HNSJ Humanities & Natural Sciences Journal
ISSN: (e) 2709-0833
www.hnjournal.net

مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية
مجلة علمية محكمة (التصنيف: NSP)
معامل التأثير للعام 2022 = 4.91

عنوان البحث

تصميم نظام ارسال واستقبال باستخدام الحساسات الضوئية

أ. عبد الصمد احمد بخيت [1]، أ. أسرار حسن الحاج[1]، د. احمد ابراهيم[2]، ام النصر حامد[1]، حليمه عمر[1]، زكية عبدالعزيز[1]، ملاذ جعفر[1]

1 جامعة البحرالأحمر –كلية الهندسة – قسم الهندسة الكهربائية والالكترونية

2 جامعة البحرالأحمر –كلية العلوم التطبيقية – قسم الفيزياء التطبيقية

HNSJ, 2023, 4(3); https://doi.org/10.53796/hnsj438

تاريخ النشر: 2023/03/01م تاريخ القبول: 2023/02/11م

المستخلص

الهدف من هذا المشروع هو تصميم كامل لنظام Li–Fi بإستخدام RGB LED الذي يتكون من دائرة المرسِل ودائرة المستقبِل لنقل البيانات النصية والصوتية عبر طيف الضوء المرئي. حيث يتم لإستغلال الامثل لعرض النطاق الترددي, من خلال تصميم نظام Li–Fi في وضع الإرسال المتوازي على أساس أن مصدر الضوء هو RGB LED والذي يعني نقل أنواع متعددة من البيانات في نفس الوقت بإستخدام RGB LED والتي قللت وقت الإرسال ووفرت المزيد من عرض النطاق الترددي للإستخدامات الآخرى.

المقدمة

تقنية Li–Fi (Fidelity–Light) كما صاغها الأستاذ هارلد هاس. هو نوع جديد من أنظمة الإتصالات اللاسلكية التي تستخدم الضوء كوسيط بدلاً من الأشعاع الكهرومغناطيسي التقليدي ذو التردد الراديوي. وتشير شبكة Li–Fi إلى نظم الإتصال بالضوء المرئي (VLC)التي تستخدم المصابيح (الصمام الثنائي الباعث للضوء أو المصباح الفلوري) كجهاز إرسال وإستقبال لتحقيق إتصال عالي الطيف بطريقة مماثلة لل Wi–Fi.

Li–Fi و Wi–Fi متشابهان إلى حد ما حيث ينقلان البيانات كهرومغناطيسياً, ومع ذلك يستخدم الواي فاي موجات الراديو في حين يعمل اللاي فاي على الضوء.

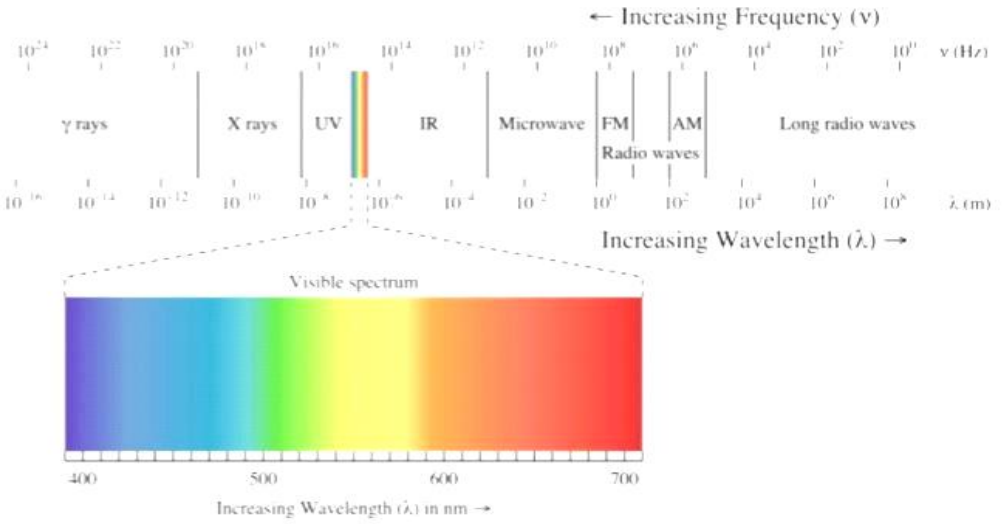
فكرة ال Li–Fi بسيطة جداً حيث أنه إذا كان الصمام (on) يمكنه إرسال الرقم(1)وإذا كان الصمام (off) فإنه يرسل الرقم (0) والصمام يمكن تشغيله وإطفائه بسرعة كبيرة. من الممكن تعديل البيانات في الضوء عن طريق تغيير المعدل الذي يضئ فيه الLED لإعطاء سلاسل مختلفة من الصفر والواحد, التعديل سريع جداً بحيث أن العين البشرية لا يمكن أن تلاحظه .

أنظمة الإتصالات اللاسلكية

إن الإتصال اللاسلكي هو عبارة عن الإتصال دون الحاجة إلى ربط الأسلاك, ويعتمد على فكرة بسيطة حيث يتم الإستغناء بشكل كامل عن الأسلاك وتقديم خدمات الإتصال لكل مستخدمي الشبكة في كل مكان في المنازل والسيارات وعلى متن الطائرة والباخرة والمؤسسات والجامعات ... الخ, ومن جهة أخرى تستطيع أنظمة الإتصالات اللاسلكية تقديم نفس الخدمات والميزات التي تقدمها الأنظمة السلكية على سبيل المثال الشبكات الحاسوبية الموصولة سلكياً يمكن تطبيقها لاسلكياً, يوجد نوعين من أنظمة الإتصالات اللاسلكية هي تقنية إتصال لا سلكي (Wi–Fi) و **تقنية** Fi–Li.

إتصالات الضوء المرئي (VLC)) Light Communication Visible

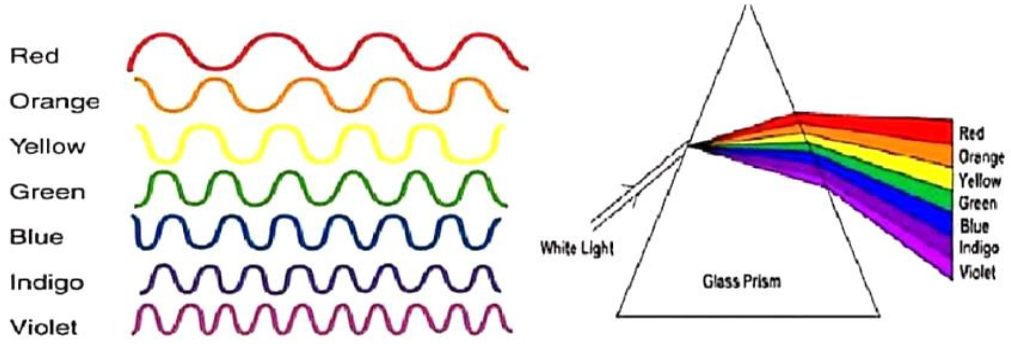
هو الإتصال البصري في وسط الإنتشار, خط البصر (LOS) وهو الرابط المشترك المباشر بين نقطتين في نظام الإتصالات اللاسلكية الضوئية, حيث يوجه المرسِل حزمة الضوء المرئية في مسار مستقيم دون عائق في المستقبِل, VLC هو مجموعة فرعية من تقنيات الإتصالات اللاسلكية البصرية يستخدم الضوء المرئي تردد يتراوح بين (400–800) تيرا هيرتز, وطول موجي يتراوح بين (375–780) نانو متر. في هذه التكنولوجيا تُستخدم مصابيح LED كمرسِل والهواء كوسط إنتشار والكواشف كمستقبل.



شكل رقم(1) الطيف الترددي المرئي

طيف الضوء المرئي :

الطيف المرئي هو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي هو مرئي للعين البشري, الإشعاع الكهرومغناطيسي في هذا النطاق من الأطوال الموجية يسمى الضوء المرئي أو الضوء ببساطة. تستجيب العين البشرية النموذجية للأطوال الموجية من حوالي 280 إلى حوالي 750 نانو متر, ومن حيث التردد يتوافق هذا مع نطاق قريب من 400–790 تيراهيرتز.



شكل رقم(2) طيف الضوء المرئي

مشكلة الورقة

إستخدام الثنائي الباعث للضوء الواحد كمصدر للضوء في نظام Li–Fi لنقل البيانات عبره, يُعطي طولاً موجياً واحداً أو تردداً واحداً (نمط الإتصال التسلسلي). وعند إستخدامه في أغراض الإتصالات المختلفة يتسبب في إستخدام غير فعال لعرض النطاق الترددي.

اهداف الورقة

تصميم نظام يستند إلى تقنية Li–Fi بإستخدام وضع الإرسال المتوازي على أساس الصمام الباعث للضوء اللأحمر والأخضر والأزرق RGB LED كمصدر للضوء لتوفير الإستخدام الأمثل لعرض النطاق الترددي.

تصميم النظام

تم تصميم هذا النظام والذي يتكون من دائرة إلكترونية تتكون من دائرة إرسال وإستقبال للصوت والنص بإستخدام RGB LED.

في دائرة الإرسال: يمثل الكمبيوتر مصدر النص والميكرفون مصدر الصوت, وتتم معالجة البيانات في شكل مناسب لتغذية مصدر الضوءRGB LED من خلال المتحكم الدقيق (Arduino Uno) الذي ينظم بيانات الإدخال مع نبضات الضوء وكذلك التحكم في RGB LED.

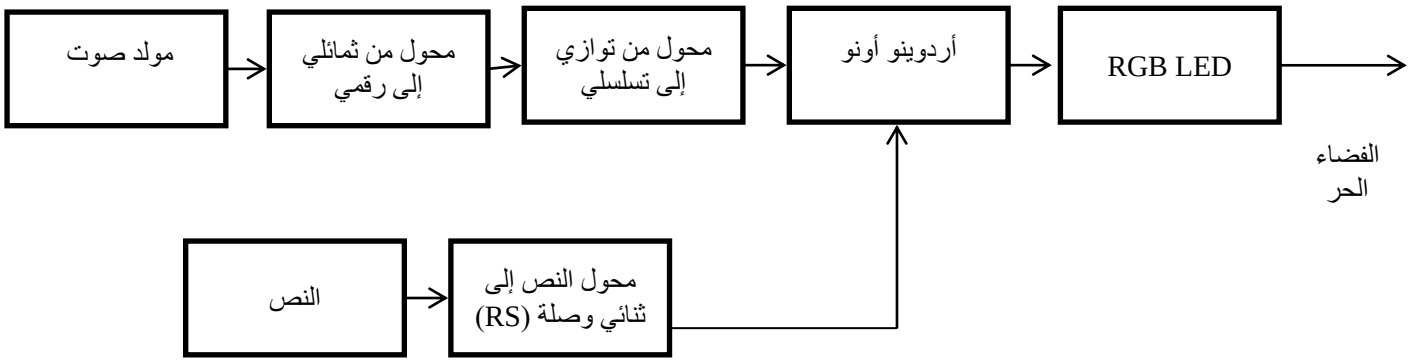
يتم بث نبضات الضوء في الفضاء الحر الذي يمثل وسيط إرسال في دائرة Li–Fi , وفي هذا البحث تم إستخدام المنفذ التسلسلي (RS–232) كوسيلة إرسال. وفي دائرة الإستقبال يتم إستخدام المقاوم المعتمد على الضوء LDR للكشف عن نبضات الضوء وإزالة الضوء من البيانات, وتتم معالجة الإشارة من قِبل المتحكم الدقيق (Arduino UNO) كما يتم ترشيحها لإزالة الضوضاء غير المرغوب فيها وإستعادة البيانات الأصلية. يتم إرسال البيانات التي تم

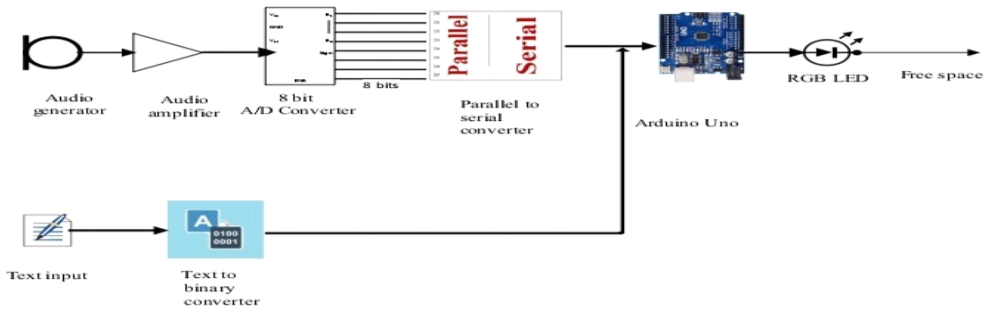
الحصول عليها إلى وجهتها النهائية, النص إلى الشاشة والصوت إلى المستمع.

دائرة الإرسال

تُرسَل البيانات التي تأتي من الكمبيوتر الشخصي إلى (UNO Arduino) الذي يقوم بمعالجتها وتعديلها لتكون مناسبة للنقل على نبضات ضوء الصمام الثنائي الباعث للضوءRGB LED , ويوصف المخطط الكتلي لدائرة مُرسِل Li-Fiوالرسوم التخطيطية على الشكلين (3) و (4) على التوالي:

شكل رقم (3) يوضح المخطط الكتلي لدائرة إرسال نظام (Li-Fi) بإستخدام (RGB LED).





شكل رقم (4) رسم تخطيطي لدائرة إرسال نظام (Li-Fi) بإستخدام (RGB LED).

تم تصميم النظام لنقل نوعين من البيانات هما النص والصوت.

●النص:

يتم إدخال النص بعد تحويله إلى الترميز الثنائي إلى**RGB LED** من خلال أردوينو أونو, ويتم نقله عبر الطول الموجي للضوء الأحمر من ألوان ضوء**RGB LED** .

●الصوت:

الصوت الذي تم توليده مباشرة من المايكروفون, و الذي تم تضخيمه بواسطة مضخم التشغيل وتحويله من تماثلي إلى رقمي بواسطة محول (**IC ADC0804**), بالتالي يجب تحويل إخراج (**ADC0804**) من توازي إلى شكل تسلسلي بواسطة (IC HC16574) ليكون مناسباً لغرض الإرسال.

تم تغذية الصوت الرقمي على شكل تسلسلي إلى أردوينو أونو كمدخل رقمي لنقله على الطول الموجي للضوء الأخضر الصادر من RGB LED. يتم التحكم في RGB LED بواسطة أردوينو أونو لتوليد الألوان الأساسية "الأسود والأزرق والأخضر والسماوي والأحمر والبنفسجي والأصفر والأبيض", ناتج الRGB LED هو مزيج من الضوء الأحمر (النص) والضوء الأخضر (الصوت) والضوء الأصفر. يقوم أردوينو أونو بمعالجة بيانات الإدخال وتعديلها بواسطة تقنية تعديل (PWM), عندما يكون ضوء المؤشر RGB LED مضاءً يتم إرسال الرقم (1), وإلا يتم إرسال الرقم (0).

●مكبر الصوت LM741 :

هو مكبر الصوت التشغيلي ذو الجهد المنخفض الذي يتم إستخدامه لتضخيم بيانات الصوت بعد إستلامها من المصدر.

● المحول التناظري إلى رقمي : IC ADC0804

(ADC0804) هو المحول التناظري إلى الرقمي. تم تغذية الصوت المُضَخَم إلى (ADC0804) لتحويله إلى شكل رقمي. وتم تحويل إشارة الإدخال التناظري إلى (8 بت) كمخرجات رقميه تختلف من 0 إلى 255 كحد أقصى .

ويمكن تعديل حجم الخطوة بتوصيل الجهد المرجعي على (9 pin). ويحتاج (ADC0804) إلى ساعة (clock) للعمل.

يعتمد الوقت المستغرق لتحويل القيمة التناظرية إلى قيمة رقمية على الساعة (clock), ويمكن توصيل الساعه (clock) كمدخل(pin IN). لدى (ADC0804) ساعة داخلية يمكن إستخدامها في غياب الساعة الخارجية. يتم توصيل دائره (RC) مناسبة بين مدخل الساعة (IN Pin) ومدخل الساعة (Pin R) لإستخدام الساعة الداخلية.

●المحول من توازي إلى توالي IC74 HC165:

(HC165741) هو محول من توازي لتوالي يحول (8 بت) مدخلة بالتوازي إلى مخرج توالي واحد. (HC165741) لديه (pins3) للتحكم في سجل التحويل و (pins2) للمخرج.

الصوت الرقمي الذي يخرج من (ADC0804) في شكل متوازي يتم تحويله إلى شكل متسلسل بإستخدام (HC165741).

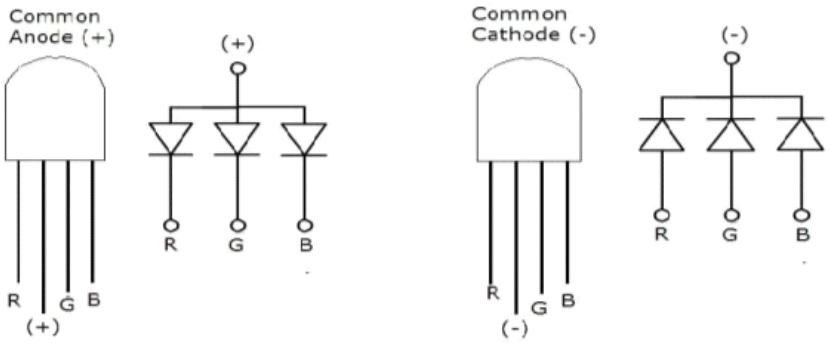
●المتحكم اردوينو اونو:

أردوينو أونو هو لوح تطوير إلكتروني يتكون من دارة إلكترونية مفتوحة المصدر مع متحكم دقيق يُبرمَج عن طريق الحاسوب, وهو مصمم لتسهيل إستخدام الإلكترونيات التفاعلية في المشاريع متعددة التخصصات, تستخدم وصلة (USB) لتحميل كود البرامج للوح الأوردوينو (Arduino Board) على عكس الدوائر الإلكترونية التي تحمل الكود بقطعه (hardware) منفصلة تسمى المبرمج.

تمت برمجة الأردوينو بإصدار مبسط من لغة البرمجه (C++), هنالك عدة أنواع من Arduino Hardware كل واحدة منها تختلف عن الأخرى ويكون الإختلاف في عدد مداخل ومخارج ال Pins وبإختلاف عدد ال (board) وبإختلاف الأغراض.

RGB LED●:

تبدو مثل ال LED العادي ولكن يوجد داخل RGB LED الملون (LEDS 3) أحمر وأخضر وأزرق, تُمزَج الألوان الضوئية بتعديل كمية كل لون.

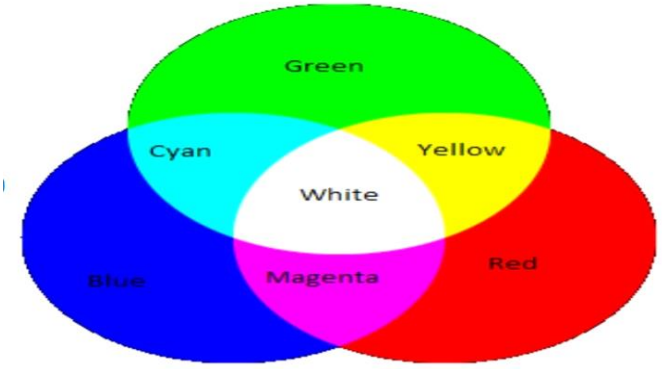


شكل رقم (5) يوضح الأنود المشترك والكاثود المشترك (RGB LED).

RGB color model●:

يحتوي RGB LED على أربعة ليدات يتشاركون في أنود مشترك و3 كاثود منفصل واحد للأحمر وواحد للأخضر وواحد للأزرق.

نموذج الألوان RGB هو أحد أكثر أساليب تمثيل الألوان إستخداماً في رسومات الحاسوب يَستخدِم نظام إحداثيات ألوان بثلاث ألوان أساسية هي أحمر وأخضر وأزرق , كل لون يمكن أن يأخذ قيمة (0 أو 1) ومزج هذه الألوان تنتِج مجموعة من الألوان. الغرض منRGB LED هو التحسس و التمثيل وعرض الصور في النظام الإلكتروني.



شكل رقم (6) يوضح لون (RGB).

Output colors	Blue	Green	Red
Black	0	0	0
Blue	1	0	0
Green	0	1	0
Cyan	1	1	0
Red	0	0	1
Magenta	1	0	1
Yellow	0	1	1
White	1	1	1

جدول رقم (1) خلط ألوان ال (RGB).

تنفيذ التصميم

يتطلب هذا التصميم بورد توصيل وأدوات إلكترونية لتصميم دائرةLi-Fi التي تستخدم LED RGB, وبرنامج أردوينو لكتابة وتنفيذ كود الأردوينو وبرنامج ((Simple Term لإرسال البيانات النصية لهذا البحث.

جهاز الإرسال

●النص

يتم تحويل النص المدخل إلى ثنائي بواسطة الوصلة RS وتكون متصلة مع الأردوينو أونو الذي يعمل على معالجة البيانات وتعديلها ونقلها عبر الضوء الأحمر على LED RGB .

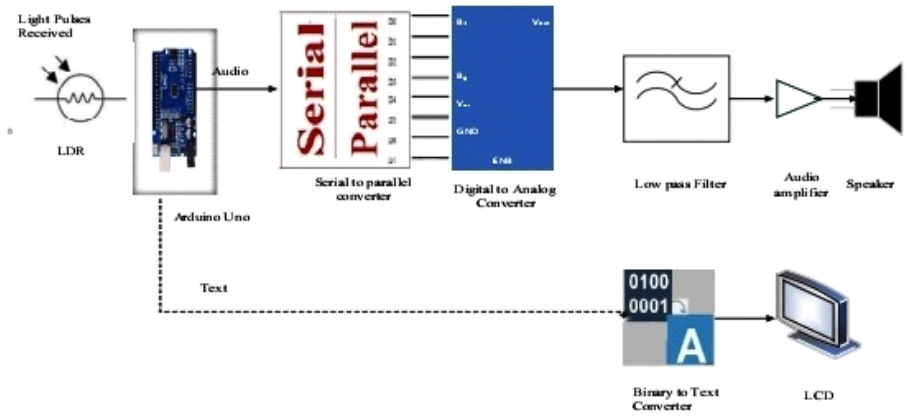
●الصوت

الصوت الذي تم توليده بواسطة المايكروفون يتم ترشيحه وتضخيمه ثم تحويله إلى صوت رقمي عن طريق (ADC IC). ثم تحويل الصوت الرقمي إلى الشكل المتسلسل بعد (ADC IC) ثم يتم تغذيته إلى الأردوينو لنقله عبر الضوء الأخضر على LED RGB.

تصميم دائرة جهاز الإستقبال

في دائرة الإستقبال يعملLDR على تحويل النبضات الضوئية المستقبَلة إلى كمية مادية (البيانات), النص الثنائي المستقبَل يحول إلى نص ويعرض على شاشة (LCD), ثم تحويل الصوت الرقمي المستلم بعد تحويله من شكل تسلسلي إلى شكل توازي بواسطة (HC59574) ثم بواسطة المحول الرقمي إلى التناظري (DAC IC) تحوَل إلى شكل تناظري, وثم ترشيحه وتضخيمه وتغذيته إلى المستمع للإستماع إليه.

نبضات الضوء المستقبَلة التي يكتشفها المقاوم المعتمد على الضوءLDR الذي يحول النبضات الضوئية إلى إشارة كهربية (عملية إزالة التضمين) وهي الإشارة الكهربائية التي تغذي أردوينو أونو, تمت معالجة الإشارة وترشيحها لإستعادة البيانات الأصيلة, يتم تحويل البيانات النصية التي تم الحصول عليها من نص ثنائي إلى نص معروض على شاشة البلورات السائلة LCD , والصوت الرقمي الذي تم الحصول عليه من محول رقمي إلى محول تماثلي يتم تضخيمه وترشيحه وتوصيله على السماعة للإستماع إليه. الأشكال التالية توضح دائرة مستقبِل Li-Fi والرسوم التخطيطية وخوارزمية المستقبِل.



شكل (8) يوضح المخطط الكتلي لدائرة مستقبِل نظام (Li-Fi) بإستخدام (RGB LED).

و في هذا التصميم تتكون دائرة مستقبِل Li-Fi من المكونات التالية:

- (LDR): يُعرَف أيضاً مقاوم الضوء بإسمResistor Photo وهو جهاز بسيط يتميز بتغيير مقاومته بناء على كمية الضوء التي تصطدم به. المقاومة ستكون أقل عندما يسطع الضوء عليها وعند إزالة الضوء تكون المقاومة في أعلى مستوياتها .
- (Arduino Uno): في موقع الإستقبال يُستخدم أردوينو أونو لمعالجة الإشارة الكهربائية التي تم إكتشافها بواسطة LDR والتحكم في مكونات المستقبِل مثل (LCD – 74HC595).
- (HC59574): ينتقل الصوت الرقمي من أردوينو إلى سجل الإزاحه (HC59574) لتحويله من متسلسل إلى توازي. يحتوي (HC59574) على (8 – بت) متسلسله داخلياً, متوازيه خارج سجل الإزاحه الذي يغذي سجل تخزين من نوع (D–8 بت). سجل التخزين لديه مخرجات متوازية من ثلاثة حالات. ساعات منفصلة لكل من سجل النبضات وسجل التخزين . يتم كتابة البيانات على سجل الإزاحه بشكل متسلسل, ثم يتم تثبيتها على سجل التخزين. ويتحكم سجل التخزين بعد ذلك في ثمانية خطوط إخراج.
- (DAC0808): هو محول رقمي إلى تماثلي يستخدَم لتحويل إدخال البيانات الرقمية إلى خرج إشارة تماثلية حيث يكون الإدخال عبارة عن (– 8 بت). وهو عبارة عن دائرة متكاملة متجانسة.
- (RC Filter and Amplifier): يتم تغذية الصوت بعد تحويله من الرقمي إلى التماثلي من قِبَل DAC0808)) إلى (3 مرشح RC) يقوم المرشح بإزالة الضوضاء غير المرغوب فيها وإستعادة الصوت الأصلي إعتماداً على قيم المقاوم والمكثف التي تعتمد على تردد الصوت. يسمح مرشح التمرير المنخفض فقط بتمرير إشارات التردد المنخفض من (0 هيرتز) إلى تردد القطع الخاص به (fc), وتمثَل معادلة مرشح الترددات المنخفضة كالأتي:-

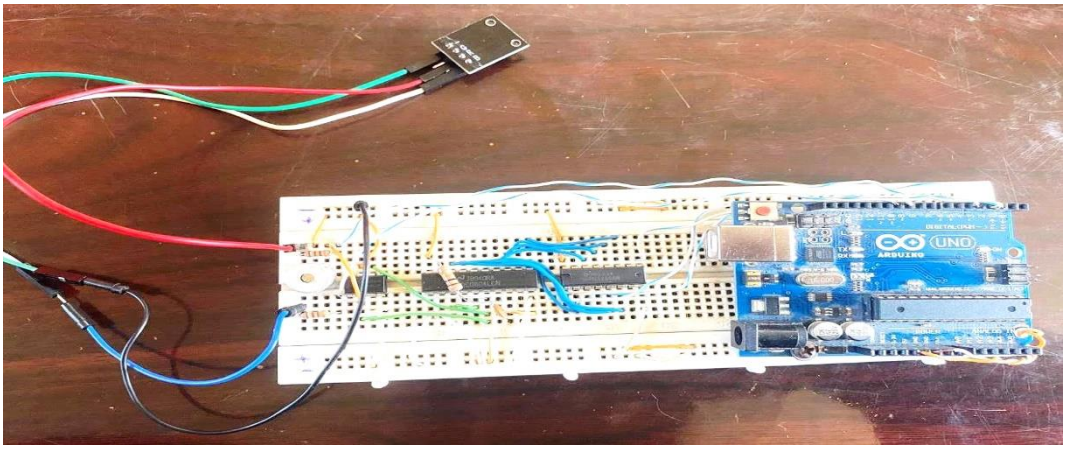
$$RC * (½) = FC$$

- (FC): تردد قطع المرشح.
- R: مقاومة المرشح.
- C: مكثف المرشح.

ويتم تضخيم الصوت الناتج من مرشح (RC) بإستخدام مضخم عكسي.

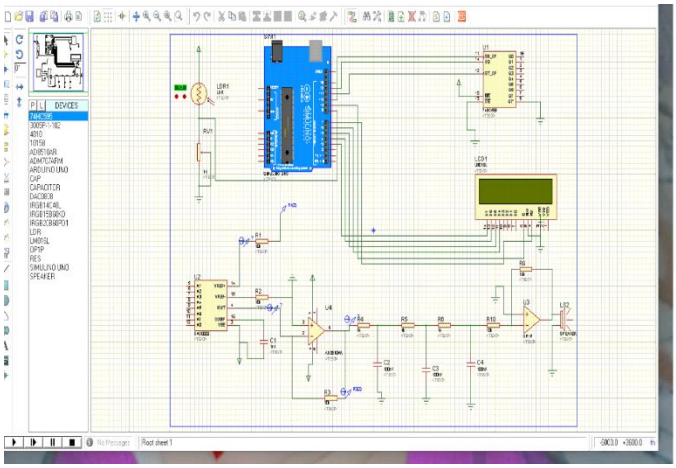
- مكبر الصوت: هو محولات تعمل على تحويل الموجات الكهرومغناطيسية إلى موجات صوتية.
- (speaker): الغرض من السماعات هو إنتاج وإخراج صوت يمكن للمستمع سماعه.
- (LCD 16 *2): يتم عرض النص الذي تم الحصول عليه بعد المعالجة والتحويل من نص ثنائي إلى ثنائي على شاشة العرض البلوري (16 *2). شاشة (LCD 16*2) هي وحدة أساسية وتستخدَم بشكل شائع في مختلف الأجهزة والدوائر, ويعني شاشة (LCD 16*2) أنها يمكن أن تعرض 16 حرفاً لكل سطر وهناك سطرين من هذا النوع. في هذا المكان يتم عرض كل حرف في مصفوفة بشكل (7x5). شاشة العرض البلورية هذه بها سجلان بالتحديد(Command) و (Data) يقوم سجل(Command) بتخزين تعليمات الأوامر المعطاة إلى شاشة (LCD) وسجل(Data) بتخزين البيانات لعرضها على شاشة العرض.

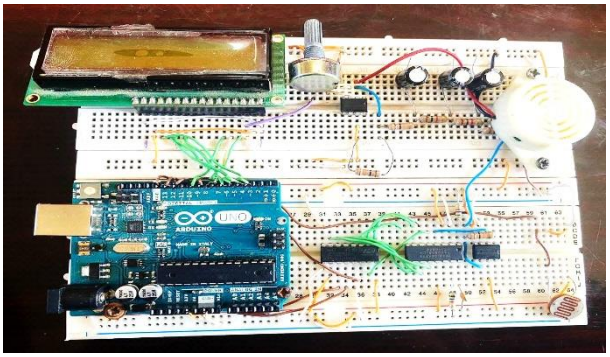
المناقشة والنتائج



شكل رقم (10): دائرة إرسال Li-Fi بإستخدام RGB LED.

دائرة الإستقبال





شكل رقم(11): دائرة إستقبال Li-Fi بإستخدام RGB LED.

طريقة عمل النظام

في دائرة الإرسال:

كما موضح في الشكل (10)الصوت الصادر مباشرة من المايكروفون مضخَم بواسطة مضخِم التشغيل وتحويله من تناظري إلى رقمي بواسطة محول (ADC0804IC) االتماثلي إلى رقمي, وبالتالي يجب تحويل إخراج (ADC0804) من شكل متوازي إلى شكل تسلسلي بواسطة (HC165IC74) بالتوازي مع التحويل التسلسلي ليكون مناسباً لغرض الإرسال.

في الصوت تم تغذية الأردوينو أونو كمدخل رقمي لنقله على الطول الموجي للضوء الأخضر من RGB LED. يتم التحكم في RGB LED بواسطة متحكم أردوينو أنو, ولتوليد ألوان RGB الأساسية (الأسود والازرق والأخضر

والسماوي والأحمر والبنفسجي والأصفر والأبيض). ناتج RGB LED هو مزيج من الضوء الأحمر (النص) والذي طوله الموجي (610_750) نانومتر وتردده (405_480) تيرا هيرتز والضوء الأخضر (الصوت) والذي طوله الموجي (500_570) نانومتر وتردده (530_580) تيرا هيرتز .

يقوم أردوينو أونو بمعالجة البيانات المدخلة وتعديلها بواسطة تقنية PWM عندما يكون ضوء المؤشر RGB مضاء يتم إرسالالواحد الرقمي و إلا يتم إرسال صفر الرقمي من خلال إضاءة مصباح المؤشر RGB.

وترسَل البيانات التي تأتي من الكمبيوتر الشخصي إلى الأردونيو الذي يقوم بمعالجتها وتعديلها لكي تكون مناسبة للتحميل على نبضات ضوء الصمام الثنائي الباعث للضوء RGB LED.

اما في دائرة الإستقبال

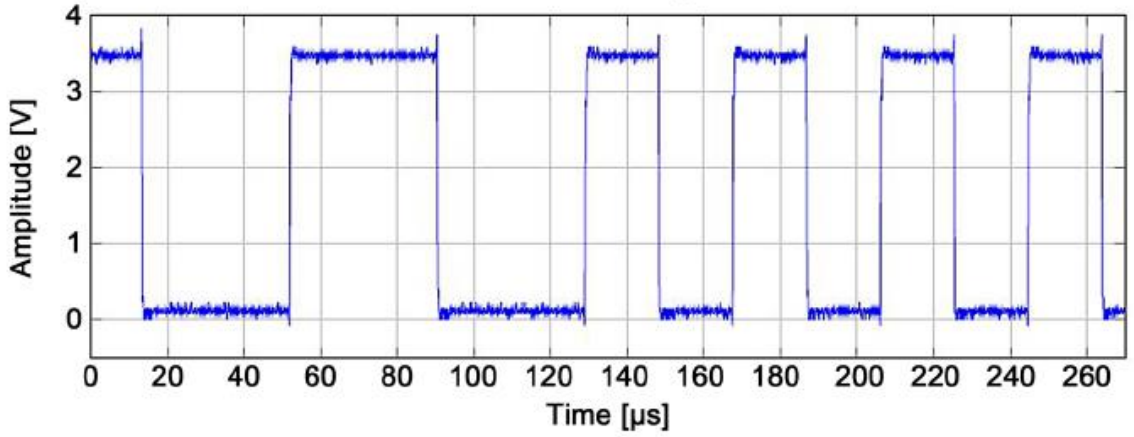
الشكل (11) يوضح دائرة الاستقبال. عند ارسال النص النبضات الضوئية المستقبَلة المكتشَفة بواسطة المقاوم المعتمد على الضوء LDR الذي يحول النبضات الضوئية إلى إشارة كهربائية, وهي الإشارة الكهربائية التي تغذي الأردوينو أونو الذي يعمل على معالجة الإشارة وترشيحها لإستعادة البيانات الأصلية, ويتم تحويل البيانات النصية التي يتم الحصول عليها من نص ثنائي إلى نص معروض على شاشة العرض البلورية السائلةLCD ويتم تحويل الصوت الرقمي الذي تم الحصول عليه من محول رقمي إلى تماثلي, ويتم تضخيمه وترشيحه وتوصيله على مكبر الصوت للإستماع إليه.

النتائج

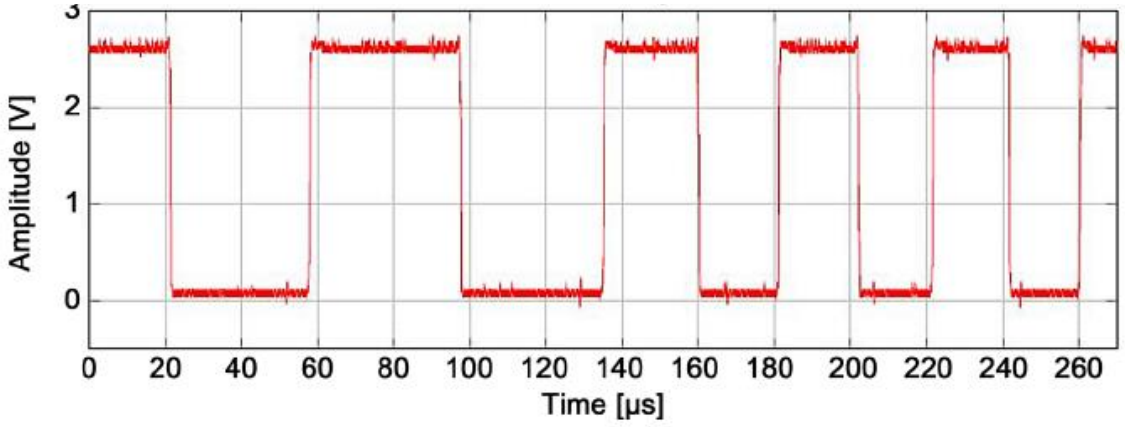
بعد إختبار النظام عملياً تم قياس الاشارة في المرسل وكانت الاشارة كما موضح بالشكل (12)، اما الشكل (13) يوضح الاشارة المستقبلة في دائرة الاستقبال. أيضا تم اختبار الاشارة على الثنائي وكانت النتيجة كما موضح بالشكل (14).

وتم إستقبال النص المُرسل من دائرة الإرسال على شاشة العرض البلورية (LCD) في دائرة الإستقبال وتم الحصول على نص (Li – Fi Technology) على شاشة (LCD) وذلك بعد توصيل جهاز الحاسوب بوصلة USB على الدائرة حيث يكتب النص في الحاسوب بإستخدام برنامج (Simple Term) كما موضح بالشكل (15) ويظهر على شاشة LCD في الدائرة العملية.

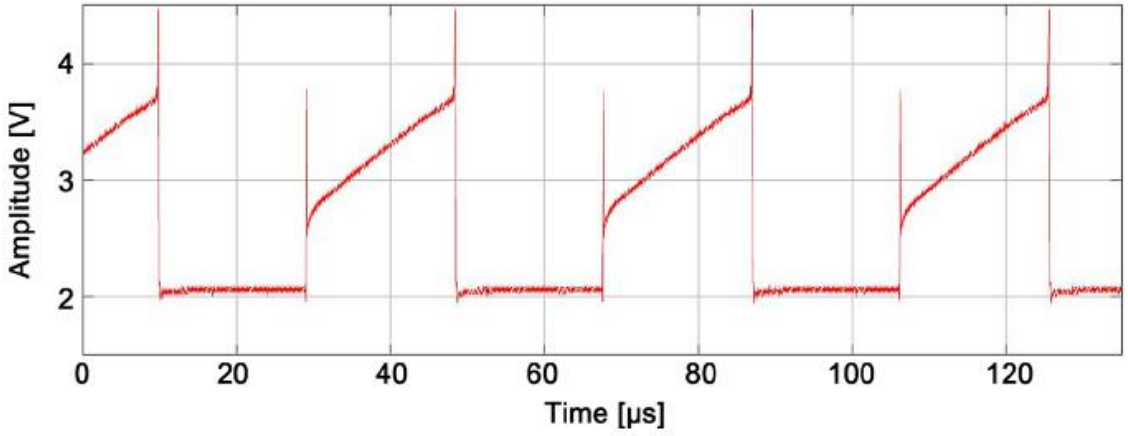
أيضا تم سماع الصوت المُرسل من دائرة الإرسال عبر المايكروفون على دائرة الإستقبال في السماعة.



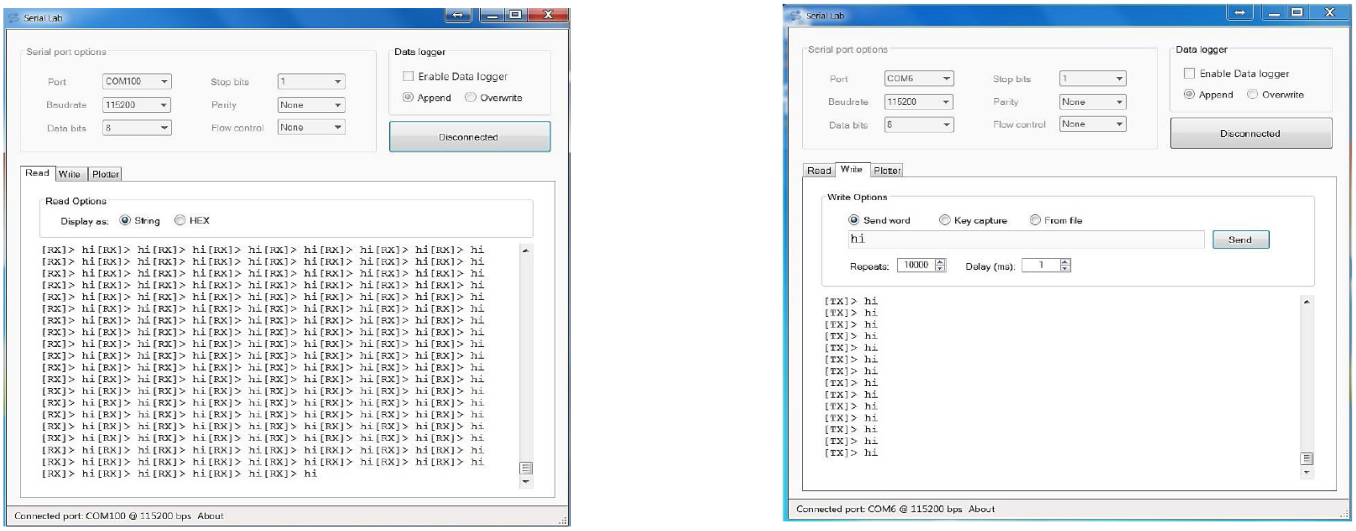
الشكل (12) شكل الاشارة المرسلة



الشكل (13) شكل الاشارة المستقبلة



الشكل (14) شكل الاشارة الخارجة من الثنائي



الشكل (15) ارسال واستقبال النص المكتوب

الخاتمة

تم في هذا البحث تصميم كامل لنظام Li–Fi بإستخدام RGB LED الذي يتكون من دائرة المرسِل ودائرة المستقبِل لنقل البيانات النصية والصوتية عبر طيف الضوء المرئي, وفر هذا البحث أفضل طريقة لإستغلال عرض النطاق الترددي, من خلال تصميم نظام Li–Fi في وضع الإرسال المتوازي على أساس أن مصدر الضوء هو RGB LED. في هذا التصميم نمط الإرسال المتوازي يعني نقل أنواع متعددة من البيانات في نفس الوقت بإستخدام RGB LED واحدة والتي قللت وقت الإرسال ووفرت المزيد من عرض النطاق الترددي للإستخدامات الآخرى.

التوصيات

نوصي بإستخدام الأطوال الموجيه الأخرى التي يمكن توصيلها بالطول على ضوء الألوان RGB LED (الأزرق والأصفر والسماوي والبنفسجي والأبيض) لنقل أنواع أخرى من البيانات مثل الصورة و الفيديو و ...الخ.

كما نوصي بإضافة مكبر للدائرة لتحسين جودة الإشارة, وإضافة مرشح لتلافي التشويش الظاهر في الصوت.

ولتحسين التصميم يمكن إضافة جهاز ترميز/ فك الترميز لمنع البيانات المرسَلة من فقدان الخطأ والحد منه. تنفيذ آلية الترميز في جانب المرسِل لترميز البيانات المرسَلة قبل الإرسال وفي جانب المستقبِل يجب فك ترميز البيانات المستلَمة من جانب الإرسال.

المصادر

- Saurav Acharya 20" 20A brief introduction of li_fi technology, its implementations and application"
- https://en.wikipedia.org/wiki/light
- مجلة لغة العصر العدد 165 سبتمبر 2014 (أشرف شهاب).
- https://www.wikipedia.org/wiki/free_space_optical_communication
- Saurav Acharya 2020" A Brief int roduction of the li-fi Technology, its implementations and Applications."
- String fixer.com/ar/color-spectrum.
- https://byjus.com/physics/visible_light
- Kavitha,N.and Ramalakshmi, R.(2016",(Data Transmission through Light Fidelity Li-Fi ,"International Journal of Innovative Research in Engineering Science and Technology.,
- Anurag et al "2015 ,IJarcsms-June-2015-li-fi-anurag-shalabh."
- https://ar.m.wikipedia.org./wiki%/ .
- Haugan,H.J",(2008).study of residual " background carriers in midinfrared\nAs/GaSb super lattices for uncooled.
- بوابة الكترونيات .
- كتاب الالكترونيات الصناعية –المناهج الفلسطينية .
- Basic of phototransistor
- https://images.app.goo.gl/u6uc7pek1lfyd1us7.
- https://www.lifitn.com/blog/2019/6/6/top-li_fi-applications-updated-list.
- Jiwayria Babiker, Design of light fidellty system using Red green and blue light emitting diode