

## التحكم بعملية الري اعتماداً على رطوبة نوع معين من التربة باستخدام المضخم العملياتي

الدكتور كمال محمود عفيصة\*  
الدكتور أحمد عبد اللطيف بطيخ\*\*  
مصطفى عبد الله طه\*\*\*

(تاريخ الإيداع 30 / 6 / 2014. قُبل للنشر في 22 / 10 / 2014)

### □ ملخّص □

يرمي هذا البحث إلى تصميم وتنفيذ جهاز إلكتروني للتحكم بعملية الري بالاعتماد على رطوبة التربة. يقوم الجهاز بتنظيم عملية الري، بحيث إنه عندما يقل مستوى رطوبة التربة عن قيمة محددة يتم اختيارها مسبقاً اعتماداً على السعة الحقلية المائية للمحصول، فإن الأوامر تصدر لمضخة المياه بالعمل، وعندما يصل مستوى الرطوبة إلى تلك القيمة المحددة تتوقف المضخة عن العمل.

يتألف هذا الجهاز من قسمين رئيسيين:

القسم الأول: دارة إلكترونية صمّمت باستخدام عدد من المضخمات العملياتيّة، وبعض العناصر الإلكترونيّة ومقياس فولت لقياس فرق الكمون بين طرفي مقاومة الحمولة الموضوعّة على التسلسل، مع المقاومة بين مسبرين مغروسين في التربة.

القسم الثاني: الجزء الكهربائي الذي يؤمن الاتصال الآمن بين الدارة الإلكترونيّة السابقة والمضخة المائية. لقد قمنا بإجراء هذه الدراسة على عيّنة من التربة السوداء. رسمنا العلاقة بين المقاومة الكهربائيّة للتربة وحجم المياه المستخدمة في الري من أجل ثلاث قيم للبعد بين المسبرين ولجهد التغذية، فوجدنا انخفاضاً حاداً في المنحنيات البيانية من أجل القيم الصغيرة لحجم المياه المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: رطوبة التربة، المضخم العملياتي، مقسم الكمون، الحاكمة، الترانزستور.

\* أستاذ مساعد - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

\*\* مدرس - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

\*\*\* طالب دراسات عليا (ماجستير) - الإلكترونيات - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

## Controlling of irrigation depending on specific soil moisture using operational amplifier

Dr. Kamal M. Ofeisa<sup>\*</sup>  
Dr. Ahmad A. Battikh<sup>\*\*</sup>  
Mostafa A. Taha<sup>\*\*\*</sup>

(Received 30 / 6 / 2014. Accepted 22 / 10 /2014)

### □ ABSTRACT □

The purpose of this research is to design and realization of an electronic apparatus which is able to control the process of irrigation that depending on soil moisture .This apparatus organize the process of irrigation, when the level of soil moisture under a specific value that it was chosen depending on water field capacity of crop ,it operates the pump which connected with it, and when the moisture level reaches that value the pump stops working.

The apparatus consists of two parts:

The first part: An electronic circuit using a number of operational amplifiers ,some electronic elements ,and voltmeter to measure voltage between load resistance which is in serial with resistance between two probes that set in soil.

The second part: An electrical part ,which provides a secure connection between the previous electronic circuit and water pump.

This study was carried out on a simple of black soil .The relation between electrical resistance of soil and volume of water used in irrigation was drawing for three values of distance between probes and power supply. We found an intense declination curves for small values of used water volume.

**Keywords:** Soil moisture ,Operational amplifier ,Voltage divider ,Relay ,Transistor.

---

<sup>\*</sup> Associate Professor at Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*</sup> Assistant Professor at Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*\*</sup> Master Student , Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

تعتمد الزراعة الناجحة على عوامل عدة أهمها عملية الري ، إذ إن جدوى هذه العملية يتركز على:

1. إيصال كمية مياه مناسبة إلى جذور النباتات بالاستخدام الأمثل للمياه الجوفية، وهذا يجعل التربة ملائمة لنمو هذه النباتات خلال فترات الجفاف القصيرة.
2. غسل الأملاح الموجودة في باطن الأرض ، وهذا يؤمن أفضل حالة لنمو النبات.

إن زيادة كمية المياه المستخدمة في عملية الري تسبب مشاكل كبيرة للنباتات كالذبول الدائم أو المؤقت، و إبطاء العمليات الحيوية لها كالنتفس والتركيب الضوئي ، إضافة إلى ما يتسبب من هدر في المياه.

توجد طرائق عدة للري كالري بالتنقيط والري بالغمر. وهذا ما دعا الباحثين إلى الاهتمام بعملية الري والتحكم بها، وذلك اعتماداً على حاجة التربة للمياه وفق شروط محددة كنوع التربة، ودرجة الحرارة ، والرطوبة الجوية. وهذا أدى إلى ابتكار عدة طرق للتحكم بهذه العملية ، تنوعت ما بين إلكتروني يعتمد على الدارات المتكاملة والحواسيب والحساسات Sensors ، وكهربائي يعتمد على المضخات و المؤقتات Timers.

**أهمية البحث وأهدافه :**

يهدف البحث إلى تصميم وتنفيذ جهاز إلكتروني للتحكم بعملية الري بشكل آلي ، اعتماداً على نسبة الرطوبة الموجودة في التربة التي يتم قياسها بواسطة مسبرين "Probes" لتحديد قيمتها، واعتماداً على هذه القيمة يتم تشغيل المضخة أو إيقافها. تقوم الدارة الإلكترونية بإصدار الأمر بتشغيل المضخة عندما تقل رطوبة التربة عن قيمة محددة ، وتوقفها عن العمل عند وصول الرطوبة إلى تلك القيمة. وبذلك يقوم الجهاز بترشيد استهلاك المياه المستخدمة في الري. تمت الدراسة والبحث في ذلك في مخبر ماجستير الإلكترونيات في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين.

**طرائق البحث ومواده:**

من أجل ترشيد كمية المياه المستخدمة في عملية الري لا بد من الأخذ بالاعتبار رطوبة التربة وتغيراتها ، وذلك بحسب حاجة النبات المروي . تقاس رطوبة التربة بعدة طرق يمكن تصنيفها بقسمين رئيسيين:

**الطرق المباشرة (التقليدية):****a. طريقة الرطوبة الوزنية Gravimetric moisture**

تعتبر هذه الطريقة الأكثر استخداماً ودقّة، ولكنها تجرى في المخابر المزودة بالأفران الخاصة . وتتلخص هذه الطريقة في تقدير الرطوبة الموجودة بالتربة عن طريق أخذ عينات وتجفيفها في الأفران ، وحساب النسبة بين كتلة الماء المتبخّر ، وكتلة التربة الرطبة وفق العلاقة التالية[1]:

$$Q_w = \frac{M_{Water}}{M_{Wet}} \times 100 \quad (1)$$

حيث  $Q_w$  : النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن ،  $M_{Wet}$  : كتلة التربة الرطبة ،  $M_{Water}$  : كتلة الماء المتبخّر.

**b. طريقة الرطوبة الحجمية Volumetric moisture:**

تعتمد هذه الطريقة على تعيين حجم الماء الموجود في التربة  $V_1$  وحجم التربة الكلي في العينة المدروسة  $V_t$ ، ومن ثم تطبيق العلاقة التالية [2]:

$$\theta = \frac{V_1}{V_t} \times 100 \quad (2)$$

حيث  $\theta$  الرطوبة الحجمية.

**الطرق غير المباشرة:****a. قياس الرطوبة بوساطة الناقلية الكهربائية للتربة:**

الناقلية الكهربائية للتربة EC : هي عبارة عن خاصية تتمتع بها التربة ، وتقدر بوحدة (mS/m). قديماً حسبت المقاومة الكهربائية لكتلة طينية من أجل قياس ملوحة التربة. أما حالياً فأصبحت تستخدم على نطاق واسع من أجل تحديد مقدار رطوبة التربة . إن أساس هذه الطريقة يعتمد على قياس قيمة الناقلية (أو المقاومة الكهربائية) للتربة التي تتأثر كثيراً بنسبة الرطوبة. وهذه الطريقة يمكن استخدامها على أنواع مختلفة وكثيرة من التربة، وقد أعطت نتائج مرضية لتقدير رطوبة التربة [3].

تتلخص هذه الطريقة بغمس مسبرين ناقلين للتيار الكهربائي داخل التربة على أعماق محددة في أثناء القياس ويكون عادة عند أعماق الجذور ، (حيث يصل إلى عمق 60cm من سطح الأرض ، وهذا بحسب نوعية النباتات المزروعة). ومن ثم نمرر التيار الكهربائي بوساطة المسبرين ، ثم نقوم بتحديد الناقلية الكهربائية للتربة ، وذلك عن طريق قياس فرق الكمون بين المسبرين .

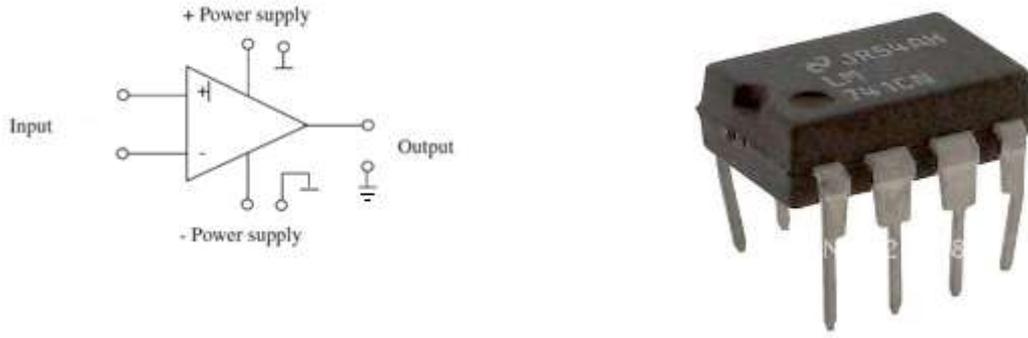
**b. السعة الحقلية المائية: Water Field Capacity**

تعرف السعة الحقلية المائية للتربة بأنها أعلى كمية من الماء التي يمكن أن تحتفظ بها التربة بعد (3-6) أيام من عملية الري، ويمكن حسابها بأخذ عينة من التربة و وضعها في الماء حتى تنتشع ، ثم تترك ليترشح منها الماء (مع منع التبخير) ، حتى سقوط آخر نقطة بفعل الجاذبية الأرضية ، ثم توزن العينة وبعدها تجفف في فرن على درجة حرارة (105 °C) ، وبذلك يمكننا حساب السعة الحقلية [4].

**العناصر المكونة للجهاز المستخدم في هذه الدراسة:****a. المضخم العملياتي (741) Operational Amplifier:**

يستخدم المضخم العملياتي بوصفه عنصراً متعدد الأغراض ، في معظم التطبيقات التي تحتاج في عملها إلى عمليات المقارنة بين قيم للجهود أو لتضخيم تلك القيم.

يوجد للمضخم العملياتي مدخلان: المدخل العاكس للجهود (-) والمدخل غير العاكس للجهود (+). يبين الشكل (1) رمز هذا المضخم ودارته المتكاملة IC. نعلم قيمة الجهد المطبق على المدخل العاكس قيمة مرجعية للجهود . فإذا كان الجهد المطبق على المدخل غير العاكس (+) أكبر من قيمة الجهد المرجعي ، فتكون قيمة جهد الخرج  $V_{out} = +V_{sat}$ . أما إذا كانت قيمة الجهد المطبق على المدخل غير العاكس (+) أصغر من قيمة الجهد المرجعي فتكون قيمة جهد الخرج سالبة  $V_{out} = -V_{sat}$ ، حيث إن  $V_{sat}$  هو عبارة عن جهد الإشباع ، وقيمه محدودة بجهد التغذية [5] .



الشكل (1): المضخم العملياتي 741 ومخطط نقاط توصيله.

يتمتع المضخم العملياتي ببعض الميزات أهمها:

- 1- المضخم العملياتي هو مضخم للجهد يستخدم للتضخيم من أجل الترددات 0Hz ، أي الجهد المستمر وحتى 1MHz ، وهذا ما يجعل قطاع الترددات النافذة واسعاً جداً.
- 2- مقاومة مدخله كبيرة جداً وهي بحدود  $2M\Omega$  ، إذا كان المضخم مشكلاً من ترانزستورات ثنائية القطبية ، ومن مرتبة  $10^6M\Omega$  للمضخم من النوع JFET.

3- مقاومة مخرجه صغيرة جداً ، بحدود  $75\Omega$  .

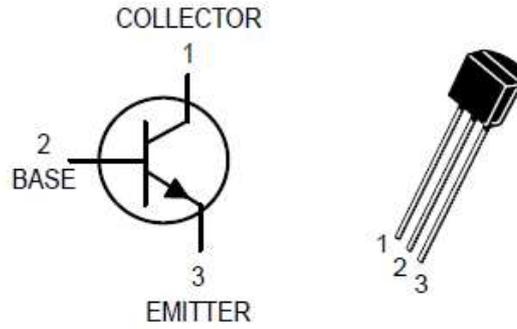
4 - يحاول المضخم العملياتي دوماً أن يجعل الفرق بين جهدي المدخلين مساوياً للصفر.

قمنا باستخدام المضخم العملياتي (741) في بحثنا هذا بوصفه مقارناً للجهد ، وهو يتمتع بموثوقية عالية جداً.

#### b. الترانزستور (BC337) المتعدد الأغراض:

يستخدم هذا الترانزستور المبين في الشكل (2) في مجالين هما: عمله مضخماً، وعمله قاطعة إلكترونية ، وفي

بحثنا هذا سوف نستخدم هذا الترانزستور بوصفه قاطعة إلكترونية.



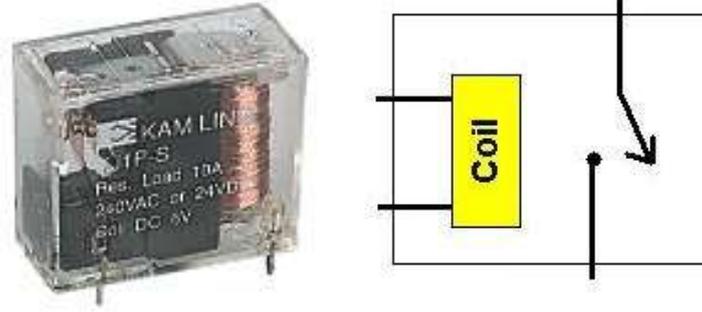
الشكل (2): الترانزستور BC337.

يتميز هذا الترانزستور بأنه يتحمل تياراً قيمته العظمى 500mA وقيمة الجهد الأعظمى 45V [6].

#### c. الحاكمة Relay:

تستخدم الحاكمة المبينة في الشكل (3) بشكل واسع في الوصل بين الدارات المنخفضة الجهد والدارات المرتفعة

الجهد وذلك من أجل حماية الدارة ذات الجهد المنخفض والتحكم بشكل فعال بالدارة ذات الجهد المرتفع.



الشكل (3): الحاكمة ورمزها الكهربائي.

يعتمد مبدأ عمل الحاكمة على مرور التيار الكهربائي في الملف الموجود داخلها ، مما يسبب توليد حقل مغناطيسي يجذب الحافظة المعدنية إلى نقطة التماس ، فتجعل الدارة المرتفعة الجهد في حالة عمل. أمّا في حالة انقطاع التيار الكهربائي فينعدم الحقل المغناطيسي ، وبالتالي تعود الحافظة المعدنية إلى وضعها الأصلي ؛ مما يؤدي إلى توقف الدارة المرتفعة الجهد عن العمل [7].

#### d. الدارة المتكاملة (7404) NOT Gate:

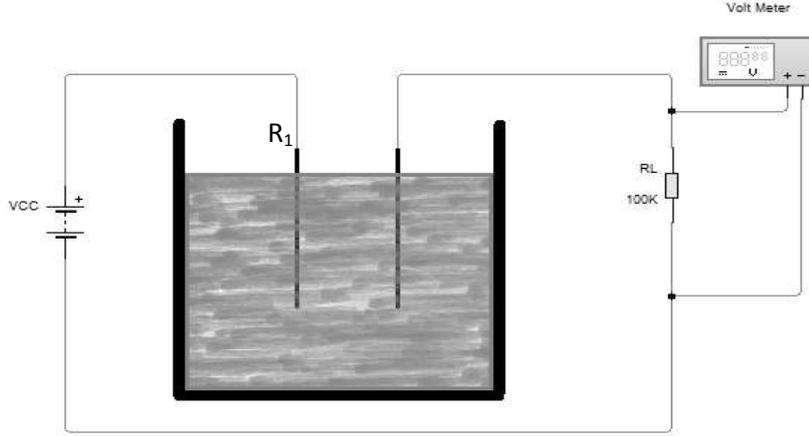
تحتوي هذه الدارة في داخلها على ست بوابات عاكسة NOT Gate مستقلة بعضها عن بعض؛ لكلّ منها مدخل واحد ومخرج واحد . تقوم كل بوابة من هذه البوابات الست بعكس القيمة المنطقية المطبقة على مدخلها، ومن هنا أنت تسمية العاكس Inverter . عندما نطبق على أحد المداخل قيمة (1) منطقي، وهذا يقابل في الدارات الرقمية القيمة 5V، يصبح خرج هذه البوابة (0) منطقياً، وهذا يقابل في الدارات الرقمية قيمة قريبة من 0V، والعكس صحيح [8].

### النتائج و المناقشة :

لإجراء هذا البحث صمّمنا جهازاً خاصاً مؤلفاً من ثلاثة أقسام:

أولاً: قسم قياس المقاومة الكهربائية للتربة بين المسيرين:

يتكون هذا الجزء من مسيرين نحاسيين طولهما محدد بحسب نوع النباتات المراد ربيها، يوصل أحدهما بمنبع جهد مستمر  $V_{CC}$  يمكننا تغيير قيمته، ويوصل الآخر بمقاومة الحمولة  $R_L$  التي نستطيع بواسطتها قياس تغيرات الجهد بين طرفي مقاومة الحمولة  $R_L$  ، وبالتالي حساب قيمة مقاومة التربة  $R_1$  الموضوعة في وعاء من البلاستيك أسطواناني الشكل مملوء بالتربة قطره: 19.5 cm ، وارتفاعه: 16.5 cm، كما في الشكل (4).



الشكل (4): مخطط يبين آلية حساب المقاومة الكهربائية للتربة .

تشكل  $R_L$  و  $R_1$  مقسماً للكومن ، حيث إن مقاومة التربة بين المسبرين ومقاومة الحمل هما عبارة عن مقاومتين موصولتين على التسلسل، وبالتالي يمكن حساب المقاومة الكهربائية للتربة بالعلاقة التالية:

$$R_1 = \left( \frac{V_{CC}}{V_2} - 1 \right) R_L \quad (3)$$

حيث:

$R_L$  مقاومة الحمولة الموصولة مع التربة ،  $V_2$  فرق الكمون بين طرفي مقاومة الحمولة ، و  $V_1$  فرق الكمون بين المسبرين في التربة ، حيث :  $V_1 + V_2 = V_{CC}$ ، المقاومة الكهربائية للتربة بين المسبرين .  
قمنا بأخذ القياسات على عينة من تربة سوداء اللون لعدة مرات وذلك من أجل دقة أعلى ، وتتضمن الدراسة تغيير المسافة بين المسبرين  $d$  وتغيير قيم الجهد المستخدم  $V_{CC}$ .

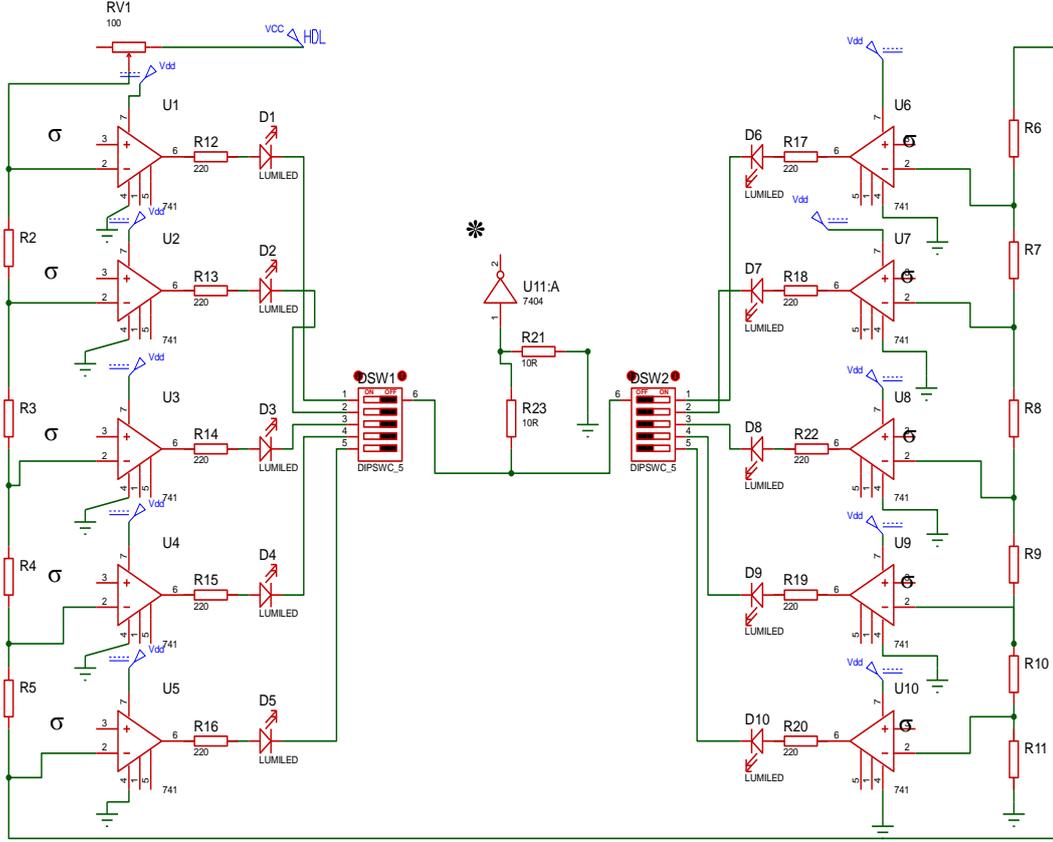
كما تم اختيار المسافة بين المسبرين بـ 5cm ثم 8cm ثم 11cm ، ثم قمنا بتغيير قيم الجهد  $V_{CC}$  إلى ثلاث قيم 5.58 V ، 10.38 V ، 14.93 V ، لأن هذه القيم تعطيها مخارج منابع التغذية المتوفرة في الأسواق . رسمنا من أجل كل قيمة لجهد التغذية  $V_{CC}$  المقاومة الكهربائية للتربة بتابعية حجم المياه المستخدمة في الري ، مع أخذ البعد بين المسبرين  $d$  بصفة وسيط.

#### ثانياً: القسم الإلكتروني:

وهو يمثل القسم الرئيس من هذا الجهاز ، ويتكون من المضخمات العملياتية ومقسم كمون مؤلف من 10 مقاومات متساوية ، يوصل إلى جهد التغذية  $V_{CC}$  عن طريق مقاومة صغيرة متغيرة  $R_1$  لضبط الجهد المرجعي reference voltage على مداخل المقارنات .

يعمل المضخم العملياتي في هذه الدارة بصفة مقارن. نطبق على المدخل العاكس لكل مقارن من هذه المقارنات العشرة أحد جهود المقارنة من  $\frac{V_{ref}}{10}$  إلى  $V_{ref}$  ، بحسب مكانه كما في الشكل (5) . أما الجهد بين طرفي مقاومة الحمولة  $R_L$  فيطبق على المدخل غير العاكس للمقارن.

نقوم بوصل مخارج القاطعات بدارة العاكس NOT ، ويوضح الشكل (5) الدارة الإلكترونية للجهاز .

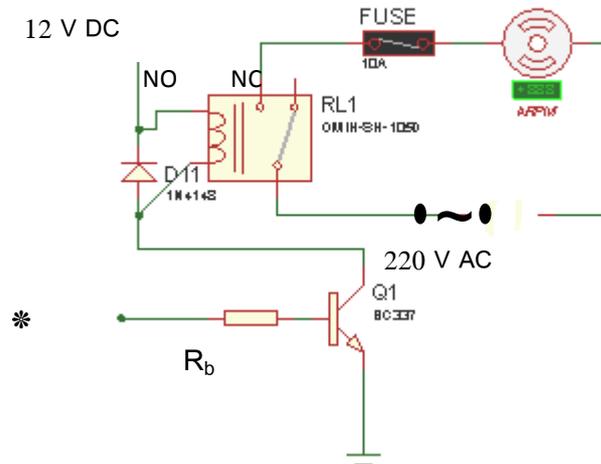


الشكل (5): المخطط العام للدائرة الإلكترونية الداخلية،  $\sigma$ : الجهد بين طرفي مقاومة الحمولة  $R_L$ .

تجدر الإشارة إلى أن الدارة السابقة تحتاج إلى جهدي تغذية : ( +5 V ، + 13 V ) ؛ وذلك لأنَّ جهد تغذية المضخم العملياتي هو ( +13 V،0 ) .

### ثالثاً: القسم الكهربائي:

وهو القسم الذي يؤمن اتصال الدارة السابقة بالمضخة المائية ، باعتبارهما مختلفين بجهد التغذية . حيث تعمل دارة القسم الإلكتروني بجهد وتيار مستمرين وصغيرين نسبياً، أما المضخة فتعمل بجهد متناوب 220V ، وتيار حمل قد يصل إلى 10A. يتكون هذا القسم من ترانزستور من النوع BC337 يستخدم بصفة قاطعة إلكترونية ومقاومة موصولة إلى قاعدته  $R_b$  ، ومنبع تغذية مستمر +12V ، وحاكمة Relay ، وديود من النوع 1N4148 ، وفاصمة كهربائية fuse 10A لحماية المضخة من التيارات المرتفعة . يوضّح الشكل (6) دارة القسم الكهربائي الذي قمنا باستخدامه في جهازنا.



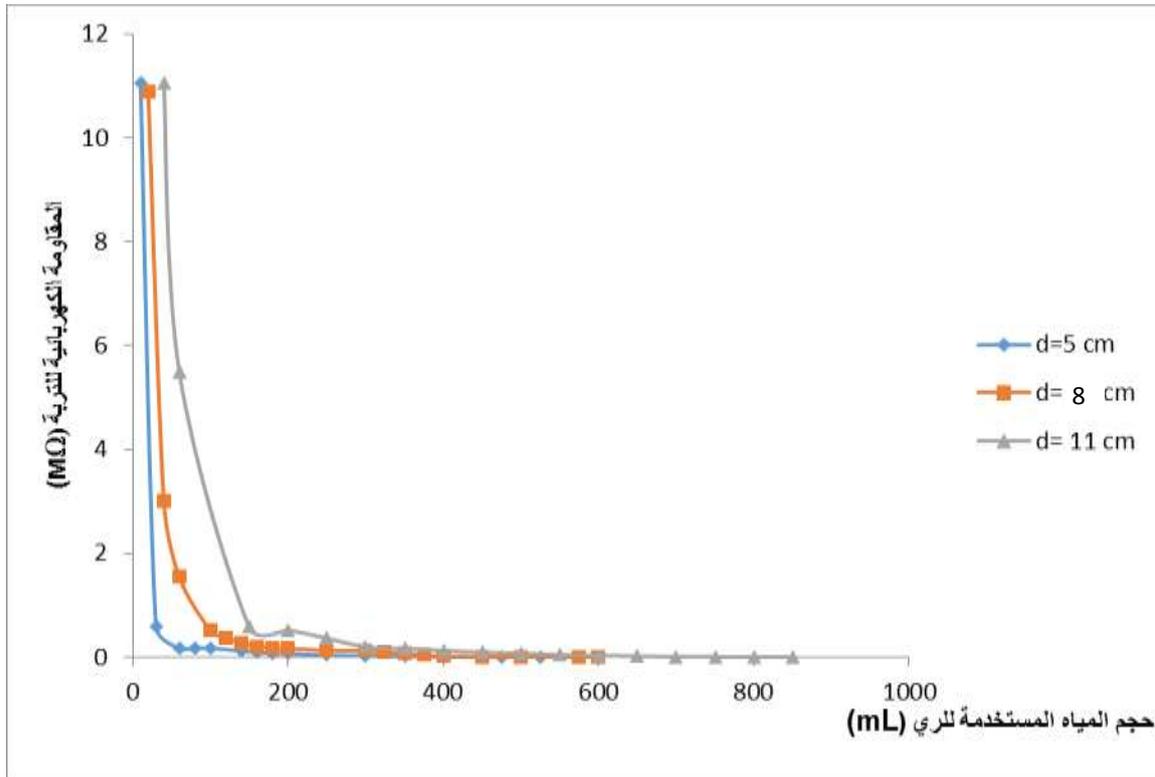
الشكل (6): مخطط الجزء الكهربائي من الجهاز.

يبين الشكل (7) الشكل الخارجي للجهاز الذي قمنا بتصميمه وتنفيذه ، وقد قمنا بإجراء التجارب بواسطته وقمنا بمعايرة مستويات الرطوبة عليه.



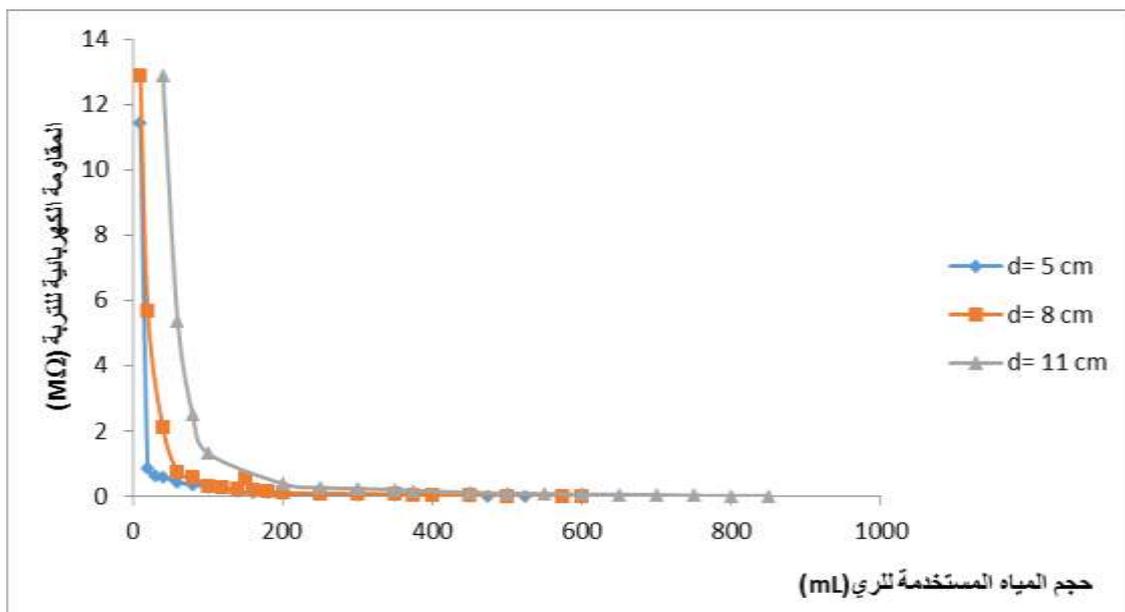
الشكل (7): الشكل الخارجي للجهاز الإلكتروني الذي قمنا بتصميمه و تنفيذه وتم استخدامه في البحث.

لقد رسمنا العلاقة بين المقاومة الكهربائية للتربة وحجم المياه المستخدمة في الري ، فكانت كالتالي:  
من أجل قيمة جهد التغذية  $5.58\text{ V}$  ، ويتغير المسافة بين المسبرين  $d$  كما في الشكل (8):



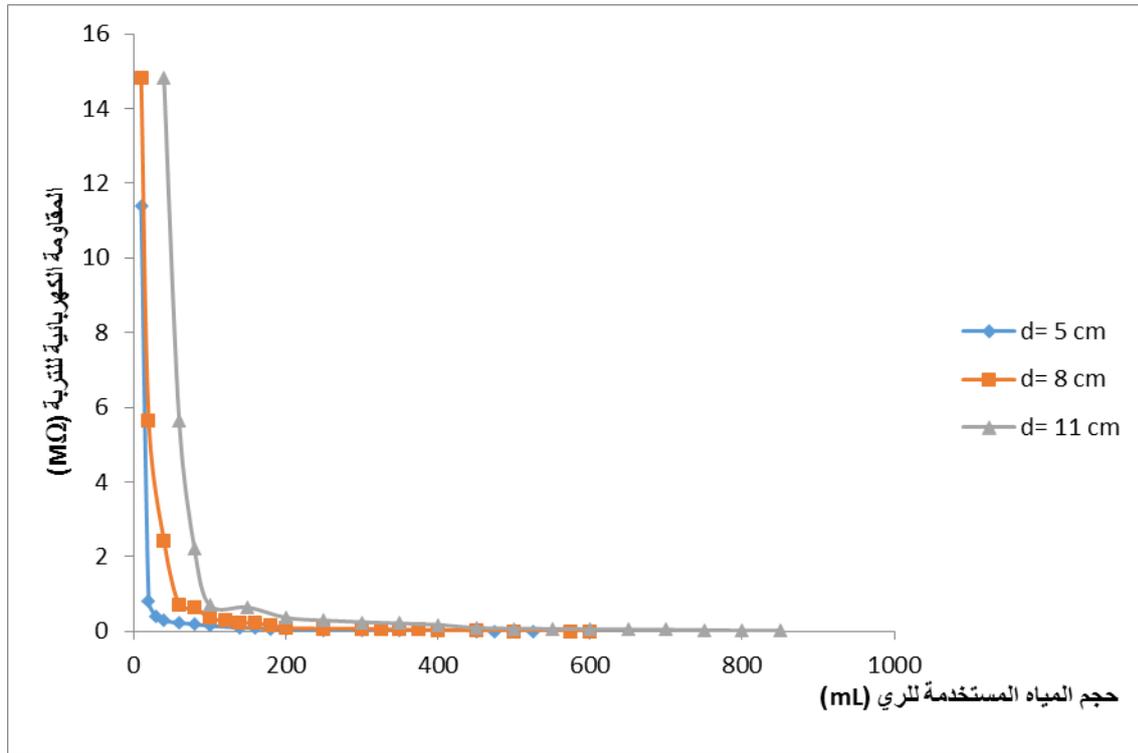
الشكل (8):العلاقة بين المقاومة الكهربائية للتربة وحجم المياه من أجل جهد التغذية  $V_{cc} = 5.58\text{ V}$  ، ويتغير المسافة بين المسبرين  $d$ .

من أجل جهد التغذية  $10.38\text{ V}$  ويتغير المسافة بين المسبرين  $d$  ، كما في الشكل (9):



الشكل (9):العلاقة بين المقاومة الكهربائية للتربة وحجم المياه من أجل جهد التغذية  $V_{cc}=10.38\text{ V}$  ، ويتغير المسافة بين المسبرين  $d$ .

من أجل قيمة جهد التغذية  $14.93V$  ، ويتغير المسافة بين المسبرين  $d$  ، كما في الشكل (10):



الشكل (10): العلاقة بين المقاومة الكهربائية للتربة وحجم المياه من أجل جهد التغذية  $V_{cc}=14.93V$  ، ويتغير المسافة بين المسبرين  $d$ .

تجدر الإشارة إلى أن تغير المقاومة الكهربائية لتربة معينة بين المسبرين ، مع تغيير جهد التغذية  $V_{cc}$  تكون قيم المقاومة متقاربة لدرجة كبيرة ، فيكون الاختلاف فيما بينها من مرتبة  $(k\Omega)$  ، وهي قيمة صغيرة مقارنة مع مقاومة التربة الجافة نسبياً ، وهي من مرتبة  $(M\Omega)$ . أي أنه في حال ثبات المسافة بين المسبرين ، فإن المقاومة الكهربائية للتربة لا تتعلق بجهد التغذية ، باستثناء نقاط البداية التي لاحظنا فيها بعض الاختلاف بسبب تأثير أخطاء مقياس الفولت ومقاومة الحمولة وتجانس الري في الوعاء المستخدم وجهد التغذية .

### الاستنتاجات والتوصيات :

لقد توصلنا من هذا البحث إلى ما يلي:

- 1 - العلاقة بين حجم المياه و المقاومة الكهربائية للتربة علاقة عكسية، أي كلما زاد حجم المياه في التربة نقصت قيمة المقاومة الكهربائية ، والعكس بالعكس.
- 2-تزداد المقاومة الكهربائية كلما زادت المسافة بين المسبرين، ويستفاد من ذلك في حالة درجات الحرارة المرتفعة ، إذ تصبح بحاجة لكمية مياه أعلى لتأمين الرطوبة المناسبة للتربة.
- 3 - المقاومة الكهربائية للتربة مستقلة عن جهد التغذية، وذلك في حال ثبات المسافة بين المسبرين، عدا نقاط البداية ، حيث يوجد بعض الاختلاف .
- 4 - يتعلق طول المسبر النحاسي المغموس في التربة بنوع النبات المراد ريه ، حيث تختلف أعماق الجذور في التربة من نبات إلى آخر ، وهذا يستوجب كمية مياه بحسب العمق.

- 5 - لاحظنا اختلافاً في النتائج تبعاً لدرجة الحرارة و رطوبة الجو ، وتبعاً لأي شهر من العام نقيس فيه [9].
- 6 - يمكن استخدام هذا الجهاز الذي قمنا بتصميمه في العديد من أنواع التربة وعلى مختلف أنواع المحاصيل، ولكن بعد إجراء دراسة أولية على تلك التربة.
- 7 - نوصي بتطبيق هذه الدراسة باستخدام الحاسوب ، أو عن طريق المتحكمات المبرمجة ومقارنة النتائج فيما بينها.

### المراجع:

- [1] Sawyer, C.N. & P.L. McCarty, *Chemistry for environmental engineers* . McGraw Hill Publ, 1978.
- [2] Elizabeth Martin and Robert Hine, *A Dictionary of Biology 6 ed*, Publisher Oxford University Press, 2008.
- [3] Shmulik P. Friedman, *Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review computers and electronics in agriculture*, Volume 46, Issues 1-3, March, 2005.
- [4] Ward Chesworth, *Field Capacity*, Publisher Springer Netherlands, 2008.
- [5] Tony R. Kuphaldt , *Lessons in electric circuits, Volume III { Semiconductors }* Fourth Edition, last update October 31, 2005.
- [6] *Data sheet for BC337*, Apr 15, 1999.  
<[www.datasheetcatalog.org/datasheet/BC337\\_3.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/BC337_3.pdf)>
- [7] Tony R. Kuphaldt, *Lessons in electric circuits, volume IV { Digital }*, Fourth Edition, June 29, 2005., last update
- [8] أ.د. ضيف الله منصور، أ.د. حسن أحمد إسماعيل *الإلكترونيات (3) مدخل إلى الإلكترونيات الرقمية*، جامعة تشرين 2009-2010.
- [9] رجاء الصالح، عبد الله أبو زخم ، محمد الشهاوي ، إبراهيم عيد ، *تحليل التغيرات الفصلية والسنوية لدرجة حرارة الهواء السطحية في سورية*، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد 21، العدد 1 ، 2005 .