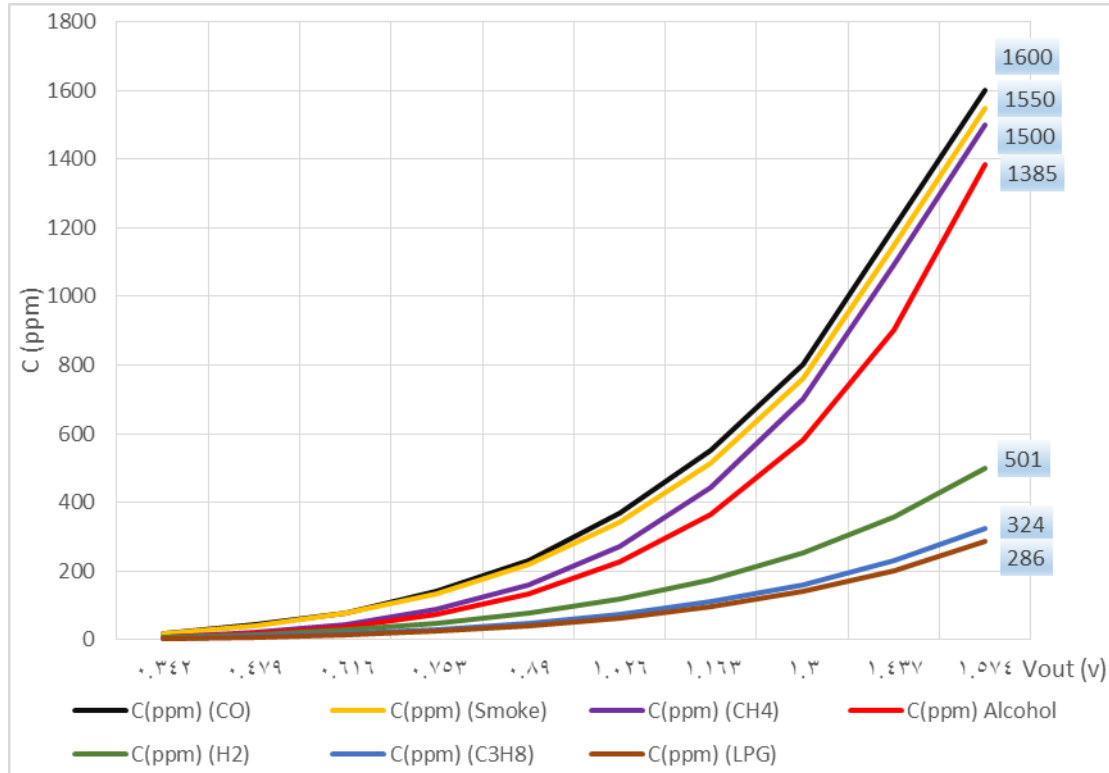
يوضح الجدول (5) تركيز الغازات المختلفة بدلالة قيم مختلفة لـ R_s و V_{out} .

الجدول (5) تركيز عدد من الغازات بدلالة جهد مخرج الحساس ومقاومته لعدة أنواع من الغازات:

(CO, Smoke, Methane, Alcohol, H2, Propane, LPG)

C(ppm) (CO)	C(ppm) (Smoke)	C(ppm) (CH4)	C(ppm) (Alcohol)	C(ppm) (H2)	C(ppm) (C3H8)	C(ppm) (LPG)	Rs (Ω)	Vout (v)	Sensor Output
18	16	7	6	6	4	3	92.339	0.342	100
44	39	20	17	15	9	7	63.069	0.479	140
79	76	45	38	29	17	14	46.818	0.616	180
140	134	89	74	49	30	25	36.481	0.753	220
230	220	160	133	79	48	41	29.326	0.890	260
370	342	271	225	119	74	64	24.113	1.026	300
550	516	442	366	175	110	96	20.095	1.163	340
800	760	702	581	252	160	140	16.923	1.300	380
1200	1102	1092	902	357	229	201	14.356	1.437	420
1600	1580	1678	1385	501	324	286	12.236	1.574	460

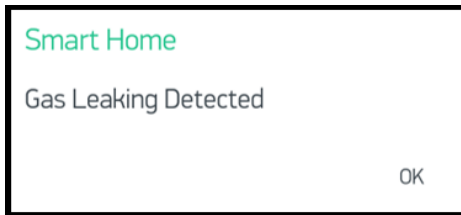
يبين الشكل (14) تغيرات تراكيز بعض الغازات بدلالة جهد مخرج الحساس، ويظهر جلياً أن التزايد في تركيز الغاز أسياً.



الشكل (14) تغيرات تراكيز الغازات: (CO, Smoke, Methane, Alcohol, H2, Propane, LPG)

بدلالة جهد مخرج الحساس V_{out} .

يبين الشكل (15) جهد مخرج الحساس V_{out} بالفولت ومقاومة الحساس R_s بالأوم وتركيز الغاز C المدروس بوحدة ppm على شاشة الإظهار LCD، أما الشكل (16) فيبين الإشعار على الهاتف المحمول عند استشعار تسريب الغاز.



الشكل (16) الإشعار المتلقى من المستخدم عند استشعار تسريب للغاز



الشكل (15) تركيز الغاز ومقاومة الحساس وجهد مخرجه على شاشة الإظهار LCD

ومن ثم قمنا بمعايرة الدارة على استشعار غاز البروبان الموجود في اسطوانات الغاز المنزلية وقمنا بإجراء 40 اختباراً للتحقق من وصول التنبيه للهاتف المحمول. ومن أجل تقييم أداء الدارة المستخدمة قمنا بحساب بعض المعايير الشائعة اعتماداً على مصفوفة الارتباك (Confusion Matrix) المبينة في الجدول (6).

حساب الحساسية والنوعية والدقة:

يبين الجدول (6) مصوفة الإرتباك والذي يقارن بين نتائج الدارة المصممة والنتائج الحقيقية.

الجدول (6) مصفوفة الإرتباك

		النتائج الحقيقية	
		تسريب الغاز	عدم وجود تسريب
نتائج الدارة المصممة	وصول التنبيه	19 (TP)	2 (FP)
	عدم إصدار تنبيه	1 (FN)	18 (TN)

النوعية True Negative Rate (TNR) معدل سلبي حقيقي [9]:

$$(TNR) = \text{Specificity} = \frac{TN}{TN + FP} \times 100\% \quad (14)$$

$$= \frac{18}{20} = 90\%$$

الحساسية True Positive Rate (TPR) معدل إيجابي حقيقي:

$$(TPR) = \text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (15)$$

$$= \frac{19}{21} \times 100\% = 95\%$$

الصحة (ACC):

$$(ACC) = \text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \times 100\% \quad (16)$$

$$= \frac{19 + 18}{20} \times 100\% = 92.5\%$$

مع العلم أن:

- True Positive (TP): عدد مرات وصول التنبيه عند حدوث تسريب للغاز.
- True Negative (TN): عدد مرات عدم إصدار التنبيه عندما لا يكون هناك تسريب للغاز.
- False Positive (FP): عدد مرات وصول التنبيه عندما لا يكون هناك تسريب للغاز.
- False Negative (FN): عدد مرات عدم إصدار التنبيه عند حدوث تسريب للغاز.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

تم في هذا البحث تصميم دائرة إلكترونية تقوم بحساب تركيز الغاز ضعيف التركيز في البيئة المحيطة بالحساس.

❖ إن تغيرات تركيز الغاز C بدلالة النسبة $\frac{R_s}{R_0}$ طردية. فكلما زادت النسبة الأخيرة زاد تركيز الغاز ولكن هذه الزيادة

أسية كما هو موضح بالعلاقة (12) التي تم التوصل لها.

- ❖ إن الدارة المستخدمة موثوقة حيث كانت نسبتي الحساسية والنوعية هما 95% و 90% على الترتيب، أما الدقة فقد كانت 92.5% وذلك من أجل غاز البروبان.
- وأخيراً ومن خلال هذا البحث يمكننا التوصية بما يلي:
- توفير الدعم المالي والتقني للأبحاث المشابهة والتي تشجع الاعتماد على الذات في تصنيع وتطوير الدارات الإلكترونية بدون الاعتماد على الأجهزة المستوردة التي عادة ما تكون باهضة الثمن.
 - تطوير الدارة السابقة لتقوم بإرسال التنبيه كرسالة نصية على الهاتف المحمول أو عبر القيام بمكالمة هاتفية.
 - استخدام حساسات أخرى من سلسلة MQ وإجراء دراسات مماثلة من أجل كشف غازات أخرى.
 - تعميم استخدام هذه الدارة في المصانع التي تعتمد في عملها على الغازات التي يستشعرها الحساس المستخدم.

References

- [1] Siva, P. N.; Vishnu V. D.; Tharun K. R. *An IoT-Based Low-Cost Weather Monitoring and Alert System Using Node MCU*. 2nd.ed. Springer, Switzerland, 2017, 274.
- [2] Durani, H.; Sheth, M.; Vaghasia, M.; Kotech, S. *Smart Automated Home Application using IoT with Blynk App*. IEEE, 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT) Coimbatore, India Vol 166, 2018, 393–397.
- [3] Jayne, C.; Lazaros, L. *Predictive Model for Detecting MQ2 Gases Using Fuzzy Logic on IoT Devices*. Springer, Switzerland, 2016, 185.
- [4] Gautam, A.; Verma, G.; Qamar, S.; Shekhar, S. *Vehicle Pollution Monitoring, Control and Challan System Using MQ2 Sensor Based on Internet of Things*. Springer, Switzerland, 2019, 1-15.
- [5] Nassour, J.; Ghadiya, V.; Hugel, V.; Hamker, F. H. *Design of new Sensory Soft Hand: Combining air-pump actuation with superimposed curvature and pressure sensors*. IEEE, Livorno, Italy. 2018, 164- 169.
- [6] Sabilla, S. I.; Sarno, R.; Siswantoro, J. *Estimating Gas Concentration using Artificial Neural Network for Electronic Nose*. ELSEVIER, Bali, Indonesia, 2017, 181–188.
- [7] Granda C. J.; Bastidas, D.; Solorzano, S.; Clairand, J. M. *Design and implementation of a Wireless Sensor Network to detect forest fires*. International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG). Quito, Ecuador, 2017, 15–21.
- [8] Dorcea, D.; Hnatiuc, M.; Lazar, I. *Acquisition and Calibration Interface for Gas Sensors*. IEEE, International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME). Constanta, Romania, 2018, 120-123.
- [9] Nieto, J. G.; Alba, E.; Jourdan, L.; Talbi, E. *Sensitivity and specificity based multiobjective approach for feature selection Application to cancer diagnosis*. ELSEVIER, 2009, 887–896.