

## Designing a Fuel Measurement System for Validating Dispensed Quantities in Fuel Stations''

Muhammed Hikmat Muhammed\*

(Received 11 / 5 / 2024. Accepted 1 / 8 / 2024)

### □ ABSTRACT □

In this study, we designed and developed a comprehensive system for measuring fuel flow rates at filling stations with the aim of improving measurement accuracy and providing a reliable and user-friendly solution. The system consists of a turbine flow meter equipped with a turbine containing permanent magnets, a Hall Effect sensor that converts the turbine's motion into electrical pulses, an Arduino UNO microcontroller that receives these pulses and calculates the flow rate using a predetermined correction factor, an LCD screen for data display, and a Bluetooth module for real-time data transmission to a mobile app. The design presented an innovative solution that achieved high precision, demonstrated by the experiment showing that the system provides readings with an error margin of up to 1% and a repeatability error of no more than 0.75% at a flow rate of 45 liters per minute. The system effectively displayed results and shared them via Bluetooth, facilitating real-time monitoring of data from a mobile device. The results confirmed that the system delivers reliable measurements and performs effectively in the environment of fuel stations. Recommendations include further development of the device for use with liquids of varying densities, testing under different pressure and temperature conditions for enhanced accuracy, modifying the mechanical design to better match fuel dispensing standards, exploring new measurement techniques, and adding features such as a fuel level sensor for vehicles. This system represents a significant advancement towards developing sophisticated and effective measurement solutions for fuel dispensing applications.

**Keywords:** Flow, Arduino, Bluetooth, Hall Effect Sensor, Fuel Dispenser Calibration, Real-Time Fuel Monitoring, Turbine Flow Meter, Calibration Techniques, Measurement Accuracy.

**Copyright**



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

---

\* Master's - Industrial Automation Engineering – Tartous University – Tartous - Syria.  
muhammedhikmatmuhammed@gmail.com

## تصميم نظام قياس وقود للتحقق من الكميات المعبأة في محطات الوقود

محمد حكيمات محمد \*

(تاريخ الإيداع 11 / 5 / 2024. قُبِلَ للنشر في 1 / 8 / 2024)

### □ ملخص □

في هذا البحث، قمنا بتصميم وتطوير نظام متكامل لقياس تدفق الوقود في محطات التعبئة بهدف تحسين دقة القياسات مع الكميات المعبأة وتوفير وسيلة موثوقة وسهلة الاستخدام. يتألف النظام من مقياس تدفق توربيني مزود بتوربين يحتوي على مغناطيس دائم، وحساس تأثير هول يقوم بتحويل حركة التوربين إلى نبضات كهربائية، ومتحكم دقيق من نوع Arduino UNO الذي يستقبل النبضات ويحسب معدل التدفق باستخدام معامل تصحيح محدد، بالإضافة إلى شاشة LCD لعرض البيانات ووحدة بلوتوث لنقل المعلومات إلى تطبيق الهاتف المحمول في الوقت الحقيقي. قدم التصميم حلاً مبتكراً بفضل دقته العالية، حيث أظهرت التجربة أن النظام يحقق قراءة بدقة تصل إلى 1% من الخطأ، ونسبة خطأ التكرارية لا تتجاوز 0.75% عند معدل تدفق 45 لترًا في الدقيقة. كما أثبت النظام فعاليته في عرض النتائج ومشاركتها عبر البلوتوث، مما يساهم في تسهيل مراقبة البيانات من خلال الهاتف المحمول. توصلت التجربة إلى أن النظام يوفر دقة قياس موثوقة ويعمل بفعالية في بيئة محطات الوقود. وقد أوصينا بتطوير الجهاز ليعمل مع سوائيل ذات كثافات مختلفة، واختباره في ظروف ضغط وحرارة متنوعة لتحسين أدائه، وتعديل التصميم الميكانيكي ليتوافق مع معايير تعبئة الوقود، واستكشاف تقنيات قياس جديدة، وإضافة ميزات إضافية مثل حساس لقياس مستوى الوقود في السيارة. يُعتبر هذا النظام خطوة هامة نحو تطوير حلول قياس متقدمة وفعالة لمتطلبات محطات التعبئة والمستقبل.

**الكلمات المفتاحية:** التدفق، الأريدينو، وحدة البلوتوث، حساس الأثر المغناطيسي، معايرة أجهزة تعبئة الوقود، مراقبة الوقود في الوقت الحقيقي، مقياس التدفق التوربيني.



حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

\* ماجستير - قسم هندسة الأتمتة الصناعية - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - طرطوس - سورية.  
muhammedhikmatmuhammed@gmail.com

**مقدمة:**

تواجه العديد من العربات الحديثة تحديا كبيرا يتمثل في عدم وجود مؤشر رقمي دقيق يمكن السائق من معرفة كمية الوقود المتبقية في الخزان. هذه المشكلة تؤثر بشكل مباشر على تجربة القيادة وتسبب قلقا للسائقين بشأن نفاذ الوقود دون سابق إنذار [1]. تعتمد المؤشرات الحالية على مقياس تقليدي لا يوفر دقة كافية [2]. يعكس هذا الموضوع أهمية تطوير أجهزة قياس متقدمة تعتمد على تقنيات حديثة، ليس فقط لتعزيز راحة السائقين، ولكن أيضا لتحسين كفاءة استهلاك الوقود وتقديم حلول مبتكرة تلبي احتياجات المستقبل. إن وجود مؤشر رقمي دقيق يمكن أن يساهم بشكل كبير في تخفيض التكاليف الناتجة عن أخطاء التقدير [3]، ويمنح السائقين الثقة أثناء القيادة في الرحلات الطويلة أو المناطق النائية. علاوة على ذلك، فإن تحسين دقة قياس مستوى الوقود يمكن أن يساهم في تطوير استراتيجيات أفضل لإدارة الوقود، مما ينعكس إيجابيا على الاقتصاد والبيئة [4]. من هذا المنطلق، انطلقنا في هذا البحث لتصميم نظام يمكنه قياس كمية الوقود الداخلة إلى الخزان بشكل دقيق، مما يساهم في كشف عمليات الغش وتحسين إدارة الوقود.

حيث هناك مجموعة من الإشكاليات التي تواجه الآليات بشكل عام ومنها التحقق من كمية الوقود الداخلة إلى خزان الوقود في السيارات فهل يمكن تطوير نظام دقيق يمكنه قياس كمية الوقود التي يتم تعبئتها في خزان السيارة؟ يعد هذا السؤال أساسيا لتحقيق أهداف البحث، حيث يعتمد على تصميم مستشعرات ونظام قياس متقدم يمكنه تقديم بيانات دقيقة حول كمية الوقود المدخلة. وهل يمكن عرض الكمية المقاسة مباشرة عبر الهاتف المحمول أي هل يمكن توصيل النظام بجهاز محمول لعرض البيانات في الوقت الفعلي؟ يتطلب هذا الأمر تطوير تطبيق يتيح للمستخدمين مراقبة كمية الوقود المدخلة من خلال هواتفهم المحمولة، مما يسهل عملية التحكم والمراقبة. ومنها أيضا تعديل معامل التصحيح تبعاً لسرعة تدفق السائل فكيف يمكن تعديل معامل التصحيح في النظام ليكون دقيقاً باختلاف سرعة تدفق الوقود؟ يتطلب هذا الأمر فهما عميقاً لسلوك تدفق السوائل وتطوير خوارزميات تعابير النظام بشكل تلقائي وفقاً للتغيرات في سرعة التدفق. ومن هنا بدأنا في تصميم جهاز يمكنه المقارنة بين كمية الوقود الفعلية التي يتم تعبئتها في الآلية وبين الكمية المقاسة من محطة الوقود ضمن محطات الوقود في سورية. سيستعرض البحث خطوات تصميم النظام المقترح ومميزاته من خلال المراقبة في الوقت الحقيقي

**طرائق البحث ومواده:**

تم اعتماد المنهج الوصفي بالإضافة إلى المنهج التجريبي في هذا البحث، حيث تم توصيف الإشكاليات المطروحة والإجراءات والأدوات اللازمة لإجراء البحث، بالإضافة إلى توصيف جميع التجارب اللازمة لتنفيذ نموذج تجريبي واختباره لإثبات الفرضيات. تم تصميم التجارب اللازمة، ومن ثم الحصول على النتائج ومناقشتها، وصولاً إلى استنباط الاستنتاجات وفق المراحل التالية: في البداية، تم الحصول على نموذج خاص لمقياس توربيني يحتوي على مغناط دائم ضمن توربين المقياس، وتم إضافة حساس أثر مغناطيسي والتحقق من عمله ومواءمته للنموذج المقترح. بعد ذلك، تم تجميع العناصر الميكانيكية للحصول على نموذج متوائم مع مزودات الوقود في محطات التعبئة. تم اختيار متحكم من نوع أردوينو أونو للعمل، وتم تحضير بيئة العمل وإجراء النمذجة باستخدام برنامج Protues، كما تم تحضير النموذج وإجراء معايرة حجمية للمقياس، حيث تم تمرير سائل مقياس (بحجم محدد مسبقاً) وقياس عدد النبضات الواردة من حساس الأثر المغناطيسي إلى المتحكم. باستخدام معامل تصحيح، تم معايرة النتيجة للحصول على النموذج اللازم،

وأضيفت وحدة بلوتوث إلى المتحكم لإرسال البيانات الواردة مباشرة إلى الهاتف المحمول. بعد تصميم التجارب وتنفيذها، تم الحصول على النتائج ومناقشتها للوصول إلى الاستنتاجات، حيث تضمن ذلك التحقق من دقة النظام في قياس كمية الوقود المدخلة إلى الخزان ومعايرتها، بالإضافة إلى اختبار موثوقية النظام في نقل البيانات إلى الهاتف المحمول. أثبتت التجارب نجاح النموذج في تحقيق الأهداف المرجوة، مما يفتح آفاقاً جديدة لتحسين أنظمة قياس الوقود وإظهار النتائج للعملاء.

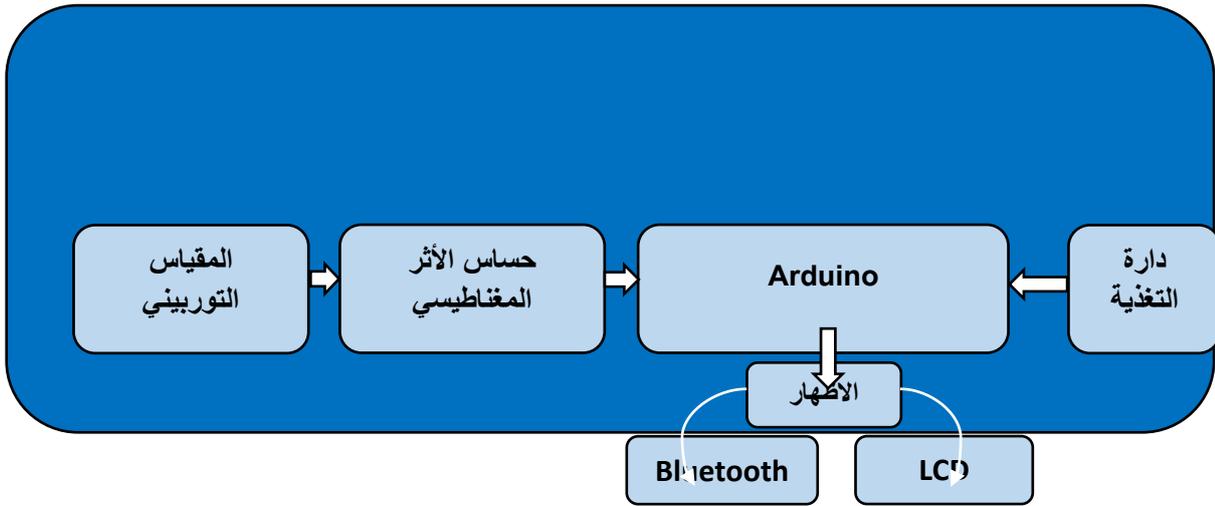
#### الدراسات المرجعية:

تداولت عدة أبحاث هامة في مجال قياس تدفق السوائل والوقود. في عام 2016، نشر الباحث Partha وآخرون دراسة حول قياس دقيق لمستوى الوقود في السيارة مع تعويض الميل باستخدام حساس الميل، حيث استخدموا حساس لقياس مستوى الوقود مع الأخذ بعين الاعتبار إمالة الخزان وحركة الوقود [5]. وفي 2017، قدم الباحث Ying وآخرون دراسة حول تصميم جهاز قياس تدفق الوقود بتغيير الضغط لخزان طائرة، مستخدمين منصة AMES والمحاكاة ضمن بيئة Matlab لإثبات فعالية الطريقة [6]. في 2009، قام الباحث Yang Bo وآخرون بدراسة قياس دقيق وعالي السرعة لتدفق السوائل باستخدام أمواج فوق الصوتية ومعالج FPGA، حيث أظهرت النتائج التجريبية دقة عالية تحت ظروف لزوجة عالية وتدفق صغير [7]. أما في 2011، تناول الباحث Wang وآخرون تأثير الفقاعات على مقياس تدفق كهرومغناطيسي، مقدّمين طريقة لتقدير وتقليل أخطاء العدادات للحصول على نتائج دقيقة [8]. وفي 2012، قدم الباحث Santhosh وآخرون دراسة حول قياس التدفق باستخدام حساس أمواج فوق الصوتية والشبكات العصبية، حيث أثبتت الطريقة فعاليتها على اختلاف قطر الأنابيب والتدفق وكثافة السائل [9]. أما في 2013، صمم الباحث Ria Sood وآخرون مقياس تدفق للمياه لري المزروعات باستخدام متحكم Atmega وشاشة LCD وحساس الأثر المغناطيسي مع توربين، وأثبتت الطريقة فعاليتها [10]. في 2014، قدم الباحث Wang Song Hao وآخرون دراسة حول مقياس تدفق ذكي ذو تغذية ذاتية للأنابيب الرفيعة، حيث أظهرت النتائج أن التدفق لمدة ثانية واحدة يولد طاقة كافية لعمل المقياس لمدة 720 ثانية [11]. وفي 2009، نشر الباحث Yang Bo وآخرون دراسة حول قياس دقيق لتدفق السوائل باستخدام أمواج فوق الصوتية ومعالج FPGA، حيث حقق المقياس دقة عالية باستخدام حساسين مرسل ومستقبل للأمواج الصوتية [12]. تناول الباحث Songying Yang وآخرون في 2009 أيضاً مقياس تدفق باستخدام أمواج فوق الصوتية مع استهلاك منخفض للطاقة، حيث أظهرت النتائج أن عامل الخطأ أقل من 1.6% [13]. وفي 2007، قدم الباحث Wang Zhen وآخرون دراسة حسابية لمقياس التدفق التوربيني، حيث أثبتت المحاكاة فعالية النموذج في القياس [14]. نشر الباحث Gaurav وآخرون في 2017 نظاماً ذكياً لمراقبة وتوقع تدفق المياه، يعتمد على حساس تدفق توربيني و Arduino و Raspberry Pi لمراقبة نظام تدفق المياه عبر الإنترنت [15]. في 2016، صمم الباحث Botha وآخرون مقياس تدفق ومراقبة استهلاك المياه باستخدام مقياس تدفق كهرومغناطيسي مع متحكم PIC وألواح شمسية لتغذية الدارة، واقترح استخدام مستشعرات لاسلكية مستقبلاً [16]. في 2019، قدم الباحثان Mikhail & Aleksey دراسة حول تحسين دقة مقياس تدفق يعمل بالأمواج فوق الصوتية باستخدام تقنيات تعليم الآلة والشبكات العصبية، وأثبتت الطريقة فعاليتها في تقليل نسبة الخطأ في القياس [17]. نشر الباحث Nannan وآخرون في 2019 دراسة حول تحسين قياس التدفق لمقياس بأمواج فوق الصوتية باستخدام أدوات قياس والنمذجة الحسابية، مقترحين دراسة أنواع مختلفة من المرسل ضمن حالات عمل متعددة [18]. وأخيراً، في 2019، قدم الباحث Marco وآخرون دراسة حول قياس معدل تدفق الغاز والسائل باستخدام مقياس فينتوري وحساس سعوي، حيث أعطت الطريقة

نتائج جيدة في تقدير التدفق والكثافة [19]. الا اننا في بحثنا سنستخدم تصميمًا جديدًا لقياس كمية الوقود الفعلية المعبأة ومقارنتها مع الكمية المقاسة في محطة الوقود.

#### تصميم نظام القياس:

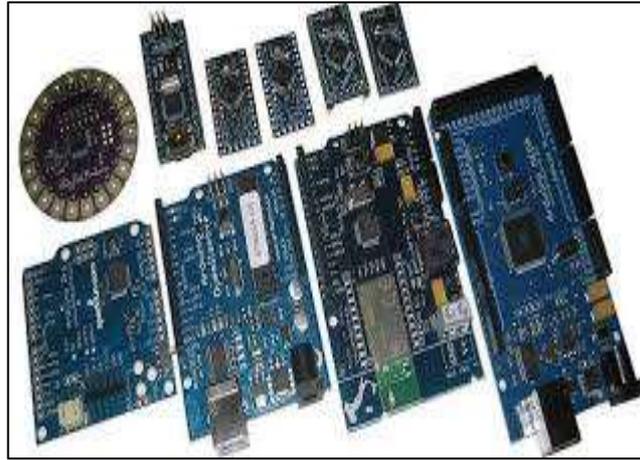
يبين الشكل (1) المخطط الصندوقي للنظام المقترح القائم على متحكم أردوينو وحساس الأثر المغناطيسي وكذلك مقياس التدفق التوربين وشريحة البلوتوث وشاشة العرض الكريستالية. يقوم هذا النظام بقياس الكمية الفعلية المعبأة في الآلية (السيارة) ومقارنتها مع القيمة المقروءة ضمن المحطة. من خلال مقياس التدفق التوربين وحساس الأثر المغناطيسي وإرسالها إلى المتحكم من نوع أردوينو ليتم معالجة البيانات ضمنها ومن ثم إظهار النتائج على شاشة الأظهار الكريستالية وكذلك إرسال البيانات إلى الهاتف المحمول عن طريق البلوتوث.



الشكل (1) المخطط الصندوقي للنظام المقترح.

#### مكونات نظام المراقبة:

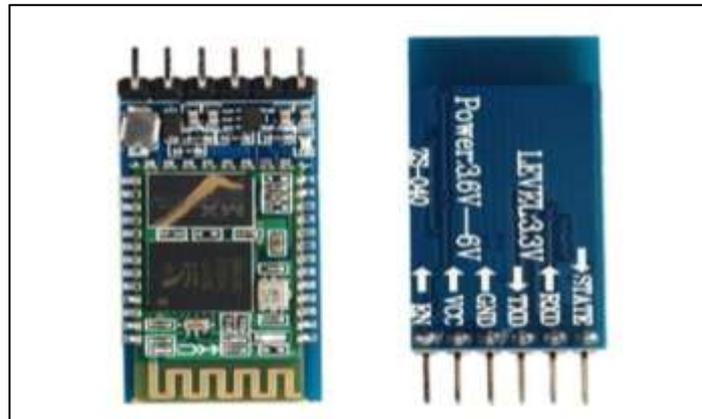
1. **مصادر التغذية:** تتناول التغذية المباشرة للمتحكم الرئيسي في النظام، والذي هو من نوع Arduino Nano، حيث قمنا بتأمين مصدر تغذية مستقر لضمان تشغيله بشكل موثوق. هذا المصدر يُعدّ أساسياً لتوفير الطاقة اللازمة للمتحكم وجميع الدوائر الإلكترونية الأخرى التي تتطلب تغذية مستمرة وثابتة. تم اختيار مصادر التغذية بعناية لضمان توفير جهد ثابت وعالي الجودة، مما يساهم في الحفاظ على استقرار أداء النظام والموثوقية في قياس البيانات ومعالجتها.
2. **المتحكم:** Arduino هو لوحة دوائر إلكترونية قابلة للبرمجة تُستخدم في مجموعة متنوعة من مشاريع الإلكترونيات. تم تطويرها بواسطة Arduino.cc، وهي متوافقة مع عدة لغات برمجة وبيئات تطوير مختلفة. تحتوي اللوحة على مجموعة من منافذ الإدخال/الإخراج الرقمية والتناظرية التي تتيح لها التفاعل مع المكونات الإلكترونية الأخرى. كما تضم اللوحة متحكماً دقيقاً، وهو عبارة عن كمبيوتر صغير مدمج على شريحة يمكن برمجته لأداء مهام متعددة. يمكن استخدام الـ Arduino لبناء مشاريع تفاعلية، قراءة البيانات من حساسات مختلفة، والتحكم في المحركات والمكونات الأخرى [20]. يوضح الشكل (2) بعض أنواع لوحات Arduino المختلفة.



الشكل (2) أنواع لوحات Arduino.

### 3. وحدة البلوتوث:

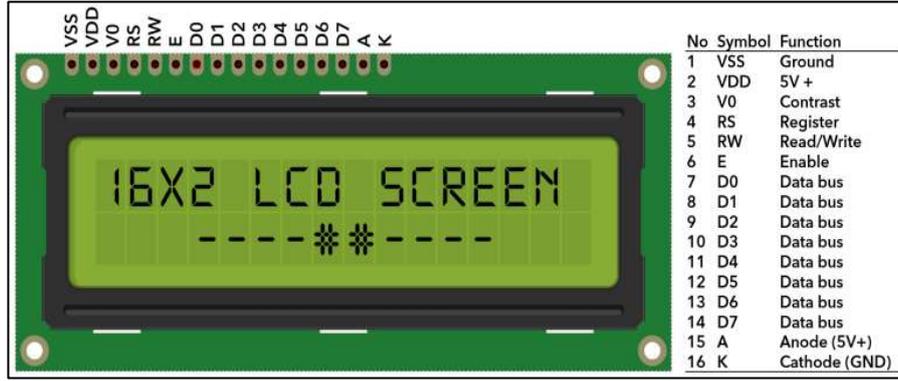
تعتبر وحدة البلوتوث HC-05 واحدة من الوحدات المثلالية التي تستخدم تقنية البلوتوث لتوفير الاتصال بين المتحكمات الدقيقة ولوحات التحكم لأغراض القياس والتحكم عن بُعد [21]. من خلال هذه الوحدة، يمكن إجراء الاتصال وإرسال إشارات التحكم من الحاسوب أو الهاتف الذكي إلى المتحكم، مما يتيح التحكم عن بُعد في المشاريع المختلفة كما موضح في الشكل (3).



الشكل (3) وحدة البلوتوث HC-05.

### 4. شاشة العرض الكريستالية:

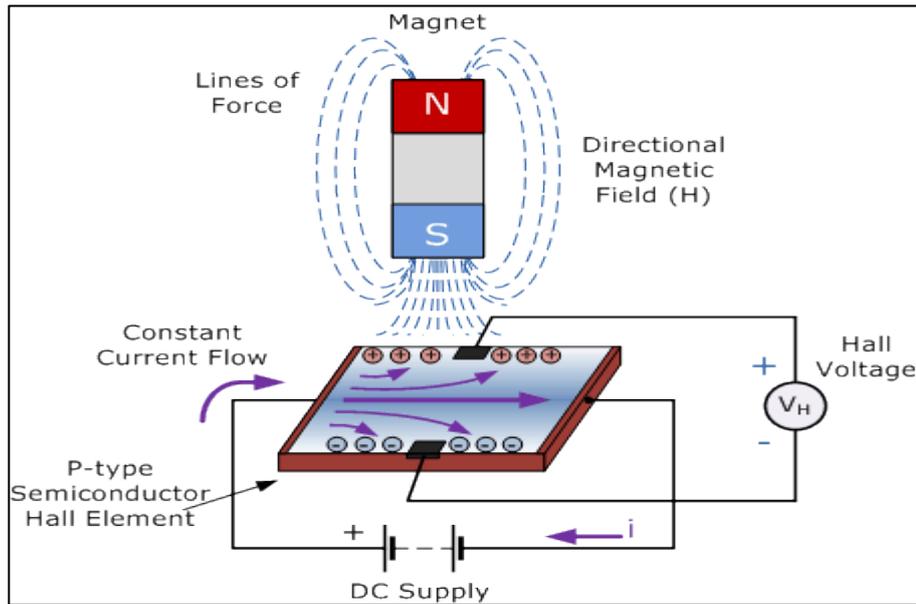
في تصميم النظام، استخدمنا شاشة العرض الكريستالية LCD ذات الستة عشر محرفا والإضاءة الخلفية. هذه الشاشة، الموضحة في الشكل (4)، تتيح عرض البيانات والنصوص بوضوح بفضل تقنية الكريستال السائل والإضاءة الخلفية التي تعزز وضوح المحتوى المعروض.



الشكل (4) شاشة LCD ذات الستة عشر محرفا.

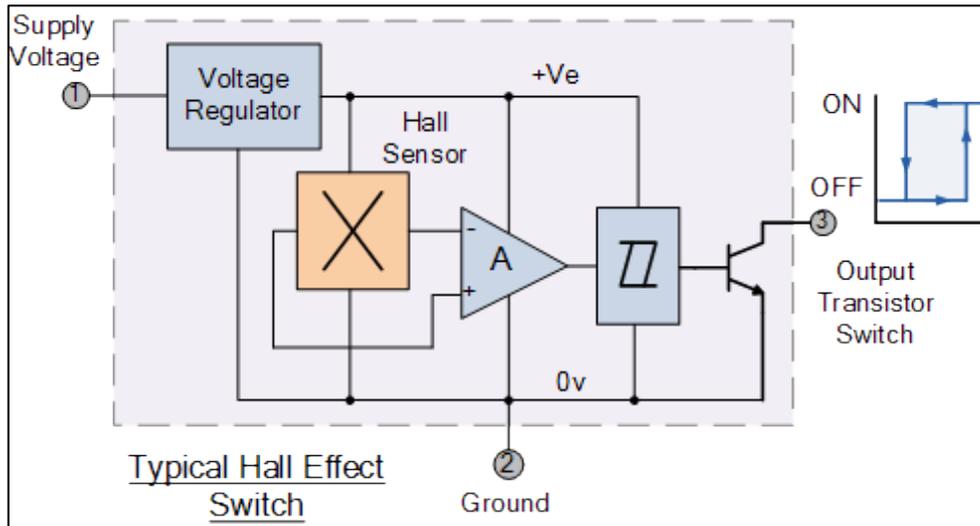
## 5. حساس الأثر المغناطيسي هول (Hall Effect Sensor)

هو جهاز حالة صلبة شائع الاستخدام في العديد من التطبيقات، مثل استشعار الموقع، السرعة، والحركة الاتجاهية، وذلك بسبب متانته وقوته ضد الاهتزاز والغبار والماء، فضلا عن عدم حاجته للصيانة. يتمتع هذا الحساس بقدرة على الاستجابة لمجموعة واسعة من المجالات المغناطيسية الإيجابية والسلبية بفضل عمله الذي يعتمد على استشعار كثافة الفيض المغناطيسي [22]. فعندما يتعرض الحساس للمجال المغناطيسي، تتحرف الإلكترونات عبر مادة شبه موصلة كما هو موضح في الشكل (5)، مما يولد جهد هول يتناسب مع كثافة الفيض المغناطيسي.



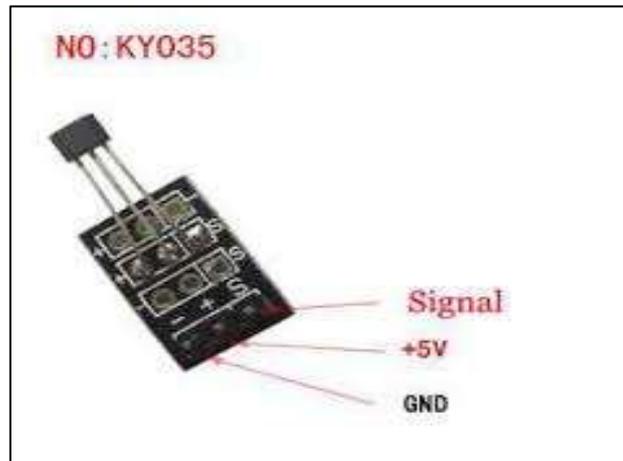
الشكل (5) آلية عمل حساس الأثر المغناطيسي [22].

الحساس يعمل بشكل أساسي في حالة دارة مفتوحة في غياب الحقل المغناطيسي ويصبح في حالة وصل عند تطبيقه، مع ضرورة أن تكون خطوط التدفق المغناطيسي متعامدة على سطح الحساس لكي يعمل بشكل صحيح. يتطلب الحساس عادة مضخما مدمجا لتكبير الجهد الضعيف الناتج ليتمكن الاستفادة من الإشارة مباشرة ويوضح الشكل (6) البنية الداخلية لحساس الأثر المغناطيسي.



الشكل (6) البنية الداخلية لحساس الاثر المغناطيسي [22].

يستخدم الحساس في تطبيقات متنوعة مثل الكشف وجها لوجه، الكشف الجانبي، والكشف الموضعي، حيث يكون من الضروري أن تكون الخطوط المغناطيسية متعامدة مع منطقة الاستشعار ويجب أن تكون القطبية مناسبة لتحقيق أقصى قدر من الحساسية. في هذا البحث، تم استخدام حساس تأثير هول الذي يوضح في الشكل (7) والذي يقوم بتوليد نبضات تتناسب مع سرعة السائل عبر المقياس التوربيني، ويتم إرسال إشارة الحساس إلى المتحكم **Arduino UNO** لمعالجة البيانات.



الشكل (7) حساس الأثر المغناطيسي المستخدم.

قانون العمل للحساس:

$$V_h = R_h \left( \frac{I}{t} * B \right) \quad (1)$$

حيث:  $V_h$ : جهد الخرج مقدرا بالفولت.  $R_h$ : معامل حساس الاثر المغناطيسي.  $I$ : التيار المار بالحساس مقدرا بالأمبير.  $t$ : ثخانة الحساس مقدرة بالميلي متر.  $B$ : كثافة شدة الفيض المغناطيسي مقدرة ب تسلا. وبيين الجدول (1) المواصفات الفنية لحساس الأثر المغناطيسي المستخدم.

الجدول (1) المواصفات الفنية لحساس الاثر المغناطيسي.

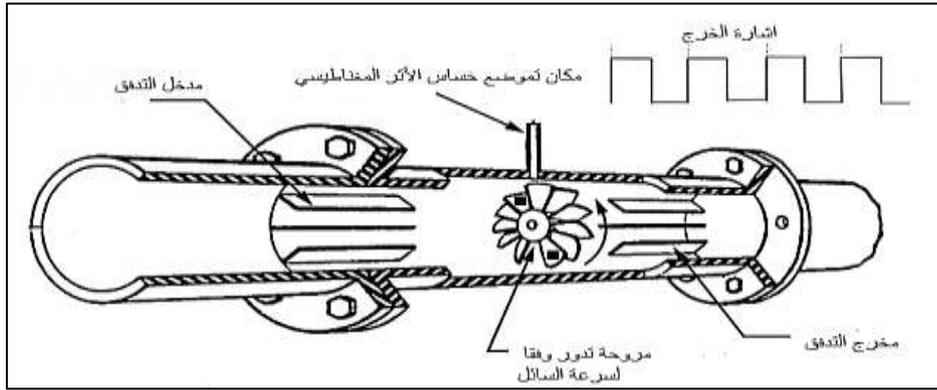
Model	Hall effect sensor
Article No	SEN-KY003
Chipset	A3141
Sensor type	Hall Effect Transistor
Function	The transistor switches if the module is held in a magnetic field. This can be read out at the signal output as an analog voltage value.
Operating voltage	3.3V
Dimensions	15 x 29 x 7mm
Scope of delivery	Hall effect Sensor
EAN	4250236816784

## 6. المقياس التوربيني:

تم تصميم مقياس توربيني مصنوع من البلاستيك كما هو موضح في الشكل (8)، مع فتحتي دخل وخرج بقياس 0.75 إنش، حيث يحتوي التوربين على مغناط دائمة مدمجة بداخله. يعمل تدفق البنزين على تدوير التوربين بسرعة تتناسب مع سرعة التدفق، مما يجعل المغناط تدور ويوضح الشكل (9) البنية الداخلية له. تم الاستفادة من الحقل المغناطيسي الناتج من خلال تركيب حساس أثر مغناطيسي على الجسم الخارجي للمقياس، مما يتيح عزلا كاملا بين السائل المقاس والدارة الكهربائية لحماية النظام من الأضرار. بعد ذلك، تم تدعيم الجسم البلاستيكي باستخدام دعائم معدنية، وتوصيل محولات للدخل والخرج بحيث تم تصميم المدخل للاستخدام المباشر في محطات تعبئة الوقود وتجهيز المخرج برأسية متطابقة مع أجهزة التعبئة الموجودة في محطات الوقود، مما يجعل الجهاز جاهزا للاستخدام الفوري في السيارات.

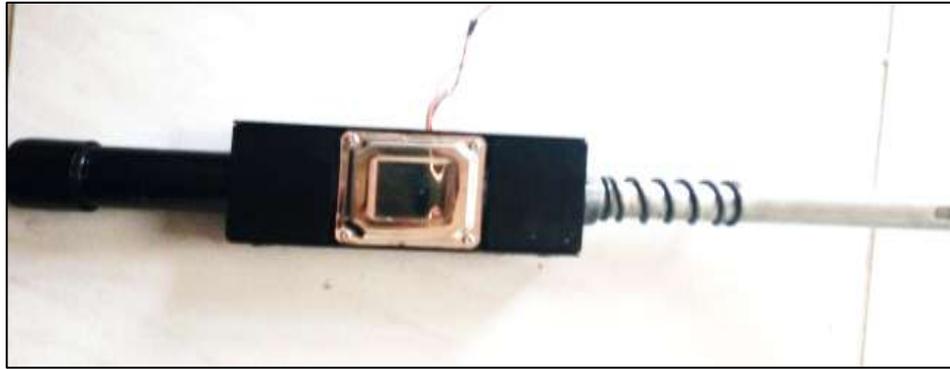


الشكل (8) المقياس التوربيني المصنوع من البلاستيك.



الشكل (9) البنية الداخلية للمقياس التوربيني.

تم اجراء المحاكاة للدارات الالكترونية قبل التنفيذ باستخدام برنامج Protues، وتم تنفيذ مخطط الدارة العملية ووضع مفتاح من نوع button/Push ليتم تصفير الحجم المقاس والعودة الى الحالة الأولية للمقياس وفقا للتعليمات البرمجية المعطاة في المتحكم. ويوضح الشكل (10) الجهاز المصمم بعد دمج الدارات الالكترونية ضمن هيكل المقياس.



الشكل (10) الجهاز المصمم بعد دمج الدارات الالكترونية ضمن هيكل المقياس.

#### المعايرة وخصائص السائل المقاس:

المعايرة هي عملية مقارنة بين القيمة المقروءة من الجهاز المراد معايرته والقيمة الحقيقية بهدف تصحيح القيمة المقاسة لتكون أقرب ما يمكن إلى القيمة الهدف وتحديد الانحراف عن الهدف لبناء عامل تصحيح مناسب. تعد المعايرة عملية أساسية لضمان دقة قياس عدادات التدفق، حيث يمكن تنفيذها باستخدام مقياس معاير آخر كمرجع أو باستخدام معدل تدفق معروف. الدقة في قياس التدفق يمكن أن تتأثر بعدة عوامل مثل درجة الحرارة، الضغط، اللزوجة، والتمدد، ويجب أخذ هذه العوامل في الاعتبار لضمان تكرارية جيدة في القراءة ودقة في النتائج. في هذا البحث، تم استخدام مقياس توربيني حيث يتم معايرته باستخدام معيارين شائعين؛ المعايرة الأولية التي تعتمد على قياس معالم فيزيائية مثل الكتلة، الزمن، والمسافة لضمان تقليل الأخطاء، والمعايرة الثانوية التي تعتمد على مقارنة المقياس بمقياس رئيس تمت معايرته مسبقاً للتحقق من دقته.

خصائص السائل المقاس تؤثر بشكل مباشر على أداء مقياس التدفق، حيث تتفاعل جميع مقاييس التدفق مع خصائص السائل مثل اللزوجة، الكثافة، ودرجة الحرارة، مما يؤثر على دقة قياس الكمية. التغيرات في خصائص السائل أو في

تصميم الأنبوب، مثل الانحناءات والصمامات، يمكن أن تؤدي إلى عدم تناسق توزيع السرعة، لذا من الأفضل إجراء المعايرة باستخدام نفس السائل والأنابيب في الموقع الفعلي للعداد لضمان أعلى دقة في القياسات. عندما يمر سائل عبر الأنبوب، يتغير توزيع السرعة وفقاً لعوامل مثل القطر الداخلي للأنبوب، الخشونة، ورقم رينولدز للسائل، وأي تغييرات في شكل الأنبوب، مثل الانحناءات أو الصمامات، قد تؤدي إلى عدم تناسق توزيع السرعة مما يؤثر على دقة المستشعر، لذا من الضروري أخذ هذه التأثيرات في الاعتبار أثناء المعايرة لضمان دقة القياسات. تمت المعايرة باستخدام حجم ثابت من السائل، حيث تم تمرير هذا الحجم عبر المقياس التوربيني خلال فترة زمنية محددة. أثناء هذه الفترة، تم قياس عدد النبضات التي يستقبلها المتحكم Arduino بناءً على عدد النبضات المقاسة خلال تلك الفترة، تم حساب معامل التصحيح K factor، الذي يعبر عن عدد النبضات لكل وحدة زمنية من تدفق السائل. يُستخدم هذا المعامل لتصحيح قراءات المقياس بحيث تتطابق مع معدل التدفق الفعلي للسائل، مما يضمن دقة القياسات في النظام.

### التجارب الفعلية ضمن محطات الوقود:

تمت التجربة العملية ضمن محطة الوقود، حيث تحتوي المحطة على ثلاث سرعات مختلفة لتدفق الوقود. السرعة الأولى تكون بطيئة وتقدر عادة بحوالي 15 لتر في الدقيقة، بينما السرعة الثانية هي متوسطة وتبلغ حوالي 30 لتر في الدقيقة، والسرعة الثالثة هي عالية بمعدل تدفق يقارب 45 لتر في الدقيقة. في التجربة، تم إجراء عملية المعايرة الحجمية من خلال تعبئة 10 لترات من الوقود وقياس عدد النبضات في كل لحظة. وقد تم تسجيل النتائج وفقاً للمعادلات التالية:

$$Q = N * K \quad (2)$$

حيث: Q: الحجم المقاس خلال واحدة الزمن (ml)، N: عدد النبضات، K: معامل الضبط.

$$QL = (N * K) \frac{1}{1000} \quad (3)$$

حيث: QL: الحجم المقاس خلال واحدة الزمن (L).

أما بالنسبة للتدفق (M) مقدراً باللتر لكل دقيقة خلال واحدة الزمن يعطى بالعلاقة التالية:

$$M = QL * 60 \quad (4)$$

تم استخدام هذه المعادلات لتحديد معدل التدفق الفعلي للوقود بناءً على قراءة عدد النبضات ومعامل التصحيح كما تبينه النتائج في الجدول (2). من خلال قياس عدد النبضات على مدار فترة زمنية معينة، تم حساب الحجم المقاس وتحويله إلى معدل تدفق باللتر في الدقيقة، مما ساعد في التحقق من دقة قراءات المقياس وإجراء التعديلات اللازمة لتصحيحها. الجدول (2) الاختبارات العملية لإجراء عملية التصحيح.

التدفق liters per minute (LPM)	التردد المقاس	القيمة الحسابية لمعامل الضبط
15	59	4.2
30	94	5.3
45	122	6.1

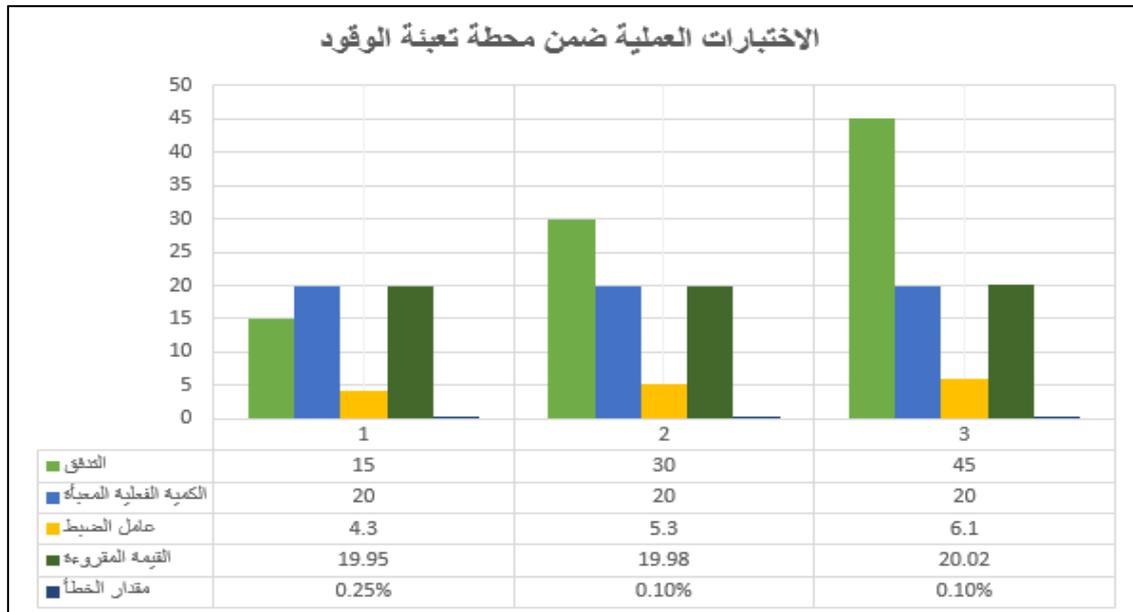
الجدول (2) يعرض نتائج اختبارات عملية لنظام قياس تدفق الوقود في محطة تعبئة، حيث يشمل القيم الحسابية لمعامل الضبط، التردد المقاس، والتدفق بوحدة اللترات لكل دقيقة. يتضح من الجدول أن هناك علاقة طردية بين التردد

المقاس والتدفق، حيث تزداد قيمة التدفق مع زيادة التردد. كذلك، تزداد القيمة الحسابية لمعامل الضبط مع ارتفاع التردد، مما يشير إلى ضرورة ضبط النظام بشكل أكبر عند الترددات الأعلى لضمان دقة القياس. البيانات توضح أن النظام يستخدم هذه العلاقة بين التردد والتدفق لضبط وقياس الكميات المعبأة بدقة، مما يساهم في تحسين أداء محطة الوقود. وتم اجراء اختبار المقياس عند السرعات الثلاث ويوضح الجدول (3) النتائج التي تم الحصول عليها.

الجدول (3) الاختبارات العملية ضمن محطة تعبئة الوقود.

التدفق liters per minute (LPM)	الكمية الفعلية المعبأة (L)	قيمة عامل الضبط في المقياس	القيمة المقروءة	مقدار الخطأ
15	20	4.3	19.95	0.25 %
30	20	5.3	19.98	0.1%
45	20	6.1	20.02	0.1 %

يوضح الشكل (11) أن هناك فرقاً بين الكمية المقاسة من قبل نظام المحطة والكمية الفعلية المعبأة في جميع الاختبارات. تم استخدام عامل الضبط لتقليل هذا الفرق وتحسين دقة القياس. مقدار الخطأ يقل بشكل تدريجي بين الاختبارات، مما يدل على أن النظام يتحسن مع كل اختبار. حيث يوفر المخطط نظرة شاملة على كيفية أداء نظام قياس تدفق الوقود ضمن محطة الوقود وكيفية تحسين دقته باستخدام عوامل الضبط المختلفة.



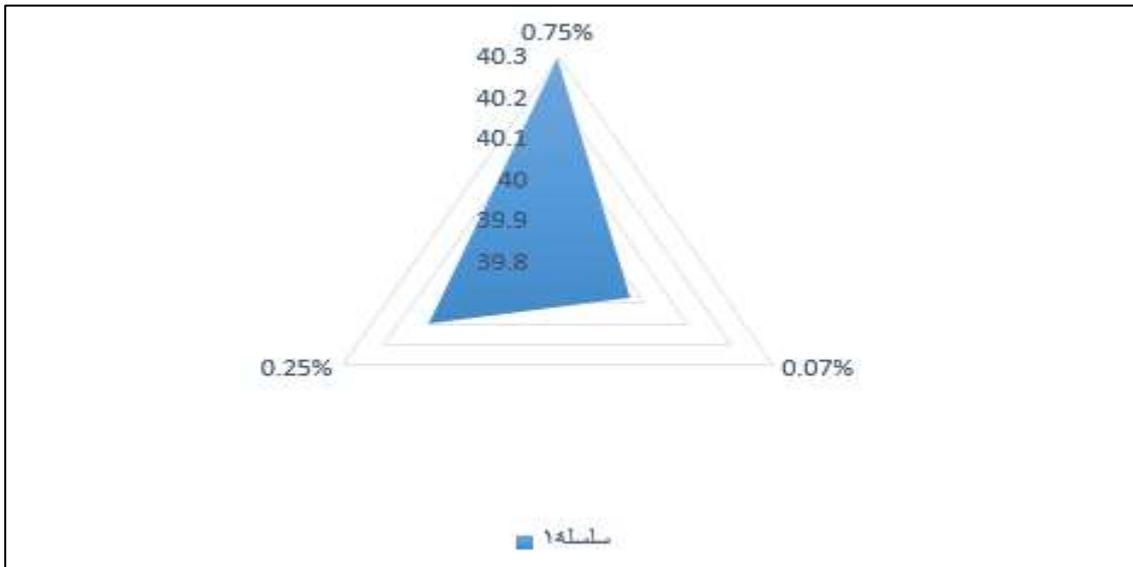
الشكل (11) الاختبارات العملية ضمن محطة تعبئة الوقود.

ثم تم اختبار تكرارية المقياس على حجم قدره 40 لتر بتدفق ثابت يبلغ 45 لترا في الدقيقة ويوضح الجدول (4) النتائج التي تم الحصول عليها.

الجدول (4) اختبارات تكرارية القياس.

النسبة المئوية لمقدار الخطأ	النتيجة
0.75 %	40.3
0.07%	39.97
0.25%	40.1

يوضح الشكل (12) ان النظام يظهر أداءً مستقرًا مع بعض التفاوتات البسيطة في دقة القياس، كما يتضح من النسب المئوية لمقدار الخطأ. الاختبار الثاني أظهر أعلى دقة بنسبة خطأ 0.07%، بينما الاختبار الأول أظهر أقل دقة بنسبة خطأ 0.75%. النتائج النهائية متقاربة، مما يشير إلى أن النظام يعيد نفس النتيجة تقريباً مع اختلافات طفيفة فقط. هذا يدل على أن النظام يعتمد عليه بشكل كبير في قياس التدفقات مع مراعاة بعض التعديلات الطفيفة لتحسين دقته.



الشكل (11) معدلات الخطأ عند تكرارية القياس.

وبالتالي يمكن ان نستنتج ان نسبة الخطأ بعد إجراء التكرارية بحددها الأعلى 0.75%. وعليه يمكن وضع مواصفات الجهاز المصمم كما يبينه الجدول (5).

الجدول (5) مواصفات الجهاز المقدم.

النوع	تورييني
مجال العمل	0– 3.5 bar
الدقة	1 %
التكرارية	0.75 %
التغذية	5 Volt DC

استنادا إلى التجارب، تم حل مشكلة وجود ثلاث سرعات تدفق في محطة الوقود من خلال إضافة ميزة التعرف التلقائي للجهاز على السرعة واستخدام معامل التصحيح المناسب لكل سرعة.

```
if (count <75)
    factor = 4.2;
else if (count > 74 & count <111)
    factor = 5.3;
else if (count > 110 & count <140)
    factor = 6.3;
```

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

1. أظهرت التجربة أن مقياس التدفق التوربيني يحتاج إلى معايير دورية لضمان دقة وموثوقية نتائج القياس حيث يتعين إجراء عمليات معايرة منتظمة لضبط النظام والحفاظ على دقة القياسات.
2. تأكدت التجربة من أن دقة قراءة مقياس التدفق لا تتجاوز نسبة الخطأ فيه 1%. هذا يثبت أن المقياس يوفر نتائج دقيقة وموثوقة ضمن نطاق الخطأ المقبول.
3. بينت التجربة أن المعايرة على كامل مجال عمل المقياس تتطلب منحنيات عمل أكثر دقة وعددا أكبر من مراحل التصحيح. لضمان دقة القياسات على جميع سرعات التدفق، من الضروري تحسين منهجيات المعايرة وزيادة تفاصيل عملية التصحيح.
4. أثبتت التجربة أن نسبة خطأ التكرارية لا تتجاوز 0.75% عند إجراء التكرارية بمعدل تدفق يبلغ 45 لتر في الدقيقة. هذه النتيجة تشير إلى أن النظام يحقق تكرارية جيدة في القياسات عند أعلى معدل تدفق.
5. تم عرض نتائج القياس وقيمه عبر البلوتوث إلى الهاتف المحمول في الوقت الحقيقي. أكدت التجربة فعالية تقنية البلوتوث في نقل بيانات القياس بشكل مباشر وسلس.

### التوصيات:

1. تطوير الجهاز ليكون قادرا على قياس سوائل ذات كثافات مختلفة. تحسين الجهاز ليتعامل مع مجموعة متنوعة من السوائل يمكن أن يزيد من مرونته وكفاءته في التطبيقات المختلفة.
2. اختبار الجهاز تحت ضغوط ومجالات عمل ودرجات حرارة متنوعة لتحسين دقته. يُنصح بإجراء اختبارات شاملة في ظروف مختلفة لضمان أن الجهاز يعمل بفعالية تحت مجموعة واسعة من الظروف البيئية.
3. استكشاف واستخدام مبادئ قياس جديدة ومقارنة نتائجها مع النتائج الحالية. تجربة أساليب قياس مختلفة يمكن أن تؤدي إلى تحسينات في دقة النظام وكفاءته.
4. العمل على إضافة حساس لقياس مستوى الوقود في السيارة لتحسين وظيفة الجهاز. إدخال ميزة قياس مستوى الوقود سيزيد من فائدة الجهاز، مما يجعله أداة متعددة الاستخدامات للقياس والتتبع.

## References:

1. Melo Jr, W. S., Tarelho, L. V., Rodrigues Filho, B. A., Bessani, A. N., & Carmo, L. F. (2021). Field surveillance of fuel dispensers using IoT-based metering and blockchains. *Journal of Network and Computer Applications*, 175, 102914.
2. Abdelkader, G., Elgazzar, K., & Khamis, A. (2021). Connected vehicles: Technology review, state of the art, challenges and opportunities. *Sensors*, 21(22), 7712.
3. Melo Jr, W. S., Tarelho, L. V., Rodrigues Filho, B. A., Bessani, A. N., & Carmo, L. F. (2021). Field surveillance of fuel dispensers using IoT-based metering and blockchains. *Journal of Network and Computer Applications*, 175, 102914.
4. Bethoux, O. (2020). Hydrogen fuel cell road vehicles: state of the art and perspectives. *Energies*, 13(21), 5843.
5. İrsel, G., & Altinbalik, M. T. (2018). Adaptation of tilt adjustment and tracking force automation system on a laser-controlled land leveling machine. *Computers and electronics in agriculture*, 150, 374-386.
6. Wang, Y., Fan, D., Zhang, C., Peng, K., & Shi, D. (2017, July). Design and analysis of the variable pressure-drop fuel metering device. In *2017 36th Chinese Control Conference (CCC)* (pp. 6434-6439). IEEE.
7. Bo, Y., Li, C., & Yupin, L. (2009, May). High-speed and precise measurement for ultrasonic liquid flow metering based on a single FPGA. In *2009 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference* (pp. 309-312). IEEE.
8. Yue-ming, W., & Ling-fu, K. (2011, July). The study on the Effect of virtual current distribution in an electromagnetic flow meter with bubble. In *2011 Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering* (pp. 885-887). IEEE.
9. Santhosh, K. V., & Roy, B. K. (2012). An intelligent flow measurement technique using ultrasonic flow meter with optimized neural network. *International journal of control and automation*, 5(4), 185-195.
10. Sood, R., Kaur, M., & Lenka, H. (2013). Design and development of automatic water flow meter. *International journal of computer science, engineering and applications*, 3(3), 49.
11. Hao, W. S., & Garcia, R. (2014, June). Self-Power Digital Pipe Flow Metering. In *2014 International Symposium on Computer, Consumer and Control* (pp. 47-50). IEEE.
12. Bo, Y., Li, C., & Yupin, L. (2009, May). High-speed and precise measurement for ultrasonic liquid flow metering based on a single FPGA. In *2009 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference* (pp. 309-312). IEEE.
13. Yang, S., Liang, G., Zhao, W., Xie, D., & Huang, Z. (2009, August). Design of low-power consumption ultrasonic open channel flow meter. In *2009 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments* (pp. 1-999). IEEE.
14. Zhen, W., & Tao, Z. (2008). Computational study of the tangential type turbine flowmeter. *Flow Measurement and Instrumentation*, 19(5), 233-239.
15. Gosavi, G., Gawde, G., & Gosavi, G. (2017, May). Smart water flow monitoring and forecasting system. In *2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)* (pp. 1218-1222). IEEE.
16. Botha, S., Meijssen, L. A., Hancke, G. P., & Silva, B. J. (2016, October). Design of a water flow and usage meter. In *IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 6211-6215). IEEE.

17. Ronkin, M., & Kalmykov, A. (2019, April). Numerical Investigation of the Ultrasonic Transit Time Flowmeter Accuracy in Heterogeneous Flows. In *2019 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT)* (pp. 356-359). IEEE.
18. Zhao, N., Hu, L., Peng, X., Fang, Z., Chen, W., & Fu, X. (2019). A method combining measurement tool and numerical simulation for calculating acoustic signals of ultrasonic flowmeter. *IEEE Sensors Journal*, 19(24), 11805-11813.
19. Wrasse, A. D. N., Bertoldi, D., Dos Santos, E. N., Morales, R. E., & Da Silva, M. J. (2019). Gas-liquid flow rate measurement using a twin-plane capacitive sensor and a venturi meter. *IEEE access*, 7, 135933-135941.
20. Subha, T. D., Reddy, D. V., Suresh, T., Sekhar, E. G., Krishna, C. M., & Kumar, A. V. (2022, November). The Role of Arduino Uno in Voice Recognition Process with Atmega328P. In *2022 International Interdisciplinary Humanitarian Conference for Sustainability (IIHC)* (pp. 528-531). IEEE.
21. <https://instrumentationtools.com/>
22. Ramsden, E. (2011). *Hall-effect sensors: theory and application*. Elsevier.