قياس بارامترات (وسائط) إشارة كهربائية وتعديلها باستخدام المتحكمات المكروية والحاسوب

د. ضيف الله نصور*

د. علي درويشو**

ميلاد زربا***

(تاريخ الإيداع 5 / 10 / 2020. قُبِل للنشر في 2 / 6 /2021)

□ ملخّص □

تعتبر البارامترات الكهربائية لأي إشارة كهربائية مطبقة أو مأخوذة من دارة ما، هي الجانب الأساسي في تقييم أداء وتنفيذ الدارات الإلكترونية لعملها. تحدد قيم تلك البارامترات السابقة شروط نقل البيانات بين الدارات، وكلما كانت هذه البارامترات دقيقة، كلما ارتفع معامل استقرار الدارة. يقدم البحث تصميمًا لجهاز بإمكانه قياس بارامترات الإشارات الكهربائية من جهد وتيار واستطاعة وتردد وإرسال جميع القيم للحاسوب ورسم القيم اللحظية للإشارة. يعمل التصميم كراسم إشارة بقناتين باستخدام لوحة التطوير (Arduino Uno) والمتكاملات، ويحقق النظام دقة في العمل وكلفة اقتصادية منخفضة جدًا.

الكلمات المفتاحية: المتحكم المكروي – الإشارات التماثلية – التعديل.

* أستاذ– قسم الفيزياء– كلية العلوم– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

**أستاذ– قسم الفيزياء– كلية العلوم– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية./ dr.darwisho@gmail.com

***طالب دراسات عليا(ماجستير)– قسم الفيزياء– كلية العلوم– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية./ miladmnzarba@gmail.com

Measure Electrical signal Parameters and Modulation their Using Microcontrollers and Computer

Dr. Daif-Allah Nassour*
Dr. Ali Darwisho**
Milad Zarba***

(Received 5 / 10 / 2020. Accepted 2 / 6 /2021)

□ ABSTRACT □

The electrical parameters of any electrical signal applied or taken from a circuit are the principal aspect in evaluating the performance and implementation of electronic circuits for their work. The previous parameters values specify the conditions for transmitting data between circuits, and the more accurate these parameters, are the higher the stability coefficient of the circuit. The research presents a design for a device capable measuring the parameters of electrical signals of voltage, current, power, frequency, and sending all values to the computer and drawing the instantaneous values of the signal. The design works as a two-channel signal oscillator using an Arduino Uno plate and integrators, and the system achieves accuracy in work and very low economic cost.

Keywords: Microcontroller - analogue signals - modulation.

*Professor - Department of Physics- Faculty of Science -Tishreen University-Lattakia- Syria.
**Professor - Department of Physics- Faculty of Science -Tishreen University-Lattakia- Syria.
***Postgraduate student (Master) - Department of Physics- Faculty of Science- Tishreen University-Lattakia- Syria.

مقدمة:

تعتبر البارامترات الكهربائية لأي إشارة كهربائية مطبقة أو مأخوذة من دارة ما، هي الجانب الأساسي في تقييم أداء وتنفيذ الدارات الإلكترونية لعملها. تحدد قيم تلك البارامترات السابقة شروط نقل البيانات بين الدارات، وكلما كانت هذه البارامترات دقيقة، كلما ارتفع معامل استقرار الدارة.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في إمكانية الجهاز على التعامل مع البارامترات المختلفة للإشارات الكهربائية وبتردد عمل يصل إلى (16 MHz) بالإضافة إلى إمكانية التعديل على العينات المأخوذة من الدارة من قبل برنامج الحاسوب وترميز الإشارة والتحقق من صحتها.

طرائق البحث ومواده:

يقدم البحث جهازًا لتحديد قيم بارامترات الإشارات الكهربائية بترددات مختلفة، وتشكل الأخيرة مادة البحث حيث يقوم الجهاز المنجز بقراءة قيم الجهود الداخلة للمحول التماثلي الرقمي (ADC) الخاص بلوحة (Arduino)، ويقوم برنامج اللوحة بحساب قيم الجهود والتيارات والاستطاعة للإشارة وإرسالها إلى الحاسوب.

1. توصيف النظام:

يتكون الجهاز من أدوات الكترونية وأدوات برمجية، حيث يتم إدخال العينات إلى المتحكم المكروي عبر المحول التماثلي الرقمي للوحة التطوير (Arduino)، ومن ثم تقوم اللوحة بإرسال البيانات إلى الحاسوب حيث تقوم واجهة (C#) بتخزين البيانات في مستند نصي ومن ثم تقوم واجهة الماتلاب برسم الإشارة.

2. الأجهزة والأدوات المستخدمة:

تتكون دارة الجهاز بشكل رئيسي من ثلاثة أجزاء هي:

1. لوحة التطوير (Arduino).
2. دارة الربط مع الحاسوب.
3. دارة أخذ العينات.

1.2 لوحة التطوير (Arduino Uno):

إن (Arduino Uno) هي دارة إلكترونية صغيرة تستخدم في برمجة متحكم مكروي ذي (bit – 8)، وتوفر هذه الدارة منافذ لتوصيل المكونات الإلكترونية إلى المتحكم المكروي مباشرة، وذلك عن طريق (14) (مدخل أو مخرج) من النوع الرقمي (Digital In/Out)، ومن هذه الـ (14) يوجد لدينا (6) يمكن استخدامها كمخارج (PWM)، أو ما يعرف بالتعديل الرقمي لعرض النبضة (Pulse – Width Modulation)، ويوجد (6) مداخل تستخدم للتحويل من تماثلي إلى رقمي (ADC) وهذه الدارة موضحة بالشكل (1).

كما تحتوي الدارة على هزاز كريستال بتردد (16 MHz)، بالإضافة إلى مدخل (USB) من أجل التواصل مع الحاسوب وهنالك مدخل للطاقة منفصل [1] [2].

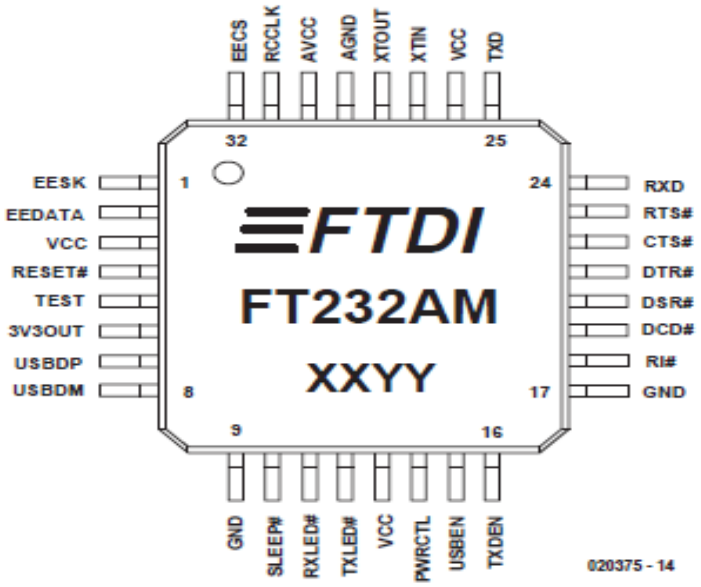
الشكل (1) لوحة التطوير (Arduino).

2.2 دارة الربط مع الحاسوب:

تحتاج الكثير من التطبيقات إلى ربط جهاز رقمي مع جهاز رقمي آخر من أجل تبادل المعلومات بين هذه الأجهزة. إن أي اتصال رقمي يحتاج إلى فهم كيفية إجراء هذه الاتصالات والقدرة على اختيار نوع الاتصال الملائم تبعًا لمتطلبات التطبيق المطلوب [3]، وفي هذا السياق نستخدم الدارة التالية:

الدارة المتكاملة (FT232AM):

وهي دارة ملائمة، تستخدم عند الحاجة لبروتوكول النقل التسلسلي (RS – 232) سهل الاستخدام، وتقدم هذه الدارة المتكاملة الحل المناسب للتوفيق بين تكنولوجيا القرن الماضي ممثلة بالمنفذ التسلسلي وتكنولوجيا الألفية الثالثة ممثلة بالمنافذ العالمية للنقل التسلسلي [4][5]. وهي موضحة بالشكل (2).



الشكل (2) الدارة المتكاملة (FT232AM).

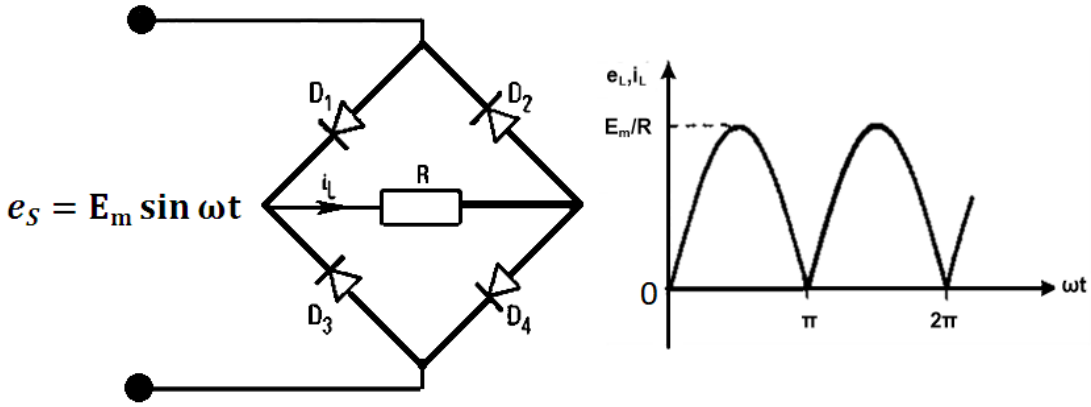
3.2 منظومة أخذ العينات:

تتكون من مقوم جسري ومقارن (lm741)، **وفيما يلي نورد شرحًا عن كل منهما:**

- **المقوم الجسري:**

يبين الشكل (3) المخطط العام لدارة تقويم الموجة الكاملة وشكل إشارة جهد وتيار الحمل على طول الدور لمنبع جهد التغذية.

ويمكن تقييم خصائص هذه الدارة بناء على تحليل دارة المقوم نصف الموجة [6].



الشكل (3) المخطط العام لدارة تقويم الموجة الكاملة – شكل إشارة جهد وتيار الحمل.

- **محددات الحمل (Load − Side Quantities):**

تتحدد معادلة تيار الحمل من العلاقة التالية [7]:

$$i_L(\omega t) = \frac{E_m}{R}[\sin(\omega t)|_0^{\pi} + \sin(\omega t - \pi)|_{\pi}^{2\pi}]$$

القيمة المتوسطة لتيار الحمل:

$$I_{av} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i_L(\omega t)\, d\omega t = \frac{E_m}{2\pi R}\left[\int_0^{\pi} \sin(\omega t)\, d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} \sin(\omega t - \pi)\, d\omega t\right] = \frac{2E_m}{\pi R}$$
$$= 0.636\frac{E_m}{R}$$

إن القيمة الفعالة لتيار الحمل تتحدد من الجذر المتوسط التربيعي (rms) لإشارة التيار (root means square):

$$I_L^2 = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} {i_L}^2(\omega t)\, d\omega t = \frac{{E_m}^2}{2\pi R^2}\left[\int_0^{\pi} \sin^2(\omega t)\, d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} \sin^2(\omega t - \pi)\, d\omega t\right]$$
$$= \frac{{E_m}^2}{2\pi R^2}\left\{\frac{1}{2}\int_0^{\pi} [1 - \cos 2(\omega t)]\, d\omega t + \frac{1}{2}\int_{\pi}^{2\pi} [1 - \cos 2(\omega t - \pi)]\, d\omega t\right\}$$
$$= \frac{{E_m}^2}{4\pi R^2}\left\{\left[\omega t - \frac{\sin 2(\omega t)}{2}\right]_0^{\pi} + \left[\omega t - \frac{\sin 2(\omega t - \pi)}{2}\right]_{\pi}^{2\pi}\right\} = \frac{{E_m}^2}{2R^2} \Rightarrow I_L = \frac{E_m}{\sqrt{2}R}$$

يحدد عامل التموج (Ripple factor) لإشارة تيار الحمل من العلاقة [8]:

$$RF = \frac{\sqrt{I_L^2 - I_{av}^2}}{I_{av}} = \sqrt{\left(\frac{I_L}{I_{av}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2.\sqrt{2}}\right)^2 - 1} = 0.48$$

تتحدد القيمة المتوسطة للاستطاعة المستهلكة في الحمل بالعلاقة [9]:

$$P_L = {I_L}^2 R = \frac{{E_m}^2}{2R^2} R = \frac{{E_m}^2}{2R} = \frac{E^2}{R}$$

نجد أن الاستطاعة المصروفة في الحمل تعادل ضعف الاستطاعة المصروفة في دارة تقويم نصف الموجة.

- **الدارة المتكاملة (lm741):**

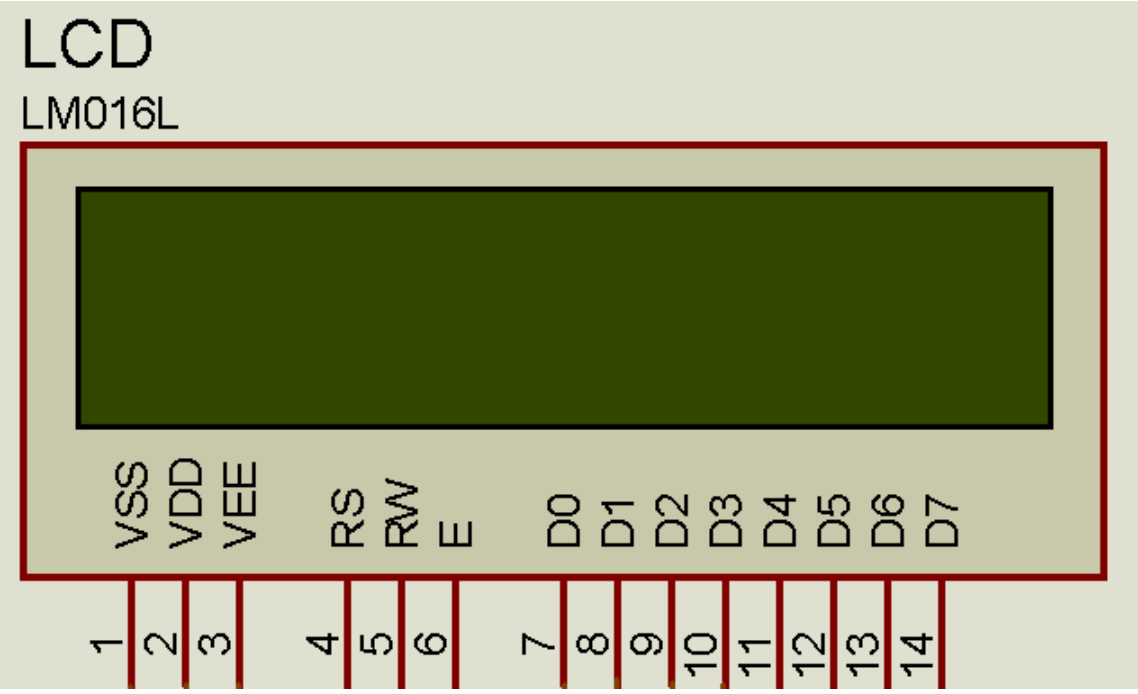
تستخدم هذه الدارة هنا كمقارن عادي "يعطي خرج بمقدار (V_{cc}) عندما يكون الجهد على الطرف غير العاكس أكبر من الجهد على الطرف العاكس" مع ميزات إضافية تتعلق بإزاحة قيمة الخرج ...

- **قياس الجهد والمقاومة والتيار:**

ويتم ذلك باستخدام مقسم جهد علمت فيه قيمة مقاومة وقيمة هبوط الجهد على المقاومة الأخرى باستخدام (ADC) محول تماثلي رقمي وبعملية حسابية يمكن حساب قيمة المقاومة المجهولة وإخراج الناتج على شاشة إظهار (LCD 16 ∗ 2).

- **شاشة الإظهار (LCD 16 ∗ 2):**

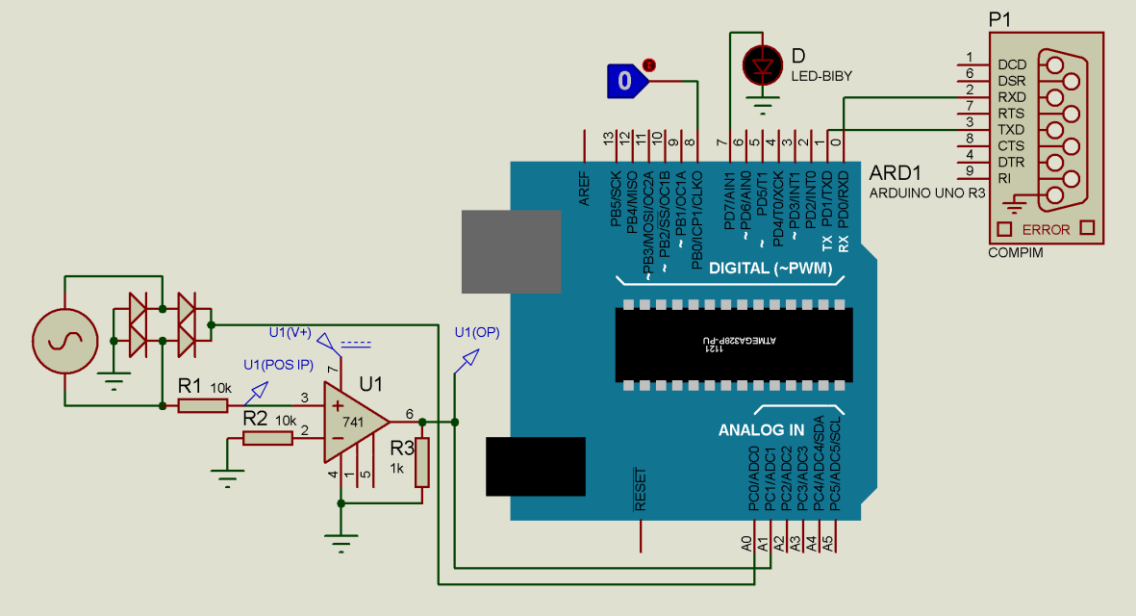
تستطيع الشاشة عرض النصوص على سطرين سعة كل منهما (16) محرفًا، وتحتوي على الأبجدية الإنجليزية والأحرف اليونانية وعلامات الترقيم والرموز الرياضية، وتمكّن المستخدم من رسم الرموز الخاصة به، وتملك بعض الخواص الأخرى التي تسهل على المستخدم التعامل معها كالإزاحة الآلية للنص بالاتجاهين، إظهار مؤشر الكتابة، وميزة الإضاءة الخلفية لإمكانية استخدامها في ظروف الإضاءة السيئة [10]، ويبين الشكل (4) شاشة الإظهار (LCD 16 ∗ 2).



الشكل (4) شاشة الإظهار (LCD 16 ∗ 2).

3. الدارة الإلكترونية للنظام وآلية العمل:

يبين الشكل (5) الدارة العملية للجهاز.



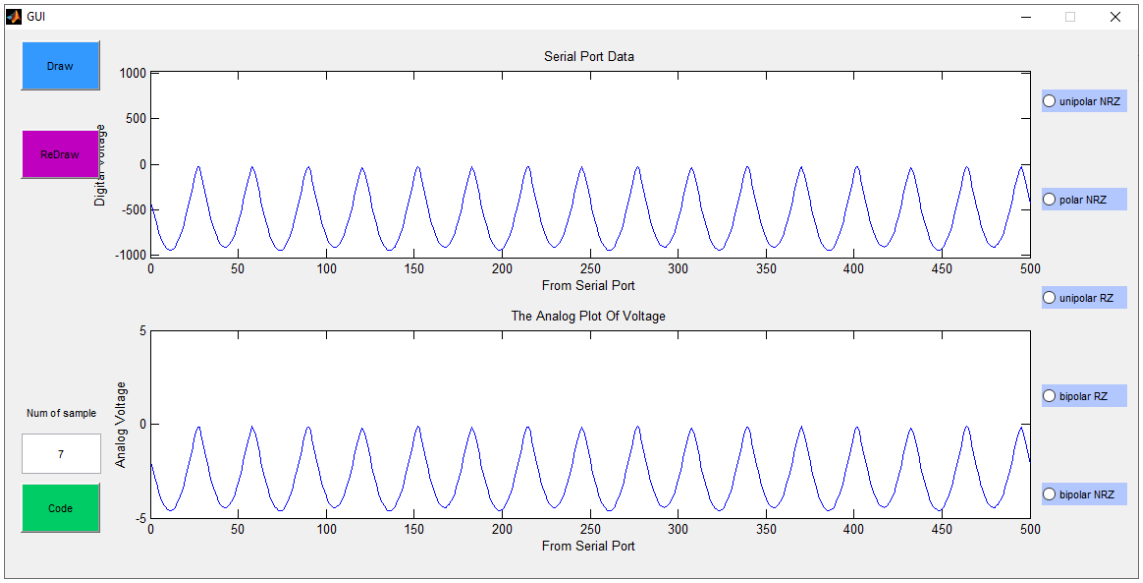
الشكل (5) الدارة العملية للجهاز.

4. آلية عمل النظام:

1. يتم إدخال العينات إلى المتحكم المكروي عبر المحول التماثلي الرقمي الخاص بالمتحكم المكروي عبر مدخلين (1وَ2) حيث يكون المدخل الأول (1) مربوطًا مع خرج المقوم للحصول على العينات الموجبة للإشارة "الطور الموجب"، في حين يكون المدخل الثاني (2) للمحول التماثلي الرقمي للمتحكم المكروي مربوطًا مع خرج المقارن الذي يفيد في تحديد العينات السالبة للإشارة والتي تتوضع تحت قيمة العتبة البرمجية للمتحكم المكروي.
2. يقوم المتحكم المكروي بأخذ عينات من الإشارة الداخلة باستخدام المحول التماثلي الرقمي الخاص به ويكون عدد العينات محدودًا ضمن المجال الذي يكون فيه تشوه الإشارة أقل ما يمكن "في بحثنا (500) عينة" (يمكن رفع هذا الرقم إلى ألف عينة بشكل أعظمي لأن المتحكم لا تتحمل موارده عدد عينات وعمليات أعلى) ومن ثم إرسال العينات عبر بروتوكول (RS – 232) مرورًا بالمتكاملة (FT232AM) التي تتولى عملية تحويل الترميز إلى نمط (USB) وإرسالها للحاسوب.
3. تستقبل واجهة برنامج (C#) العينات وتحفظها في مستند نصي.
4. تقوم واجهة برنامج الماتلاب بقراءة المستند النصي الخاص بالعينات ورسم الإشارة.
5. يمكن باستخدام هذه الواجهة تعديل وإعادة ترميز عينات الإشارة ويمكن تخزينها في الحاسوب.

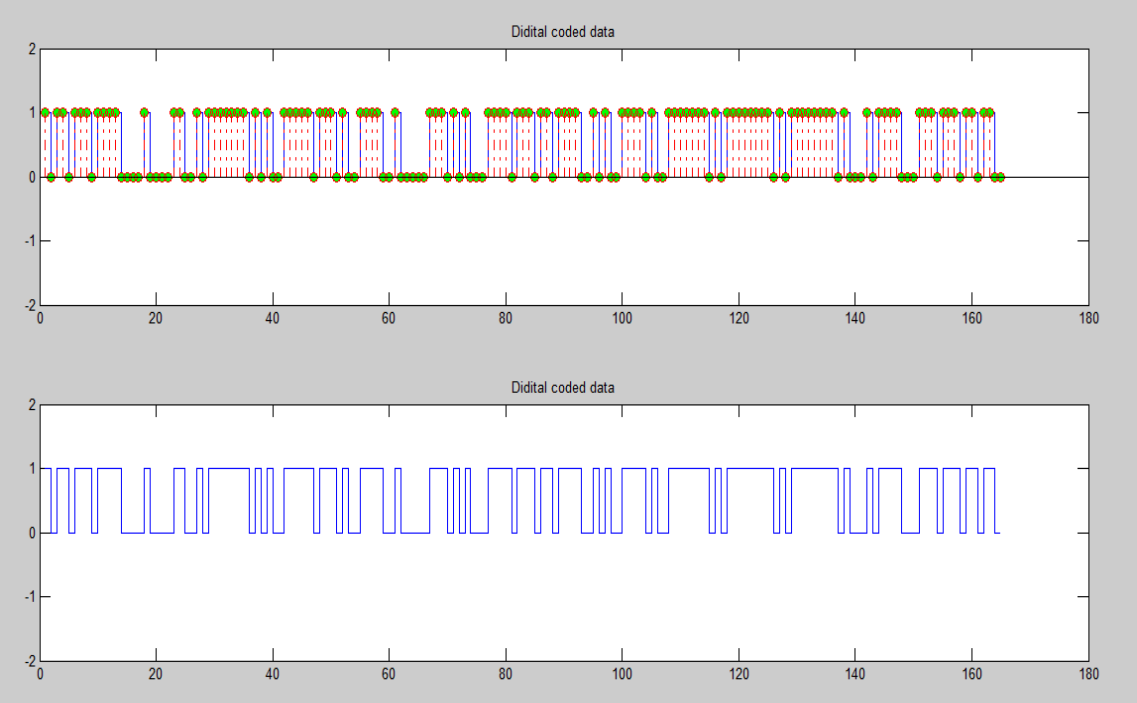
5. النتائج العملية:

نختار الإشارة الجيبية كإشارة دخل، ستقوم الدارة بأخذ (500) عينة من الإشارة، ثم تقوم بإرسال العينات إلى برنامج الماتلاب عبر بروتوكول (RS – 232)، يستقبل برنامج الماتلاب الإشارة ومن ثم يتم رسمها، ويوضح الشكل (6) إشارة جيبية بتردد (50 Hz) مرسومة.



الشكل (6) واجهة الماتلاب لرسم وتعديل العينات على الحاسوب.

ترميز (15) عينة من أصل (500) عينة مأخوذين من الإشارة السابقة والتي تم تخزينها وتحويلها إلى بيانات رقمية باستخدام طريقة ترميز عدم العودة إلى الصفر (NRZ) حيث يتم ترميز الرقم الثنائي المكافئ للرقم العشري المعبر عن مطال العينة حيث يتم اعتبار جبهة صاعدة من أجل (1) منطقي وجبهة صفرية من أجل (0) منطقي من أجل تخزين عينات الإشارة بالشكل الرقمي، كما في الشكل (7):



الشكل (7) واجهة ترميز الإشارة بترميز (NRZ).

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال هذا البحث قدمنا جهازًا لقياس بارامترات الإشارة الكهربائية، وتبين الاختبارات العملية للجهاز قدرة الجهاز على العمل بشكل جيد عند التعامل مع إشارات ببارامترات مختلفة، وكما وقدم الجهاز إمكانية تعديل البيانات التماثلية وتحويلها للشكل الرقمي ومن ثم تخزينها، يمكن زيادة قدرة الجهاز عن طريق استخدام أدوات أخرى مثل معالجات الإشارة الرقمية (DSP).

REFERENCES

[1] Information about Arduino, (2019). < www.arduin.cc/arduino-UNO>.
[2] BLOG POSTANAT ZAITAPRIL, AN INTRODUCTION TO ARDUINO UNO PINOUT, (2018).
[3] Information about FTDI 232 < www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232H>.
[4] TIA Facts at a Glance". About TIA. Telecommunications Industry Association. Retrieved (2011-07-28).
[5] RS232 Tutorial on Data Interface and cables". ARC Electronics. (2010). Retrieved (2011-07-28).
[6] B. Boashash (Ed.), Time-frequency signal analysis and processing: A comprehensive reference, Elsevier Science, Oxford, (2003).
[7] Graetz, Leo, Electrochemical method of changing alternating into direct currents. Elektrotechnische Zeitschrift (in German), (22 July 1987).
[8] electrical4u.com/bridge-rectifiers, (2019).
[9] Power Converters for Particle Accelerators, Montreux, 1990, (CERN 90-07).
[10] Information for LCD <www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module>.