

تصميم نظام تنبيه لمستويات المياه الخطيرة في السودان باستخدام الاتصال اللاسلكي

باستخدام تقنية LoRa RA-02 و Arduino

أ- خديجة المبروك الزواغي¹ أ- محمود السنوسي الزروقي² أ- زهير البشير محمد المقهور³

المعهد العالي لتقنيات علوم البحار صبراتة/صبراتة/ليبيا. 1-2-3

* khdyjtalzwaghy@gmail.com

الملخص:

تستند فكرة هذه الدراسة إلى مواجهة الكوارث الطبيعية التي تهدد حياة البشر والبيئة، مثل الفيضانات والسيول الجارفة حيث تمثل كارثة درنة في شرق ليبيا مثالاً مأساوياً على حجم الأضرار التي قد تتجم عن الارتفاع غير المتوقع في مستويات المياه بالسودان. يهدف المشروع إلى تطوير نظام إنذار مبكر يعتمد على تقنية الاتصال اللاسلكي LoRa RA-02، لتمكين مراقبة مستويات المياه الخطيرة في السودان عن بُعد، وتنبيه الجهات المعنية لاتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة.

ونظراً للحاجة الماسة إلى حلول فعالة للتنبؤ بالكوارث البيئية والتعامل معها، يعتمد هذا المشروع على استخدام تقنية الاتصال اللاسلكي طويل المدى LoRa، وحساسات الموجات فوق الصوتية لقياس مستوى المياه في السودان، و Arduino للتحكم في البيانات ومعالجتها. يهدف النظام إلى توفير إنذار مبكر بارتفاعات خطيرة في منسوب المياه، مما يساهم في تقليل الخسائر البشرية والمادية في حال حدوث فيضانات.

يتكون النظام من وحدة الإرسال: تتضمن حساس الموجات فوق الصوتية لقياس مستوى المياه، و Arduino Nano لمعالجة البيانات، ووحدة LoRa RA-02 لإرسال البيانات إلى وحدة الاستقبال. وحدة الاستقبال: تحتوي على Arduino Nano لاستقبال البيانات، وشاشة OLED لعرض مستوى المياه، ونظام إنذار صوتي يعمل عند وصول مستوى المياه إلى حد خطير.

حيث تكون الية العمل بأن يقوم حساس الموجات فوق الصوتية بقياس مستوى المياه في السد وإرسال القراءات إلى Arduino Nano. بعد معالجة البيانات، يتم نقلها عبر وحدة LoRa RA-02 إلى وحدة الاستقبال. عند استقبال البيانات، تعرض وحدة الاستقبال مستوى المياه على شاشة OLED، وفي حالة تجاوز المستوى حد الأمان المحدد، يتم تفعيل نظام الإنذار لتنبيه المسؤولين بالخطر الوشيك.

كان النظام قادر على تغطية مسافات طويلة تتراوح بين 1 الي 15 كيلومترًا اعتمادًا على تضاريس الأرض، مما يجعله مناسبًا للمراقبة في المناطق النائية ذات البنية التحتية المحدودة للاتصالات. بفضل استهلاك الطاقة المنخفض لوحدات LoRa، يمكن تشغيل النظام لفترات طويلة دون الحاجة إلى تدخل مستمر.

يمكن تطوير النظام مستقبلاً بإضافة المزيد من المستشعرات لمراقبة عوامل أخرى مثل سرعة تدفق المياه، أو تحسين تقنيات تحليل البيانات للتنبؤ بالكوارث بشكل أدق قبل وقوعها. **الكلمات المفتاحية:** الكوارث، الفيضانات، تدفق، أندار.

Design Alert system for dangerous water levels in dams using wireless communication technology using LoRa RA-02 and Arduino

Abstract

The idea of this study was based on confronting natural disasters that are only human life, such as floods and torrential torrents, as Derna in eastern Libya represents a tragic example of the extent of damage that may result from an unexpected rise in water levels in dams.

develop an early warning system based on LoRa RA-02 wireless communication technology, to enable remote monitoring of dangerous water levels in dams, and alert the concerned authorities to take the necessary preventive measures.

Given the urgent need for effective solutions to predict and deal with environmental disasters, this project relies on the use of LoRa long-range wireless communication technology, ultrasonic sensors to measure the water level in dams, and Arduino to control and process the data.

The system aims to provide early warning of dangerous rises in water levels, which contributes to reducing human and material losses in the event of floods.

The system consists of a transmitter unit: it includes an ultrasonic sensor to measure the water level, an Arduino Nano for data processing, and a LoRa RA-02 module to send data to the receiver unit.

Receiver unit: It contains an Arduino Nano to receive data, an OLED screen to display the water level, and an audio alarm system that works when the water level reaches a dangerous level.

The working mechanism is that the ultrasonic sensor measures the water level in Determine the readings sent to the Arduino Nano. After the data is processed, it is transmitted via the LoRa RA-02 module to the receiving unit. When monitoring data, the water receiving unit has the water level monitored on the OLED display, and if it exceeds the achieved safety level, an alarm system is ensured to alert to help of impending danger. The system was capable of covering long distances ranging from 1 to 15 kilometers depending on the terrain, making it suitable for surveillance in remote areas with limited communications infrastructure. Thanks to the low power consumption of LoRa modules, the system can operate for long periods without the need for constant intervention. The system could be developed in the future by adding more sensors to monitor other factors such as the speed of water flow, or improving data analysis techniques to predict disasters more accurately before they occur.

المقدمة:

في عالم إدارة الموارد المائية وحماية البيئة، تُعد السدود من البنية الأساسية التي تساهم في التحكم في تدفق المياه وتخزينها، ومع ذلك فإن ارتفاع مستويات المياه بشكل غير متوقع في السدود يمثل تهديداً خطيراً قد يؤدي إلى حدوث فيضانات مدمرة، إحدى الكوارث التي شهدتها ليبيا مؤخراً هي كارثة درنة في شرق ليبيا، حيث أدى انهيار السدود إلى فيضانات جارفة، مما تسبب في خسائر فادحة في الأرواح والممتلكات. لمواجهة هذه المشكلة، هناك حاجة ملحة لتطوير أنظمة ذكية لمراقبة مستويات المياه وتنبيه الجهات المختصة في حالة ارتفاع المياه إلى مستويات خطيرة.

الفيضانات، التي تحدث في المقام الأول بسبب هطول الأمطار الغزيرة، هي أحداث طبيعية كارثية يمكن أن تؤثر فجأة على مناطق شاسعة، مما يؤدي إلى خسائر كبيرة في الأرواح وأضرار في البنية التحتية. تحدث هذه الكوارث عادة عندما ترفع الأمطار الغزيرة مستويات مياه النهر بسرعة غالباً ما تشهد ليبيا مثل هذه الأحداث، مما يؤدي إلى خسائر كبيرة في الموارد القيمة يمكن أن يساعد تنفيذ أنظمة مراقبة الفيضانات باستخدام تقنية LoRa RA-02 في التخفيف من تأثير الفيضانات على حياة البشر، وتستخدم العديد من هذه الأنظمة على نطاق واسع من قبل وكالات إدارة الكوارث لمراقبة مستويات الفيضانات ومع ذلك، فإن معظم هذه الأنظمة باهظة الثمن ومعقدة للغاية بحيث يصعب استخدامها وصيانتها. بالإضافة إلى ذلك، يتم تشغيل العديد من بوابات الفيضانات التقليدية في قنوات

المياه يدويًا وتفتقر إلى مراقبة مستوى المياه في الوقت الفعلي، مما يزيد من خطر فيضان المياه أثناء الفيضانات المفاجئة.

يعد مراقبة الفيضانات تطبيقًا واعدًا لتكنولوجيا إنترنت الأشياء الناشئة. تمثل (LoRa) تقنية متقدمة لتوصيل أجهزة مختلفة بالإنترنت وتعمل كمكمل مهم لإنترنت الأشياء، تم تنظيم بقية هذه الورقة على النحو التالي: يناقش القسم الثاني الأدبيات ذات الصلة، في حين يحدد القسم الثالث المنهجية والمواد المستخدمة في الدراسة. يصف القسم الرابع بنية النظام وتنفيذ الحل المقترح. يقدم القسم الخامس النتائج والمناقشات، ويقدم القسم السادس الاستنتاجات ويقترح سبلًا للبحوث المستقبلية.

مشكلة الدراسة:

تتمثل المشكلة الرئيسية التي تعالجها هذه الدراسة في عدم وجود نظام إنذار مبكر فعال لمراقبة مستويات المياه في السدود. العديد من السدود تقع في مناطق نائية حيث يكون من الصعب الوصول إليها في الوقت المناسب لاتخاذ الإجراءات الوقائية. وبالتالي، فإن الحاجة إلى نظام موثوق لتتبع الجهات المسؤولة بارتفاع مستويات المياه بشكل فوري تعتبر ضرورة لتجنب الكوارث الطبيعية المحتملة.

أهمية الدراسة:

يعتبر تطوير نظام إنذار مبكر لمراقبة مستويات المياه في السدود ذا أهمية كبيرة حيث يساهم في توفير تنبؤات مبكرة بشأن ارتفاعات المياه الخطيرة، مما يقلل من المخاطر المحتملة ويعزز من إجراءات السلامة. يستفيد المشروع من تقنية الاتصال اللاسلكي الطويل المدى (LoRa) لتمكين مراقبة مستمرة على مسافات بعيدة، مما يعد حلاً مثاليًا للبيئات النائية التي تفتقر إلى البنية التحتية للاتصالات.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

مراقبة مستويات المياه: استخدام حساسات الموجات فوق الصوتية لقياس مستوى المياه في السدود بدقة.
نقل البيانات لاسلكيًا: تطبيق تقنية LoRa لنقل البيانات من وحدة الإرسال إلى وحدة الاستقبال على مسافات طويلة.

الدراسات السابقة

قدم زكريا سنة 2023 نظام مبتكراً لمراقبة الفيضانات والتحذير منها (FMWS) باستخدام تقنية LoRaWAN. تم تصميم هذا النظام خصيصاً للحفاظ على اتصال واسع النطاق بالشبكة، يستخدم مستشعر الموجات فوق الصوتية HC-SR04 المدمج مع متحكم Arduino لقياس مستويات الفيضانات وتقييم حالات المخاطر، والتي يتم تحديثها على The Things Network ودمجها في منصات IOT.

اقترح Xiuhong et al نظام مراقبة مستوى المياه عن بعد والذي تم تطبيقه بنجاح في بحيرة Poyanghu. يتكون النظام من مستشعر ميداني ومحطة أساسية ومركز بيانات ووحدة إطلاق ويب. يمكنه تحقيق مراقبة عن بعد في الوقت الفعلي وتوفير تحذير مبكر من الأحداث غير الطبيعية والحماية في ظل ظروف خطيرة معينة. وفي الوقت نفسه،

دراسة Liu, al 2018 اقترح المؤلفون مراقبة جودة المياه عبر إنترنت الأشياء استناداً إلى Lora WAN. يتكون النظام من Arduino Pro Mini وأجهزة استشعار (درجة الحرارة، والعكارة، والتوصيل، والرقم الهيدروجيني)، ووحدة LoRa، ولوحة شمسية. يقوم النظام بتحديث البيانات إلى قاعدة بيانات سحابية.

المنهجية والمواد

الإطار المفاهيمي

المرحلة الأولى: تم إجراء بحث لتحديد المشاكل التي تواجهها أنظمة مراقبة الفيضانات الحالية وحدودها. تم اقتراح تصميم جديد للتغلب على هذه المشاكل.

المرحلة الثانية: تم تصميم وتصنيع أجهزة استشعار ذكية لمراقبة مستوى الفيضانات لقياس مستويات المياه باستخدام Arduino ومستشعر الموجات فوق الصوتية ودرع LoRa.

المرحلة الثالثة: تم اختبار الوحدة الفردية المطورة للتأكد من وظائفها وتقييم فعالية النظام المقترح. وقد تضمنت مراحل التصميم والنمذجة عدة خطوات، بما في ذلك توصيل الأسلاك وتنفيذ الأجهزة، ومرحلة البرمجة، وربط Arduino مع LoRa ومستشعر الموجات فوق الصوتية HC-SR04، بصرف النظر عن تصنيع وتكوين بوابة LoRa. ولتحسين التصميم، تم تحديد أي مشكلة تحدث أثناء بناء المشروع وحلها أثناء مرحلة الاختبار. كما تم إجراء بعض التحسينات لمنع تكرار الخطأ.

وأخيراً، يتم تقييم التصميم الكامل للنظام كوحدة مستقلة. وفي الأقسام التالية، يتم تقديم تفاصيل المكونات المستعملة وهندسة النظام.

الإطار النظري

3.2 . المكونات الرئيسية لنظام:

1.2 تقنية LoRa

تقنية Lora (Long Range) شكل (1) هي واحدة من تقنيات الاتصالات اللاسلكية الحديثة التي توفر اتصالاً موثوقاً لمسافات طويلة مع استهلاك منخفض للطاقة. تعتمد LoRa على نقل البيانات عبر موجات الراديو في النطاقات غير المرخصة، مما يسمح بتغطية واسعة تصل إلى عدة كيلومترات في البيئات المفتوحة، ويمكن أن تصل إلى 15 كيلومتراً في الظروف المثلى. تتميز التقنية بقدرتها على نقل البيانات عبر مسافات طويلة حتى في ظل وجود عوائق مثل المباني أو التضاريس الوعرة.



شكل (1) شريحة LoRa

1.1.2 الخصائص الرئيسية:

- مدى طويل: تغطية تصل إلى 15 كيلومتراً.
- استهلاك منخفض للطاقة: مثالي للأجهزة التي تعمل على البطاريات.
- قدرة على اختراق العوائق: فعال في البيئات ذات الكثافة العالية من العوائق.
- قابلية التوسع: دعم لعدد كبير من الأجهزة المتصلة في نفس الشبكة.

2.1.2 استخدامات LoRa:

- تطبيقات المدن الذكية.
- أنظمة مراقبة البيئة والزراعية.
- أنظمة التحكم في البنية التحتية.

2.2 حساس الموجات فوق الصوتية

حساس الموجات فوق الصوتية هو جهاز يستخدم لقياس المسافات عن طريق إرسال واستقبال الموجات الصوتية ذات التردد العالي. يُستخدم الحساس شكل (2) لقياس المسافة بينه وبين جسم (مثل سطح الماء) من خلال حساب الوقت الذي تستغرقه الموجات الصوتية للعودة بعد اصطدامها بالجسم.



الشكل (2) حساس الموجات فوق الصوتية

1.2.2 الخصائص الرئيسية:

- الدقة: قادر على قياس المسافات بدقة تصل إلى بضعة مليمترات.
- المدى: يمكنه قياس المسافات من بضعة سنتيمترات إلى عدة أمتار.
- البساطة: سهل التركيب والبرمجة.

2.2.2 استخدامات الحساس:

- قياس مستويات المياه.
- قياس المسافات في التطبيقات الصناعية.
- تطبيقات الروبوتات والمراقبة.

3.2 أردوينو نانو

Arduino Nano هو لوحة تحكم صغيرة الحجم تستخدم لمعالجة البيانات والتحكم في الأنظمة الإلكترونية. تتميز بسهولة الاستخدام ومرونتها، مما يجعلها مثالية لمشاريع التحكم والقياس. شكل (3).



شكل (3) Arduino Nano

المتحكم الدقيق

المتحكم الدقيق هو حاسوب متكامل محصور ضمن رقاقة صغيرة مصنوعة من مواد شبه موصلة يقوم بنفس المهام التي يقوم بها الحاسوب. فكما نعلم أن الحاسوب هو جهاز إلكتروني مهمته التفاعل مع المستخدم من أجل قراءة البيانات والمعلومات من وحدات الإدخال المتنوعة ومن ثم معالجتها ضمن وحدات المعالجة التابعة له واستنتاج النتائج والإحصائيات ثم إظهار هذه النتائج على وحدات الإخراج مثل الشاشات والطابعات.

أما المتحكم الدقيق فإنه رقاقة إلكترونية (IC) أصغر بكثير من الحاسوب مهمته أيضاً التفاعل مع مستخدمه وهو الجهاز الذي تم تركيب المتحكم الدقيق في داخله أي أن المستخدم الحقيقي له هو آلة وليس إنساناً فالمتحكم الدقيق يقوم بتجميع البيانات والمعلومات من الجهاز عبر وحدات الإدخال الخاصة به مثل أزرار التحكم وحساسات الحرارة أو الرطوبة وغيرها. ثم يقوم بمعالجة قيم هذه البيانات والمعلومات في وحدة المعالجة الخاصة به ومن ثم يقوم بإظهار النتائج على وحدات الإخراج الخاصة به أيضاً وهي البوابات التحكمية التي تقود الترنزستورات والمتحكمات وباقي الدوائر الإلكترونية في الجهاز . مصدر الطاقة

يتم استخدام لوحة شمسية وبطاريات قابلة لإعادة الشحن لتوفير مصدر طاقة مستمر لعقد الاستشعار، وبالتالي ضمان تشغيلها المستمر. يتم توصيل درع شاحن شمسي قائم على Arduino بالعقدة لشحن البطارية من اللوحة الشمسية أثناء النهار وتشغيل العقدة. أثناء الليل، يتم تشغيل العقدة مباشرة بواسطة بطارية قابلة لإعادة الشحن.

الجانب العملي

يركز هذا الفصل على شرح عملية تصميم النظام الإلكتروني لمشروع نظام إنذار الفيضانات باستخدام الاتصال اللاسلكي عبر وحدات LoRa RA-02 والوحدات Arduino Nano. كما يتناول تفاصيل تصميم اللوحات الإلكترونية المطبوعة (PCBs) باستخدام طريقة تعتمد على ثلاث مراحل أساسية.

2.4 تصميم وحدة الإرسال

1.2.4 العناصر الأساسية المكونة لوحدة الإرسال:

- وحدة التحكم: Arduino Nano لإدارة كافة العمليات.

- وحدة الاتصال اللاسلكي: LoRa RA-02 لإرسال البيانات إلى وحدة الاستقبال.
- حساس المسافة (Ultrasonic Sensor SFR 05): يستخدم لقياس مستوى المياه في السد.
- مصدر الطاقة: بطارية لتشغيل النظام.

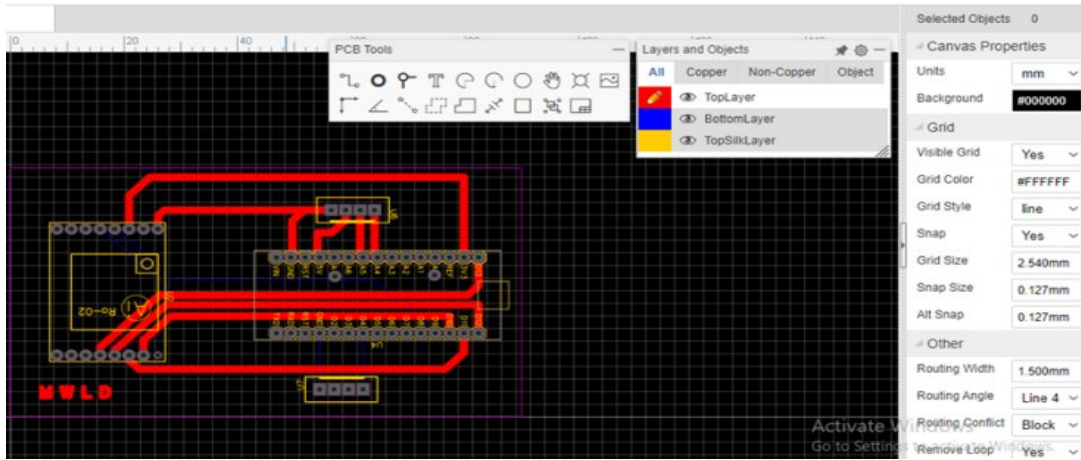
الكود البرمجي لوحدة الإرسال:

```
#include <SPI.h> // استخدام مكتبة SPI
#include <LoRa.h> // استخدام مكتبة LoRa RA-02
#define trigPin 9 // تعريف المنفذ المتصل برجل التريغ للحساس بالمتحكم
#define echoPin 10 // تعريف المنفذ المتصل برجل الإيكو للحساس بالمتحكم
void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // تهيئة منفذ التريغ كمنفذ لإرسال النبضة الصوتية
  pinMode(echoPin, INPUT); // تهيئة منفذ الإيكو كمدخل لاستقبال الإشارة المرتدة
  Serial.begin(9600); // تهيئة الاتصال التسلسلي مع الحاسوب بسرعة 9600 باود لمراقبة
  البيانات
  LoRa.begin(433E6); // للتواصل على تردد 433 ميغاهرتز LoRa تهيئة وحدة
}
void loop() {
  Long duration, distance; // تعريف متغيرات لحفظ مدة النبضة والمسافة
  Digital Write(trig Pin, LOW); // ضبط رجل التريغ منخفضة لضمان إرسال نبضة واضحة
  delay Microseconds(2); // انتظار لفترة قصيرة
  digital Write(trig Pin, HIGH); // إرسال نبضة صوتية
  Delay Microseconds (10); // مدة النبضة الصوتية 10 ميكرو ثانية
  Digital Write (trig Pin, LOW); // إيقاف النبضة الصوتية
  Duration = pulse In(echo Pin, HIGH); // حساب مدة النبضة المرتدة
```

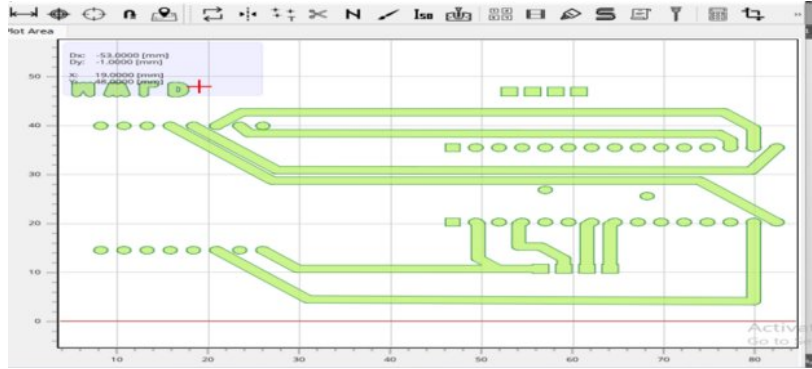
```
distance = (duration / 2) / 29.1; // (الصيغة الرياضية لحساب  
المسافة)  
LoRa.begin Packet(); // بدء حزمة الإرسال عبر  
Lora. Print(distance); // إرسال قيمة المسافة  
LoRa.endPacket(); // إنهاء الحزمة وإرسالها  
delay(1000); // تأخير لمدة ثانية قبل إرسال القراءة التالية  
}
```

2.2.4 مخطط الدائرة الإلكترونية وتصميم اللوحة:

المرحلة الأولى: تصميم الدائرة الإلكترونية شكل (4) باستخدام برنامج EasyEDA. تم توزيع المكونات بشكل استراتيجي لتجنب التداخلات الكهربائية وضمان كفاءة الأداء.

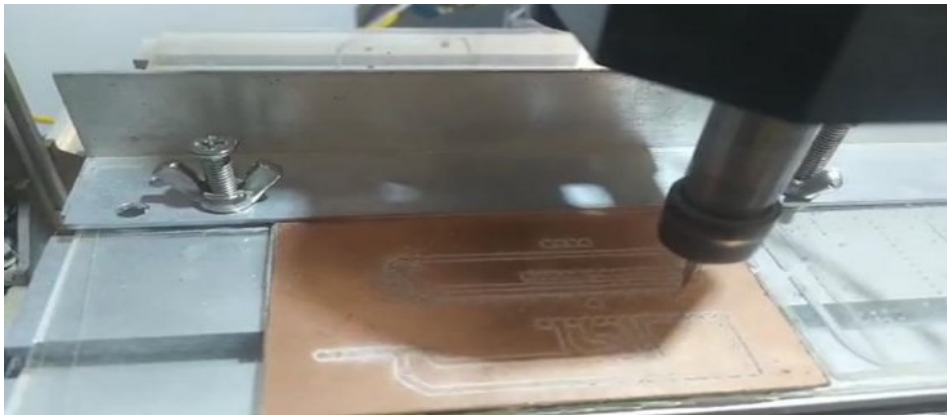


شكل (4) تصميم وحدة الإرسال عن طريق برنامج EasyEDA لتصميم الدوائر الإلكترونية
المرحلة الثانية: بعد إكمال التصميم في EasyEDA، يتم تصدير التصميم بامتداد Gerber، ثم
يتم استيراد هذا الملف إلى برنامج FlatCAM. شكل (5) في هذه المرحلة، يتم تحويل ملف
Gerber إلى ملف G-code باستخدام FlatCAM لتوجيه عملية الحفر.



شكل (5) استخدام Flatcar لتوجيه عملية الحفر

المرحلة الثالثة: يتم تحميل ملف G-code إلى آلة CNC3018 شكل (6) التي تقوم بنحت اللوحة الإلكترونية على لوحة نحاسية، مما يؤدي إلى إنتاج لوحة مطبوعة متكاملة لوحدة الإرسال.



شكل (6) طباعة اللوحة الإلكترونية باستخدام CNC3018

3.4 تصميم وحدة الاستقبال

1.3.4 العناصر الأساسية المكونة لوحدة الاستقبال:

- وحدة التحكم: Arduino Nano لاستقبال البيانات من وحدة الإرسال.
- وحدة الاتصال اللاسلكي: LoRa RA-02 لاستقبال إشارات مستوى المياه.
- شاشة OLED: لعرض البيانات المستلمة بشكل مرئي.
- نظام الإنذار: جرس (buzzer) متصل بـ Arduino لتنبيه المستخدم عند تجاوز مستوى المياه القيم المحددة.

الكود البرمجي لوحدة الاستقبال:

```
#include <SPI.h> // مكتبة SPI استيراد مكتبة LoRa المستخدمة للتواصل مع وحدة SPI استيراد مكتبة LoRa RA-02
#include <LoRa.h> // مكتبة LoRa استيراد مكتبة OLED للتواصل مع شاشة I2C استيراد مكتبة OLED استيراد مكتبة الرسومات العامة لـ Adafruit_GFX.h
#include <Adafruit_SSD1306.h> // مكتبة التحكم في شاشة OLED من نوع SSD1306
#define buzzerPin 3 // تعريف المنفذ المتصل بالجرس
#define SCREEN_WIDTH 128 // تحديد عرض الشاشة بـ 128 بكسل
#define SCREEN_HEIGHT 64 // تحديد ارتفاع الشاشة بـ 64 بكسل
// تهيئة الكائن المسؤول عن شاشة OLED
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
void setup() {
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT); // تهيئة منفذ الجرس كمخرج
  Serial.begin(9600); // تهيئة الاتصال التسلسلي مع الحاسوب
  LoRa.begin(433E6); // لاستقبال البيانات على تردد 433 ميجاهرتز تهيئة وحدة LoRa
  // تهيئة شاشة OLED
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) { // البدء بالعنوان الافتراضي للشاشة
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed")); // طباعة رسالة خطأ في حال فشل التهيئة
    for(;;); // توقف البرنامج إذا لم يتم تهيئة الشاشة بنجاح
  }
  display.clearDisplay(); // مسح الشاشة في البداية
}
```

```
void loop() {
  int packetSize = LoRa.parsePacket(); // LoRa التحقق من وجود بيانات مستلمة من وحدة LoRa
  if (packetSize) {
    String distance = LoRa.readString(); // قراءة البيانات المستلمة وحفظها كنص
    // OLED عرض البيانات المستلمة على شاشة
    display.clearDisplay(); // مسح الشاشة قبل العرض
  }
}
```

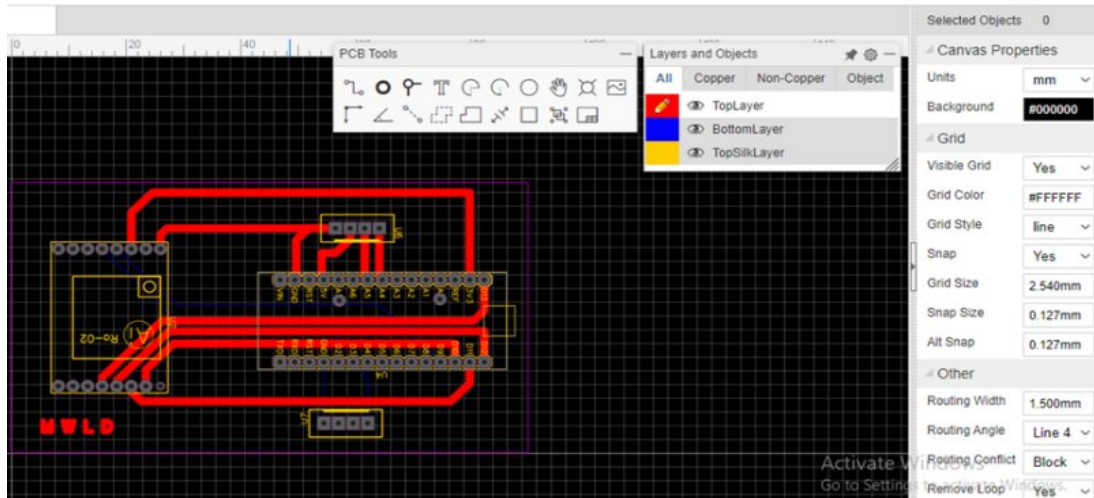
```

display.setTextSize(2); // تحديد حجم النص
display.setTextColor(SSD1306_WHITE); // تحديد لون النص بالأبيض
display.setCursor(0, 10); // ضبط موقع النص على الشاشة
display.print("Dist: "); // عرض النص الثابت "Dist:"
display.print(distance); // عرض قيمة المسافة
display.print("m"); // إضافة وحدة القياس "m"
display.display(); // تحديث الشاشة لعرض البيانات
// تفعيل الجرس إذا كانت المسافة ضمن نطاق الخطر
if (distance.toInt() > 0 && distance.toInt() < 5) {
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // تشغيل الجرس
} else {
    digitalWrite(buzzerPin, LOW); // إيقاف الجرس
}
}
}
}

```

2.3.4 مخطط الدائرة الإلكترونية وتصميم اللوحة:

المرحلة الأولى: يتم تصميم الدائرة الإلكترونية لوحدة الاستقبال باستخدام EasyEDA، شكل (7) مع مراعاة تضمين كافة المكونات بشكل متكامل.



شكل (7) تصميم وحدة الارسال عن طريق برنامج EasyEDA لتصميم الدوائر الالكترونية

المرحلة الثانية: بعد استكمال التصميم، يتم تحويله إلى ملف Gerber واستيراده إلى Flatcar. هنا، يتم تحويل ملف Gerber إلى G-code لتوجيه عملية النحت.

المرحلة الثالثة: يتم تنفيذ عملية نحت اللوحة باستخدام آلة CNC3018 لتشكيل اللوحة المطبوعة لوحدة الاستقبال.

4.4 محاكاة واختبار النظام

قبل تصنيع اللوحات الإلكترونية فعليًا، تم استخدام EasyEDA لمحاكاة الدوائر واختبارها للتأكد من أن التصميم يعمل بشكل صحيح. وبعد ذلك، تم تصنيع اللوحات الإلكترونية باستخدام CNC3018 واختبار النظام بالكامل.

5.4 الخلاصة

يعرض هذا الجزء تصميم النظام من خلال عملية تتضمن ثلاث مراحل رئيسية تبدأ بتصميم الدوائر الإلكترونية باستخدام EasyEDA، مرورًا بعملية تحويل الملفات باستخدام FlatCAM، وصولاً إلى نحت اللوحات الإلكترونية باستخدام آلة CNC3018. هذه المنهجية تضمن دقة وكفاءة عالية في إنتاج اللوحات المطبوعة المطلوبة للنظام.

الجانب البرمجي :

1.5 تمهيد

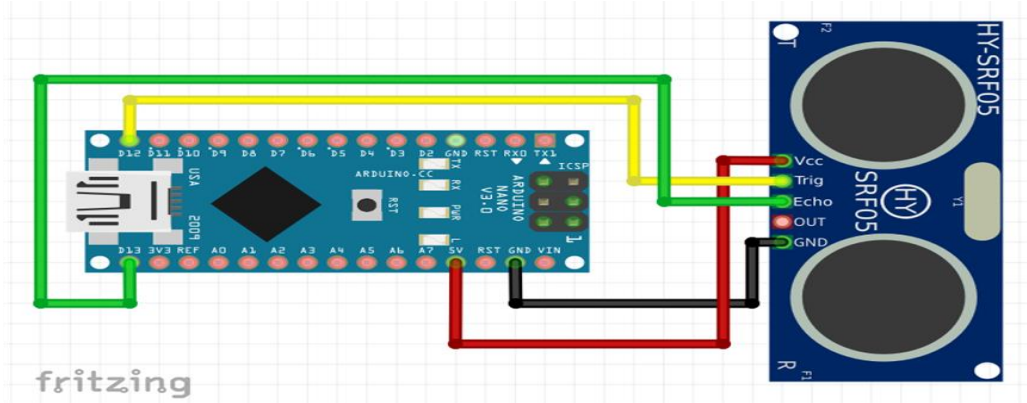
يركز هذا الجزء على شرح برمجة النظام، بما في ذلك تكوين وحدات الإرسال والاستقبال، تحليل البيانات المنقولة بينهما، واستجابة النظام للأحداث المختلفة. تمت البرمجة باستخدام لغة Arduino ++C لتنظيم عمليات القياس، والإرسال، والاستقبال، والتحكم في نظام الإنذار.

2.5 برمجة وحدة الإرسال

تتمثل برمجة وحدة الإرسال في عدة خطوات تشمل:

1.2.5 تهيئة المكونات:

يتم تهيئة Arduino Nano لاستقبال البيانات من وحدة LoRa RA-02 عبر برمجة منافذ الإدخال والإخراج المناسبة، وضبط التردد المستخدم للتواصل اللاسلكي. يتم كذلك تهيئة الحساسات المختلفة مثل حساس المسافة لضمان دقة القياسات المستلمة. شكل (7)



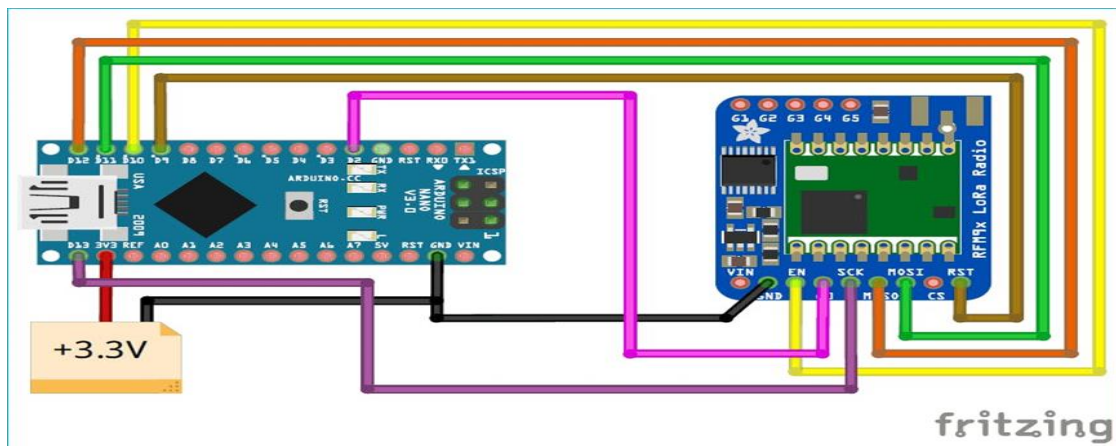
شكل (7) مخطط التوصيل الالكتروني لحساس الموجات فوق الصوتية بالارديونانو

2.2.5 جمع البيانات:

يتم قراءة مستوى المياه من الحساس وتحويل هذه البيانات إلى صيغة مناسبة للإرسال. يقوم Arduino Nano بمعالجة البيانات لتحويل القيم المقاسة إلى شكل يمكن نقله عبر تقنية الاتصال اللاسلكي LoRa. يتم التأكد من أن البيانات التي يتم جمعها دقيقة وموثوقة لتعكس الحالة الفعلية لمستوى المياه.

3.2.5 إرسال البيانات:

يتم استخدام وحدة LoRa RA-02 لإرسال البيانات اللاسلكية إلى وحدة الاستقبال شكل (8). يتم تكوين الوحدة للإرسال على التردد المناسب، مما يضمن وصول البيانات إلى وحدة الاستقبال في الوقت الحقيقي وبدون انقطاع. يتم ذلك ضمن دورة إرسال مكررة لضمان استمرارية مراقبة مستوى المياه.



شكل (8) المخطط الالكتروني لتوصيل وحدة LoRa مع الارديونو

في هذا الجزء من البرمجة، يقوم النظام بقياس المسافة عبر الحساس ثم يرسل هذه المعلومات إلى وحدة الاستقبال.

3.5 برمجة وحدة الاستقبال

تشمل برمجة وحدة الاستقبال ما يلي:

1.3.5 تهيئة المكونات:

يتم تهيئة Arduino Nano لاستقبال البيانات من وحدة LoRa RA-02 عبر برمجة منافذ الإدخال والإخراج المناسبة، وضبط التردد المستخدم للتواصل اللاسلكي. يتم كذلك تهيئة الحساسات المختلفة مثل حساس المسافة لضمان دقة القياسات المستلمة.

2.3.5 جمع البيانات:

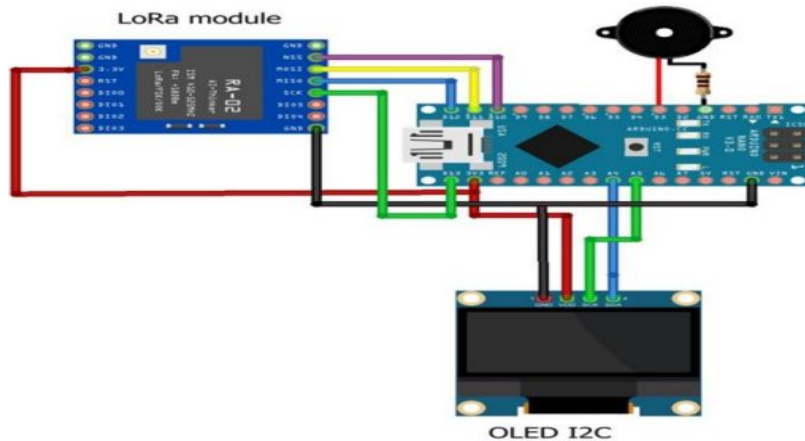
تتم قراءة القيم المرسله من الحساسات بدقة وتحويلها إلى صيغة يمكن معالجتها وإرسالها عبر وحدة LoRa، لضمان استمرارية تدفق البيانات بشكل سليم من وحدة الإرسال إلى وحدة الاستقبال.

3.3.5 عرض البيانات:

يتم عرض البيانات المستقبلية على شاشة OLED بشكل مرئي للمستخدم. يتم تحديث الشاشة بشكل دوري لعرض أحدث القيم المستقبلية من وحدة الإرسال، مع مراعاة عرض البيانات بتنسيق مفهوم وسهل القراءة.

4.3.5 تحليل البيانات:

بعد استقبال البيانات عبر LoRa، يتم تحليلها لاستخراج المعلومات المطلوبة، مثل المسافة المقاسة أو مستوى المياه. يتم استخدام هذه البيانات لاتخاذ قرارات تتعلق بتفعيل نظام الإنذار عند الحاجة شكل (8).



شكل (8) مخطط توصيل وحدة الاستقبال مع شاشة العرض وجرس الإنذار بباقي المكونات

5.3.5 نظام الإنذار:

إذا كانت المسافة المستقبلية تشير إلى مستوى مياه خطير، يتم تفعيل الجرس (buzzer) لتنبيه المستخدم.

هنا، يقوم البرنامج بقراءة البيانات من وحدة LoRa، ثم يعرضها على شاشة OLED، وفي حال كانت المسافة ضمن نطاق خطير (أقل من 5 م)، يتم تشغيل الجرس لتنبيه المستخدم.

4.5 تحليل البيانات المنقولة

1.4.5 التحليل:

البيانات المنقولة بين وحدة الإرسال والاستقبال تعتمد على قراءة حساس المسافة. يتم تحليل البيانات في وحدة الاستقبال عبر تحويلها إلى قيم رقمية، ثم مقارنتها بالحدود المحددة لاتخاذ القرار المناسب.

2.4.5 التنبيه:

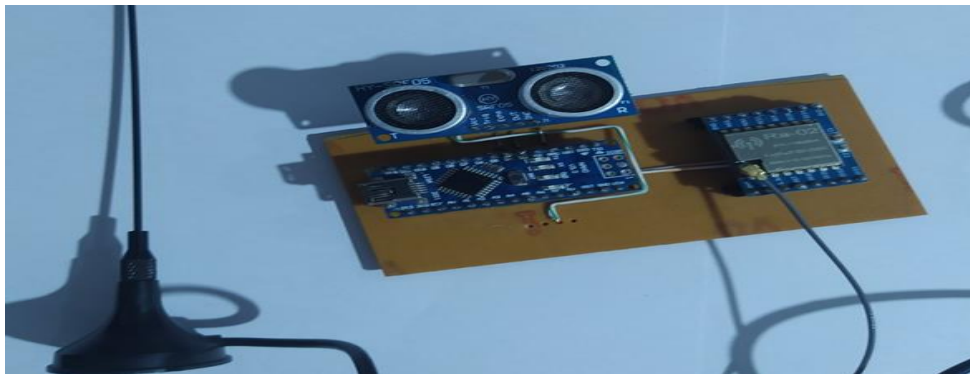
عند تجاوز الحدود الحرجة (مستوى المياه المنخفض)، يتم تفعيل نظام الإنذار لضمان استجابة فورية.

5.5 الصور الحقيقية للوحدات:

بعد تنفيذ الدراسة، تم التقاط بعض الصور الحقيقية لوحدة الإرسال ووحدة الاستقبال. تُظهر هذه الصور الأجهزة بعد تجميعها وتوصيل جميع المكونات الإلكترونية والأنظمة اللازمة. توضح الصور كيفية توصيل وحدات LoRa RA-02 مع Arduino Nano وبقية المكونات مثل حساس المسافة وشاشة OLED ونظام الإنذار.

1.5.5 وحدة الإرسال:

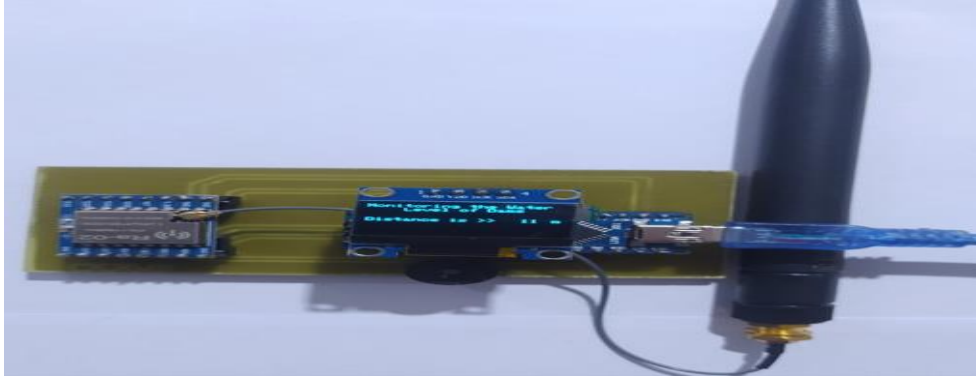
تظهر الصورة التالية وحدة الإرسال مع الحساس المثبت شكل (9) لقياس مستوى المياه، ووحدة LoRa RA-02 المثبتة على اللوحة الإلكترونية.



الشكل (9) وحدة الإرسال

2.5.5 وحدة الاستقبال:

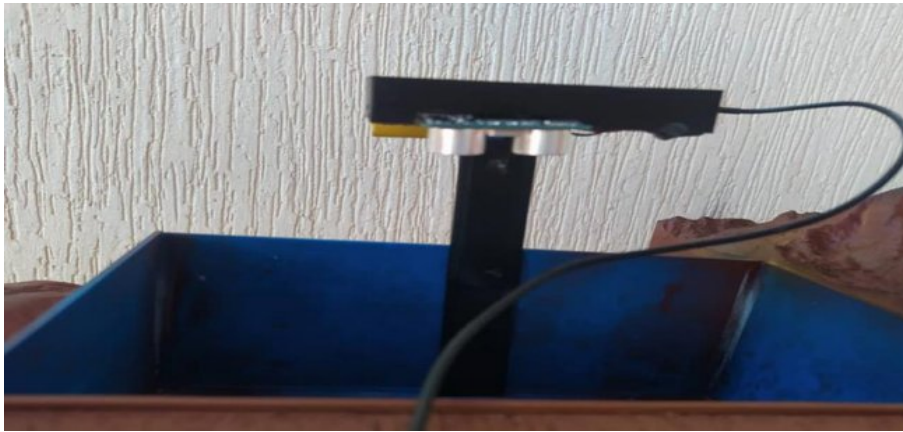
تظهر الصورة وحدة الاستقبال مع شاشة OLED المثبتة، ووحدة LoRa RA-02 المتصلة لاستقبال البيانات، بالإضافة إلى الجرس المستخدم لنظام الإنذار شكل (10).



الشكل (10) وحدة الاستقبال

5. تجربة النظام:

لضمان فعالية النظام في بيئة حقيقية، تم تجربة النظام في محيط مناسب. تم تثبيت وحدة الإرسال شكل (11) على بعد محدد من وحدة الاستقبال بهدف قياس مدى الاتصال اللاسلكي بين الوحدتين.



شكل (11) تثبيت وحدة الإرسال

1.6.5 اختبار المدى:

تم تشغيل النظام واختبار القدرة على إرسال البيانات من وحدة الإرسال واستقبالها في وحدة الاستقبال على مسافات مختلفة شكل (12). تم تسجيل النتائج والتحقق من استقرار النظام عبر مسافات متعددة لتقييم نطاق التغطية والتأكد من عدم وجود أي فقدان للإشارة أو تأخير غير مقبول في نقل البيانات.



شكل (12) جهاز لارسال والاستقبال

أظهرت التجارب الميدانية أن النظام قادر على العمل بكفاءة على مدى يتجاوز الحدود المتوقعة، مما يضمن مراقبة فعالة لمستوى المياه في المناطق المستهدفة. تم توثيق هذه التجارب بالصور والقياسات لضمان دقة النتائج وفيما يلي بعض الصور النهائية لمجسم المشروع. شكل (13)



شكل (11) الصورة النهائية لمجسم المشروع

الخلاصة:

يعتبر نظام تنبيه المياه الخطيرة في السودان باستخدام تقنية LORa نظام متطور يهدف إلي مراقبة مستويات المياه في السودان بشكل مستمر وتحذير السلطات المعنية في حال حدوث أي خطر. يعتمد النظام على تقنية الاتصال اللاسلكي منخفض، الطاقة التي تتميز بمدى واسع وقدرة على نقل البيانات عبر مسافات طويلة دون الحاجة إلى بنية تحثيه معقدة.

1.6 النتائج

تم تصميم وتنفيذ نظام متكامل لمراقبة مستوى المياه باستخدام وحدات LoRa RA-02 و Arduino Nano. أظهرت التجارب الميدانية أن النظام قادر على إرسال البيانات بشكل موثوق عبر مسافات طويلة، مما يسمح بمراقبة فعالة للمناطق الحرجة مثل السدود. أبرز النتائج التي تم الوصول إليها:

1 دقة القياس: أظهرت الحساسات المستخدمة دقة عالية في قياس مستوى المياه، وتم نقل هذه البيانات عبر النظام بدون تأخير يُذكر.

2 نطاق التغطية: أظهر النظام قدرة على نقل البيانات عبر مسافات طويلة باستخدام تردد 433 ميغاهرتز، مع استقرار ملحوظ في الاتصال اللاسلكي.

3 كفاءة الإنذار: تم تفعيل نظام الإنذار بنجاح عند اكتشاف مستويات مياه خطيرة، مما يثبت فعالية النظام في توفير تحذيرات مبكرة.

2.6 التوصيات المستقبلية

لتحسين النظام وتوسيعه في المستقبل، يُوصى بما يلي:

1. استخدام بطاريات ذات عمر أطول: لزيادة فترة التشغيل الذاتي للنظام، يمكن التفكير في استخدام بطاريات ذات سعة أكبر أو تطبيق تقنيات توفير الطاقة مثل وضع السكون (Sleep Mode).

2. زيادة عدد الوحدات: يمكن زيادة عدد وحدات الإرسال والاستقبال لتغطية مناطق أكبر، مما يتيح مراقبة متزامنة لعدة مواقع.

3. تكامل مع أنظمة أخرى: يمكن تحسين النظام من خلال التكامل مع أنظمة إنترنت الأشياء (IoT) أو قواعد البيانات السحابية، مما يسمح بمراقبة البيانات وتحليلها عن بعد.

4. استخدام بروتوكولات تشفير: لضمان أمان البيانات المنقولة، يُنصح بتطبيق بروتوكولات تشفير على الاتصال اللاسلكي لحماية النظام من التهديدات المحتملة.

5. التكيف مع بيئات مختلفة: يمكن تعديل النظام ليتوافق مع بيئات وظروف مناخية مختلفة، مثل تطبيق تغليف مقاوم للعوامل الجوية لحماية المكونات الإلكترونية في البيئات الرطبة أو المليئة بالغبار.

المراجع بالعربية:

- 1- تشين هانج ين .2014. نظام الكشف اللاسلكي عن المياه العالية منخفض التكلفة. أطروحة الماجستير . كلية الهندسة الكهربائية والحاسوبية.
- 2- محمد عزت زكريا. واهيب جابر. نورة سليمان.2023. نظام مراقبة الفيضانات والتحذير منها المستند إلى شبكة Lora WAN في مناطق مستجمعات المياه.أ الهندسة والبيئة.
- 3- . فاطمة الزهراء عبد الله. 2019 . تصميم نظام إنذار الفيضانات باستخدام وحدات LoRa. مجلة التقنيات الحديثة في الاتصالات. يونيو ، الصفحات 120-132 .vol. 19, no. 2, pp.
- 4- عبد الله محمد. 2018. ، تقنيات الحساسات الموجية الفوق صوتية وتطبيقاتها. بيروت، دار الفكر.
- 5- . سعيد عوض، عبد الله على عبد الله. 2019. الاردوينو ببساطة. عمان، الاردن: دار الكتب التقنية.
- 6- . محمد سامي،2021. شاشات OLED وأجهزة الاستشعار Arduino وتطبيقاته المتقدمة. القاهرة، مصر: دار النشر الهندسي.

المراجع بالإنجليزية:

1. عبد الحميد بسيوني. 2008. المتحكمات الدقيقة Microcontroller. مكان غير معروف: دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، يناير 2008 . Michael J. Hearty. Lora and Lora .
- WAN, 2020 : Technologies for the Internet of Things. Berlin, Germany: 1st ed Springer, 2020 .
2. Jessica G. Johnson, Sarah K. Lee, and Peter R. Lewis Mark M. B. ,2019. Lora WAN for Low Power Wide Area Networks: A Review. IEEE Internet of Things Journal. vol. 3, المجلدات 3098-3087 ، pp ،no.