الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar – EL OUED

كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie

قسم هندسة الطرائق والبيتروكيمياء

Département de génie Chimie et Pétrochimie

مذكرة لنيل شهادة الماستر تخصص هندسة الطرائق

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme Master en génie Chimie

عنوان المذكرة:

تصميم وإنجاز جهاز قياس الملوحة والعكارة للمياه

من اعداد الطلبة:

فائزي منال – بن علي رحيل

تمت مناقشة المذكرة في: 03 / 06 / 2024

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

د. العويني صلاح الدين	أستاذ بجامعة الوادي	رئيسا
د. فرحات محمد فؤاد	أستاذ بجامعة الوادي	مناقشا
د. محرم عبد الكريم	أستاذ بجامعة الوادي	مشرفا

الموسم الجامعي: 2024/2023

تشكرات

ان اول ما نبدأ به شكرنا هو شكرنا للّه سبحانه وتعالى فاللهم لك الحمد كما ينبغي لجلال وجهك وعظيم سلطانك فمن فضل اللّه علينا ان يسر لنا إتمام هذا البحث واود أن أعبر عن بالغ امتناني وتقديري لكل من ساهم في إتمام هذا العمل. كما أود أن أعبر عن شكري للدكتور المشرف " محرم عبد الكريم " الذي لم يبخل عليَّ بنصائحه الثمينة وتوجيهاته السديدة، ولا أنسى كل من ساندني ووقف إلى جانبي من أفراد الأسرة الجامعية وزملاء الدفعة وشكر خاص للبروفيسور " بسوس نور الدين " لتقديمه للنصائح الثمينة والدعم النفسي طيلة فترة اعداد هذا البحث، ونشكر كل الذين كانوا دائماً مصدر دعم وتشجيع لي. شكراً لكم جميعاً على إيمانكم بي ومساندتكم لي في هذا المشوار الأكاديمي.

الاهداء

الحمدلله حبا وشكرا وإمتنانا على البدء والختام

من قال انا لها "نالها"

بكل حب اهدي ثمرة نجاحي وتخرجي:

الى من كنت ارجو ان انال شرف نجاحي هذا بجانبه، يا من افتقده منذ الصغر ويرتعش قلبي لذكرك، الى من فارقني بجسده وروحه ما زالت ترفرف في سماء حياتي، الى من احمل اسمه بكل فخر ورحل قبل ان يقطف ثمار جهده اهدي تخرجي هذا محفوفا بالدعوات راجية من المولى ان يخبره بمدى امتناني وشوقي له

"جدي رحمه الله "

الى من كلله الله بالهيبة والوقار، ومن دعمني بلا حدود واعطاني بلا مقابل، داعمي الأول في مسيرتي وسندي، وقوتي وملاذي بعد الله فخري واعتزازي "ابي العزيز"

الى من أضاءت ليالي العتمة في طريقي، الى من افنت عمرها في سبيل ان احقق طموحي، الى من سهرت وساندت وكافحت وتفانت دوما، الى نبراس ايامي ووهج حياتي "امي العزيزة"

إلى ضلعي الثابت وامان ايامي إلى مُلهمي نجاحي، الى من شددت عضدي بهم فكانوا لي ينابيع ارتوي منها

الى خيرة ايامي وصفوتها الى قرة عيني "اخواني واخوتي"

إلى رفاق الدرب وسرور العمر وأعظم النعم عليّ من كانوا عونا وسندا في هذا الطريق رفقاء الروح أصحاب الشدائد والأزمات "زينب وجواهر"

الى رفيقة السنين صديقة الطفولة شبيهة روحي خليلة القلب ابنة عمي "اسراء"

وأخيرا الحمدلله الذي ما تيقنت به خيرا واملا الا واغرقني سرورا.

منال

الاهداء

بسم خالقي وميسر أموري وعصمت أمري، الحمد لله شكراً وحباً وإمتناناً، الحمد لله على البدأ والختام.

"وآخر دعواهم أن الحمد لله ربي العالمين"

من قال أنا لها "نالها" وأنا لها وإن أبت رغماً عنها أتيت بها.

لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها أن تكون، لم يكن الحلم قريباً ولا الطريق كان محفوفاً بالتسهيلات لكنني فعلتها ونلتها.

بعد مسيرة دراسية دامت 19 سنة حملت في طياتها الكثير من الصعوبات والمشقة والتعب، ها أنا اليوم أقف على عتبة تخرجي، أقطف ثمار تعبي، أرفع قبعتي بكل فخر. فاللهم لك الحمد قبل أن ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا، لأنك وفقتني على إتمام هذا العمل وتحقيق حلم ونجاح "أمي وأبي" فأنا كنت مجرد وسيلة.

أهدي هذا النجاح لنفسي أولا ثم إلى كل من سعى معي لإتمام هذه المسيرة، دمتم لي سنداً لا عمر له.

إلى من أحمل اسمه بكل فخر إلى سندي، أهديكَ نجاحي هذا فعند ليبتك الصغيرة خريجة اليوم يا "أبي".

إلى من كان دعائها سر نجاحي "ماما حبيبتي" أهدي لكِ نجاحي الذي لطالما تمنيتهِ، ها قد حققت حلمكِ.

إلى عائلتي الصغيرة والكبيرة التي لطالما كان دعمهم مصدر قوتي أهدي لكم ثمرة إنجازي هذا.

ها أنا اليوم أتممت مسيرتي راجية من الله تعالى أن ينفعني بما علمني، وأن يعلمني ما أجهل، ويجعله حجة لي لا عليّ فالحمد لله ربي العالمين والصلاة والسلام على نبيه الكريم.

خريجتكم "رحيل"

الملخص

إن الاهتمام في جودة المياه يعد استثمارا في صحة الإنسان والبيئة والتنمية الاقتصادية المستدامة. تحتوي مياه الشرب في جميع أنحاء العالم على مجموعة من العناصر على شكل أملاح ذائبة أو مواد عالقة، سواء كانت هذه المياه من مصادر سطحية أو جوفية أو حتى مياه الأمطار، وقد أدى ذلك الى ضرورة وضع معايير محددة لقياس وفحص جودة المياه. الآن، ومع التطور العلمي والتكنولوجي أصبحت أجهزة القياس الإلكترونية والرقمية هي الوسيلة المفضلة وذلك يعود الى دقتها ومرونتها وكذلك سهولة استخدامها وصيانتها، لتحل بذلك مكان الوسائل التقليدية للقياس. يعد تركيز المواد الصلبة الذائبة TDS ودرجة العكارة في المياه مؤشراً مهماً لتقييم نوعية المياه وصلاحيتها للاستخدامات المختلفة، لذلك تم القيام في هذا المشروع بدراسة شاملة لتصميم وإنجاز نظام قياس اجمالي المواد الصلبة الذائبة والعكارة في آن واحد. في البداية تم تقديم المفاهيم العامة حول TDS والعكارة وأهمية قياسهما، بعد ذلك تمت برمجة الأوامر المطلوبة ببرنامج Arduino وتصميم نموذج محاكاته ببرنامج Proteusوإضافة ميزة قياس درجة الحرارة والرطوبة. ثم تم تقديم نتائج قياس الـTDS والعكارة وتحليلها. ولقد تم تأكيد نتائج المحاكاة بالإنجاز الحقيقي للنظام ووضعه تحت التجريب لمختلف أنواع المياه كما أثبتت النتائج المحصل عليها تقارب النتائج الفعلية مع نتائج المحاكاة، مع امكانية توظيف النظام في المخابر وتطبيقات معايرة ومراقبة جودة المياه.

الكلمات المفتاحية: TDS، العكارة، حساس، المياه، Arduino.

Abstract

Attention to water quality is an investment in human health, the environment, and sustainable economic development. Drinking water around the world contains a variety of elements in the form of dissolved salts or suspended materials, whether this water comes from surface sources, groundwater, or even rainwater. This has led to the necessity of setting specific standards for measuring and examining water quality. Now, with scientific and technological advancements, electronic and digital measuring devices have become the preferred method due to their accuracy, flexibility, and ease of use and maintenance, replacing traditional measurement methods. The concentration of Total Dissolved Solids (TDS) and the degree of turbidity in water are important indicators for evaluating water quality and its suitability for various uses. Therefore, a comprehensive study was conducted in this project to design and implement a system for measuring the total dissolved solids and turbidity simultaneously. Initially, the general concepts of TDS and turbidity and the importance of measuring them were presented. Subsequently, the required commands were programmed using Arduino, and the simulation model was designed using Proteus software, adding the feature of measuring temperature and humidity. Then, the results of TDS and turbidity measurements were presented and analyzed. The simulation results were confirmed with the actual implementation of the system and tested with different types of water. The obtained results showed the convergence of actual results with simulation results, with the potential to employ the system in laboratories and applications for calibrating and monitoring water quality.

Keywords: TDS, turbidity, sensor, water, Arduino.

الفهرس

تشكرات I

الاهداء II

الاهداء III

الملخص IV

ABSTRACT IV

الفهرس V

فهرس الأشكال IX

فهرس الجداول X

المختصرات والمصطلحات XI

مقدمة عامة XIII

الفصل الأول: عموميات حول الـ TDS والعكارة

مقدمة 2

1. اجمالي المواد الصلبة الذائبة TDS : 2

1.1. مفهوم اجمالي المواد الصلبة الذائبة TDS : 2

2.1. أهمية قياس نسبة المواد الصلبة الذائبة: 2

1.2.1.جودة المياه: 2

2.2.1. الصناعات: 3

3.2.1. الأحواض المائية وأحواض السمك: 3

4.2.1. معالجة المياه: 3

5.2.1. أنظمة التدفئة والتبريد: 3

6.2.1. البيئة: 3

3.1. معايير قياس الـ TDS: 3

1.3.1. الحدود المقبولة للـ TDS في مياه الشرب: 3

2.3.1. دراسة مستوى الـ TDS في المياه: 4

4.1. طرق قياس اجمالي المواد الصلبة الذائبة في المياه: 4

1.4.1. الطريقة الكيميائية: 4

2.4.1. طريقة التحليل الكهربائي: 4

3.4.1. طريقة الفحص بالأشعة تحت الحمراء: 4

4.4.1. استخدام أجهزة القياس التقليدية: 5

5.1. طرق تنقية الماء من مواد TDS: 5

6.1. أنواع أجهزة قياس اجمالي المواد الصلبة الذائبة الشائعة: 5

1.6.1. أجهزة قياس TDS المحمولة باليد (أو الجيبية): 5

2.6.1. أجهزة قياس TDS المكتبية (BenchTop): 6

3.6.1. أجهزة قياس TDS المثبتة على الانابيب والخطوط (Online/Continuous): ___ 6
4.6.1. أجهزة قياس جودة المياه متعددة الخصائص _____ 6
4.6.1. أجهزة قياس TDS ذات الاستخدام المخبري (Laboratory-grade):_____ 6
2. العكارة (TURBIDITY): _____ 8
1.2. مفهوم العكارة: _____ 8
2.2. أهمية قياس نسبة العكارة: _____ 8
1.2.2. الصحة العامة: _____ 8
2.2.2. جودة البيئة: _____ 8
3.2.2. معالجة المياه: _____ 8
4.2.2. الصناعة: _____ 8
5.2.2. الكشف عن التلوث: _____ 8
3.2. طرق قياس درجة العكارة: _____ 9
1.3.2. الطريقة النيفيلومترية (Nephelometric Method): _____ 9
2.3.2. طريقة الكدرة (Turbidimetric Method): _____ 9
3.3.2. الطريقة الطيفية (Spectrophotometric Method): _____ 9
4.3.2. الطرق اليدوية (Visual Methods): _____ 9
5.3.2. الطرق الإلكترونية الحديثة (Modern Electronic Methods): _____ 9
6.3.2. أجهزة قياس العكارة In-line (In-line Turbidity Meters): _____ 10
4.2. الوحدات المستخدمة لقياس العكارة: _____ 10
1.4.2. وحدة العكارة النيفيلومترية (NTU - Nephelometric Turbidity Units): _____ 10
2.4.2. وحدة الفورمازين للعكارة (FTU - Formazin Turbidity Units): _____ 10
3.4.2. وحدة جاكسون للعكارة (JTU - Jackson Turbidity Units): _____ 10
4.4.2. وحدات العكارة المعادلة (TE/FNU - Turbidity Equivalent / Formazin Nephelometric Units): _____ 10
5.4.2. وحدة المليغرام لكل لتر (mg/L): _____ 10
5.2. حدود قياس العكارة: _____ 11
1.5.2. مياه الشرب: _____ 11
2.5.2. المياه السطحية: _____ 11
3.5.2. مياه الصرف الصحي المعالجة: _____ 11
4.5.2. المياه الصناعية: _____ 11
5.5.2. المياه المستخدمة في الزراعة والري: _____ 11
5.5.2. مياه الأحواض وحمامات السباحة: _____ 11
6.2. طرق تنقية الماء من العكارة: _____ 11
1.6.2. الترسيب (Sedimentation) : _____ 12
2.6.2. التخثير والتلبيد (Coagulation and Flocculation) : _____ 12
3.6.2. الترشيح (Filtration):_____ 12
4.6.2. الطرد المركزي (Centrifugation): _____ 12
5.6.2. الترشيح بالدياتومايت(Diatomaceous Earth Filtration) : _____ 12
6.6.2. المعالجة البيولوجية (Biological Treatment) : _____ 12
7.6.2. التطهير الكيميائي (Chemical Disinfection) : _____ 12
8.6.2. التنقية بالأشعة فوق البنفسجية(UV Disinfection) : _____ 12

9.6.2. استخدام المواد الماصة(Adsorption) : 12
7.2. أنواع أجهزة قياس العكارة الشائعة تجاريا: 13
1.7.2. جهاز Secchi Disk: 13
خاتمة 14

الفصل الثاني: تصميم ومحاكاة نظام قياس TDS والعكارة

مقدمة 16
1.فكرة عامة حول المشروع: 16
2.المتطلبات الأساسية لعملية المحاكاة: 16
1.2. البرمجيات: 16
1.1.2. برنامج المحاكاة Proteus: 16
2.1.2. لغة البرمجة Arduino IDE: 16
2.2. القطع الالكترونية: 16
1.2.2. لوحة Arduino: 16
2.2.2. شاشة LCD: 17
3.2.2. حساس TDS: 18
4.2.2. حساس العكارة: 19
5.2.2. حساس الحرارة والرطوبة DTH11: 20
3. المحاكاة ومناقشة النتائج: 20
1.3. نتائج محاكاة قيم التوتر الصادرة من الحساسات بواسطة لوحة Arduino: 21
2.3. نتائج محاكاة قيم TDS: 22
3.3. نتائج محاكاة قيم العكارة: 24
خاتمة 25

الفصل الثالث: تنفيذ وانجاز نظام قياس TDS والعكارة

مقدمة 27
1.القطع الإلكترونية والمواد المستعملة في عملية إعداد وتصميم جهاز قياس الـTDS والعكارة: 27
1.1.الأدوات والقطع الإلكترونية: 27
2.1. المواد المستعملة: 27
3.1. موصفات لوحة التكييف المستخدمة مع حساس TDS: 27
4.1. موصفات حساسTDS : 28
5.1. موصفات وحدة استشعار العكارة: 29
2. تجميع نظام قياس الـTDS والعكارة المقترح: 30
3. الكود البرمجي للنظام باستخدام ARDUINO IDE: 31
4. دالة تحويل الحساس: 31
1.4. حساس الـTDS : 31
4.2. حساس الـعكارة: 31
5. انجاز النظام والنتائج: 33
1.5. نتائج قياس الـTDS التجريبية باستعمال Voltmeter وArduino: 33

2.5. نتائج قياس العكارة التجريبية باستعمال Voltmeter وArduino: _____ 33
3.5. تجريب نظام قياس الـTDS مع مختلف أنواع المياه: _____ 33
4.5. تجريب نظام قياس الـعكارة مع مختلف أنواع المياه: _____ 34
6. دراسة إمكانية تحسين نتائج القياس: _____ 35
7. اقتراح تطوير النظام: _____ 35
خاتمة _____ 35
خاتمة عامة _____ 37
قائمة المراجع _____ 38
الملاحق _____ 40

فهرس الأشكال

الشكل (1) صورة لجهاز قياس TDS المحمول باليد 5
الشكل (2) صورة لجهاز قياس TDS المكتبي..... 6
الشكل (3) صورة لجهاز قياس TDS المثبتة على الانابيب و الخطوط 7
الشكل (4) صورة جهاز قياس جودة المياه متعددة الخصائص..... 7
الشكل (5) صورة أجهزة قياس TDS ذات الاستخدام المخبري (LABORATORY-GRADE) 7
الشكل (6): جهاز SECCHI DISK..... 13
الشكل (7): أجهزة قياس العكارة المحمولة..... 14
الشكل (8) :أجهزة قياس العكارة الثابتة..... 14
الشكل (9): أجهزة قياس العكارة المستمرة/عبر الإنترنت 14
الشكل (10): أجهزة قياس العكارة المثبتة على المواسير والخطوط 14
الشكل (11) صورة محاكاة لوحة ARDUINO UNO في برنامج PROTEUS..... 17
الشكل (12) صورة محاكاة شاشة LCD 4×20 مع بروتكول I2C في برنامج PROTEUS..... 18
الشكل (13) صورة محاكاة حساس TDS في برنامج PROTEUS. 19
الشكل (14) صورة محاكاة حساس العكارة في برنامج PROTEUS 19
الشكل (15) صورة محاكاة حساس الحرارة والرطوبة DTH11 في برنامج PROTEUS..... 20
الشكل (16) يوضح محاكاة دارة تصميم نظام قياس الـ TDS والعكارة في برنامج PROTEUS..... 21
الشكل (17): يوضح محاكاة قياس قيمة 200 لـ TDS في برنامج PROTEUS 22
الشكل (18) يوضح محاكاة قياس قيمة 300 لـ TDS في برنامج PROTEUS 23
الشكل (19): يوضح محاكاة قياس قيمة 700 لـ TDS في برنامج PROTEUS 23
الشكل (20): يوضح محاكاة قياس قيمة 1000 لـ TDS في برنامج PROTEUS 23
الشكل (21): يوضح محاكاة قياس قيمة 1300 لـ TDS في برنامج PROTEUS 23
الشكل (22): يوضح محاكاة قياس قيمة 0.00 للعكارة في برنامج PROTEUS 24
الشكل (23): يوضح محاكاة قياس قيمة 15.01 للعكارة في برنامج PROTEUS 24
الشكل (24): يوضح محاكاة قياس قيمة 40.00 للعكارة في برنامج PROTEUS 24
الشكل (25): يوضح محاكاة قياس قيمة 1000 للعكارة في برنامج PROTEUS 25
الشكل (26): صورة حقيقية لحساس الـTDS 28
الشكل (27): مبدأ تشغيل حساس الـTDS الالكتروني..... 28
الشكل (28): صورة حقيقية لحساس العكارة. 29
الشكل (29): مبدأ تشغيل حساس العكارة الالكتروني..... 30
الشكل (30): صورة نظام قياس الـTDS والعكارة بعد تجميع كل القطع..... 30
الشكل (31): منحنى يمثل العلاقة بين TDSو التوتر الخاص بالحساس..... 32
الشكل (32): منحنى يمثل العلاقة بين العكارة والتوتر الخاص بالحساس. 32
الشكل (33):صورة حقيقية للشاشة تظهر نتيجة مياه صالحة الشرب 34
الشكل (34):صورة حقيقة للشاشة تظهر نتيجة المياه الصناعية 34
الشكل (35):صورة حقيقة للشاشة تظهر نتيجة المياه السطحية 34
الشكل (36): صورة حقيقة للشاشة تظهر نتيجة مياه تستخدم للزراعة 34
الشكل (37): صورة حقيقة للشاشة تظهر نتيجة المياه العكرة 34
الشكل (38): منحنى يمثل فرق الدقة بين محول تناظري/ رقمي 10BIT و 12BIT. 35

فهرس الجداول

الجدول (1) قيم TDS وما يوافقها من عبارات على شاشة LCD. 20
الجدول (2) قيم العكارة وما يوافقها من عبارات على شاشة LCD. 21
جدول (3) قيم التوتر المقاسة نظريا مقابل المقاسة بواسطة ARDUINO مع نسبة الخطأ. 22
الجدول (4) يمثل نتائج القياس التجريبية لقيمة الـTDS لمختلف انواع المياه. 33
الجدول (5) نتائج القياس التجريبية بالميلي فولط لمختلف انواع المياه باستعمال حساس العكارة 33
الجدول (6) يمثل مقارنة النتائج التجريبية مع نتائج الجهاز التجاري. 33

المختصرات والمصطلحات

ADC: analog to Digital Converter

DHT: digital sensor for sensing temperature and humidity

PH: potential hydrogen

TDS: Total dissolved solids

LCD: liquid crystal display

IED: Integrated Development Environment

GND : Ground

PPM: Parts Per Million

WHO: World Health Organization

EPA: Environmental Protection Agency

NTU: Nephelometric Turbidity Unit

FTU: Formazin Turbidity Unit

JTU: Jackson Turbidity Unit

TSS: Total Suspended Solids

UV : Ultra-violet

VCC : Voltage Common Collector

SIG: Special Interest Group

RH: Relative Humidity

ISIS: Intelligent Schematic Input System

Agr: Agriculture

Surf : Surface

Ind : Industriel

Drk : Drink

مقدمة عامة

مقدمة عامة

تكامل الكيمياء والكهرباء يقدم فهما أعمق لكيفية التحكم في التفاعلات الكيميائية واستغلالها لإنتاج الطاقة وتخزينها، مما يدعم التقدم في العديد من المجالات التقنية والصناعية. تلعب القيم الكهربائية دورا محوريا في تفسير العديد من الظواهر الكيميائية. تعد الكهرو كيمياء فرعا من فروع الكيمياء الذي يركز على دراسة التفاعلات الكيميائية التي تنطوي على تدفق الكهرباء، حيث يساهم ذلك في فهم العديد من الظواهر الطبيعية والتطبيقات التقنية الحديثة.

في العقود الأخيرة، أصبح موضوع جودة المياه محط اهتمام كبير على الصعيدين العلمي والتقني، نظرًا لأهمية المياه في مختلف جوانب الحياة البشرية والبيئية. تُعد العكارة وإجمالي المواد الصلبة الذائبة من بين أهم المؤشرات التي تُستخدم لتقييم جودة المياه. العكارة تشير إلى مدى شفافية المياه ومدى تواجد الجزيئات الصلبة المعلقة فيها، في حين يقيس إجمالي المواد الصلبة الذائبة كمية الأملاح والمعادن المذابة في الماء .تعتبر مراقبة هذه المؤشرات عملية حيوية في العديد من المجالات، مثل معالجة المياه، الصناعات الغذائية، البحوث البيئية والتطبيقات الزراعية. قد تؤدي الزيادة في مستويات العكارة و TDS إلى تأثيرات سلبية على النظم البيئية والصحية، مما يجعل من الضروري تطوير أجهزة دقيقة وموثوقة لقياس هذه المؤشرات .

يهدف هذا المشروع إلى تصميم وتطوير جهاز لقياس العكارة وإجمالي المواد الصلبة الذائبة في المياه. سيتميز هذا الجهاز بالقدرة على تقديم قراءات دقيقة وموثوقة، بالإضافة إلى سهولة الاستخدام والصيانة. تتضمن عملية التصميم دراسة متأنية للمبادئ الفيزيائية والكيميائية لقياس العكارة وTDS، واختيار المكونات الإلكترونية المناسبة، وتطوير البرمجيات اللازمة لتحليل البيانات وتقديم النتائج بطريقة واضحة ومبسطة .

نسعى من خلال هذه الدراسة إلى تصميم وإنجاز نظام يقيس اجمالي المواد الصلبة الذائبة والعكارة لوصف صلاحية المياه. بالاعتماد على الطريقة الكهروكيميائية والتي تعتبر الأكثر دقة ومرونة. وتحقيقا لهذه الغاية تم تقسيم هذا العمل إلى ثلاثة فصول:

الفصل الأول بعنوان عموميات حول TDS والعكارة:

في هذا الفصل سيتم شرح المفاهيم الأساسية لمؤشرات TDS والعكارة وطرق قياسها وتوظيفها كأحد عوامل اختبار جودة المياه.

الفصل الثاني بعنوان تصميم ومحاكاة نظام قياس TDS والعكارة:

سنتطرق في هذا الفصل الى شرح البرامج المستخدمة في المحاكاة وأهم مكونات نظام قياس TDS والعكارة ثم القيام بعملية محاكاة مختلف الوحدات ببرنامج Proteus ومناقشة النتائج.

الفصل الثالث بعنوان انجاز جهاز قياس TDS والعكارة:

سنقوم في هذا الفصل بشرح خطوات انجاز جهاز قياس TDS والعكارة وتجربة النظام المقترح باستخدام عدة انواع من المياه والمحاليل المحضرة مخبريا ومناقشة نتائج القياس المحصل عليها.

وفي الأخير خاتمة عامة تلخص ما تم انجازه والاقتراحات والتحسينات والتطلعات المستقبلية التي يمكن اضافتها للنظام المقترح.

الفصل الأول: عموميات حول الـ TDS والعكارة

مقدمة

من أهم خطوات معالجة المياه هي عملية التحليل. ويعود ذلك لأن المياه بمختلف أنواعها ومصادرها تمثل العنصر الرئيسي لاستمرار بقاء جميع أنواع الكائنات الحية. وعند حدوث خلل ولو طفيف للغاية في أحد المصادر الطبيعية للمياه فقد يتسبب في تغييرات كبيرة في جميع مكونات النظام البيئي بما في ذلك تأثر مكونات النظام البيئي غير الحية مثل التربة. الامر الذي يؤثر على علاقة التكامل بين جميع الأنظمة البيئية. [01]

تعد خصائص ونوع المياه هي المؤشر الرئيسي الذي يدل على صلاحية استخدامها. سواء كان هذا الاستخدام له علاقة بالمجالات الزراعية أو الصناعية أو مياه الشرب. ولمعرفة تلك الخصائص وصلاحيتها لغرض ما ومشاكل التلوث المختلفة التي تعرضت لها نقوم بإجراء تحليل للحصول على البيانات التي نريدها بدقة ومن أهمها دراسة مؤشر الـ TDS "Total Dissolved Solids" ومؤشر العكارة Turbidity.

نتناول في هذا الفصل شرح المفاهيم الأساسية لمؤشرات TDS والعكارة وطرق قياسها وتوظيفها كأحد عوامل اختبار جودة المياه.

1. اجمالي المواد الصلبة الذائبة TDS :

1.1. مفهوم اجمالي المواد الصلبة الذائبة TDS :

الـ TDS أوTotal Dissolved Solids هو مصطلح يستخدم في الكيمياء والعلوم البيئية لوصف المواد الصلبة المذابة في الماء. يشير مصطلح الـ TDS إلى مجموع المواد الكيميائية والمعادن والمركبات الأخرى المذابة في الماء. تشمل هذه المواد الأملاح المعدنية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم، وكذلك المواد العضوية مثل بعض البقايا العضوية من المواد المتحللة.

تحدد مستويات الـ TDS في المياه عادةً بوحدة ppm (جزء في المليون) أو mg/L (ملغرام في اللتر). وتعتبر كميات الـ TDS مهمة لأنها تؤثر على جودة المياه وقابليتها للاستخدام في العديد من التطبيقات. على سبيل المثال، تركيزات عالية من الـ TDS قد تؤدي إلى طعم ورائحة غير مرغوبة في الماء، وتؤثر على فعالية عملية التحلية والمعالجة، كما قد تكون ضارة للصحة إذا كانت تحتوي مواد ضارة مثل العناصر الثقيلة.

تتأثر مستويات الـ TDS في المياه بعوامل عدة مثل التربة والتضاريس والتلوث البشري. لذا، يتم تقييم مستويات TDS كجزء من عمليات تحليل جودة المياه وإدارتها، وتحديد ما إذا كانت تتوافق مع المعايير الصحية والبيئية المعتمدة. [02]

2.1. أهمية قياس نسبة المواد الصلبة الذائبة:

قياس إجمالي المواد الصلبة الذائبة يعتبر أمرًا بالغ الأهمية في العديد من المجالات بسبب تأثيره الكبير على الجودة والأداء في مجموعة متنوعة من التطبيقات. فيما يلي بعض النقاط التي توضح أهمية قياس TDS : [06]

1.2.1.جودة المياه:

يعد قياس TDS ضروريًا لضمان أن مياه الشرب تلبي معايير الصحة والسلامة. يمكن أن تشير مستويات TDS المرتفعة إلى وجود مواد ملوثة مثل المعادن الثقيلة أو الأملاح الزائدة التي قد تكون ضارة

بالصحة. اما في الري والزراعة فيؤثر TDS على نوعية المياه المستخدمة للري. قد تؤدي مستويات TDS المرتفعة إلى تراكم الأملاح في التربة، مما يؤثر سلبًا على نمو النباتات وصحتها.

2.2.1. الصناعات:

في إنتاج الغذاء والمشروبات يجب مراقبة TDS لضمان الجودة والتحكم في الطعم. مستويات TDS المرتفعة أو المنخفضة يمكن أن تؤثر على الطعم والمظهر والمكونات الغذائية. وفي المختبرات والصناعات الكيماوية يحتاج التحكم الدقيق في تركيز المواد الذائبة لضمان سلامة وفعالية التفاعلات الكيميائية والمنتجات النهائية.

3.2.1. الأحواض المائية وأحواض السمك:

يؤثر TDS على صحة الأسماك والكائنات الحية الأخرى في الأحواض المائية. مستويات TDS غير المناسبة يمكن أن تؤدي إلى مشاكل في الأيض والتكاثر والوفاة.

4.2.1. معالجة المياه:

في محطات معالجة المياه، يتم قياس TDS لضمان كفاءة عمليات المعالجة وتنقية المياه. يساعد ذلك في التحكم في عمليات إزالة الشوائب وتحسين جودة المياه المعالجة.

5.2.1. أنظمة التدفئة والتبريد:

يؤثر TDS على كفاءة وأداء أنظمة التدفئة والتبريد. يمكن أن تؤدي مستويات TDS العالية إلى ترسب الأملاح والتآكل في الأنابيب والمعدات، مما يتطلب صيانة متكررة ويقلل من العمر الافتراضي للنظام.

6.2.1. البيئة:

مراقبة TDS في المياه الجوفية والسطحية يساعد في تقييم صحة النظم البيئية المائية والكشف عن مصادر التلوث. يمكن أن تكون مستويات TDS مؤشرًا على التلوث من التصريف الصناعي أو الزراعي.

وبالتالي، فإن قياس إجمالي المواد الصلبة الذائبة ليس فقط مؤشرًا هامًا على جودة المياه ولكنه أيضًا أداة حيوية في مجموعة متنوعة من التطبيقات الصناعية والزراعية والبيئية لضمان السلامة والكفاءة.

3.1. معايير قياس الـ TDS:

1.3.1. الحدود المقبولة للـ TDS في مياه الشرب:

تعتمد على الجودة المطلوبة للماء والتوجيهات الصحية المعمول بها. ومن اهم المعلومات حول الحدود المقبولة للـ TDS:

- **منظمة الصحة العالمية (WHO):** وفقًا لمنظمة الصحة العالمية، تم تقييم الماء من قبل لجان من الذواقة بناءً على مستوى TDS كما يلي:
  - ممتاز: أقل من 300 ملغ/لتر.
  - جيد: بين 300 و600 ملغ/لتر.
  - مقبول: بين 600 و900 ملغ/لتر.
  - ضعيف: بين 900 و1200 ملغ/لتر.
  - غير مقبول: أكثر من 1200 ملغ/لتر. [03]

- **الحدود المعتادة:** في الولايات المتحدة، تشير وكالة حماية البيئة (EPA) إلى أن الحد الآمن لـ TDSفي مياه الشرب هو 500 ملغ/لتر. ومع ذلك، تعتبر النسب المقبولة عادة بين 300 و500 ملغ/لتر.

وعلى العموم، يُعتبر مستوى الـ TDS الأمثل لمياه الشرب بين 50 و150 ملغ/لتر، والمستويات التي تزيد عن 1000 ملغ/لتر غير آمنة للاستهلاك. بالتالي، يُفضل الحفاظ على مستوى TDS في المياه داخل الحدود المعتادة لضمان جودة المياه وسلامتها. [04]

2.3.1. دراسة مستوى الـ TDS في المياه:

ارتفاع مستوى المواد الصلبة الذائبة في الماء لا يعني دائمًا أن الماء غير صالح للشرب، وذلك حسب المعايير التالية:

- **ماء ذو TDS عالي**: إذا كان مستوى الـ TDS في الماء مرتفعًا، فقد يكون هذا نتيجة وجود معادن مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد والكبريتات وغيرها. هذه المعادن قد تكون مفيدة للصحة، ولكن في بعض الحالات، قد يكون لديها تأثير على الطعم أو الرائحة. يُفضل أن يكون مستوى الـ TDS في الماء منخفضًا لتحسين الطعم والملمس، وللحفاظ على صحة الأنابيب والأجهزة المنزلية.
- **الاعتبارات الإقليمية:** تختلف المعايير المحلية للماء الصالح للشرب من منطقة إلى أخرى. يُفضل دائمًا الاطلاع على توجيهات الصحة المحلية لمعرفة ما إذا كان الماء ذو TDS مرتفع آمنًا للشرب في.
- **التأثير على الصحة :**في العادة، الماء ذو TDS منخفض يُعتبر أفضل للشرب، لكن الماء ذو TDSمرتفع لا يعني بالضرورة أنه غير صالح للشرب. يعتمد ذلك على مصدر الماء والمعايير المحلية .في بعض المناطق قد يكون الماء ذو TDS مرتفع نتيجة التلوث أو وجود ملوثات أخرى. في هذه الحالات يجب تنقية الماء قبل الشرب. [05]

4.1. طرق قياس اجمالي المواد الصلبة الذائبة في المياه:

هناك عدة طرق لقياس الـ TDS، وتتضمن هذه الطرق الأدوات المختلفة والتقنيات التي تستخدم لتحديد مستوى المواد الصلبة المذابة في الماء، ومنها:

1.4.1. الطريقة الكيميائية:

تشمل هذه الطريقة استخدام مواد كيميائية لترسيب المواد الصلبة المذابة في الماء، ثم يتم قياس كتلة الراسب الناتج. يتم حساب مستوى TDS استنادًا إلى الكتلة المترسبة.

2.4.1. طريقة التحليل الكهربائي:

يتم استخدام هذه الطريقة لقياس المواد الصلبة المذابة من خلال تحليل التوصيل الكهربائي للماء. يُقيس الجهاز المتخصص التغيرات في التوصيلية لتحديد مستوىTDS .

3.4.1. طريقة الفحص بالأشعة تحت الحمراء:

تستخدم هذه الطريقة الأشعة تحت الحمراء لتحديد المواد العضوية والمعادن المذابة في الماء، مما يتيح تقدير مستوى الـ TDS.

4.4.1. استخدام أجهزة القياس التقليدية:

يمكن استخدام هذه الأجهزة لقياس كثافة المياه وبالتالي تحديد نسبة الملوحة. تختلف دقة وكفاءة هذه الطرق، وقد تكون بعض الطرق أكثر تكلفة من غيرها. لتحديد الطريقة المناسبة لقياس الـ TDS، يجب أخذ في الاعتبار عوامل مثل الميزانية المتاحة ودقة القياس المطلوبة.

5.1. طرق تنقية الماء من مواد TDS:

هناك عدة طرق فعّالة لتنقية الماء من المواد الصلبة الذائبة (TDS)، منها:

- **التناضح العكسي (Reverse Osmosis) :** يُعتبر التناضح العكسي أفضل طريقة لتقليل مستوى TDSفي الماء. يعمل هذا النظام على دفع الماء من خلال غشاء شبه نافذ لإزالة أكثر من 95٪ من المواد الصلبة الذائبة، بما في ذلك المعادن الثقيلة والشوائب الضارة.
- **التقطير (Distillation) :**يُعد التقطير طريقة فعّالة أخرى لتنقية الماء وإزالة جميع المواد الصلبة الذائبة. يتم تبخير الماء وتكثيفه للحصول على ماء نقي خالٍ من الملوثات.
- **الترشيح بالألياف الدقيقة (Ultrafiltration)** والترشيح بالنانو (Nanofiltration): تعتمد هذه الطرق على استخدام غشاء مسامي لإزالة المواد الصلبة الذائبة. تعمل على ترشيح الماء وتحسين جودته.
- **الفحص باستخدام جهاز قياس الـ TDS:** يُفضل استخدام جهاز قياس TDS لتقدير مستوى المواد الصلبة الذائبة في الماء واختيار الطريقة المناسبة للتنقية. [08]

6.1. أنواع أجهزة قياس اجمالي المواد الصلبة الذائبة الشائعة:

أجهزة قياس الـ TDS، والمعروفة أيضًا بمقاييس التوصيل الكهربائي أو مقاييس الملوحة، تأتي في أنواع مختلفة، كل منها مخصص لتطبيقات وبيئات محددة. نذكر فيما يلي بعض الأنواع الشائعة لأجهزة قياس الـ TDS :

الشكل (1) صورة لجهاز قياس TDS المحمول باليد

1.6.1. أجهزة قياس TDS المحمولة باليد (أو الجيبية):

هي أجهزة صغيرة محمولة (**الشكل (1)**) قليلة التكلفة وسهلة الاستخدام مثالية للمستخدمين العاديين وأصحاب المنازل. هذه الأجهزة غالباً ما تشبه القلم أو العصا الصغيرة تتكون من مسبار متصل بوحدة إلكترونية مدمجة مع شاشة عرض رقمية. تُستخدم بشكل رئيسي لفحوصات جودة المياه الأساسية في

التطبيقات المنزلية، مثل فحص TDS لمياه الصنبور أو الماء المفلتر وحمامات السباحة، وأحواض السمك، وفي اختبار جودة مياه الشرب. [07]

2.6.1. أجهزة قياس TDS المكتبية (BenchTop):

وهي أجهزة أكثر تطورًا مصممة لإجراء قياسات دقيقة في بيئة المختبر. تقدم ميزات متقدمة مثل تسجيل البيانات، تعويض درجة الحرارة، وإعدادات المعايرة القابلة للتخصيص. تُستخدم أجهزة القياس المكتبية بشكل شائع في مراكز البحث، والمؤسسات التعليمية، والصناعات التي تتطلب قياسات دقيقة لمستويات TDS [09] (**الشكل (2)**).

الشكل (2) صورة لجهاز قياس TDS المكتبي

3.6.1. أجهزة قياس TDS المثبتة على الانابيب والخطوط (Online/Continuous):

هذا النوع مصمم لمراقبة مستويات TDS في الوقت الحقيقي في نظام المياه أو العمليات الصناعية. يتم تركيب هذا النوع من الأجهزة مباشرة في الأنابيب أو أنظمة معالجة المياه، مما يوفر قراءات مستمرة لضمان جودة المياه بشكل متواصل. تعتبر أجهزة قياس TDS عبر الإنترنت ضرورية في محطات معالجة المياه، العمليات الصناعية، وأنظمة مراقبة البيئة [09](**الشكل (3)**).

4.6.1. أجهزة قياس جودة المياه متعددة الخصائص:(Multiparameter Water Quality Meters)

تقدم بعض أجهزة قياس جودة المياه المتطورة إمكانيات متعددة المعايير، والتي تشمل قياس TDS بالإضافة إلى قيم هامة أخرى مثل درجة الحموضة (pH)، ودرجة الحرارة، والتوصيل الكهربائي، والأكسجين المذاب. تُعتبر هذه الأدوات متعددة الاستخدامات قيمة في الدراسات البيئية، والأبحاث الميدانية، ومراقبة النظم البيئية المائية [09](**الشكل (4)**).

4.6.1. أجهزة قياس TDS ذات الاستخدام المخبري (Laboratory-grade):

تعتبر هذه الأجهزة عالية الدقة تُستخدم في البحث، والمختبرات العلمية، والتطبيقات الصناعية حيث تكون الدقة أمرًا بالغ الأهمية. غالبًا ما تتميز بخيارات معايرة وأنماط قياس متعددة، ومتوافقة مع أنواع مختلفة من الأقطاب لإجراء قياسات متخصصة [09](**الشكل (5)**).

الشكل (3) صورة لجهاز قياس TDS المثبتة على الانابيب و الخطوط

الشكل (4) صورة جهاز قياس جودة المياه متعددة الخصائص

الشكل (5) صورة أجهزة قياس TDS ذات الاستخدام المخبري (Laboratory-grade)

2. العكارة (Turbidity):

1.2. مفهوم العكارة:

العكارة هي مقياس لمدى شفافية الماء، وتعبر عن وجود مواد صلبة دقيقة عالقة في الماء تعيق مرور الضوء من خلاله. تتسبب هذه المواد العالقة، التي يمكن أن تكون طميًا أو طينًا أو مواد عضوية أو كائنات دقيقة، في ظهور الماء بمظهر ضبابي أو غائم.

تعتبر العكارة مؤشرًا هامًا في تقييم جودة المياه، حيث أن مستويات عالية منها قد تشير إلى تلوث أو وجود مواد قد تكون ضارة للصحة. يمكن أن تؤثر العكارة على صحة الأحياء المائية، وكذلك على جودة المياه المستخدمة للشرب وللأغراض الصناعية.

يتم قياس العكارة باستخدام جهاز يعرف باسم مقياس العكارة، والذي يقيس درجة تشتت الضوء عند مروره عبر عينة الماء. وكلما زادت نسبة العكارة، زادت كمية المواد العالقة في الماء، مما يعكس تلوثًا أكبر أو تدهورًا في جودة المياه. [10]

2.2. أهمية قياس نسبة العكارة:

قياس قيمة عكارة المياه لها أهمية كبيرة في العديد من المجالات، منها:

1.2.2. الصحة العامة:

حيث تعتبر مؤشرًا مهمًا لجودة مياه الشرب. مياه الشرب ذات العكارة العالية قد تحتوي على مسببات الأمراض مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات. لذا، قياس العكارة يساعد في تحديد مدى نقاء المياه وصلاحيتها للشرب، وبالتالي حماية الصحة العامة.

2.2.2. جودة البيئة:

في البيئات الطبيعية مثل الأنهار والبحيرات، يمكن أن تؤثر العكارة على حياة النباتات والحيوانات المائية. ارتفاع مستويات العكارة يمكن أن يقلل من اختراق الضوء، مما يؤثر على عملية التمثيل الضوئي للنباتات المائية ويحد من الرؤية للأنواع الحيوانية المفترسة والفريسة.

3.2.2. معالجة المياه:

في محطات معالجة المياه، يعتبر قياس العكارة جزءًا أساسيًا من عملية مراقبة الجودة. يساعد في تحديد كفاءة عمليات التنقية والترشيح. ارتفاع مستويات العكارة في المياه الخام يمكن أن يتطلب إجراءات معالجة إضافية لضمان إزالة الشوائب.

4.2.2. الصناعة:

في الصناعات التي تعتمد على المياه مثل الصناعات الغذائية والمشروبات، يعتبر قياس العكارة مهمًا لضمان جودة المنتج النهائي. مياه ذات عكارة عالية يمكن أن تؤثر سلبًا على عمليات الإنتاج وجودة المنتجات كما يمكن أن تؤثر على العمر الافتراضي للأجهزة والمعدات.

5.2.2. الكشف عن التلوث:

يمكن أن يكون ارتفاع مستويات العكارة مؤشرًا على وجود تلوث أو مواد كيميائية ضارة في المياه. هذا يمكن أن يكون ناتجًا عن الجريان السطحي للزراعة أو التصريفات الصناعية غير المعالجة، مما يستدعي اتخاذ إجراءات للحد من مصادر التلوث وتحسين جودة المياه.

بشكل عام، قياس العكارة هو أداة أساسية لضمان صحة الإنسان وسلامة البيئة وجودة المياه المستخدمة في مختلف الأنشطة الاقتصادية.

3.2. طرق قياس درجة العكارة:

توجد عدة طرق لقياس العكارة في الماء، تعتمد كل منها على مبدأ مختلف وتستخدم أجهزة متخصصة. وفيما يلي بعض الطرق الشائعة لقياس العكارة:

1.3.2. الطريقة النيفيلومترية (Nephelometric Method):

مبدأ العمل: تعتمد هذه الطريقة على قياس تشتت الضوء. يتم تسليط شعاع من الضوء على عينة الماء، ويتم قياس كمية الضوء المتشتت بزاوية 90 درجة باستخدام كاشف ضوئي.

الأجهزة: أجهزة النيفيلومتر (Nephelometer) التي تقيس العكارة بوحدات NTU (Nephelometric Turbidity Units).

الدقة: تعتبر هذه الطريقة دقيقة جداً وتستخدم بشكل واسع في محطات معالجة المياه ومختبرات تحليل المياه.

2.3.2. طريقة الكدرة (Turbidimetric Method):

مبدأ العمل: تقيس هذه الطريقة انخفاض كثافة الضوء المار عبر عينة الماء بسبب الجسيمات العالقة.

الأجهزة: أجهزة القياس التوربيديمترية التي تقيس العكارة بوحدات FTU (Formazin Turbidity Units) أو NTU.

التطبيقات: تُستخدم في تطبيقات تتطلب تقدير العكارة بشكل نسبي.

3.3.2. الطريقة الطيفية (Spectrophotometric Method):

مبدأ العمل: تعتمد على قياس الامتصاص الطيفي للضوء بواسطة العينة. يتم تمرير شعاع من الضوء عبر العينة، ويُقاس الامتصاص عند أطوال موجية معينة.

الأجهزة: أجهزة الطيف الضوئي (Spectrophotometer).

التطبيقات: تُستخدم في الدراسات البيئية والبحوث التي تتطلب قياسات دقيقة للمواد العالقة في الماء.

4.3.2. الطرق اليدوية (Visual Methods):

مبدأ العمل: تشمل هذه الطرق استخدام أدوات بصرية مثل أقراص سيتشي (Secchi Disks) لقياس عمق الرؤية في الماء.

الأجهزة: أنابيب العكارة (Turbidity Tubes) أو أقراص سيتشي.

الدقة: تعتبر هذه الطرق أقل دقة من الطرق الآلية، لكنها مفيدة في التطبيقات الميدانية البسيطة.

5.3.2. الطرق الإلكترونية الحديثة (Modern Electronic Methods):

مبدأ العمل: تعتمد على تقنيات حديثة مثل الليزر وأجهزة الاستشعار الرقمية لقياس تشتت الضوء أو الامتصاص.

الأجهزة: أجهزة العكارة الرقمية المتقدمة المزودة بشاشات رقمية وخيارات لتخزين البيانات وتحليلها.

التطبيقات: تستخدم في الصناعات والمختبرات التي تتطلب دقة عالية وقياسات متكررة.

6.3.2. أجهزة قياس العكارة In-line (In-line Turbidity Meters):

مبدأ العمل: تُثبت هذه الأجهزة مباشرة في أنابيب المياه أو عمليات المعالجة لتوفير قياسات مستمرة في الوقت الحقيقي.

الأجهزة: أجهزة العكارة في الخط.

التطبيقات: تُستخدم في محطات معالجة المياه والصناعات المختلفة لمراقبة العمليات بشكل مستمر.

كل طريقة من هذه الطرق توفر مميزات خاصة بها وتعتمد على متطلبات التطبيق والدقة المطلوبة [11][12].

4.2. الوحدات المستخدمة لقياس العكارة:

وحدات قياس العكارة هي المعايير المستخدمة لتمثيل مقدار التشتت أو الامتصاص الذي تسببه الجزيئات العالقة في الماء. الوحدات الرئيسية لقياس العكارة تشمل:

1.4.2. وحدة العكارة النيفيلومترية (NTU - Nephelometric Turbidity Units):

تعتبر NTU واحدة من أكثر الوحدات شيوعًا واستخدامًا في قياس العكارة. تعتمد على قياس تشتت الضوء عند زاوية 90 درجة من الشعاع الضوئي المسلط على عينة الماء. تُستخدم NTU بشكل واسع في محطات معالجة المياه وفي اختبارات جودة المياه.

2.4.2. وحدة الفورمازين للعكارة (FTU - Formazin Turbidity Units):

تعتمد هذه الوحدة على استخدام الفورمازين كمادة قياسية لقياس العكارة. تُستخدم FTU بشكل شائع في البيئات المختبرية وقد تعطي نتائج مختلفة قليلاً عن NTU.

3.4.2. وحدة جاكسون للعكارة (JTU - Jackson Turbidity Units):

تعتمد هذه الوحدة على طريقة قديمة لقياس العكارة باستخدام أنبوب جاكسون الشفاف وطريقة بصرية لتحديد مستوى العكارة. تُستخدم JTU في بعض التطبيقات التقليدية ولكنها أقل شيوعًا الآن مقارنةً بـ NTU وFTU.

4.4.2. وحدات العكارة المعادلة (TE/FNU - Turbidity Equivalent / Formazin Nephelometric Units):

تُستخدم في بعض الأنظمة والأجهزة الحديثة التي قد تعتمد على معايير متعددة أو طرق قياس مختلفة. قد تكون TE وFNU متوافقة مع NTU أو FTU حسب إعدادات الجهاز وطريقة القياس المستخدمة.

5.4.2. وحدة المليغرام لكل لتر (mg/L):

في بعض الأحيان، تُستخدم هذه الوحدة للتعبير عن تركيز الجسيمات الصلبة العالقة في الماء بشكل مباشر، على الرغم من أن هذه الوحدة أكثر شيوعًا في قياسات المواد الصلبة العالقة (TSS) بدلاً من العكارة.

كل وحدة من هذه الوحدات لها تطبيقاتها الخاصة وتعتمد على متطلبات القياس والدقة المطلوبة في العمل. في البيئات الصناعية والمختبرية، تُعد NTU وFTU من أكثر الوحدات استخدامًا وشيوعًا لقياس العكارة. [12]

5.2. حدود قياس العكارة:

تختلف حدود قيم العكارة المقبولة في المياه بناءً على نوع الاستخدام والمعايير البيئية والصحية المحددة من قبل الهيئات التنظيمية. فيما يلي بعض الحدود الشائعة لقيم العكارة في المياه بناءً على استخداماتها المختلفة:

1.5.2. مياه الشرب:

منظمة الصحة العالمية (WHO) توصي بأن تكون العكارة في مياه الشرب أقل من 5 NTU، مع التوصية بأن تكون أقل من 1 NTU في الأنظمة التي تخضع لمعالجة فعالة.

أما وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) تضع حدًا للعكارة لا يتجاوز 1 NTU في المياه الموزعة للمستهلكين، مع عدم تجاوز 0.3 NTU في 95% من العينات الشهرية.

2.5.2. المياه السطحية:

تعتمد الحدود على القوانين المحلية والإقليمية، ولكن عمومًا تكون القيم المقبولة لعكارة المياه السطحية المستخدمة للأغراض الترفيهية أو البيئية أقل من 25 NTU.

3.5.2. مياه الصرف الصحي المعالجة:

تختلف الحدود باختلاف مستوى المعالجة ونوع التفريغ، ولكن القيم النموذجية للعكارة في المياه المعالجة تكون عادة بين 1 و10 NTU.

4.5.2. المياه الصناعية:

تعتمد الحدود على التطبيقات الصناعية المحددة ومتطلبات الجودة، ولكن يجب أن تكون العكارة منخفضة بما يكفي لتجنب الأضرار بالمعدات والعمليات الصناعية، وغالبًا ما تكون أقل من 10 NTU.

5.5.2. المياه المستخدمة في الزراعة والري:

يجب أن تكون العكارة في المياه الزراعية منخفضة نسبيًا لتجنب انسداد الأنظمة والأنابيب، وعادة ما تكون القيم المقبولة أقل من 50 NTU.

5.5.2. مياه الأحواض وحمامات السباحة:

يجب أن تكون العكارة منخفضة جدًا لضمان وضوح الماء وسلامة السباحة، وعادة ما تكون القيم المقبولة أقل من 0.5 NTU.

الالتزام بهذه الحدود يساعد في ضمان جودة المياه وسلامتها للاستخدامات المختلفة، سواء كانت للشرب أو للأغراض الترفيهية أو الصناعية. تختلف المعايير التفصيلية بناءً على القوانين المحلية والإقليمية والدولية، لذا يجب الرجوع إلى المعايير المحددة لكل منطقة لضمان الامتثال.

6.2. طرق تنقية الماء من العكارة:

تنقية الماء من العكارة تشمل عدة طرق وتقنيات تهدف إلى إزالة الجسيمات العالقة والشوائب من الماء لجعله صالحًا للاستخدامات المختلفة، مثل الشرب، الزراعة، والصناعة. فيما يلي بعض الطرق الشائعة لتنقية الماء من العكارة:

1.6.2. الترسيب (Sedimentation) :

مبدؤها ترك الماء لفترة زمنية معينة ليسمح للجسيمات الثقيلة بالترسب إلى القاع تُستخدم هذه الطريقة في محطات معالجة المياه الكبيرة وفي الخزانات.

2.6.2. التخثير والتلبيد (Coagulation and Flocculation) :

مبدؤها إضافة مواد كيميائية (مثل الشبة أو كلوريد الحديديك) إلى الماء لتجميع الجسيمات الصغيرة في كتل أكبر (flocs) يمكن ترسيبها بسهولة. تُستخدم بشكل واسع في محطات معالجة المياه البلدية والصناعية.

3.6.2. الترشيح (Filtration):

مبدؤها تمرير الماء عبر مواد مسامية (مثل الرمل، الحصى، الفحم النشط) لإزالة الجسيمات العالقة. من أنواعها الترشيح الرملي الذي يُستخدم في محطات معالجة المياه ويشمل ترشيح الماء عبر طبقات من الرمل والحصى. والترشيح الغشائي الذي يستخدم أغشية دقيقة لإزالة الجسيمات المجهرية، ويشمل الترشيح الفائق (ultrafiltration) والتناضح العكسي.(reverse osmosis)

4.6.2. الطرد المركزي (Centrifugation):

مبدؤها استخدام قوة الطرد المركزي لفصل الجسيمات الثقيلة عن الماء. تُستخدم في بعض التطبيقات الصناعية والمختبرية.

5.6.2. الترشيح بالدياتومايت(Diatomaceous Earth Filtration) :

مبدؤها استخدام طبقة من الدياتومايت كوسيط ترشيح لاحتجاز الجسيمات الدقيقة. تُستخدم في معالجة المياه الشرب وبعض التطبيقات الصناعية.

6.6.2. المعالجة البيولوجية (Biological Treatment) :

مبدؤها استخدام كائنات حية دقيقة (مثل البكتيريا) لتحليل المواد العضوية والجسيمات العالقة. تُستخدم في معالجة مياه الصرف الصحي وفي البحيرات والخزانات.

7.6.2. التطهير الكيميائي (Chemical Disinfection) :

مبدؤها إضافة مواد كيميائية (مثل الكلور) للقضاء على البكتيريا والميكروبات التي قد تكون مرتبطة بالجسيمات العالقة. تُستخدم في محطات معالجة مياه الشرب وفي تطهير المياه المنزلية.

8.6.2. التنقية بالأشعة فوق البنفسجية(UV Disinfection) :

مبدؤها استخدام الأشعة فوق البنفسجية لقتل أو تعطيل الكائنات الحية الدقيقة في الماء. تُستخدم في معالجة مياه الشرب وفي بعض التطبيقات الصناعية.

9.6.2. استخدام المواد الماصة(Adsorption) :

مبدؤها استخدام مواد مثل الفحم النشط لامتصاص الجسيمات الدقيقة والملوثات. تُستخدم في تنقية مياه الشرب وبعض العمليات الصناعية.

كل طريقة من هذه الطرق يمكن أن تكون فعالة بناءً على نوعية الماء والمواصفات المطلوبة للاستخدام النهائي. في العديد من الحالات، يتم استخدام مجموعة من هذه الطرق للحصول على نتائج تنقية مثالية. [13][14].

7.2. أنواع أجهزة قياس العكارة الشائعة تجاريا:

تأتي أجهزة قياس العكارة التجارية بأنواع مختلفة، كل منها مصمم لتطبيقات وبيئات محددة ومثل ما ذكرنا مختلف أجهزة قياس الـTDS نذكر فيما يلي بعض الأنواع الشائعة:

1.7.2. جهاز Secchi Disk:

تم استخدامه لأول مرة عام 1865 من قبل عالم الفلك الإيطالي. وهو عبارة عن قرص مستدير باللونين الأسود والأبيض يبلغ قطره 20سم. لاختبار الوضوح وهو العمق الذي يختفي عنده القرص. يتم انزاله عبر الماء حتى لا يصبح التمييز بين الأرباع البيضاء والسوداء مرئيا للعين البشرية. توفر الأداة النتائج الأكثر اتساقا في ظروف المياه المشمسة وفي منتصف النهار والهادئ قبالة الجانب المظلل من القارب أو الرصيف لتقليل الانعكاس عن الماء. (**الشكل (6)**)

الشكل (6): جهاز Secchi Disk.

- فيما يخص الأمثلة عن الأجهزة المتبقية نذكر منها:
- أجهزة قياس العكارة المحمولة (**الشكل (7)**).
- أجهزة قياس العكارة الثابتة (**الشكل (8)**).
- أجهزة قياس العكارة المستمرة/عبر الإنترنت (**الشكل (9)**).
- أجهزة قياس العكارة المثبتة على الأنابيب والخطوط (**الشكل (10)**)
- أجهزة قياس جودة المياه متعددة الخصائص (تم ذكرها سابقا (**الشكل (4)**).
- أجهزة قياس العكارة المخبرية. [12]

الشكل (7): أجهزة قياس العكارة المحمولة

الشكل (8) :أجهزة قياس العكارة الثابتة

الشكل (9): أجهزة قياس العكارة المستمرة/عبر الإنترنت

الشكل (10): أجهزة قياس العكارة المثبتة على المواسير والخطوط

خاتمة

نستخلص مما تم عرضه في هذا الفصل أن دراسة الـTDS والعكارة جزءًا لا يتجزأ من إدارة جودة المياه. ومن خلال فهم وتحليل هذه المؤشرات، يمكننا اتخاذ الخطوات الضرورية لضمان مياه نظيفة وصحية، سواء للاستهلاك البشري أو للاستخدامات الصناعية والزراعية. تعتبر هذه الجهود جزءًا مهما في الحفاظ على الموارد المائية وحمايتها للأجيال الحالية والمستقبلية. في الفصل التالي سيتم شرح الطريقة المتبعة في تصميم نظام قياس TDS و العكارة في آن واحد، مع ذكر المتطلبات اللازمة لذلك.

الفصل الثاني: تصميم ومحاكاة نظام قياس TDS والعكارة

مقدمة

يتم تطبيق المحاكاة في مجموعة واسعة من المجالات بما في ذلك الهندسة، العلوم، الطب والأعمال. ترتبط لوحات Arduinoبشكل وثيق بعمليات المحاكاة وهي عملية تمثيل نموذجي أو تجريبي مفيدة للتحقق من صحة التصميم قبل تطبيقه على أرض الواقع. في هذا الفصل سيتم شرح البرامج المستخدمة في المحاكاة وأهم مكونات نظام قياس TDS والعكارة ثم القيام بعملية المحاكاة ببرنامج Proteus ومناقشة النتائج.

1.فكرة عامة حول المشروع:

يهدف هذا المشروع الى تطوير نظام مراقبة اجمالي المواد الصلبة الذائبة TDS والعكارة Turbidity، بناء على المحاكاة ببرنامج Proteus ولوحة Arduino بالطريقة الكهروكيميائية والتي تعتبر أكثر دقة ومرونة. ثم يتم عرض نتائج القياس والحساب على شاشة LCD بحيث تسمح هذه الأخيرة بمعاينة القيم المتحصل عليها. عملية التصميم تبدأ من خلال تحديد المتطلبات الأساسية واجراء المحاكاة وثم التعديل والمعاينة للحصول على النتائج المرجوة.

2.المتطلبات الأساسية لعملية المحاكاة:

1.2. البرمجيات:

1.1.2. برنامج المحاكاة Proteus:

برنامج Proteus هو برنامج محاكاة الدوائر الإلكترونية وتصميم الدوائر المطبوعة PCB، ويستخدم على نطاق واسع في مجالات التصميم الإلكتروني والهندسة الكهربائية. يتيح البرنامج للمستخدمين إنشاء دوائر إلكترونية ومحاكاتها بدقة عالية، ويتضمن مكتبة كبيرة من المكونات الإلكترونية التي يمكن استخدامها في التصميم .يتميز برنامج Proteus بواجهة مستخدم سهلة الاستخدام وقوية، ويتيح للمستخدمين إنشاء المخططات الإلكترونية والتحقق من صحتها ومحاكاتها على الحاسوب [15].

2.1.2. لغة البرمجةArduino IDE:

غالبًا ما يكون استخدام Arduinoهو أول تجربة للأشخاص مع البرمجة النصية، ولكن قد لا يكون من الواضح نوع لغة البرمجة التي تستخدمها برمجية الأردوينو أو بيئة التطوير المتكاملة للأردوينو (Arduino IDE)، وهي برمجية مفتوحة المصدر تجعل من السهل كتابة التعليمات البرمجية وتحميلها على لوحةArduino ، كما يمكن استخدام هذه البرمجية مع أي لوحة Arduino.

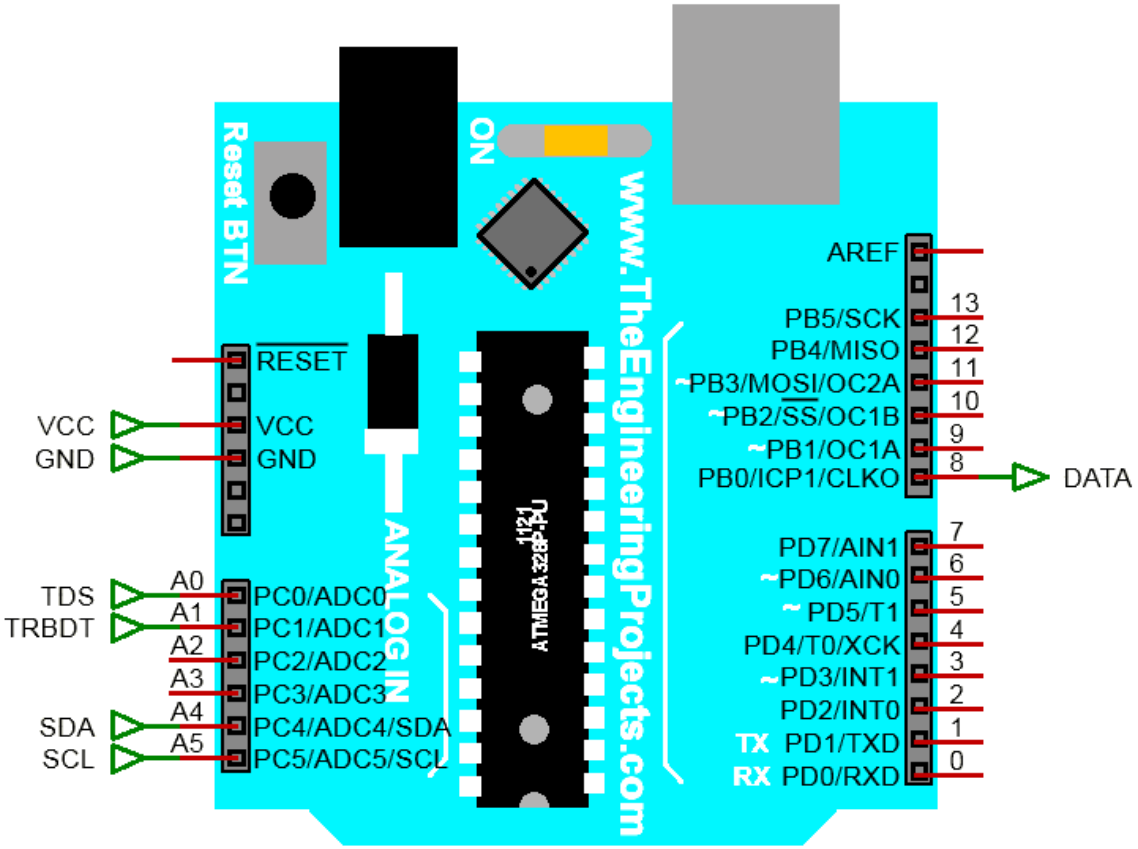
تعتمد اللغة المستخدمة في برمجة الأردوينو على لغة البرمجة C وC ++، وهناك بعض الاختلافات الصغيرة المصممة لجعل الأردوينو سهل الاستخدام قدر الإمكان، كما تقوم برمجية (Arduino IDE) ببعض عمليات المعالجة المسبقة للغة البرمجة لتجنب بعض الأخطاء غير المرغوب فيها [16].

2.2. القطع الالكترونية:

1.2.2. لوحة Arduino:

Arduino هي منصة مفتوحة المصدر تهدف إلى تسهيل عملية تصميم وبرمجة الدوائر الإلكترونية التفاعلية. تتميز لوحات Arduino بسهولة استخدامها وتوافرها بأسعار معقولة مقابل الإمكانيات الهائلة التي يمكنه القيام بها، مما يجعلها خيارًا شائعًا بين الهواة، الطلاب، والمطورين المحترفين على حد سواء. يمكن ربط لوحات Arduino مع العديد من الحساسات مثل حساسات الحرارة، الضوء، الضغط وغير ذلك. تم اختيار Arduino Uno (**الشكل (11)**) لأنها تعتبر خيارًا ممتازًا بفضل

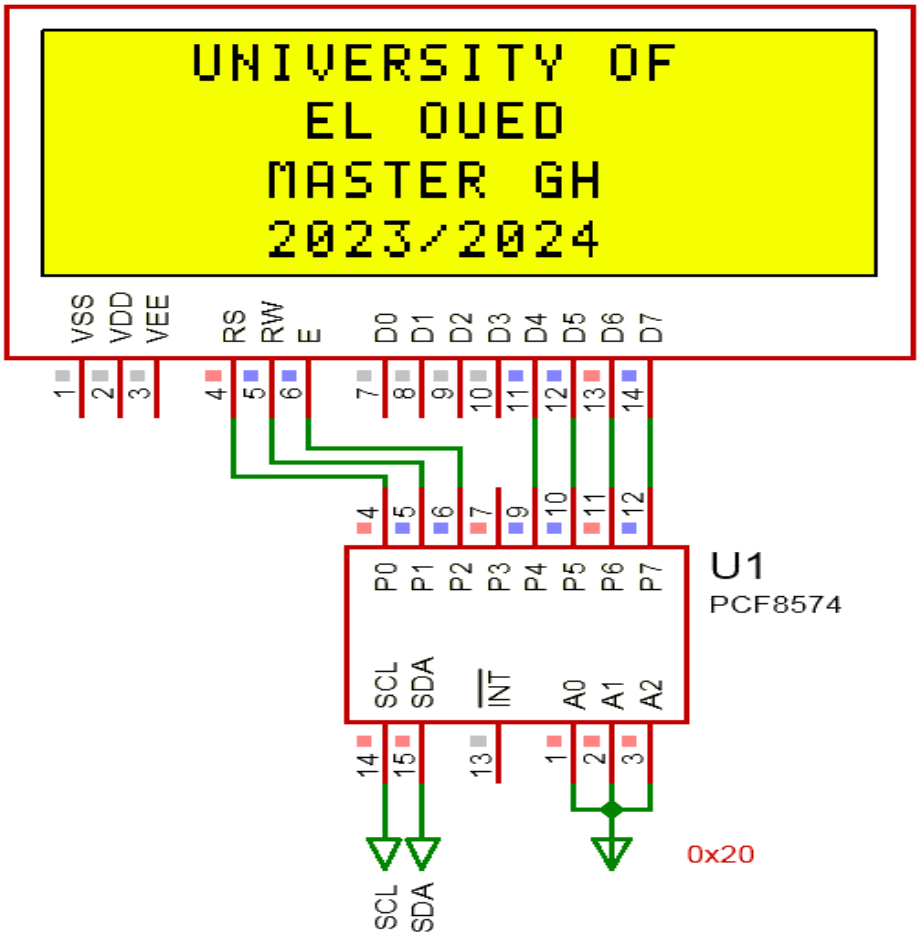
سهولة استخدامها، وتوافرها مع تكلفتها المنخفضة، وخاصة توافقها الواسع مع المكونات الإضافية. هذه المزايا تجعلها اللوحة المثالية للمبتدئين والمحترفين على حد سواء، ولتنفيذ مجموعة واسعة من المشاريع الإلكترونية والتفاعلية. وفي مشروعنا هذا سنعمل على ربطها بحساسات TDS والعكارة. [17]



الشكل (11) صورة محاكاة لوحة ARDUINO UNO في برنامج Proteus.

2.2.2. شاشة LCD:

شاشة العرض البلوري السائل أو باختصار(**الشكل (12)**) ، LCD تعتبر من أهم وسائل عرض البيانات المرسلة إليها من لوحة Arduino وتتميز بسهولة استخدامها وانخفاض التكلفة المادية وإمكانية عرض البيانات وبعض الرموز والأشكال، كما تحوي بداخلها معالج خاص لتسهيل التعامل معها حيث يكون هو المسؤول عن العمليات المعقدة لإظهارها على الشاشة كما تحتوي على ذاكرة لحفظ الرموز و الأحرف المطلوب عرضها على الشاشة ، تتوفر الشاشة بعدة قياسات و أحجام و تقاس عادة هذه الشاشة بعدد الأسطر و الأعمدة التي تحتويها الشاشة، لكن و مهما اختلفت أبعاد الشاشة يبقى لها نفس الأقطاب الخارجية للتحكم أكثر الشاشات شيوعا نذكر منها :4*20 .2*20 .2*16 .1*24 .1*20 . 1*16، كما يمكن محاكاة هذه الشاشة في برنامج Proteus. [20][21]



الشكل (12) صورة محاكاة شاشة LCD 20×4 مع بروتكول I2C في برنامج Proteus

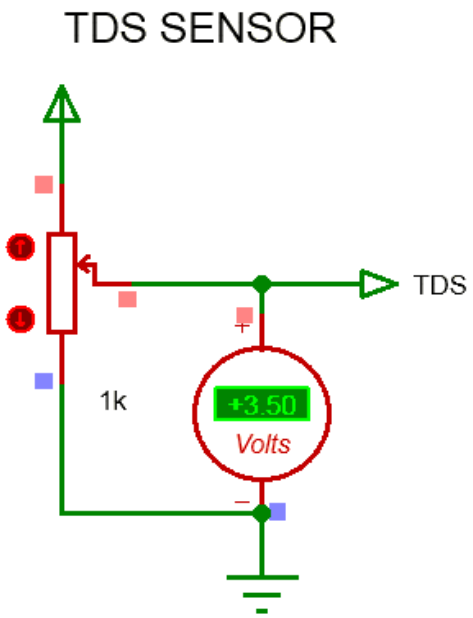
3.2.2. حساس TDS:

حساس TDS (Total Dissolved Solids) يستخدم لقياس كمية المواد الصلبة الذائبة في الماء، والتي تعبر عن نقاء المياه وجودتها. يستخدم هذا الحساس بشكل واسع في تطبيقات مراقبة جودة المياه في المنازل والمختبرات والزراعة. يحتوي حساس TDS على مستشعر يغمر في الماء ووحدة تحكم تحول الإشارة التناظرية إلى قيم يمكن للوحة Arduino قراءتها عبر أحد المنافذ التناظرية. لعدم توفر هذا الحساس في برنامج Proteus تم استخدام مقاومة متغيرة لمحاكاة هذا الاخير [22] (**الشكل (13)**). تم توصيل الحساس مع Arduino كما يلي:

VCC يتم توصيله إلى 5 V على لوحة Arduino.

GND يتم توصيله إلى GND على لوحة Arduino.

SIG يتم توصيله (الإشارة): يوصل إلى أحد المنافذ التناظرية (A0) على لوحة Arduino.

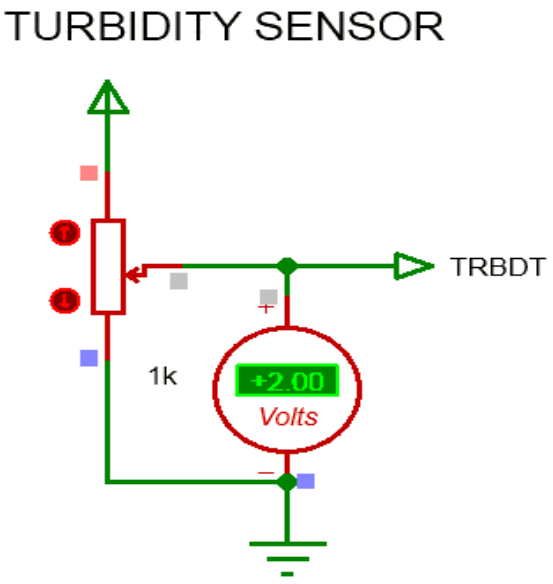


الشكل (13) صورة محاكاة حساس TDS في برنامج Proteus.

4.2.2. حساس العكارة:

حساس العكارة (Turbidity) يستخدم لقياس مدى صفاء أو تلوث الماء من خلال قياس كمية الضوء المنتشر في الماء بسبب الجزيئات العالقة. كلما زادت العكارة، زاد تشتت الضوء. يحتوي حساس العكارة على مستشعر يغمر في الماء ووحدة تحكم تحول الإشارة التناظرية إلى قيم يمكن للوحة Arduino قراءتها عبر أحد المنافذ التناظرية. لعدم توفر هذا الحساس في برنامج Proteus تم استخدام مقاومة متغيرة لمحاكاة هذا الاخير [23] (**الشكل (14)**). تم توصيل الحساس مع Arduino كما يلي:

VCC يتم توصيله إلى V5 على لوحة Arduino.
GND يتم توصيله إلى GND على لوحة Arduino.
A0 يتم توصيله إلى أحد المنافذ التناظرية (A1) على لوحة Arduino.

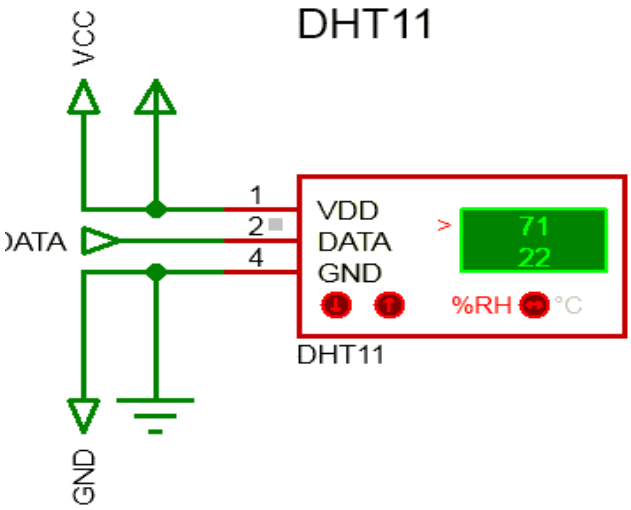


الشكل (14) صورة محاكاة حساس العكارة في برنامج Proteus

5.2.2. حساس الحرارة والرطوبة DTH11:

تم استعمال حساس DHT11 (**الشكل (15)**) وهو مستشعر رقمي يستخدم لقياس درجة الحرارة والرطوبة. يتميز هذا الحساس بدقته المقبولة وسهولة استخدامه، مما يجعله خيارًا شائعًا في مشاريع الإلكترونيات والهوايات ومشاريع إنترنت الأشياء (IoT). نطاق قياس الرطوبة لهذا الحساس 20-90 % RH (نسبة الرطوبة النسبية) بدقة ±5 % RH أما نطاق قياس الحرارة : 0-50 درجة مئوية بدقة ±2 درجة مئوية. عملية التحديث تحدث عند كل ثانية واحدة. هذا الحساس مزود بواجهة الاتصال رقمية (Digital). تم توصيل الحساس مع Arduino كمايلي:

VCC يتم توصيله بالطاقة (5 V) من Arduino.
GND يتم توصيله بالأرضي (GND).
DATA يتم توصيله بالمنافذ الرقمي على Arduino (D8).



الشكل (15) صورة محاكاة حساس الحرارة والرطوبة DTH11 في برنامج Proteus.

3. المحاكاة ومناقشة النتائج:

لتصميم جهاز يقيس TDS و العكارة في آن واحد تم ربط القطع الالكترونية المتمثلة في شاشة LCD مع لوحة Arduino Uno وحساس DHT11 لقياس الحرارة والرطوبة وتم وضع مقاومة متغيرة بدلا من حساس TDS وأخرى بدلا عن حساس العكارة وذلك لعدم توفر مكتبة لهذين الحساسين مثلما أشرنا سابقا في برنامج المحاكاة Proteus. يتم تغيير قيمة المقاومتين لاختبار مدى فاعلية الكود البرمجي الذي تم العمل عليه في برنامج Arduino قبل البدء في المحاكاة. الحالات التي تظهر تمت برمجتها وفق المعايير الموضحة في الجداول التالية:

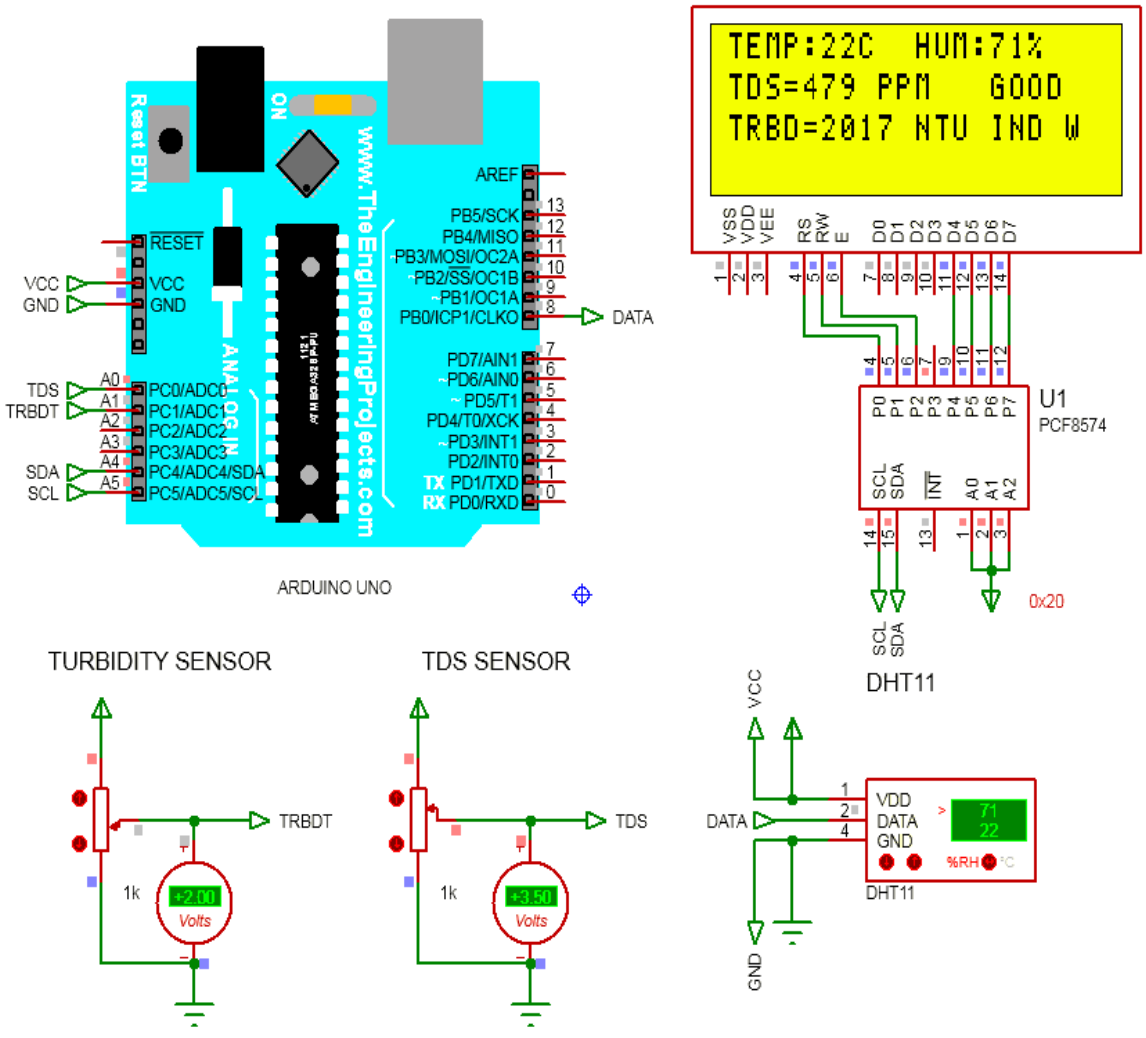
الجدول (1) قيم TDS وما يوافقها من عبارات على شاشة LCD.

قيمة TDS	الوصف	العبارة الموافقة التي تظهر على الشاشة
أقل من 300 ملغ/لتر	ممتاز	EXCELLENT
بين 300 و600 ملغ/لتر	جيد	GOOD
بين 600و900 ملغ/لتر	مقبول	ACCEPTABLE
بين 900و1200 ملغ/لتر	ضعيف	WEAK
أكثر من 1200 ملغ/لتر	غير مقبول	INACCEPTABLE

الجدول (2) قيم العكارة وما يوافقها من عبارات على شاشة LCD.

قيمة العكارة	الوصف	العبارة الموافقة التي تظهر على الشاشة
أقل أو يساوي 1NTU	مياه صالح للشرب	Drk Water
بين 1 NTU و10NTU	مياه صناعية	Ind Water
بين 10NTU و25NTU	مياه سطحية	Surf Water
بين 25NTU و50NTU	مياه تستخدم للزراعة	Agr Water
أكبر من 50	مياه معكرة	Poor

يبين (**الشكل (16)**) عملية محاكاة النظام المقترح تحت بيئة برنامج المحاكاة Proteus ISIS اين تظهر القطع التي وصفناها سابقا.



الشكل (16) يوضح محاكاة دارة تصميم نظام قياس الـ TDS والعكارة في برنامج Proteus

1.3. نتائج محاكاة قيم التوتر الصادرة من الحساسات بواسطة لوحة Arduino:

أثناء المحاكاة، يتم قراءة القيم التناظرية من حساسي TDS والعكارة باستخدام منافذ Arduino Unoالتناظرية (A0) و (A1). يتم تحويل هذه القيم التناظرية إلى جهد كهربائي باستخدام معادلة التحويل القياسية التالية:

$$Voltage = \frac{\text{Analog Value} \times 5.0}{1024.0}$$

يتم تحميل الكود إلى لوحة Arduino في برنامج Proteus فنحصل على النتائج الواردة في الجدول (3)

جدول (3) قيم التوتر المقاسة نظريا مقابل المقاسة بواسطة Arduino مع نسبة الخطأ.

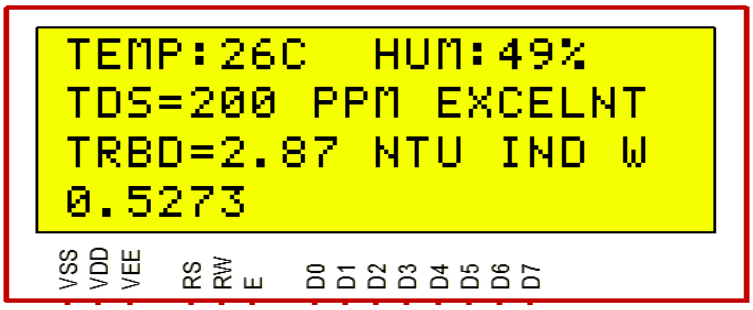
قيمة التوتر المقاس بواسطة الفولتمتر (فولت)	قيمة التوتر المقاس بواسطة Arduino (فولت)	نسبة الخطأ (%)
0.5000	0.4980	0.40
1.0000	1.0010	0.10
1.5000	1.4990	0.07
2.0000	2.0020	0.10
2.5000	2.5000	0
3.0000	2.9980	0.06
3.5000	3.5010	0.02
4.0000	3.9990	0.02
4.5000	4.5020	0.04
5.0000	4.9951	0.09

من خلال الجدول (3) يتبين ان لوحة Arduino تقدم نسبة خطأ بسيطة بين القيم 0 فولت و5 فولت حيث أن أقصى قيمة خطأ عند التوتر 0.5 فولط والتي تقدر بـ0.40 %. يرجع سبب هذه الاخطاء الى وحدة التحويل ADCوالتي تعمل بدقة 10 Bit.

2.3. نتائج محاكاة قيم TDS:

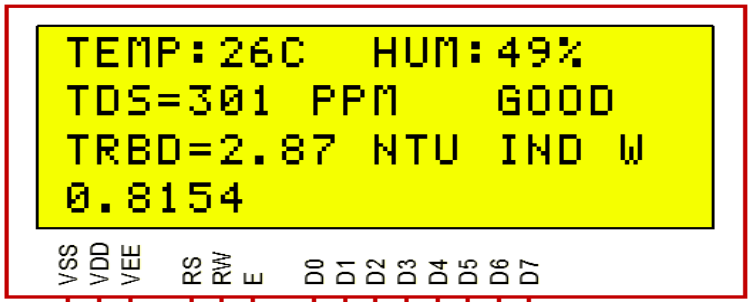
يتم تغيير المقاومة لمراقبة تغيرات قيمة TDS والتحقق من العبارات التي تظهر على الشاشة تمثل الأشكال التالية نتائج القياس على شاشة LCD

نظريا للحصول على قيمة TDS= 200 ppm ومن خلال معادلة تحويل الحساس يجب أن يكون التوتر الصادر منه 0.5266 فولت (**الشكل (17)**).



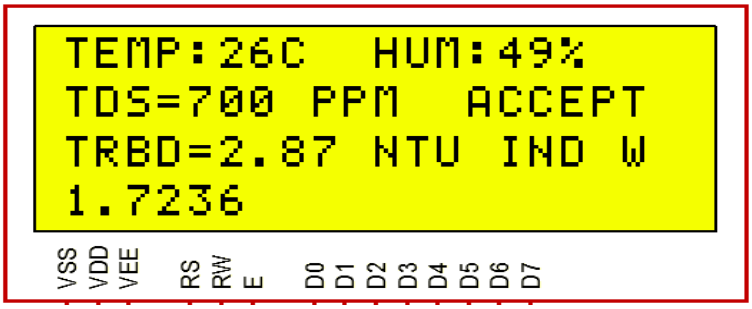
الشكل (17): يوضح محاكاة قياس قيمة 200 لـ TDS في برنامج Proteus

أما للحصول على قيمة TDS= 300 ppm نظريا ومن خلال معادلة تحويل الحساس يجب أن يكون التوتر الصادر منه 0.8136 فولت (الشكل 18).



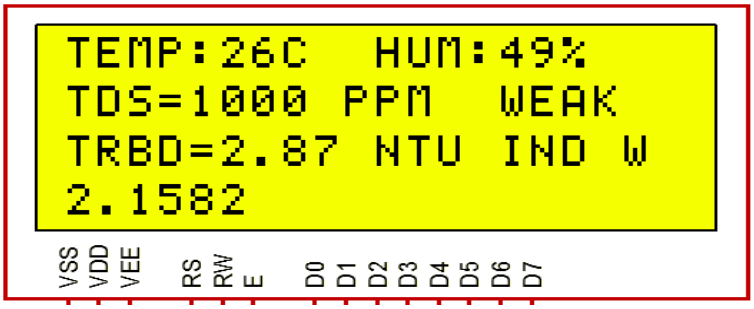
الشكل (18) يوضح محاكاة قياس قيمة 300 لـ TDS في برنامج Proteus

أما للحصول على قيمة TDS= 700 ppm نظريا ومن خلال معادلة تحويل الحساس يجب أن يكون التوتر الصادر منه 1.7229 فولت (**الشكل (19)**).



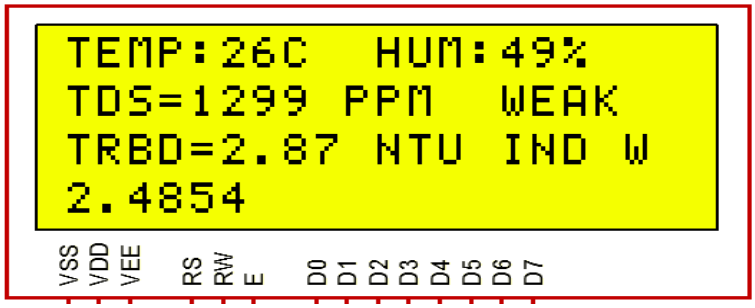
الشكل (19): يوضح محاكاة قياس قيمة 700 لـ TDS في برنامج Proteus

أما للحصول على قيمة TDS= 1000 ppm نظريا ومن خلال معادلة تحويل الحساس يجب أن يكون التوتر الصادر منه 2.1583 فولت (**الشكل (20)**).



الشكل (20): يوضح محاكاة قياس قيمة 1000 لـ TDS في برنامج Proteus

أما للحصول على قيمة TDS= 1300 ppm نظريا ومن خلال معادلة تحويل الحساس يجب أن يكون التوتر الصادر منه 2.4860 فولت (**الشكل (21)**).

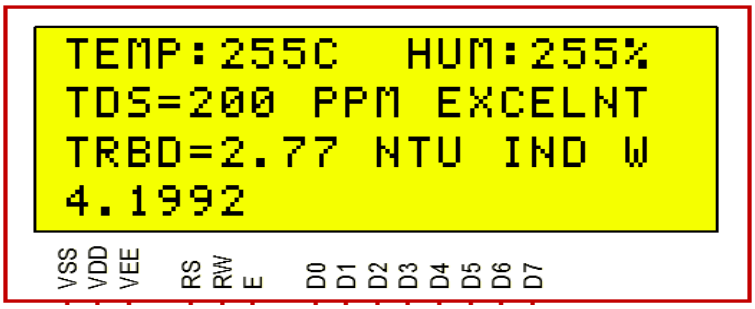


الشكل (21): يوضح محاكاة قياس قيمة 1300 لـ TDS في برنامج Proteus

3.3. نتائج محاكاة قيم العكارة:

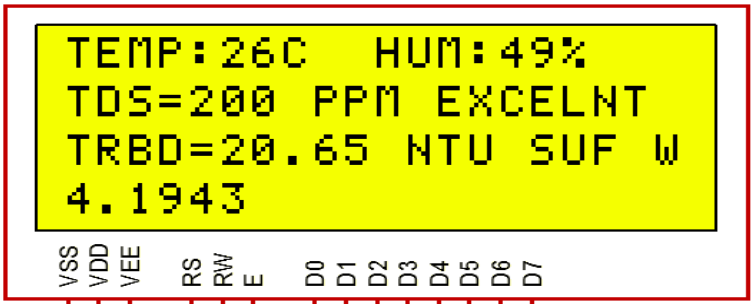
يتم تغيير المقاومة لمراقبة تغيرات قيمة العكارة والتحقق من العبارات التي تظهر على الشاشة تمثل الأشكال التالية نتائج القياس على شاشة LCD

نظريا للحصول على قيمة تقريبية Turbidity= 0.00 NTU ومن خلال معادلة تحويل الحساس يجب أن يكون التوتر الصادر منه 4.2002 فولت حيث هذه القيمة لا يمكن لـ Arduinoقياسها بهذه الدقة (**الشكل (22)**).



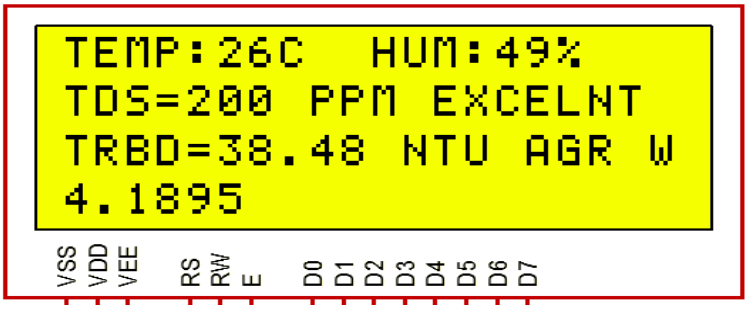
الشكل (22): يوضح محاكاة قياس قيمة 0.00 للعكارة في برنامج Proteus

أما للحصول على قيمة Turbidity= 15.01 NTU نظريا ومن خلال معادلة تحويل الحساس يجب أن يكون التوتر الصادر منه 4.19615 فولت حيث هذه القيمة لا يمكن لـ Arduinoقياسها بهذه الدقة كما هو ملاحظ على الشاشة بقيمة 20.65 NTU (**الشكل (23)**).



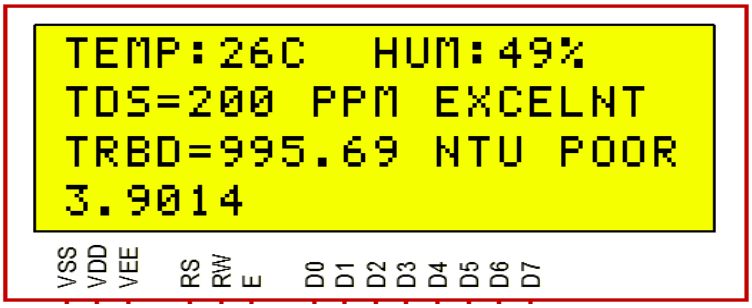
الشكل (23): يوضح محاكاة قياس قيمة 15.01 للعكارة في برنامج Proteus

أما للحصول على قيمة Turbidity= 40 NTU نظريا ومن خلال معادلة تحويل الحساس يجب أن يكون التوتر الصادر منه 4.1893 فولت حيث هذه القيمة لا يمكن لـ Arduino قياسها بهذه الدقة كما هو ملاحظ على الشاشة بقيمة 38.48 NTU (**الشكل (24)**).



الشكل (24): يوضح محاكاة قياس قيمة 40.00 للعكارة في برنامج Proteus

أما للحصول على قيمة Turbidity= 1000 NTU نظريا ومن خلال معادلة تحويل الحساس يجب أن يكون التوتر الصادر منه 3.9 فولت حيث هذه القيمة يمكن لـ Arduinoقياسها نسبيا بهذه الدقة و التي تظهر على الشاشة بقيمة 995.69NTU (**الشكل (25)**).



الشكل (25): يوضح محاكاة قياس قيمة 1000 للعكارة في برنامج Proteus

تجدر الاشارة أن الاختلاف في القياس الحقيقي والقيم المقدمة بواسطة لوحة Arduino يرجع الى دقة قياس وحدة التحويل التناظري/ الرقمي المدمج في هذه الاخيرة مثل ما أشرنا سابقا عند التحقق من قياس الفولت الناتج عن الحساسات، وبصفة أخص قيم العكارة التي تقع ضمن المجال 2.5 فولت و4.2 فولت.

خاتمة

محاكاة جهاز قياس TDS والعكارة باستخدام Arduino وبرنامج Proteus أتاح لنا فهماً أعمق لكيفية التعامل وتحسين عملية التصميم والتحقق من نتائج الكود البرمجي الأمر الذي وفر الوقت والموارد قبل الشروع في التصميم على أرض الواقع. تم التحقق في هذا الفصل من نتائج قياس كلا من قيمة الـ TDS والعكارة. وقد أعطت نتائج المحاكاة دقة ممتازة بالنسبة لقيم TDS ودقة مقبولة بالنسبة لقيم العكارة. في الفصل الاخير سيتم إنجاز هذا النظام بالقطع الحقيقية ومناقشة النتائج.

الفصل الثالث: تنفيذ وانجاز نظام قياس TDS والعكارة

مقدمة

يعتبر تاريخ البرمجيات رحلة مذهلة من الابتكار والتطور. بدأت مع اختراع أول حاسوب في القرن التاسع عشر، ومن ثم تطورت مع تطبيقات متنوعة ولغات برمجة متعددة مما أدى الى ثورة في الحوسبة وتحولت الى جزء أساسي من حياتنا اليومية. ومع تطور تكنولوجيا البرمجيات أصبح تصميم وانجاز جهاز قادر على قياس نسبةTDS و العكارة في آن واحد يعتبر خطوة مهمة في مجال مراقبة جودة المياه والصحة العامة، فالـ TDS تعكس كمية المواد الكيميائية المذابة في المياه، بينما يعكس مقياس العكارة درجة وضوح الماء ومدى وجود الجسيمات العالقة فيه. توفر جهاز يقيس كلا العنصرين في آن واحد يساهم في تبسيط عمليات الفحص وتقييم جودة المياه، مما يعزز الجهود الرامية للحفاظ على الصحة العامة وحماية البيئة. سنقوم في هذا الفصل بشرح كيفية انجاز جهاز قياسTDS و Turbidityوتجربته مع عدة أنواع من المياه.

1.القطع الإلكترونية والمواد المستعملة في عملية إعداد وتصميم جهاز قياس الـTDS والعكارة:

1.1.الأدوات والقطع الإلكترونية :

وفق ما تم الاشارة اليه في الفصل السابق، المشروع يحتوي على القطع التالية:

- لوحة Arduino UNO.
- حساس درجة الحرارة والرطوبة DHT11.
- حساس TDS مع دارة تكييف.
- حساس Turbidity مع دارة تكييف.
- شاشة عرض النتائج LCD 20*4.
- أسلاك توصيل.
- جهاز حاسوب.
- كابل USB.
- مقاومة متغيرة Potentiomètre.
- ميزان.
- بيشر سعته 300 ml.
- فولط متر.

2.1. المواد المستعملة :

لإجراء الفحص والقيام بتجارب القياس للمشروع المقترح تم استخدام المواد التالية:

- عدة أنواع من الماء المقطر (مؤسسة أوتونت،EVEREST ، MACRO)
- عدة أنواع من المياه المعدنية (ايفري، القنطرة، سلسبيل)
- مياه الحنفية
- طين

3.1. موصفات لوحة التكييف المستخدمة مع حساس TDS:

- جهد التشغيل:5.5 ~ 3.3 DC .

- جهد المخرج: V2.3 ~ 0.
- تيار التشغيل: 6mA ~ 3.
- نطاق قياس المواد الصلبة الذائبة: 1000 ppm ~ 0.
- دقة قياس المواد الصلبة الذائبة:(25 °C) F.S. ± 10 %.

4.1. موصفات حساس TDS :

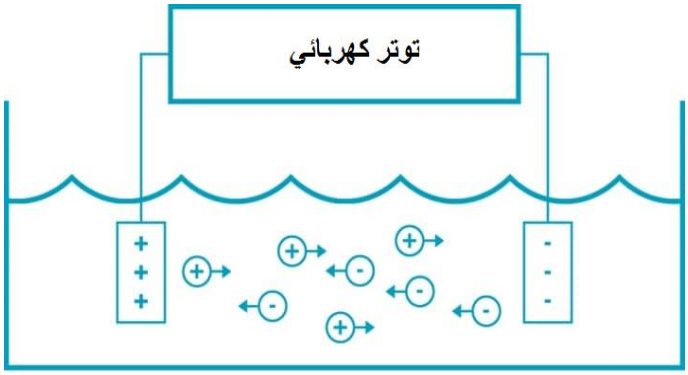
- عدد الإبر: 2.
- الطول الإجمالي: 60 سم.
- مسبار مقاوم للماء.

يمثل (**الشكل (26)**) صورة حقيقية لحساس المواد الذائبة الصلبة الذي يمكن ربطه مباشرة مع لوحة Arduino.

الشكل (26): صورة حقيقية لحساس الـTDS .

يتم تطبيق جهد متردد صغير عبر الأقطاب الكهربائية المغمورة في الماء. يستخدم الجهد المتردد لتجنب تفاعل الإلكترودات مع الأيونات في الماء، مما يقلل من تأثير التحليل الكهربائي.

يتم قياس الموصلية الكهربائية بتمرير تيار كهربائي خلال الماء بين الأقطاب الكهربائية. تعتمد كمية التيار المار على مقاومة الماء، والتي ترتبط مباشرة بتركيز الأيونات الذائبة في الماء. يتم قياس فرق الجهد بين الأقطاب لتحديد المقاومة الكهربائية للماء. تستخدم العلاقة بين المقاومة الكهربائية وكمية الأيونات الذائبة لحساب الموصلية الكهربائية للماء لتحويل المقاومة إلى TDS (**الشكل (27)**).

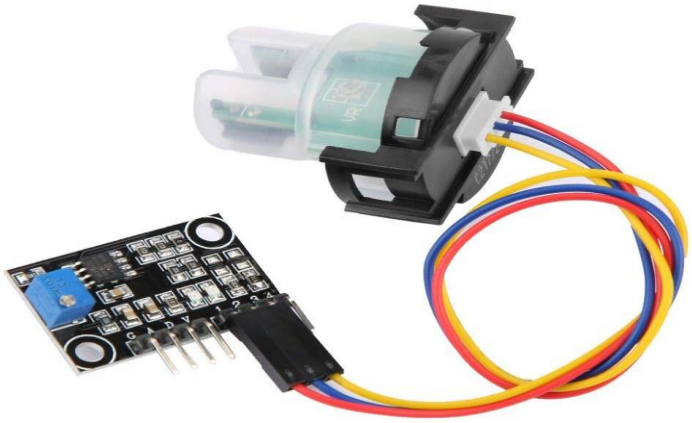


الشكل (27): مبدأ تشغيل حساس الـTDS الالكتروني.

5.1. موصفات وحدة استشعار العكارة:

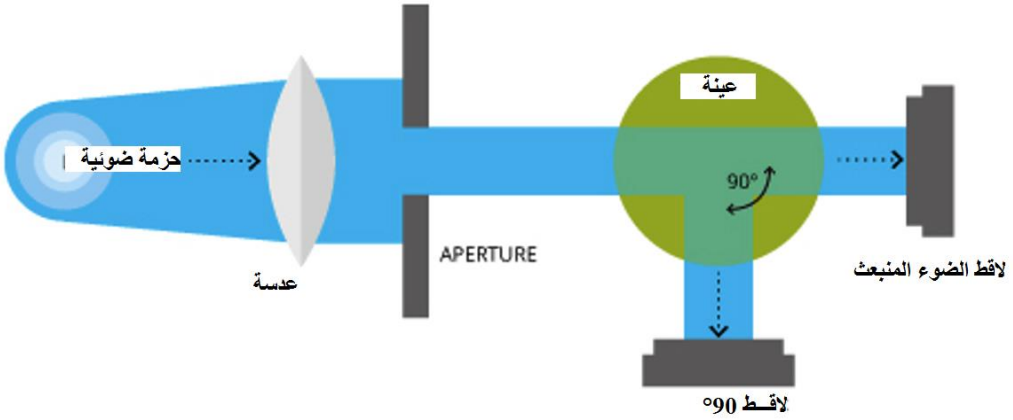
- توتر التشغيل: 5.00V (تيار مستمر).
- التيار التشغيل: 40mA (الحد الأقصى).
- زمن الاستجابة: أقل من 500ms.
- مقاومة العزل: 100MΩ (الحد الأدنى).
- وضع الإخراج: الإخراج التناظري: 4.5V~ 0 ؛ الإخراج الرقمي: إشارة مستوى (عالي/منخفض) (يمكن ضبط المقاومة المتغيرة لتحديد العتبة المناسبة).
- درجة حرارة التشغيل: C ° 90 ~ C ° 20-.
- حجم الوحدة: 38.6mm*22.1mm.
- واجهة المستشعر: موصل 2.54 XH.
- نطاق القياس (NTU): 30±1000~ 0.
- ديود ارسال الأشعة تحت الحمراء: 940nm (قمة الطول الموجي للإشعاع).
- الترانزستور الضوئي: 880nm (قمة الطول الموجي للإشعاع) .

يمثل (**الشكل (28)**) صورة حقيقية لحساس العكارة الذي يمكن ربطه مباشرة مع لوحة Arduino.



الشكل (28): صورة حقيقية لحساس العكارة.

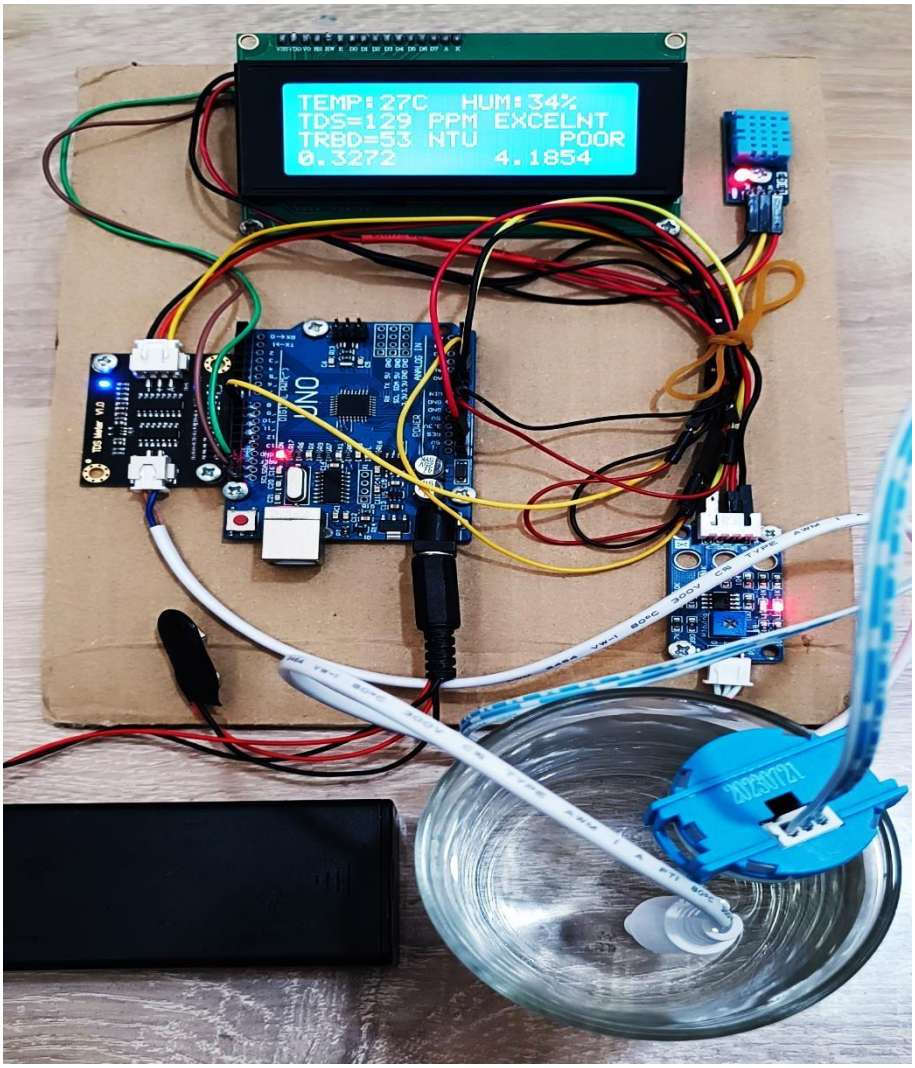
يستخدم هذا الحساس المبدأ البصري لتحديد العكارة بشكل شامل من خلال نسبة النفاذية ومعدل التشتت في المحلول. يحتوي المستشعر على زوج من الأنابيب بالأشعة تحت الحمراء. عندما يمر الضوء عبر كمية معينة من الماء، فإن كمية الضوء المنقول تعتمد على درجة تلوث الماء. كلما زادت درجة تلوث الماء، قل الضوء المنقول. يقوم الطرف المستقبِل للضوء بتحويل شدة الضوء المنقول إلى تيار كهربائي متناسب، حيث يكون التيار كبيرًا عندما تكون كمية الضوء المنقول كبيرة، ويكون التيار صغيرًا عندما تكون كمية الضوء المنقول صغيرة مثلما هو موضح في (**الشكل (28)**). يقوم حساس العكارة بتحويل إشارة التيار الناتجة عن المستشعر إلى إشارة جهد.



الشكل (29): مبدأ تشغيل حساس العكارة الالكتروني.

2. تجميع نظام قياس الـTDS والعكارة المقترح:

بعد تجميع القطع اللازمة ووصلها ببعضها كهربائيا ثم رفع الكود البرمجي الى لوحة Arduino Uno يمكننا معاينة أداء النظام المقترح والـتأكد من عمله تحت مختلف العينات. يمثل (**الشكل (30)**) صورة حقيقية بعد التجميع ورفع الكود البرمجي وتجريبه في عينة من الماء.



الشكل (30): صورة نظام قياس الـTDS والعكارة بعد تجميع كل القطع

3. الكود البرمجي للنظام باستخدام Arduino IDE:

لكتابة الكود البرمجي الخاص بجهاز قياس TDS والعكارة تم استخدام المكتبات المتوفرة كمكتبة (LCD) الخاصة بالشاشة، ثم مكتبة(DHT11) الخاصة بدرجة الحرارة والرطوبة. يتم التعريف بمجموعة من المتغيرات التي من أساسها يُبنى جهاز قياس قيمة TDS والعكارة ثم وضع كل التعليمات المتعلقة بالقطع الإلكترونية لتهيئة الشاشة وحساس الحرارة والرطوبة. للتحقق من صحة الكود البرمجي وعدم احتوائه على أخطاء يجب فحصه عن طريق الزر (Verify) بعد التحقق يمكن رفع الكود إلى لوحة Arduino Uno وذلك بالضغط على زر (Upload).

4. دالة تحويل الحساس:

يقصد بها العملية الرياضية التي تسمح بالانتقال من القيم الكهربائية المقاسة الى القيمة الكيميائية، تمثل العلاقة (1) التعليمة البرمجية التي تقوم بإرجاع قيمة الفولط الذي ترسله دارة تكييف حساس TDS بشكل رقمي وكذلك حساس العكارة، وهي كالتالي:

$$\boldsymbol{ADC_value = analogRead\,(TdsSensorPin)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \mathbf{(1)}$$

$$\frac{\mathbf{5.0}}{\mathbf{1024}} = \mathbf{0.00488} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \mathbf{(2)}$$

القيمة التي يتم ارجاعها بواسطة العلاقة (1) محصورة بين 0 و1023 أي مجموعه 1024 قيمة. حيث القيمة 0 تقابلها 0 فولط والقيمة 1023 تقابلها 5 فولط كما يتم تحويل هذه القيم الى فولط بواسطة العلاقة (2). اقل قيمة يتم قياسها بواسطة لوحة Arduino Uno عن طريق المحول التناظري/ الرقمي المدمج والذي دقته 10bit هي 0.00488V، بحيث كل قيمة اقل من هذه الأخيرة تعتبر 0 فولط. ولقياس قيمة مخرج الحساسات نترجم القيمة المتحصل عليها من العلاقة (1) الى توتر بالمعادلة التالية:

$$\boldsymbol{voltage = ADC_value * 0.00488V} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \mathbf{(3)}$$

1.4. حساس الـTDS :

يوضح منحنى (**الشكل (31)**) العلاقة شبه الخطية بين التوتر وقيمة الـ TDS عند استخدام حساس الـTDS، فإن هذه العلاقة يمكن استخدامها لتحويل القياسات الكهربائية (التوتر) مباشرة إلى تركيز المواد الصلبة الذائبة في الماء. تمثل العلاقة (4) دالة تحويل الحساس والتي تنقل النتيجة من التوتر الى قيمة TDS:

$$\boldsymbol{TDS = \frac{\left(133.42\ (voltage)^3 - 255.86(voltage)^2 + 857.39(voltage)\right)}{2}} \ldots . \mathbf{(4)}$$

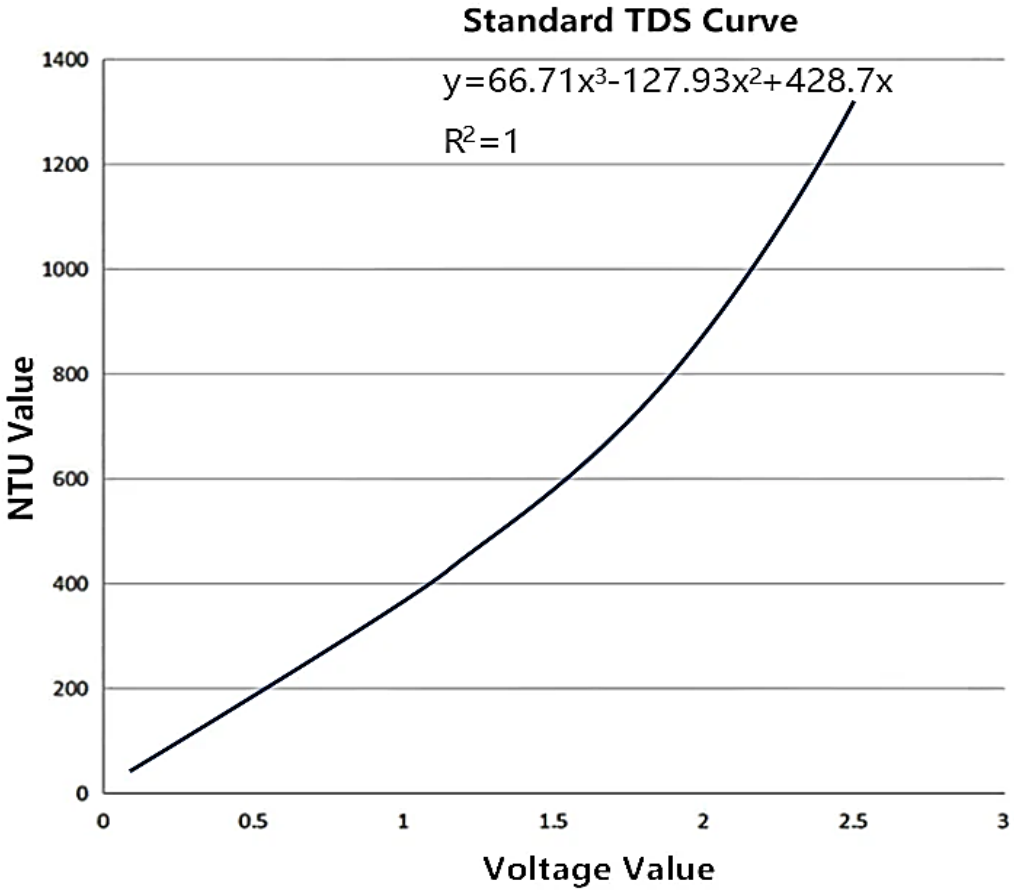
4.2. حساس العكارة:

أما بالنسبة لدالة تحويل حساس العكارة فهي كالتالي:

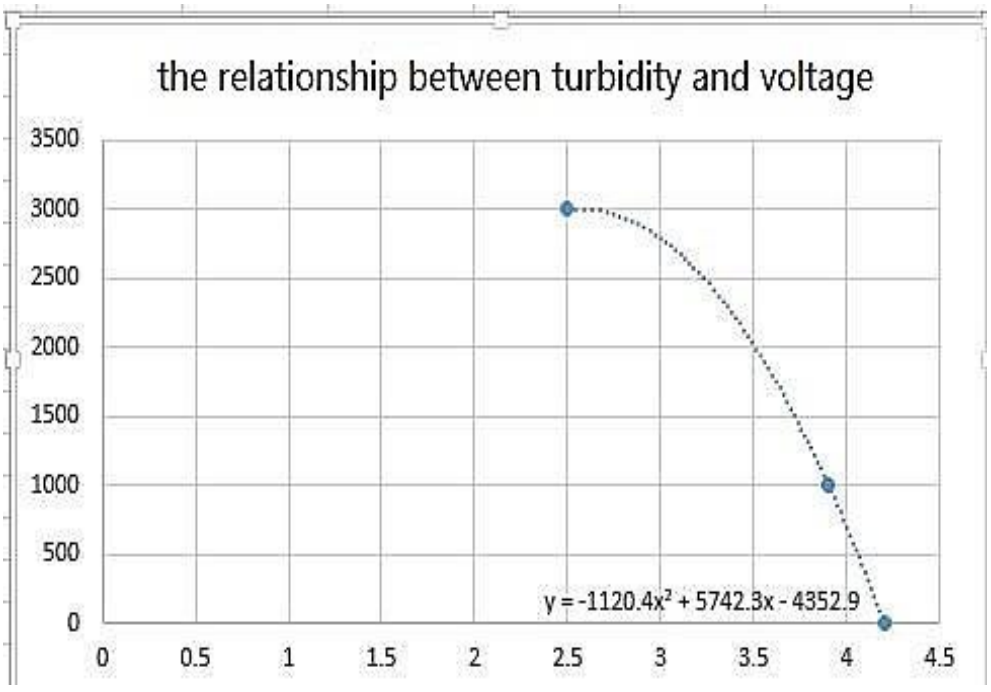
$$\boldsymbol{Turbidty = -1120.4(voltage)^2 + 5742.3(voltage) - 4353.9} \ldots . \mathbf{(5)}$$

يمكن تمثيل العلاقة بين العكارة و التوتر الكهربائي بمنحنى الأمر الذي يوضح الطريقة التي يتغير بها التوتر مقابل تغير مستويات العكارة في الماء. يوضح منحنى (**الشكل (32)**) العلاقة بين الجهد وقيمة العكارة. يمكن استخدام هذه العلاقة لتحويل القياسات الكهربائية (الجهد) مباشرة إلى قيمة العكارة في

الماء. لفهم واستفادة أفضل من هذه العلاقة، يجب معايرة الحساس باستخدام محاليل معيارية ذات عكارة معروفة.



الشكل (31): منحنى يمثل العلاقة بين TDSو التوتر الخاص بالحساس.



الشكل (32): منحنى يمثل العلاقة بين العكارة والتوتر الخاص بالحساس.

5. انجاز النظام والنتائج:

1.5. نتائج قياس الـTDS التجريبية باستعمال Voltmeter وArduino:

الجدول (4) يمثل نتائج القياس التجريبية لقيمة الـTDS لمختلف انواع المياه.

نوع الماء	Arduino (mV)	Voltmeter (mV)
في الفراغ/لا يوجد شيء	24.73	1.6
ماء مقطر (مؤسسة أوتونت)	1337.89	1254
ماء مقطر (EVEREST)	307.739	214
ماء مقطر (MACRO)	63.48	1.6
ماء معدني (ايفري)	932.62	865
ماء معدني(القنطرة)	874.02	804.4
ماء معدني(سلسبيل)	410	324
مياه الحنفية	1606.56	1514

2.5. نتائج قياس العكارة التجريبية باستعمال Voltmeter وArduino:

يمثل الجدول (5) نتائج القياس التجريبية لأفضل نوع من المياه في التجربة السابقة مع إضافة مسحوق الطين بنسب متفاوتة، حضرنا في بيشر 125mL من الماء المقطر ذو نوعية MACRO (وذلك وفقا للتجربة السابقة حيث وجدنا بأن لديه أقل نسبة من الأملاح والمعادن أي اجمالي المواد الصلبة).

الجدول (5) نتائج القياس التجريبية بالميلي فولط لمختلف انواع المياه باستعمال حساس العكارة

نوع الماء	Arduino (mV)	Voltmeter (mV)
في الفراغ/لا يوجد شيء	3222	3080
ماء مقطر MACRO	3666	3540
125mL ماء مقطر MACROو0.5g طين	600	580
125mL ماء مقطر MACRO و1g طين	375	344
125mL ماء مقطر MACRO و1.5g طين	161	110

3.5. تجريب نظام قياس الـTDS مع مختلف أنواع المياه:

بهدف قياس الـ TDS قمنا في بداية التجربة بتوصيل الحساس بلوحةArduino ، حيث تم غمر الحساس في ثلاثة أنواع من الماء المقطر وبعض المياه المعدنية بعلامات تجارية مختلفة، وذلك بهدف قياس الإشارة الكهربائية التي من خلالها نتمكن من حساب قيم TDS المختلفة. يقوم الكود البرمجي Arduinoبتحويل الإشارة إلى قيم الـTDS ، ثم قمنا بمقارنة النتائج بجهاز تجاري باعتباره مرجعا لكل عملية قياس.

الجدول (6) يمثل مقارنة النتائج التجريبية مع نتائج الجهاز التجاري.

نوع الماء	النتائج التجريبية (PPM)	نتائج الجهاز التجاري (PPM)
ماء مقطر (MACRO)	19	4 PPM
ماء مقطر (EVEREST)	113	81 PPM
ماء مقطر (مؤسسة أوتونت)	524	375

ماء معدني (ايفري)	364	238
ماء معدني(القنطرة)	323	214
ماء معدني(سلسبيل)	151	107
ملوحة ماء معكر (ماء مقطر+ طين)	350	270

4.5. تجريب نظام قياس العكارة مع مختلف أنواع المياه:

الشكل (33):صورة حقيقية للشاشة تظهر نتيجة مياه صالحة الشرب

الشكل (34):صورة حقيقة للشاشة تظهر نتيجة المياه الصناعية

الشكل (35):صورة حقيقة للشاشة تظهر نتيجة المياه السطحية

الشكل (36): صورة حقيقة للشاشة تظهر نتيجة مياه تستخدم للزراعة

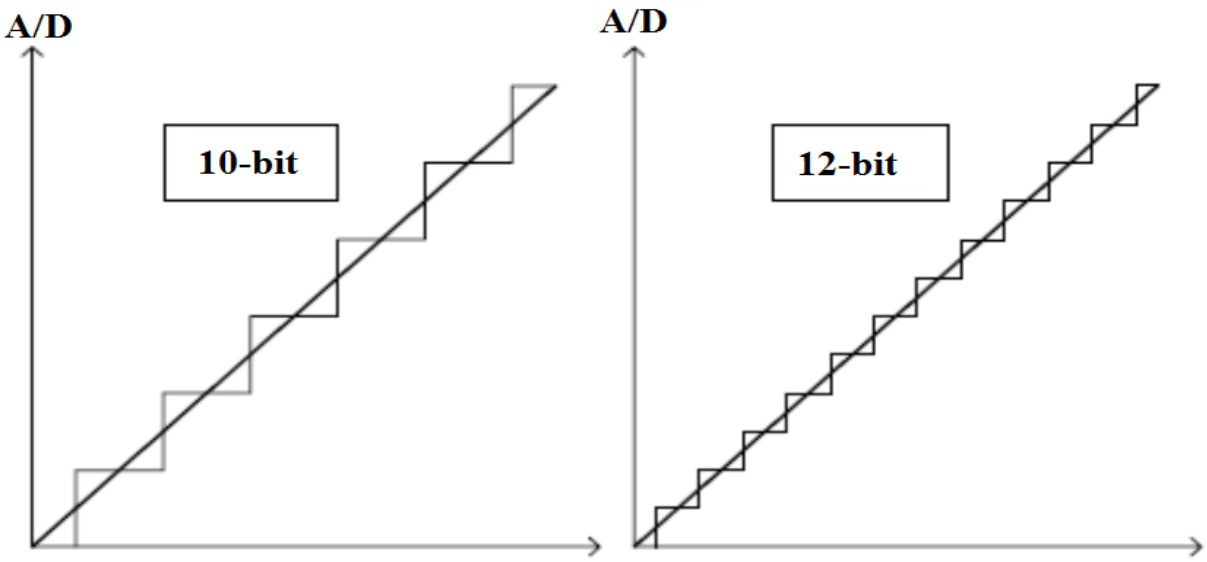
الشكل (37): صورة حقيقة للشاشة تظهر نتيجة المياه العكرة

تبين الاشكال من 33 الى 37 النتائج المقدمة بواسطة النظام المقترح و نلاحظ من خلالها ان القياسات و العبارات الموافقة تظهر مثلما تم برمجته تماما و قد تم أيضا عرض قيم الفولط لكل من حساس الـTDS و العكارة للتأكد من عملية التقاط القيم.

6. دراسة إمكانية تحسين نتائج القياس:

بطبيعة الحال هذا النظام المقترح مبني على قطع ووحدات بسيطة بتكلفة منخفضة جدا مقابل أداء معتبر ومع ذلك فانه يمكن التحسين في الدقة بعدة طرق نذكر منها:

- **الطريقة الأولى:** تشتمل على استعمال وحدة تحويل (ADC) منفصلة بدقةbit12 أو bit16 وربطها مع Arduino Uno ، على سبيل المثال عندما يكون الـ ADC ذا دقة bit12 فإن خطوة تغيره من وحدة الى أخرى حوالي 0.00122V بجهد مرجعي 5V وهو اقل 4 مرات مقارنة بـ bit10. أو الحصول على نتائج أحسن باستعمال ADC ذو دقة 16 bit
- **الطريقة الثانية:** تكون بتغيير لوحة Arduino Uno باللوحة الشهيرة Arduino Due والتي تحتوي على وحدة ADC مدمجة بدقة 12bit (**الشكل (38)**).



الشكل (38): منحنى يمثل فرق الدقة بين محول تناظري/ رقمي 10bit و 12bit.

7. اقتراح تطوير النظام:

تشمل التطلعات المستقبلية للنظام المقترح دمج حساس قياس درجة الحموضةpH . كما يمكن إضافة بطاقة ذاكرة (SD card) يتم فيها تخزين بيانات القياس من أجل اجراء عمليات تتبع التغيرات وإنشاء دراسة إحصائية. سيكون من الأفضل دمج عدة مهام تخص جودة المياه في جهاز واحد محمول ومصغر، كما نأمل أن يتم العمل عليه في المستقبل القريب.

خاتمة

بينا في هذا الفصل القطع الإلكترونية المستعملة لتصميم جهاز قياس TDSوالعكارة بالإضافة إلى جهاز قياس الحرارة والرطوبة، بعد ذلك تم انجاز الجهاز عمليا بواسطة القطع الحقيقية. كما تم استعمال عدة أنواع من المياه وتحضير محاليل لتجريب الجهاز المقترح. كما تم مقارنة نتائج قياس الTDS والعكارة التجريبية باستعمال Voltmeter وArduino، وفي الأخير تم دراسة إمكانية تطوير وتحسين أداء الجهاز.

خاتمة عامة

خاتمة عامة

تمثل جودة المياه وسلامتها قضية حيوية تشغل العديد من الأطراف، سواء كانت للاستخدام البشري المباشر كمياه الشرب أو للاستخدامات الصناعية والزراعية. تتطلب عملية فحص جودة المياه تبني معايير دقيقة واستخدام تكنولوجيا متقدمة لضمان صحة المياه.

وفي ختام هذا المشروع، تمت دراسة تصميم جهاز قياس الـTDS والعكارة لوصف صالحية المياه بنظام قياس يستخدم التكنولوجيا الحديثة بطريقة فعالة ودقيقة، حيث قمنا بدراسة نظرية للمفاهيم الأساسية ولمختلف طرق القياس لكل من إجمالي المواد الصلبة والعكارة. قمنا ببرمجة النظام وتصميم نموذج عبر برنامج المحاكاة Proteus وقد قمنا بإضافة ميزة قياس درجة الحرارة والرطوبة. تم شرح القطع الإلكترونية المستعملة والمكونات اللازمة لتصميم الجهاز، تم اختبار نظام القياس وملاحظة ومناقشة نتائج المحاكاة. بعد ذلك، تم إنجاز المشروع باستعمال القطع الحقيقية في المخبر وفحص وتجريب النظام المقترح باستخدام عدة انواع من المياه والمحاليل المحضرة مخبريا .أظهرت النتائج المحصل عليها وجود تطابق مع نتائج المحاكاة بدقة مقبولة وأظهرت امكانية استعمال واستغلال الجهاز في تطبيقات مراقبة جودة المياه. من المهم أن نواصل البحث والتطوير في هذا المجال لضمان توفير موارد مائية آمنة ومستدامة للجميع في المستقبل.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

[01]	https://carewater.solutions/
[02]	https://wisewell.ae/ar/blogs/news/total-dissolved-solids-what-is-tds-and-how-does-it-work
[03]	https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/tds.pdf?sfvrsn=3e6d651e_4
[04]	https://mywaterearth.com/what-are-total-dissolved-solids-tds-in-drinking-water/
[05]	https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/tds-and-ph
[06]	https://waterzen.com/blog/tds-meters/
[07]	https://www.almrsal.com/post/1099983
[08]	https://www.youtube.com/watch?v=0_WEcXRA_HQ
[09]	https://aquahow.com/what-is-a-tds-meter/
[10]	https://www.renkeer.com/what-and-how-choose-turbidity-sensor/
[11]	https://hanna-worldwide.com/
[12]	https://atlas-scientific.com/blog/how-turbidity-is-measured/
[13]	https://mawdoo3.com/طرق_معالجة_المياه
[14]	https://www.scribd.com/document -docx
[15]	https://estudentguide.org/program-protoss/
[16]	https://tech.mawdoo3.com/b
[17]	https://www.alrab7on.com/what-is-arduino/
[18]	https://www.edraak.org/programs/
[19]	https://net3lem.com/setting-up-the-arduino-ide/
[20]	م. محمود مسلماني الأردوينو كما لم تعرفه من قبل الجزء الأول 23/09/2019
[21]	م. سامي قرامي برمجة الاردوينو30\10\2017
[22]	https://www.farnell.com/datasheets/3161977.pdf
[23]	https://www.electroniclinic.com/turbidity-sensor-with-arduino-for-water-quality-monitoring-turbidity-meter/
[24]	https://ielectrony.com/product/

الملاحق

الملحق (1): ماء مقطر من شركة EVEREST

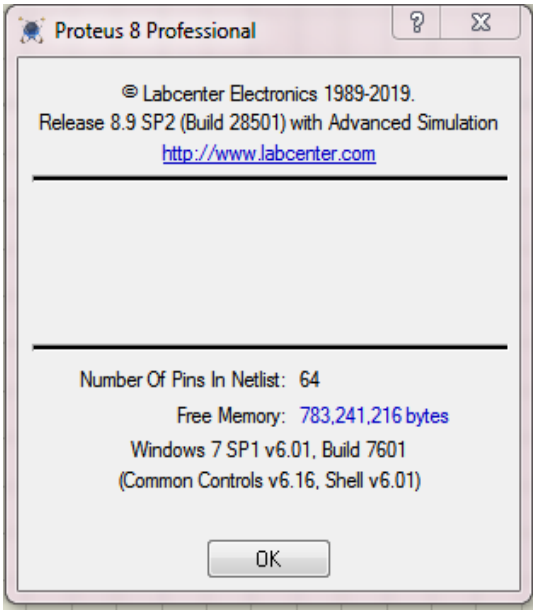
الملحق (2): ماء مقطر من شركة MACRO

الملحق (3): ماء غير معدني من مؤسسة أوتونت للمواد الكيميائية

الملحق (4): ماء معدني ايفري

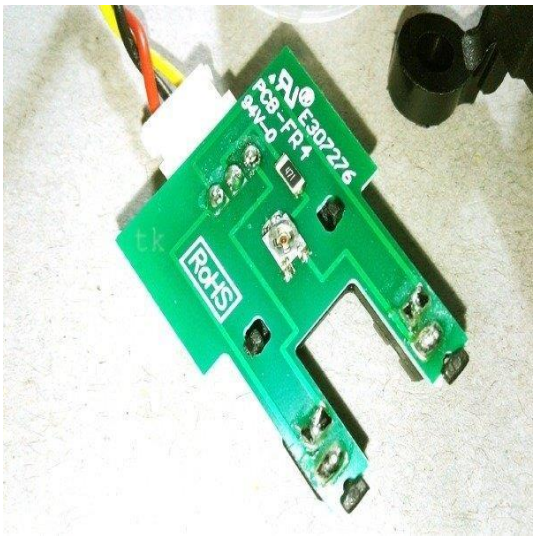
```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DFRobot_DHT11.h>
DFRobot_DHT11 DHT;

sensorValueA1= analogRead(sensorPin_tds);
sensorValueA0= analogRead(sensorPin_trbd);
```

الملحق (6): المكتبات المضمنة و تعليمات قراءة القيم التناظرية في Arduino IDE



الملحق (5): اصدار برنامج Proteus

الملحق (8): تفكيك حساس العكارة



الملحق (7): ما بداخل حساس العكارة