

تصميم نظام مؤتمت لإدارة وحماية المنشآت الاقتصادية في الزمن الحقيقي يعتمد على تقنية الـ IOT

أ. د. م. ثائر أحمد ابراهيم*

م . علي عيسى رحيلي**

(تاريخ الإيداع 2022/8/18 . قُبل للنشر في 2022/11/17)

□ ملخص □

يتمحور العمل في هذا البحث حول تصميم وتنفيذ نظام قليل التكلفة وموثوق لضبط البارامترات التي تؤثر على البيئة داخل المنشآت التجارية والاقتصادية عند القيم المرغوبة بشكل مؤتمت، والاهتمام بمسألة أمن الدخول إليها، بالتالي توفير الراحة، الأمن، مساهمة في توفير الطاقة، وتصميم نظام إنذار لاسلكي ذو كفاءة عالية للوقاية من الحرائق المحلية، بالإضافة إلى استثمار تقنية "IOT" لزيادة كفاءة نظام التحكم والمراقبة المصمم. ينقسم النظام إلى قسمين قسم خاص بالمراقبة وجمع البيانات وقسم خاص بالتحكم بالمشغلات لكل قسم متحكم خاص به.

يعتمد النظام على بروتوكول الاتصال MQTT (M2M) لربط المتحكمات مع الأنترنت وربطها مع بعضها البعض وعلى منصة Ubidots التي تدعم بروتوكول الاتصال MQTT وتوفر الكثير من المزايا الخاصة بـ أنترنت الأشياء إضافة إلى أنها توفر لنا تطبيقاً يعمل على الهواتف النقالة يساعدنا بمراقبة النظام والتحكم به في أي وقت بمجرد توفر أنترنت.

من أجل تصميم برنامج التحكم تم تقسيم النظام لمجموعة من الأنظمة ووضع خوارزميات لعمل كل نظام على حدا، تم استخدام البيئة البرمجية " Arduino IDE " لبرمجة المتحكم المُصغّر "ESP32" .

مناقشة النتائج للنظام المصمم أظهرت سرعة واستجابة عالية إضافة إلى موثوقية نظام إنذار الحريق.

الكلمات المفتاحية : مراقبة, تحكم , IOT, MQTT, ESP32.

* أستاذ في قسم هندسة الأتمتة الصناعية - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سوريا.

** طالب دراسات عليا - ماجستير - هندسة الأتمتة الصناعية - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سوريا.

Designing an automated system for managing and protecting economic establishments in real time based on IoT technology

Prof. Their Ahmad Ibrahim *

Eng. Ali Eissa Rhily **

(Received 18/8/ 2022 . Accepted 17/11/ 2022)

□ ABSTRACT

The work in this research revolves around the design and implementation of a low-cost and reliable system to automatically control the parameters that affect the environment within commercial and economic establishments at the desired values, and to take care of the issue of entry security, thus (providing comfort, security, contributing to energy savings), and designing an alarm system High-efficiency wireless for local fire prevention, in addition to investing "IOT" technology to increase the efficiency of the designed control and monitoring system.

The system is divided into two sections, a section for monitoring and data collection, and a section for controlling the actuators. Each section has its own controller.

The system relies on the MQTT communication protocol (M2M) to connect the controllers with the Internet and connect them with each other and on the Ubidots platform that supports the MQTT communication protocol and provides many advantages of the Internet of Things in addition to providing us with an application that works on mobile phones that helps us monitor and control the system in any Time as soon as the Internet is available.

In order to design the control program, the system was divided into a group of systems and algorithms were developed for each system to work separately. The software environment "Arduino IDE" was used to program the microcontroller "ESP32".

Discussing the results of the designed system showed a high speed and response in addition to the reliability of the fire alarm system.

Keywords : Monitoring, Control, ESP32, MQTT, UBIDOTS, IOT.

* Professor in Department of Industrial Automation, Faculty of Technical Engineering, Tartous University.

** Scientific Student, Master in Department of Industrial Automation Faculty of Technical Engineering, Tartous University.

1- مقدمة:

تُعتبر أنظمة المراقبة والتحكم بالبيئة داخل المنشآت التجارية والاقتصادية (المداجن، صالات تخزين الأغذية الشركات مستودعات التبغ، ... إلخ) والمنشآت الطبية مثل مستودعات الأدوية من الإشكاليات التي يتزايد الاهتمام بها، والتي تؤثر على:

- العاملين (من الناحية الصحية، الإنتاجية، ... إلخ).
- جودة محتوياتها.
- قضية الأمن والسلامة.
- سهولة إدارة المنشأة.
- استهلاك الطاقة الكهربائية.

انطلاقاً من ذلك، كان التوجه في هذا البحث إلى تصميم نظام تحكم لضبط البارامترات التي تؤثر على البيئة داخل المنشآت مثل درجة الحرارة، الرطوبة، مستوى الإضاءة، ... إلخ عند القيم المرغوبة وبشكل مؤتمت [1]. وبالتالي توفير الراحة والأمن والمساهمة في توفير الطاقة الكهربائية [2].

من ناحية أخرى، تُعتبر مسألة الأمن والأمان من أهم القضايا التي يجب تأمينها لحماية المنشآت الاقتصادية. قد تحدث الحرائق نتيجة لأكثر من سبب وتؤدي إلى كوارث على المستوى الاقتصادي وعلى مستوى سلامة العاملين لذلك سنقوم في هذا البحث بتصميم إنذار لا سلكي ذو كفاءة عالية للوقاية من الحرائق [3], [4], [5], [6]. ومن أجل ضمان أمان المنشأة وتنظيم عملية الدخول إليها سنقوم بتصميم نظام لضبط دخول المَصْرَح لهم فقط [7], [8]. وسنقترح استثمار تقنية أنترنت الأشياء (Internet of things) "IOT" لزيادة كفاءة وموثوقية النظام المُراد تصميمه [9], [10].

يوجد العديد من البروتوكولات المستخدمة لربط الأجهزة بالإنترنت، سنستخدم بروتوكول الاتصال (MQTT) الذي يتيح توفير الاتصال بين الأجهزة (M2M) بالإضافة لموثوقيته العالية في نقل البيانات والمعلومات بين الأجهزة والخادم. سنقوم بتصميم واجهة على منصة "Ubidots" لمراقبة البارامترات والتحكم بالمُشغلات في الوقت الفعلي (Real Time) والتي تدعم عدد كبير من بروتوكولات الاتصال ومن ضمنها بروتوكول الاتصال MQTT المُستخدم [11], [12].

سنستعرض في هذا البحث خطوات تصميم نظام التحكم المُقترح والذي يؤمن التحكم والمراقبة في الزمن الحقيقي بالإضافة إلى توفير ميزات مهمة مثل التحكم في الوصول إلى الباب ونظام إنذار الحريق وذلك عن بعد للتحكم بالأجهزة والأشياء بواسطة تقنية أنترنت الأشياء (Internet of things) "IOT" عبر أي جهاز كمبيوتر أو هاتف ذكي، وذلك بغرض توفير الراحة والأمن والسلامة وتوفير الطاقة.

من أجل التأكد من صحة عمل نظام التحكم والمراقبة المُصمم والتحقق من موثوقيته سنقوم باختباره وفق عدّة ظروف.

2- أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في: تصميم نظام مؤتمت لإدارة وحماية المنشآت الاقتصادية والتجارية باستخدام مَحَكَمَات الـ Arduino غير المُكَلِّفة وتقنية "IoT" الحديثة يتمتع بالمزايا التالية:

✓ الراحة:

- نظام التدفئة / التبريد (heating/cooling) المؤتمت.
- نظام إضاءة آلي وقابل للبرمجة.
- استخدام تقنية RFID لفتح قفل الأبواب.
- الوصول عن بعد لتشغيل / إيقاف الكائنات عبر: أي متصفح على جهاز الكمبيوتر + تطبيق الهاتف الذكي.

✓ توفير الطاقة:

- ضبط درجة الحرارة على قيمة مفضلة طوال الوقت.
- تشغيل/إطفاء الأنوار بناءً على مستوى إضاءة الغرفة (في الظلام، اكتشاف الحركة لتشغيل الضوء بشكل مؤقت).

✓ السلامة والأمن:

- التحكم في الوصول إلى المنشأة فقط لأولئك الذين يحملون البطاقات الإلكترونية وكلمة السر.

✓ إمكانية إغلاق الأبواب عن بعد.

- ✓ نظام إنذار ذو كفاءة عالية للكشف المُبَكِّر عن الحرائق المحلية وتجنب الإنذارات الكاذبة.

✓ ارسال بريد الكتروني الى صاحب المنشأة عند حدوث حريق أو دخول غير مُصرَّح

به.

الهدف العام من هذا البحث هو:

تصميم نظام مؤتمت ذو تكلفة قليلة لإدارة المنشآت: التجارية (المداجن، صالات تخزين الأغذية، الشركات مستودعات التبغ)، والطبية (مستودعات الأدوية)، يؤمن التحكم والمراقبة في الزمن الحقيقي.

ينقسم الهدف العام إلى أهداف فرعية، هي:

- تصميم نظام تدفئة/تبريد مؤتمت: للحفاظ على درجة الحرارة المفضلة بشكل دائم.
- تصميم نظام إضاءة مؤتمت : تشغيل/إطفاء الأنوار بناءً على مستوى الإضاءة. يكتشف الحركة في الظلام لتشغيل الضوء بشكل تلقائي مع استخدام مؤقت.
- تصميم نظام إنذار الحريق موثوق: تصميم خوارزمية تمكّن من تلافي العيوب الرئيسية في الأنظمة الحالية (تلافي حالات الإنذارات الكاذبة)، يتصف النظام بالكفاءة والقدرة على التدخل السريع عبر توظيف تقنية "IOT".

- تصميم نظام للتحكم في الدخول : فتح قفل الباب ببطاقة مبرمجة تصدر لحاملي بطاقات RFID .
- الوصول عن بعد للمراقبة والتحكم : عن طريق أي حاسوب أو هاتف ذكي.
- تنبيه المستخدم بوجود حريق أو دخول غير مُصرَّح به عن طريق بريد الكتروني.
- اختبار أداء النظام المُصمم والتأكد من صحة عمله.

3- طرائق البحث ومواده:

في البداية تمَّ توصيف نظام التحكم المُعتمد على أنترنت الأشياء وبروتوكول الاتصال (MQTT) لإدارة وحماية المنشآت (الاقتصادية والتجارية)، تم اختيار المُتحكم من نوع آردوينو (شريحة: Arduino ESP32) ومن أجل برمجته استُخدم البرنامج " Arduino IDE " المفتوح المصدر .

ومن ثم تمَّ بناء مخطط صندوقي لنظام التحكم المُقترح وشرح عناصر ومكونات هذا النظام (شاشة LCD حساسات مختلفة، ريليهات، ... إلخ). ومن أجل بناء برنامج المراقبة والتحكم استخدمنا منصة "Ubidots" التي تدعم بروتوكول الاتصال (MQTT) وتوفر إضافة الى الموقع الخاص بها تطبيقاً لهواتف الاندرويد. وفي النهاية تم مناقشة نتائج اختبار النظام الذي قمنا بتصميمه.

4- دراسات مرجعية:

تركز الاهتمام في العديد من الدراسات على تصميم أنظمة حماية وإدارة للبيئة الداخلية (مراقبة- استهلاك طاقة- أمن دخول- وقاية من الحرائق... إلخ) يعتمد الكثير منها على تقنية أنترنت الأشياء نذكر بعضاً منها: قام الباحث **D. Jesus** وآخرون عام **2021** بتنفيذ نموذج أولي في مجال الزراعة، على وجه التحديد، في البيوت البلاستيكية. هذا النموذج الأولي يسمح لنا بالقراءة والتحكم ببعض المتغيرات الموجودة في البيئة الداخلية للبيت البلاستيكي. هذه المتغيرات هي: النسبة المئوية لرطوبة التربة، وكمية الإضاءة المسلطة على المحاصيل و درجة الحرارة. من ناحية أخرى يمكن التحكم في المضخة التي توفر الماء للري، وكذلك على (إيقاف/ تشغيل) الأشعة فوق البنفسجية التي تسلط على النباتات. تم استخدام بروتوكول MQTT للتواصل مع منصة Ubidots، وإنشاء عميل من وحدة ESP32، والتي تمت برمجتها باستخدام البيئة Arduino IDE [13].

وفي بحث آخر، للباحثين **B. Mishra and A. Kertesz** عام **2020** تم تحليل نمو أبحاث بروتوكول (MQTT، AMQP، COAP) على مدار العشرين عاماً، وتم توضيح النمو الكبير لبروتوكول MQTT مقارنة بالباقي كما تم اقتراح تصنيفاً لمقارنة خصائص وميزات تطبيقات MQTT المختلفة، أي الوسطاء والمكتبات المتوفرة حالياً في المجال العام لمساعدة الباحثين والمستخدمين النهائيين على اختيار وسيط أو مكتبة عميل بناءً على متطلباتهم. [12]

كما قام كل من الباحثين **N. S. Mohammed and N. H. Selman** عام **2020** بتصميم نظاماً عملياً لإدارة الطاقة المنزلية ومراقبتها. يمكن تشغيل المنزل في وضعين. الوضع الأول هو الوضع المرتبط بالشبكة، والوضع الثاني هو الوضع المنفصل عن الشبكة، يتم التحكم في الانتقال بين وضعي التشغيل بواسطة متحكم Arduino UNO . تتم مراقبة حالات الشبكة الرئيسية ومصدر الطاقة المنزلية في الوقت الفعلي باستخدام منصة Ubidots. هذه الحالات يتم رفعها إلى

منصة Ubidots باستخدام Wi-Fi-ESP8266. تم اختبار جميع الحالات في التجارب العملية وأظهرت منصة Ubidots استجابة سريعة في تحديث البيانات وكذلك أمانها. [14]

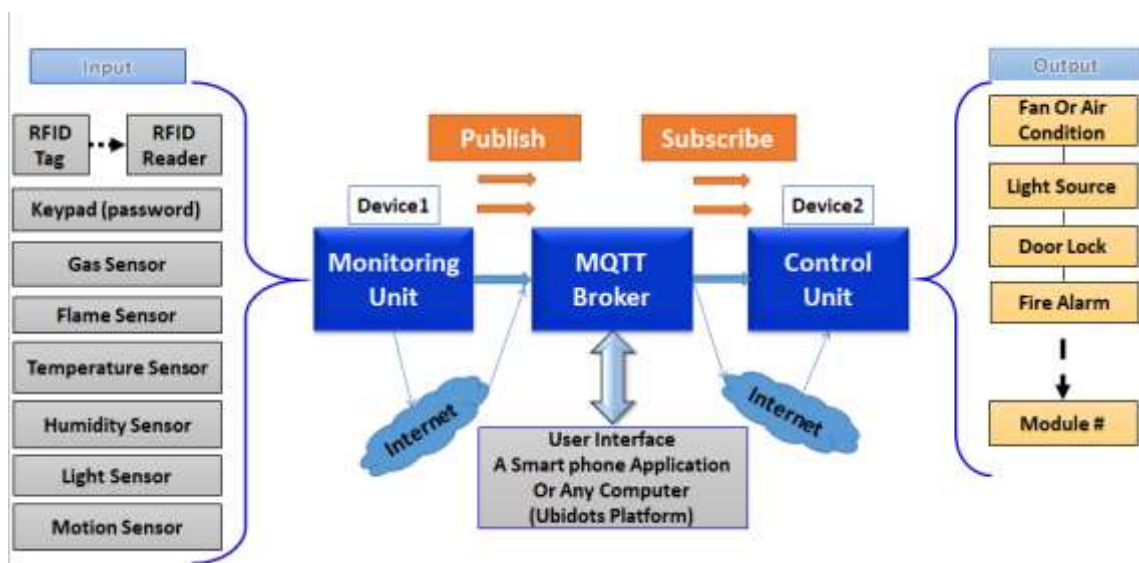
بحث آخر في عام 2020 قدمه الباحث A. Y. Nasir وآخرون حيث اقترح البحث تطوير جهاز لكشف تسرب الغاز، بالإضافة الى مراقبة درجة الحرارة. يستجيب النظام عند حصول أي تسرب للغاز ويقوم بإرسال رسالة تنبيه إلى الهاتف المحمول، بالإضافة الى اصدار إنذار عندما يتجاوز تركيز الغاز في الهواء مستوى معيناً. تم استخدام (Arduino uno) و شريحة (GSM module) وحساسات الغاز ودرجة الحرارة، بالإضافة إلى شاشة LCD لإظهار درجة الحرارة وحالة تسرب الغاز. استجابة النظام المصمم كانت سريعة، مما يزيد بدرجة كبيرة من فرص التخلص من الحوادث المتصلة بتسرب الغاز. [15]

و تم في بحث آخر عام 2019 قدمه الباحث S. Saha الاعتماد على تقنية أنترنت الأشياء في تصميم نظام لأتمتة المنزل باستخدام الاتصالات الخلوية وتطبيقات الهاتف المحمول. تتكون البنية الأساسية للنظام المصمم من أجهزة اتصال تستخدم بروتوكولات (Modbus أو Zigbee) لتخزين المعلومات والبيانات سحابياً. تم التركيز في هذا البحث إلى جانب التحكم الذكي في الأجهزة، على نظام إدارة استهلاك الطاقة الذي مكن المستهلكين من تقليل الاستهلاك الزائد للطاقة من خلال التحكم في الأجهزة عن بُعد. [2]

و في بحث آخر عام 2018 قدمه الباحث S. Sarvankar وآخرون اقترح نظام لفتح الأبواب يحتوي على أبواب متعددة يمكن استخدامها أي منها للوصول إلى منطقة معينة مثل مختبر أو مكتبة، وينفذ النظام باستخدام خادم مركزي يحتوي على قاعدة بيانات مركزية تجمع جميع المعلومات المتعلقة بالموظفين المأذون لهم بالدخول. تم استخدام قارئ RFID و جهاز إرسال واستقبال لاسلكي و Arduino، يمكن عن طريق النظام المقترح مراقبة المستخدمين في الوقت الحقيقي، أي الدخول والخروج، وتم تحقيق ذلك بالتزامن التلقائي بين النظام وصفحة ويب عن طريق الإنترنت. [7]

5- تصميم نظام التحكم والمراقبة:

يبين الشكل التالي، الشكل (1)، المخطط الصندوقي للنظام المقترح القائم على أنترنت الأشياء وبروتوكول الاتصال MQTT، يقوم هذا النظام بضبط البارامترات التي تؤثر على البيئة داخل المنشأة حيث يقوم المُتحكَّم الأول (Device1) الناشر بجمع البيانات من المداخل (الحساسات) و من ثم يحدد بناءً على البرنامج المصمم أوامر التحكم ويقوم بنشرها (Publish) إلى الخادم (MQTT Broker) الذي بدوره يرسل الأوامر اللازمة إلى المُتحكَّم الثاني (Device2) المُشترك والمهتم بتلك الأوامر وذلك للتحكم بالمخارج وهذا ما يسمى بالاشتراك (Subscribe).






الشكل (1): المخطط الصندوقي للنظام المقترح



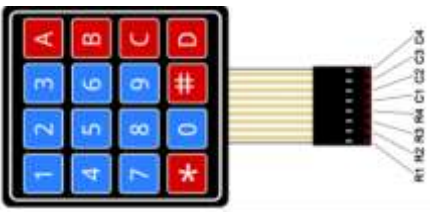
سنقوم في الفقرات التالية بشرح عناصر النظام المُصمم.

5-1 حساسات ومشغلات النظام:

سنعرض فيما يلي، الجدول (1)، وبشكل موجز الحساسات اللازمة لتصميم نظام التحكم المقترح:

الجدول (1): الحساسات اللازمة لتصميم نظام التحكم المقترح

 <p>الشكل (2): المقاومة الضوئية - LDR Module</p>	<p>1- المقاومة الضوئية (LDR): مقاومة حساسة للضوء، الشكل (2)، تعتمد قيمتها على الضوء الساقط عليها حيث تقل قيمة المقاومة عند زيادة شدة الضوء لتصل الى 100 أوم وتزداد قيمتها مع انخفاض شدة الضوء لتصل الى عدة ميغاهم من الأوم أي أنها تتناسب عكساً مع شدة الضوء [16].</p>
 <p>الشكل (3): مستشعر الحرارة والرطوبة - DHT11</p>	<p>2- مستشعر درجة الحرارة والرطوبة (DHT11): يقيس هذا المستشعر، الشكل (3)، درجة الحرارة بالدرجة المئوية سيليزيوس/ فهرنهايت، بنطاق: من 0 إلى 50 درجة بمقدار خطأ 2-+ درجة كما أنه قادر على قياس الرطوبة بنطاق: من 20% إلى 50% بمقدار خطأ 5%+- [13].</p>
 <p>الشكل (4): مستشعر الغاز MQ-2</p>	<p>3- مستشعر الغاز (MQ-2): مستشعر الغاز MQ-2، الشكل (4)، يمكنه الكشف عن الغازات القابلة للاشتعال، يعتمد الكشف على تغير مقاومة مادة الاستشعار عندما يتلامس الغاز معها وبالتالي يتغير الجهد في مخرج المستشعر وفقاً لتركيز الغاز (تناسب طردي). يمكنه اكتشاف تركيزات: غاز البترول المسال والدخان والكحول والبروبان والهيدرجين والميثان وأول اكسيد الكربون وفي أي مكان بدقة من 200 الى 10000 جزء من المليون [16].</p>

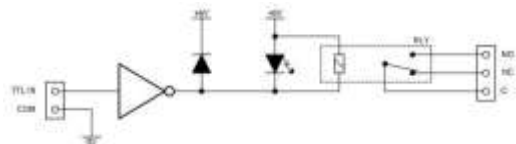
 <p>الشكل (5): مستشعر PIR</p>	<p>4- مستشعر الأشعة تحت الحمراء للجسم البشري (PIR): يكشف هذا المستشعر، الشكل (5)، عن أي تغيير في الأشعة تحت الحمراء لذلك يمكن استخدامه للكشف عن الحركة، يمكنه استشعار الحركة بالقرب منه لمسافة من 3 إلى 7 متر بزمن تأخير على الأقل 5 ثواني ويستشعر وجودها بزاوية 110 درجة [16].</p>
 <p>الشكل (6): مستشعر كاشف اللهب Flame Sensor</p>	<p>5- مستشعر كاشف اللهب (Flame Sensor): يستطيع النقاط الموجات المنبثقة، الشكل (6)، من أصغر شرارة من النار ويمكن التحكم في دقته عن طريق المقاومة المتغيرة، يغطي مساحة مقدارها 4 م بزاوية مقدارها تقريباً 60 درجة [11].</p>
 <p>الشكل (7): RFID RC522</p>	<p>6- RFID RC522: RFID، الشكل (7)، عبارة عن وحدة نمطية لنقل البيانات في نطاق قصير (حوالي 4 بوصات) بتردد 13.56 MH، تتضمن هذه الوحدة (ماسحاً/قارئاً) للعلامات، كل علامة لها معرف محدد يتم تعيينه في جزء البرمجة ليتم تحديده على أنه مُصرَّح به أو غير مُصرَّح به [8].</p>
 <p>الشكل (8): لوحة المفاتيح</p>	<p>7- لوحة المفاتيح المصفوفية (4*4): تعتبر لوحة المفاتيح، الشكل (8)، من أهم وسائل الإدخال حيث يمكنك من إدخال الأرقام والرموز وبعض الأحرف من خلالها، تم استخدامها لإدخال كلمة المرور لفتح باب المنشأة بعد التأكد من أن صاحب البطاقة مصرَّح له بالدخول مما يزيد مسألة الأمان للدخول للمنشأة.</p>

أما بالنسبة لمشغلات النظام فقد استخدمنا وحدة ريليهات ذات الثمان أفتية (ريليهات)، الشكل (9)، من أجل التحكم في تشغيل الأحمال التي تستهلك تيار عالي لا يتحمله قطب المنحكم.



الشكل (9): وحدة مرحلات ذات الثمان قنوات

حيث يمكننا من خلالها تشغيل الأحمال (مكيف، إضاءة، إنذار كشف التسلسل، إنذار الحريق، ... إلخ)، مع الأخذ بعين الاعتبار قيمة الأمبير الذي يتحمله تلامس الريليه الواحد، وذلك عند وصول أمر التحكم. يوضح، الشكل (10)، الدارة الكهربائية لقناة ريليه واحدة [16].



الشكل (10): الدارة الكهربائية لقناة رلييه واحدة

ومن أجل عرض الأوامر التي يجب اتباعها لدخول الأشخاص المُصرَّح لهم إلى المُنشأة (مسح البطاقة ثم إدخال كلمة السر في حال كانت البطاقة مُصرَّحة... الخ) استخدمنا شاشة LCD 16*2 ، الشكل (11)، بسطرين و16 عمود [15].



الشكل (11): LCD1602

2-5 متحكّمات النظام:

يتألف نظام التحكّم الموضح في الشكل (1) السابق من قسمين أساسيين هما قسم المراقبة وقسم التحكّم.

- قسم المراقبة يتألف من: متحكّم 1 (Device1) مرتبط مع الحساسات (المدخل)، يقوم بجمع البيانات والبارامترات التي تؤثر على البيئة الداخلية للمُنشأة ثم اتخاذ الاجراءات المناسبة وتخزينها في متغيرات لإرسالها إلى قسم التحكّم.
- قسم التحكّم يتألف من: متحكّم 2 (Device2) مرتبط مع المخارج، يقوم باستقبال أوامر التحكّم بالمخارج بناءً على قيم المتغيرات التي يرسلها قسم التحكّم.

بمقارنة المُتحكّمات المُمكن استخدامها، تم اختيار الأردوينو (Arduino) وذلك لرخص ثمنه وعدم الحاجة إلى جهد كبير لتأمين التغذية له واستهلاكه المنخفض للتيار الكهربائي. بالإضافة إلى سهولة التعامل معه وبساطة لغة البرمجة حيث يتم برمجته عن طريق الحاسوب باستخدام البرنامج " Arduino IDE " المفتوح المصدر. تتوفر شرائح الأردوينو بأنواع عديدة، وتم اختيار الشريحة " ESP32-WROOM 32S " ، الشكل (12)، بسبب عدد المدخل والمخارج الكافي للنظام المُصمّم وقدرتها على الاتصال بالوايفاي بالإضافة إلى الكثير من المزايا التي تتمتع بها [11].

تم استخدام شريحتين ESP32-WROOM 32S واحدة للمراقبة (Device1) و واحدة للتحكّم (Device2).



الشكل(12): المتحكّم الرقمي ESP32-WROOM 32S

3-5 بروتوكول الاتصال (MQTT) (Message Queue Telemetry Transport):

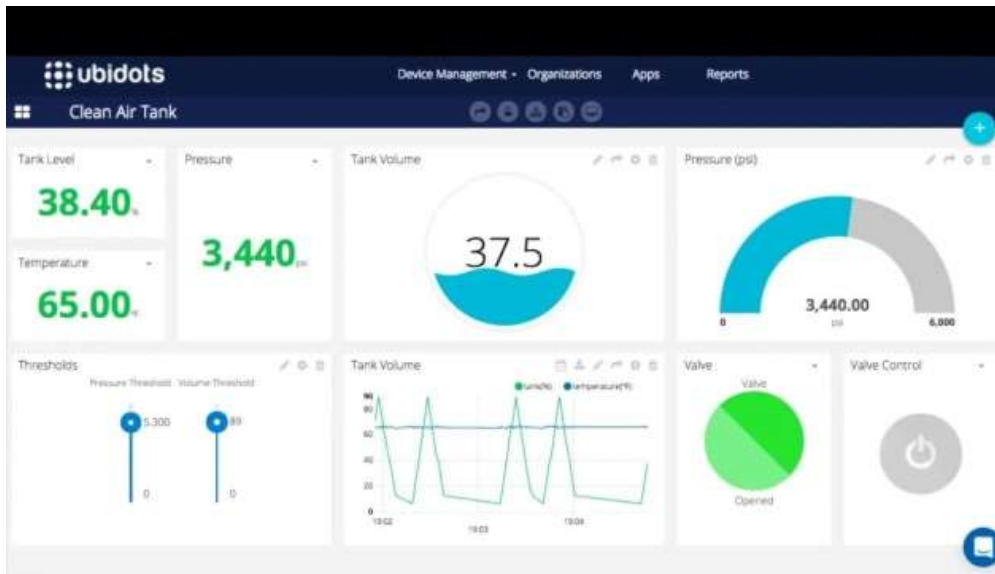
لتحقيق الاتصال بين الجهاز الخاص بالمراقبة (Device1) والجهاز الخاص بالتحكم بالمخارج (Device2) عن طريق الأنترنت نحتاج إلى بروتوكول محدد يقوم بربط هذه الأجهزة ببعضها عن طريق الأنترنت.

استخدمنا بروتوكول MQTT، وهو بروتوكول اتصال من آلة إلى أخرى (M2M)، والذي يعتمد على مكدس TCP / IP كأساس للاتصال، MQTT هو بروتوكول رسائل دفع، يتم استخدامه عن طريق إرسال الرسائل من خادم بعيد إلى جهاز بطريقة ناشر / مشترك (Pub-Sub). البنية الأساسية لهذا النوع هو اتصال العملاء بخادم مركزي يسمى الوسيط (Broker).

يستخدم هذا البروتوكول مرشحاً للرسائل التي يتم إرسالها إلى كل عميل، لذلك يتم تنظيمها بشكل هرمي في مواضيع متعددة والتي تتيح لأي عميل نشر رسالة حول موضوع معين ويمكنه الاشتراك في هذا الموضوع، وسيحصل الوسيط الرسائل التي تم الاشتراك فيها للعميل الجديد.

سبب اختيار هذا البروتوكول احتوائه على العديد من المزايا عند استخدامه كنظام اتصال M2M، من بين مزايا طريقة Pub/Sub: التزامن، قابلية التوسع والفصل بين العملاء. بالإضافة إلى ذلك، يوفر هذا البروتوكول سلسلة من الخصائص التي جعلته متميزاً عن الآخرين: الخاصية الرئيسية هي بساطته وخفة معالجته، هذا يجعله مثالياً للتطبيقات التي يتم فيها استخدام أجهزة ذات طاقة معالجة منخفضة، ونظراً لأن المعالجة المطلوبة أقل، يكون المعالج أقل تطلباً، مما يؤدي إلى استهلاك أقل للطاقة، وهذا ضروري للأجهزة التي تعمل طوال الوقت وخاصة تلك التي تعمل بالبطاريات. ميزة أخرى لخفة البروتوكول هي أنه يتطلب نطاق ترددي قصير للغاية، وهو أمر مفيد جداً في الشبكات اللاسلكية، أو الاتصالات منخفضة السرعة [12], [13].

في هذا البحث استخدمنا منصة Ubidots كوسيط (مخدم)، الشكل (13)، حيث توفر هذه المنصة موارد متوافقة مع بروتوكول MQTT واتصال M2M (آلة إلى آلة) [14].

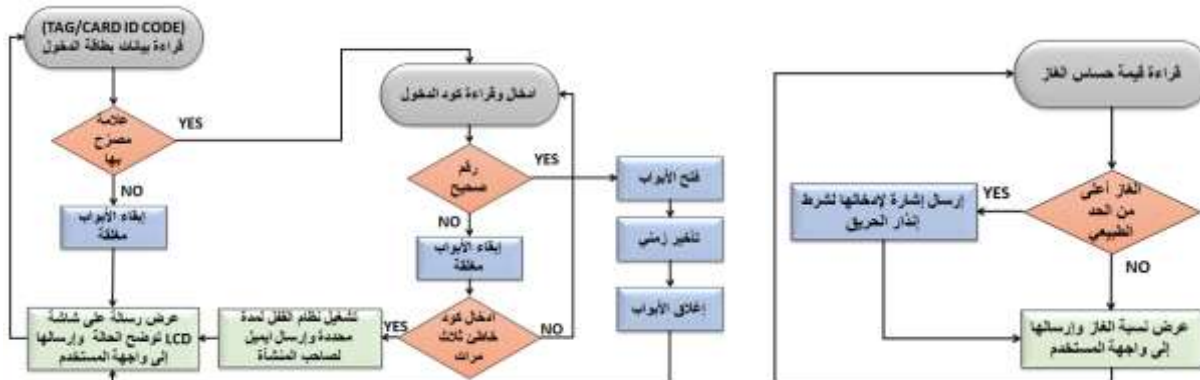


الشكل (13): منصة Ubidots

4-5 التصميم البرمجي:

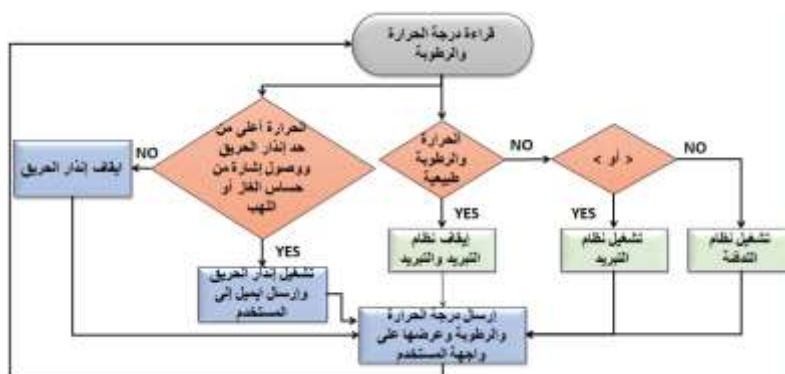
1-4-5 تصميم برنامج التحكم:

لبرمجة المتحكم ESP32 تم استخدام بيئة البرمجة Arduino IDE و من أجل تصميم برنامج التحكم تم تقسيم النظام إلى مجموعة من الأنظمة ووضع خوارزمية لعمل كل نظام على حدة، الشكل (14) و(15) و(16) و(17) و(18)، مما ساعدنا على تكوين برنامج نهائي صحيح يؤدي الغاية المطلوبة كما وفرت لنا هذه الخوارزميات القدرة على التعديل على الكود البرمجي بكل سهولة إضافة إلى الفهم السريع لعمل النظام المنفذ.

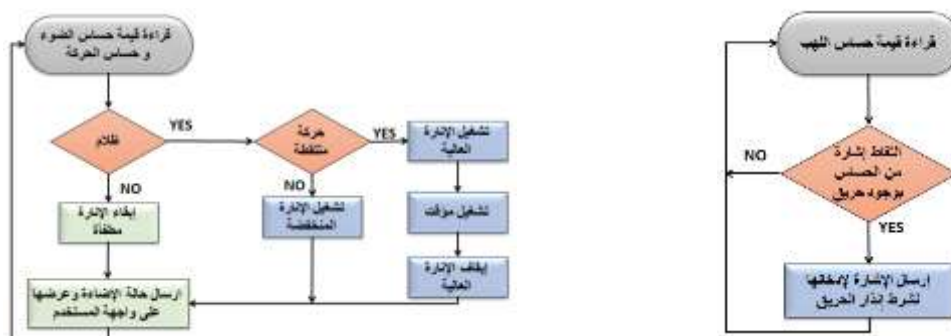


الشكل (14): خوارزمية عمل نظام الامن

الشكل (15): خوارزمية عمل نظام الحريق - حساس الغاز



الشكل (16): خوارزمية عمل نظام التدفئة والتبريد + نظام الحريق - حساس الحرارة والرطوبة



الشكل (17): خوارزمية عمل نظام الإضاءة المرتبط بالضوء والحركة

الشكل (18): خوارزمية عمل نظام الحريق - حساس اللهب

يبين، الشكل (19)، المخطط الصندوقي للخوارزمية المتبعة للوقاية من الحرائق وتفادي حالات الانذار

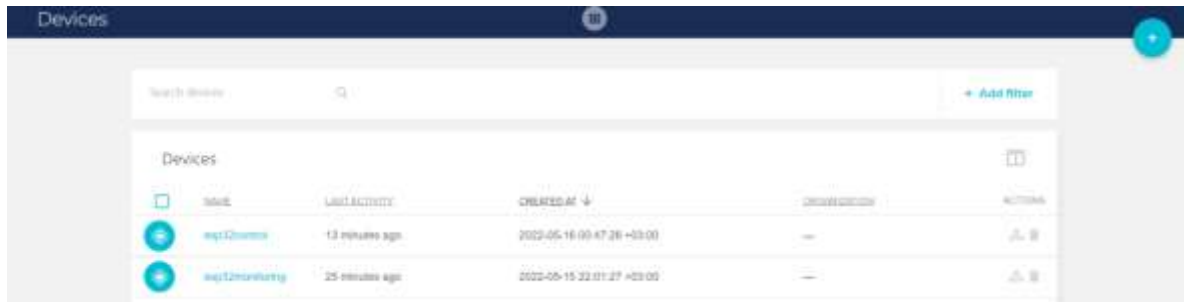
الكاذبة:



الشكل (19): المخطط الصندوقي للخوارزمية المتبعة للوقاية من الحرائق وتفادي حالات الإنذار الكاذبة

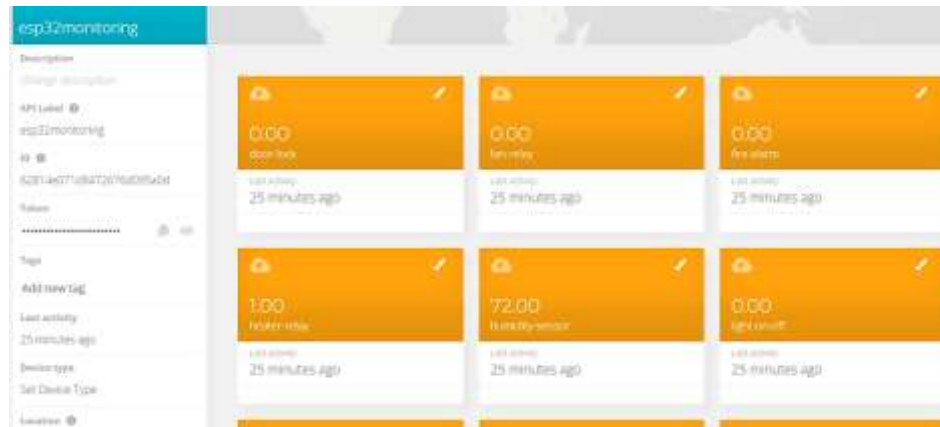
2-4-5 تصميم واجهتي المراقبة والتحكّم:

بداية تمّ إنشاء جهاز يسمى "Esp32Monitoring" يحتوي هذا الجهاز على جميع المتغيرات المستخدمة لمراقبة البارامترات في المنشأة. ومن ثمّ تمّ إنشاء جهاز آخر يسمى "Esp32Control" يحتوي هذا الجهاز على جميع المتغيرات المستخدمة للتحكّم بالمشغلات في المنشأة. يبين الشكل (20)، كلّ من جهازي المراقبة والتحكّم اللذين تمّ إنشاءهما على منصة Ubidots.



الشكل (20): جهازي المراقبة والتحكّم على منصة Ubidots

ومن ثمّ تمّ إنشاء المتغيرات واحداً تلو الآخر مع تحديد أنها ستحصل على قيمتها من عميل MQTT المحدد. يبين كل من الشكل (21) والشكل (22) المتغيرات لكل من جهازي المراقبة والتحكّم على الترتيب.



الشكل (21): متغيرات جهاز المراقبة Esp32monitoring



الشكل (22): متغيرات جهاز التحكم Esp32control

بعد إنشاء كافة المتغيرات اللازمة تمّ تصميم الواجهة المرئية التي يتم فيها تمثيل المعلومات من المستشعرات وحالة المشغلات. ومن ثمّ تمّ إضافة المتغير المقابل لكل عنصر وفي حالة المستشعرات تمّ تكوينها بحيث يتغير لون المؤشر اعتماداً على قيمة المتغير. يبين كل من الشكل (23) والشكل (24) واجهتي المراقبة والتحكّم على الترتيب اللتين تمّ تصميمهما على منصة .Ubidots



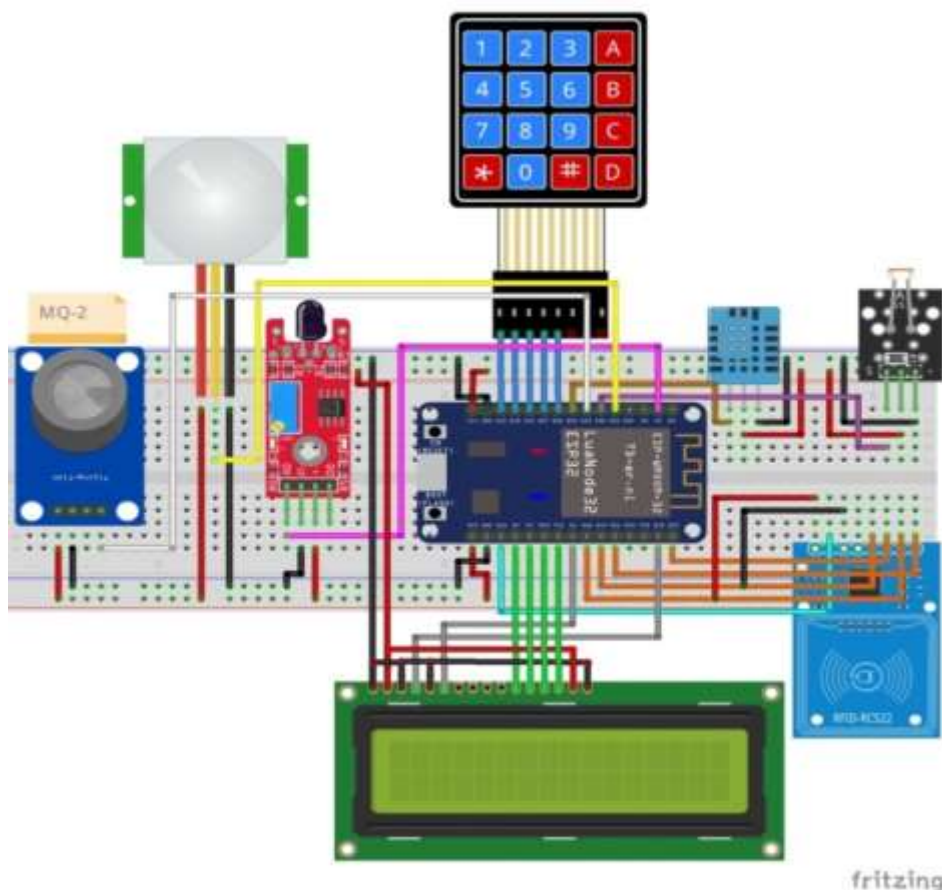
الشكل (23): واجهة المراقبة على منصة Ubidots



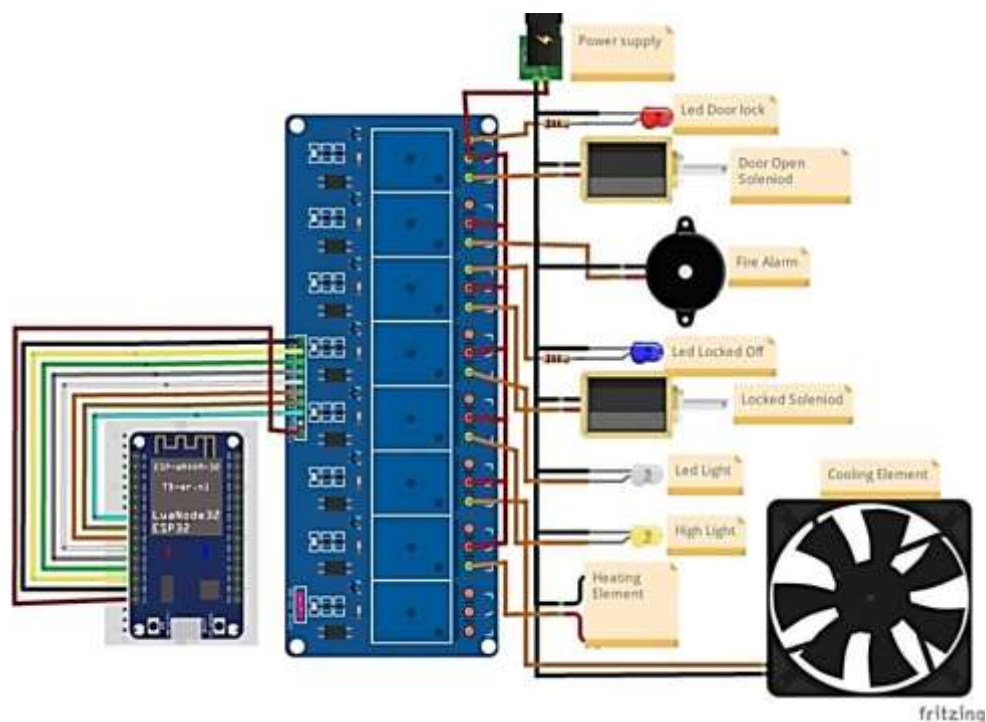
الشكل (24): واجهة التحكم على منصة Ubidots

6- اختبار النظام ومناقشة النتائج:

من أجل اختبار النظام بدايةً تمّ دمج الأنظمة الفرعية التي صممناها سابقاً لتكوين نظام واحد ومن ثمّ تمّ إنجاز مخططات التوصيل لمكونات النظام مع المتحكّمات باستخدام برنامج Fritzing، يوضح كل من الشكلين (25) و (26) مخطط التوصيل المُنجز. ومن ثمّ تمّ توصيل مكونات النظام مع المتحكّمات، والبدء بالاختبارات.

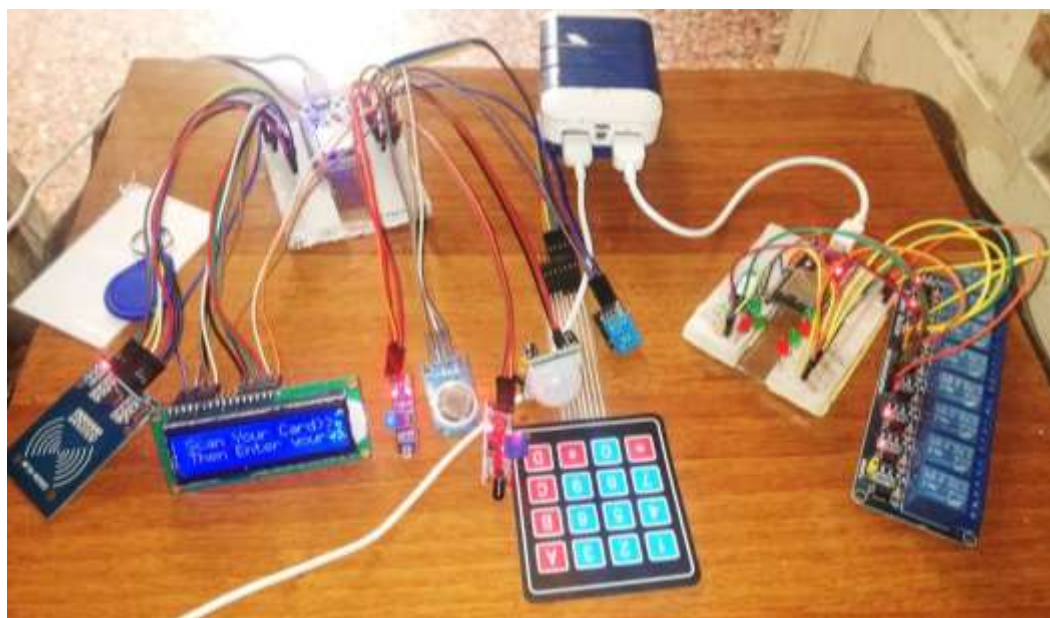


الشكل (25): مخطط توصيل المتحكّم الخاص بالمراقبة



الشكل (26): مخطط توصيل المتحكم الخاص بالتحكم

يوضح الشكل (27)، توصيلات كلاً من المتحكم الاول الخاص بالمراقبة والموصول مع (الحساسات -Rfid- Lcd -Keypad) والمتحكم الثاني الخاص بالتحكم والموصول مع لوحة الريليات ثمانية القنوات التي تربط المتحكم بالمخارج المراد التحكم بها (مروحة- إنارة- جهاز إنذار - ... إلخ).



الشكل (27): توصيلات كلاً من Device1(Monitoring System) And Device2(Control System)

تم اختبار عمل النظام مع واجهة المراقبة من خلال اختبار كل نظام على حدا.

➤ اختبار نظام التدفئة والتبريد HVAC موضح بالشكل (28): عند الحرارة العالية (أعلى من القيمة المرغوبة) يتم تشغيل عنصر التبريد (مروحة ...) أما في حال انخفاض الحرارة تحت المجال المسموح يتم تشغيل عنصر التسخين وبذلك يتم الحفاظ على درجة الحرارة ضمن مجال محدد وبشكل آلي.



الشكل (28): اختبار نظام التدفئة والتبريد HVAC

➤ اختبار نظام الإنارة المرتبط بضوء النهار والحركة موضح بالشكل (29): عند تحسس الضوء يتم إطفاء الإنارة كلياً وعند الظلام يتم تشغيل إنارة خافتة حتى تحقق شرط الحركة مع الظلام عندها يتم تشغيل الإنارة العالية والخافتة وعند زوال الحركة تبقى الإنارة العالية في حالة عمل لفترة زمنية ثم تُطفأ بشكل آلي.



الشكل (29): اختبار نظام الإنارة المرتبط بضوء النهار والحركة

➤ اختبار نظام إنذار الحريق حالة تحقق شرط الحرارة مع شرط الدخان موضح بالشكل (30): عند تحقق شرط إنذار الحريق يتم تشغيل الإنذار بالإضافة الى إرسال ايميل إلى (صاحب المنشأة- الإطفاء - إسعاف) للإعلام بوجود حريق.



الشكل (30): اختبار نظام إنذار الحريق حالة تحقق شرط الحرارة مع شرط الدخان

➤ اختبار نظام الأمن للدخول للمنشأة موضح بالشكل (31): حيث يحتاج الدخول إلى المنشأة بطاقة مُصرّحة إضافة إلى معرفة كلمة السر، حيث لا يسمح بإدخال كلمة السر مالم تكن البطاقة مُصرّحة وفي حال ادخال كلمة السر ثلاث مرات بشكل خاطئ يقلل النظام لمدة زمنية بالإضافة إلى إرسال إيميل إلى صاحب المنشأة لإعلامه.



الشكل (31): اختبار نظام الامن للدخول للمنشأة

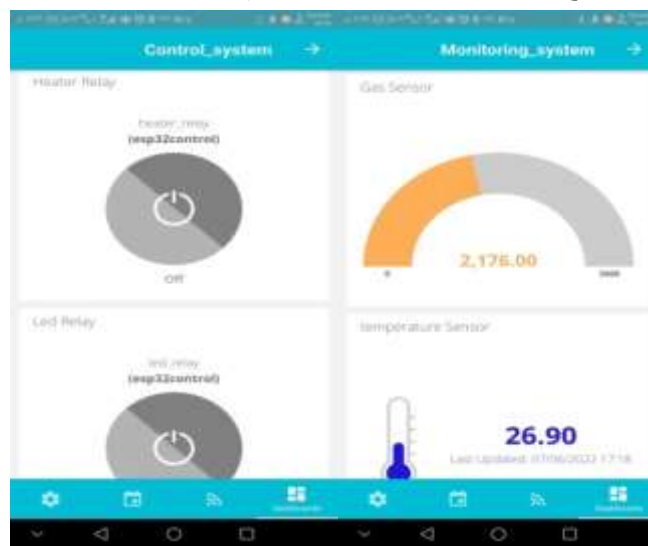
واجهة التحكم موضحة بالشكل (32): حيث تمكننا من التحكم بأي مشغل (إيقاف/تشغيل) وفي الوقت الحقيقي.



الشكل (32): واجهة التحكم

برنامج الهاتف المحمول الذي يمكننا من خلاله وفي أي وقت بمجرد توافر الإنترنت مراقبة التغيرات (Monitoring _System) في المنشأة والتحكم بالمشغلات (Control _System): فتح وإغلاق- إنارة- تدفئة وتبريد- إنذارات.

يوضح الشكل (33)، برنامج الهاتف المحمول: واجهة التحكم والمراقبة.



الشكل (33): واجهتي المراقبة والتحكم في برنامج الهاتف المحمول

7- الاستنتاجات والتوصيات:**الاستنتاجات:**

يمتاز نظام التحكم والمراقبة المُصمَّم بقلة تكلفته واستجابته السريعة إضافة إلى الموثوقية العالية وذلك لاعتماده على متحكِّمات رخيصة الثمن وفي متناول اليد (ESP32) وهي تفي بالغرض تماماً من حيث السرعة في تنفيذ التعليمات ومعالجة البيانات والاتصال بالإنترنت. أظهرت نتائج اختبار أداء النظام ما يلي:

من حيث الأمان كانت استجابة النظام عالية لتحقيق أمن الدخول من حيث السماح فقط لحاملي البطاقات المُصرَّحة والذين يملكون كلمة السر بالدخول للمنشأة.

أظهرت نتائج اختبار نظام التدفئة والتبريد HVAC استجابة جيدة مما يساهم في راحة العاملين وشاغلي المنشأة وكذلك أظهر نظام الإنارة استجابة عالية واستهلاك قليل للطاقة من حيث عدم الإنارة إلا وقت الحاجة.

تمتع نظام إنذار الحريق بأنه ذو موثوقية عالية من حيث تلافي حالات الإنذار الكاذبة بفضل الخوارزمية المصممة والتي تعتمد على استجابة حساسين على الأقل لتحقيق شرط إنذار الحريق.

أظهر النظام المُصمَّم استجابة جيدة من حيث السرعة والموثوقية في نقل الرسائل بين العملاء لاعتماده على بروتوكول الاتصال MQTT.

مكنت منصة Ubidots من مراقبة البارامترات التي تؤثر على البيئة داخل المنشأة في الزمن الحقيقي بالإضافة إلى التحكم بالمشغلات (من أي جهاز كومبيوتر أو هاتف محمول).

التوصيات:

نوصي باستخدام متحكِّمات الراسبيري باي كمتحكِّم أقوى برمجياً وكذلك نوصي باستخدام تقنية معالجة الصورة لزيادة أمن الدخول الى المنشأة.

المراجع:

- [1] J. Serra, D. Pubill, A. Antonopoulos, and C. Verikoukis, "Smart HVAC control in IoT: Energy consumption minimization with user comfort constraints," *Sci. World J.*, 2014.
- [2] S. Saha, "IoT Based Smart Home Automation and Energy Management," Department of Electrical & Electronic Engineering (EEE) Brac University, 2019.
- [3] M. A. Bin Suparman and S. L. Jong, "Automatic smoke detection system with favoriot platform using internet of things (IoT)," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, 2019.
- [4] F. Saeed, A. Paul, A. Rehman, W. H. Hong, and H. Seo, "IoT-Based intelligent modeling of smart home environment for fire prevention and safety," *J. Sens. Actuator Networks*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.3390/jsan7010011.
- [5] N. Johnsaide, L. V Rahul, and T. Shalini, "IOT Based Smart Fire Emergency Response System," *Int. J. Adv. Res. Dev. "IJARND"*, 2018.
- [6] Z. S. Obanda, "Multi-sensor fire detection system using an Arduino Uno microcontroller," Master of Science, Information Technology(Msc.IT), Strathmore University, 2017.
- [7] S. Sarvankar, P. Savadekar, A. Rokade, and P. Neelima Nikam, "Arduino Based Entrance Monitoring System Using Rfid And Real Time Control," *Int. Res. J. Eng. Technol. "IRJET"*, 2018.
- [8] A. A. Hentrup, D. Lu, P. R. Roldan, A. Hentrup, D. Lu, and P. Roldan, "Wireless Authentication of Smart Doors Using Radio Frequency Identification (RFID)," A thesis submitted in partial satisfaction of the requirements of the University Honors Program, Loyola Marymount University, 2016.
- [9] M. Benammar, A. Abdaoui, S. H. M. Ahmad, F. Touati, and A. Kadri, "A modular IoT platform for real-time indoor air quality monitoring," *Sensors (Switzerland)*, 2018.
- [10] P. A. A. Simão, "IoT Platforms for Building Automation with Energy Efficiency and Comfort Concerns," Master of Science, Faculty of Sciences and Technology, NOVA University of Lisbon, 2017.
- [11] R. K. Kodali and S. Yerroju, "IoT based smart emergency response system for fire hazards," *IEEE*, 2017.
- [12] B. Mishra and A. Kertesz, "The use of MQTT in M2M and IoT systems: A survey," *IEEE Access*, 2020.
- [13] D. Jesus, J. Abraham, and C. Alberto, "Internet of things applied to agriculture using the ESP32 module in connection with the Ubidots platform," 2021.
- [14] N. S. Mohammed and N. H. Selman, "Home Energy Management and Monitoring Using Ubidots Platform," *Al-Furat J. Innov. Electron. Comput. Eng.*, 2020.
- [15] A. Boniface, A. Y. Nasir, and A. M. Hassan, "Arduino based gas leakage and temperature monitoring and control system," *Int. J. Informatics Commun. Technol. "IJ-ICT"*, 2020.
- [16] E. Dolatshahi, "Smart Home Automation System," Master thesis, Science in Computer Engineering, CALIFORNIA STATE UNIVERSITY, 2015.