تصميم وتنفيذ نظام مراقبة للحالة الفيزيولوجية لمرضى في مشفى باستخدام المتحكمات الميكروية

د. كمال محمود عفيصه(1) د. زياد محمد هرموش (2) زينب علي يوسف(3)

□ ملخّص□

يقدم البحث نظام مراقبة إلكتروني لمرضى المقيمين في المشافي حيث يستطيع مراقبة ضربات قلب ودرجة حرارة ومعدل التأكسج لمرضى معينين يتطلب منا المراقبة الدقيقة لهم، وذلك باستخدام حساسات خاصة مرتبطة بمتحكم ميكروي من النوع 16f877A حيث يقوم هذا النظام بمراقبة القيم المحددة وإعطاء إنذار في حال حصول أي تغير طارئ على القيم وإرساله إلى غرفة الأطباء المناوبين.

الكلمات المفتاحية:RS232، المتحكم الميكروي، MAX30100حساس ضربات القلب،LM35

(1) أستاذ مساعد – قسم الفيزياء –كلية العلوم –جامعة تشرين – اللاذقية –سوريا

(2) أستاذ – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

(3) طالبة دراسات عليا (ماجستير) – قسم الفيزياء –كلية العلوم –جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

Design and implementation of a monitoring system for patients residing in hospital using microcontrollers

Dr. Kamal Mahmoud Ofeisa [(1)]
Dr. Ziad Mohammad Harmoush [(2)]
Zainab Ali Yousef [(3)]

ABSTRACT

The research presents an electronic monitoring system for patients residing in hospital, where it can monitor the heartbeat, temperature and oxygen rate for specific patients, Which requires us to closely monitor them, using special sensors connected to a microcontroller of the type 16f877A
Where this system monitors the specified values and gives a warning in the event of any emergency change in the values and sends it to the room of the doctors on duty

Keywords: RS232, Microcontroller, MAX30100, Pulse Sensor, LM35

[(1)] Assistant Professor- Department Of Physics –Faculty of Science-Tishreen University-Lattakia-Syria
[(2)] Professor-Department of Electrical Power Engineering-Faculty of Mechanical and Electrical Engineering -Tishreen University-Lattakia-Syria
[(3)] Postgraduate Student(Master)- Department of Physics –Faculty of Science-Tishreen University-Lattakia-Syria

1-مقدمة:

تعتبر عملية المراقبة المستمرة والدقيقة للبارامترات الفيزيولوجية المرتبطة بالحالات الخطرة لمرضى مقيمين في مشفى، مسألة هامة جداً[1] ، وتم مؤخراً استخدام بعض الأنظمة المؤتمتة لإتمام عملية المراقبة للمرضى باستخدام بعض العناصر الإلكترونية والمتحكم الميكروي[2] ، يقدم البحث نظام إلكتروني سهل وسريع في تحقيق المراقبة وإرسال إنذار لغرفة الأطباء المقيمين مع تحديد التغيرات الطارئة المرتبطة بالحالة.

2-هدف البحث:

إنشاء نظام إلكتروني يعطينا القيم المحددة للبارامترات الفيزيولوجية للمرضى المتطلب مراقبتهم بشكل دائم ضمن المشفى. حيث يتكون النظام من عدد من الدارات الفرعية تسمى Slave والتي تقيس قيم البارامترات (درجة الحرارة، معدل ضربات القلب، معدل التأكسج) للمريض ومن ثم إرسال البيانات إلى دارة مركزية تسمى Master. وتستخدم الدارات المذكورة سابقاً للتراسل فيما بينها بروتوكول RS232

ستقتصر في دارستنا على مراقبة ثلاث مرضى فقط، وذلك بسبب الكلفة الكبيرة لإنشاء مثل هذه الأنظمة.

3-مواد وطرق البحث:

تم هذا البحث في سياق دراسة لطالبة دراسات عليا في كلية العلوم قسم الفيزياء. يهتم بحثنا في اظهار أهمية استخدام مثل هذه البروتوكولات في الاتصالات المرتبطة بالمتحكمات الميكروية والتي تساهم في انشاء أنظمة المراقبة في المشافي.

استخدمنا عدد من المتحكمات الميكروية مع بعض العناصر الالكترونية التي شكلت موارد البحث واستخدامنا برنامج Proteus في محاكاة الدارة وبعدها تم اختبار الدارة عملياً على أرض الواقع من أجل الحصول على النتائج المطلوبة.

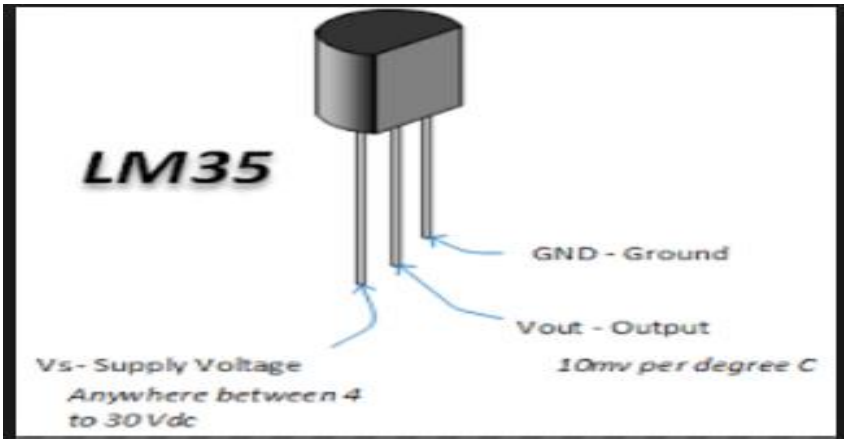
3-1الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1- مداخل النظام:

حساس الحرارة LM35:

هو مقاومة حرارية حيث يتغير الجهد تبعاً لدرجة الحرارة ويمتاز بالثبات الخطي حيث يعطي $10\ mV$ لكل درجة حرارة مئوية. وإن مجال استخدامه من الدرجة $(-55\ ℃)$ إلى الدرجة$(150\ ℃)$، ودقة القياس فيه هي نصف درجة مئوية عند $25\ ℃$، ويعمل بجهد من $4\ V$ إلى $30\ V$. إن التسخين الذاتي لهذا الحساس منخفض جداً، وتتلخص آلية عمله بأنه عندما نطبق على دخله $5\ V$ فإن خرجه يزداد بمقدار $10\ mV$ لكل درجة مئوية أي أنه عند $1\ ℃$ سوف يكون خرجه $10\ mV$ وعند $2\ ℃$ سوف يكون خرجه $20\ mV$ وعند $3\ ℃$ سوف يكون خرجه $30\ mV$ ، وتكون هذه الزيادة خطية بهذه الصورة حيث كلما ارتفعت درجة الحرارة درجة مئوية واحدة سوف يزداد جهد خرج الحساس بمقدار $10\ mV$وكذلك كلما انخفضت درجة الحرارة درجة مئوية سوف ينخفض جهد خرج الحساس بمقدار $10\ mV$ وفي درجة حرارة الغرفة العادية $25\ ℃$ مثلاً سوف يعطي الحساس في خرجه $250\ mV$.[3]

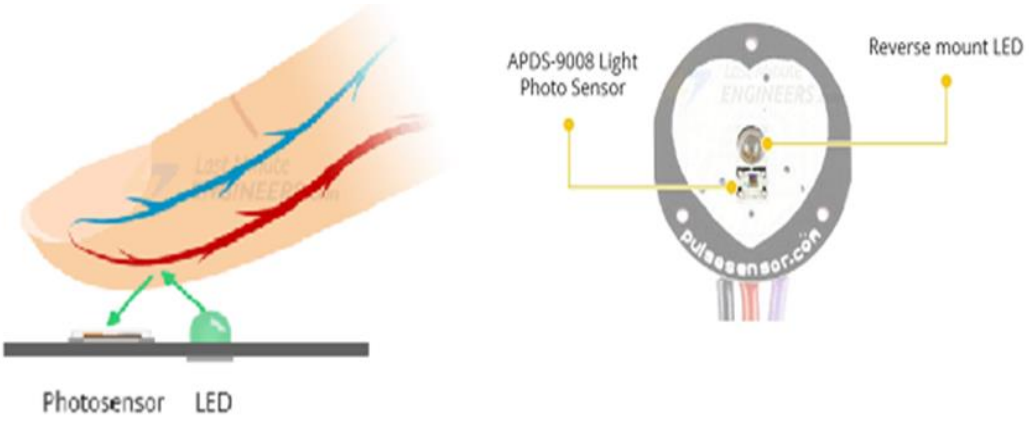
وله ثلاث نقاط توصيل كما في الشكل (1):



الشكل(1) حساس الحرارة LM35

حساس ضربات القلب pulse sensor:

هو عبارة عن حساس ضوئي يربط على الاصبع يستخدم الإشارة الضوئية المستقبلة من الاصبع في حساب ضربات القلب [4] كما هو موضح بالشكل (2) ولهذا الحساس مواصفات نذكرها في الجدول (1)



الشكل (2) حساس ضربات القلب

الجدول (1) مواصفات حساس ضربات القلب

Maximum Ratings	V_{CC}	(3 – 5.5) V
	I_{Max}(Maximum Current Draw)	$< 4\ mA$
	V_{out}(Output Voltage Range)	0.3V ToV_{CC}
Wavelength	LED Output	565 nm
	Sensor Input	525 nm

Dimensions	L×W (PCB)	15.8 mm(0.625″)
	Lead Length	20 cm (7.8″)

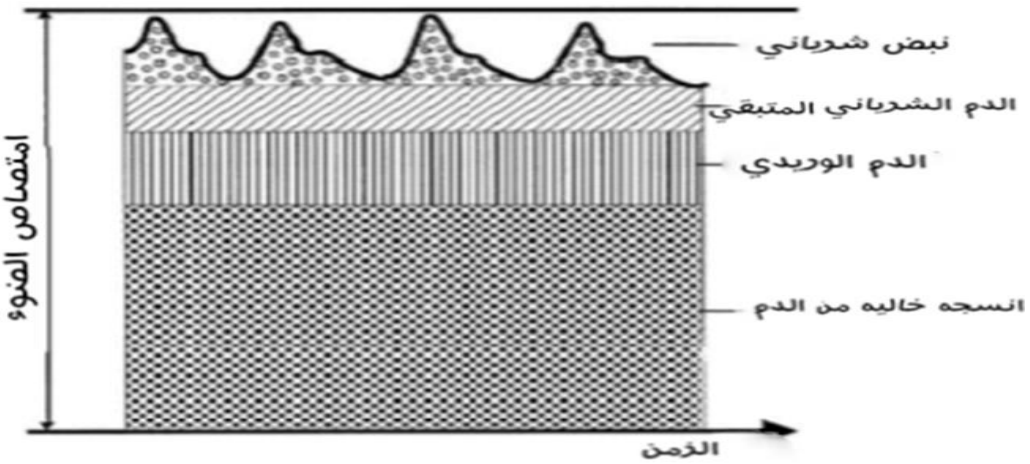
كما تبين من خلال الدراسات إن الضوء الممتص من قبل الأصبع عبارة عن :

–ضوء ممتص من الأنسجة غير الميتة

–ضوء ممتص من الدم الوريدي

–ضوء ممتص من الدم الشرياني

وأن تغير حجم الدم الشرياني مع النبض يسبب تغير امتصاص الضوء. كما هو مبين في الشكل (3)



الشكل(3) يبين امتصاص الضوء حسب نوع الأنسجة

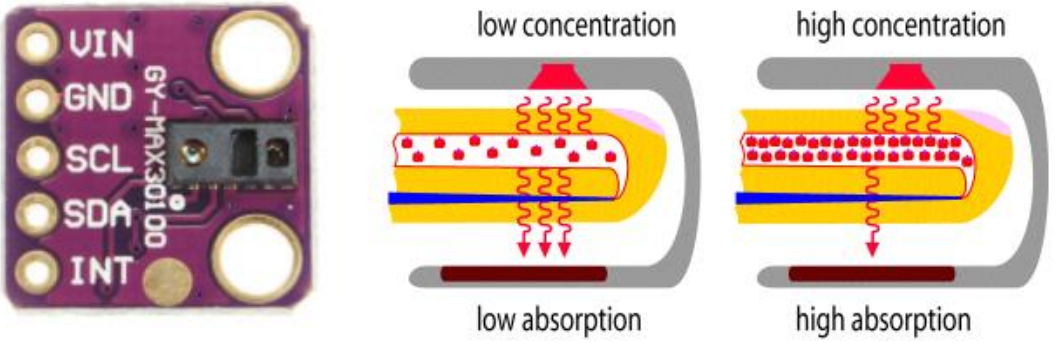
حيث يلتقط كاشف الضوء إشارة DC كبيرة تمثل الدم الشرياني المتبقي والدم الوريدي والأنسجة الخالية من الدم.

وإشارة AC تمثل النبض الشرياني، (جزء صغير من الإشارة المكتشفة1%) [5]

حساس التأكسج MAX30100:

هو عبارة عن حساس يستخدم الأمواج غير المرئية (اشعة تحت الحمراء) بطولين مختلفين في حساب نسبة الاوكسجين في الدم الشكل (4) يجمع الحساس بين اثنين من LED ،

وكاشف ضوئي ، ومعالج الإشارات التناظرية منخفضة الضوضاء [6] لاكتشاف إشارات النبض ومعدل ضربات القلب. يعمل بمصادر طاقة 1.8 فولت و 3.3 فولت



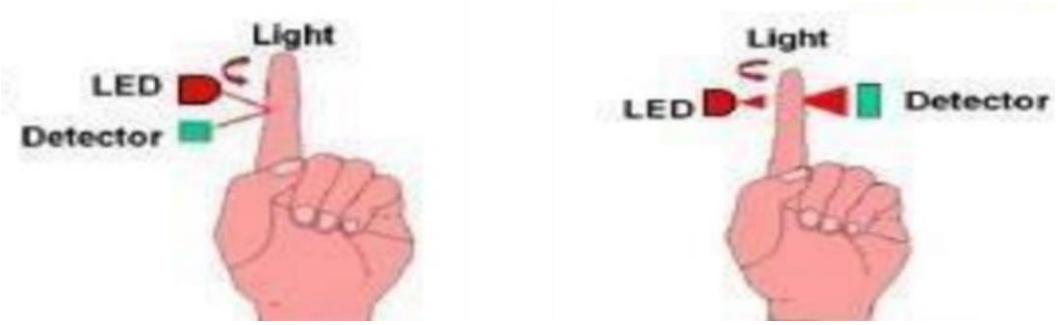
الشكل (4) يبين حساس يستخدم الأمواج غير المرئية في حساب نسبة الاوكسجين

يستخدم في مقاييس نسبة الاوكسجين في الدم زوج من الثنائيات الباعثة للضوء (الأحمر وتحت الأحمر)، يصدر الضوء الأحمر وتحت الأحمر بشكل متناوب إذا استخدم كاشف واحد لكلاهما[5].

حيث يوجد نوعين من المقاييس حسب مكان توضع زوج من الثنائيات الباعثة للضوء والكاشف كما هو مبين في الشكل(5)

-يتوضع الزوج من الثنائيات الضوئية مقابل للكاشف الضوئي المستخدم

- يتوضع الزوج من الثنائيات الباعثة الضوئية والكاشف الضوئي المستخدم في جهة واحدة

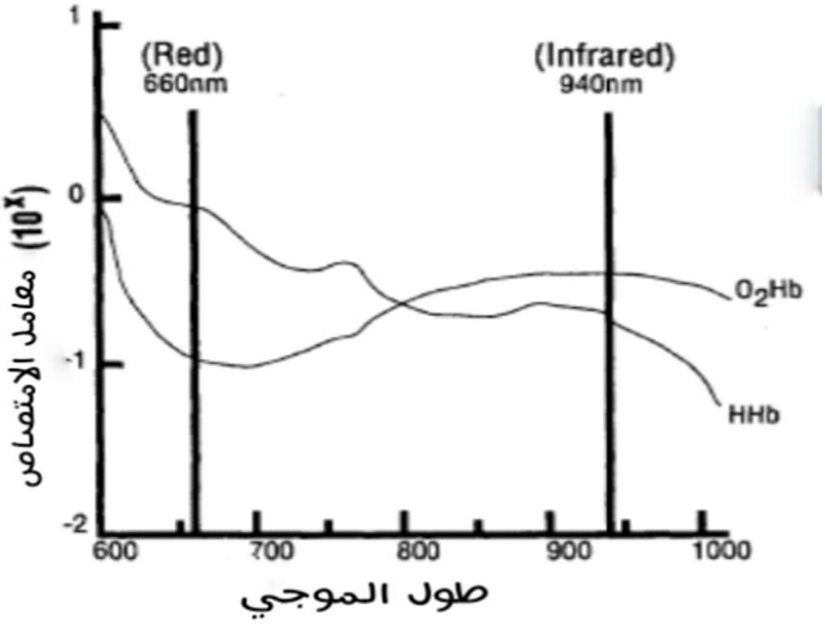


الشكل (5) يبين توضع زوج الثنائيات الباعثة للضوء والكاشف

و من خلال القياسات المعروفة للضوء الأحمر وتحت الأحمر بالإمكان تقدير نسبة الهيموغلوبين المؤكسج HbO2والهيموغلوبين غير المؤكسجHb (عندما يرتبط الهيموغلوبين Hb بأربع جزيئات من الأوكسجين فإنه يعتبر مؤكسد HbO2 وعندما يرتبط بأقل من ذلك فهو غير مؤكسد Hb) ، يختلف امتصاص الضوء من قبل الهيموغلوبين عندما يكون المؤكسد وغير المؤكسد، وهذه الحقيقة هي أساس حساس التأكسج
وبناءاً على منحنيات الامتصاص المبينة في الشكل(6) عند اطوال موجية مختلفة من الضوء (يمتص Hbحوالي عشرة أضعاف الضوء التي يمتصها HbO2) يمكن حساب قيمة SpO2من العلاقة :

$$SpO2 = \frac{Hbo2}{Hb + HbO2}$$

بحيث أن HbO2 يمتص الأشعة تحت الحمراء أكثر من Hb ، بينما Hb يمتص الضوء الأحمر أكثر و يسمح للأشعة تحت الحمراء بالنفاذ. [7]



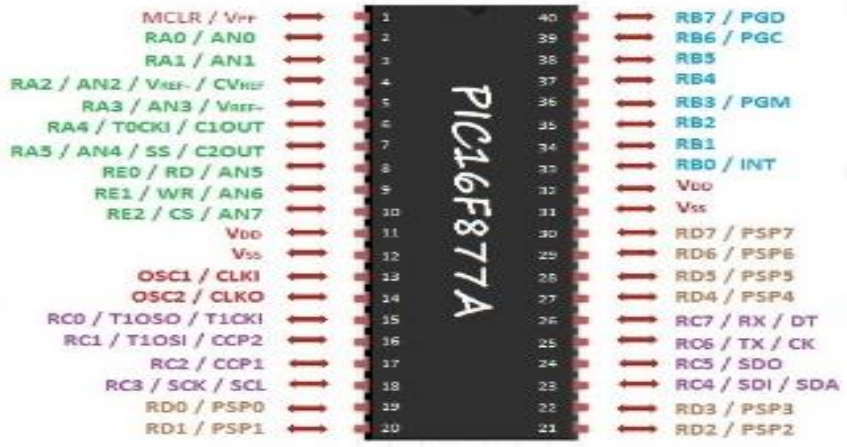
الشكل (6) يبين معامل امتصاص الضوء الناتج عن HbO2 و Hb

2-قسم المعالجة الخاص بالنظام:

المتحكم الميكروي PIC16F877A:

ينتمي هذا النوع من المتحكمات إلى عائلة المجال الوسطي PIC16CXX (mid-range family) ويتضمن هذا النوع عدد من الشرائح بنقاط توصيل يتراوح عددها من 18 نقطة توصيل وحتى 68 نقطة توصيل [8] وذلك تبعاً لعدد الخدمات المحيطية المتوفرة في كل منها وعدد نقاط توصيل الدخل / الخرج بحيث تناسب جميع التطبيقات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة[4] . تتميز كلمة البرنامج في هذه العائلة بأنها ذات عرض 14-bit من أجل كل تعليمة، كما وتتميز شرائح هذه العائلة بوجود مكدس (stack) بعمق ثمانية مستويات بالإضافة إلى إمكانية معالجة المقاطعات، والميزة الهامة لمثل هذه المتحكمات احتوائها على محولات تماثلية – رقمية (ADCs) بأداء عالي، إضافة إلى وجود مقارنات (comparators) ونوافذ التسلسلية وقنوات تعديل نبضي عرضي (PWM) ودارات قيادة الشاشات الكريستالية (LCD) وبروتوكولات للربط مع التجهيزات المحيطية الأخرى

SPI،I2C ، RS232 كما هو مبين في الشكل (7) PIC16F877A



الشكل (7) المتحكم الميكروي PIC16F877A

بروتوكول التواصل بين المتحكمات:

قد نحتاج في كثير 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 تبعاً لمتطلبات التطبيق المطلوب. من أجل إنشاء النظام تم اختيار منظومة اتصال قائمة [9] على برتوكول الاتصال التسلسلي RS232 حيث يقدم البروتوكول المزايا التالية:

1- البروتوكول غير متزامن وهذا يعني عدم استخدام الخط المخصص لنقل إشارات الساعة.

2- إطار الاتصال أو صيغة الاتصال تتألف من Start bit، Data bits، Stop bit والبيانات تتألف من bits (8-9).[9]

3- يوجد خطين: واحد للإرسال وواحد للاستقبال.

4- السرعات الممكنة: ..... 300 bps,1200bps, 2400 bps, 9600 bps.

5- العرض الزمني للبت يساوي مقلوب معدل الاتصال وعرض الإطار يساوي عدد بتات الإطار مضروباً بعرض البت الواحد.

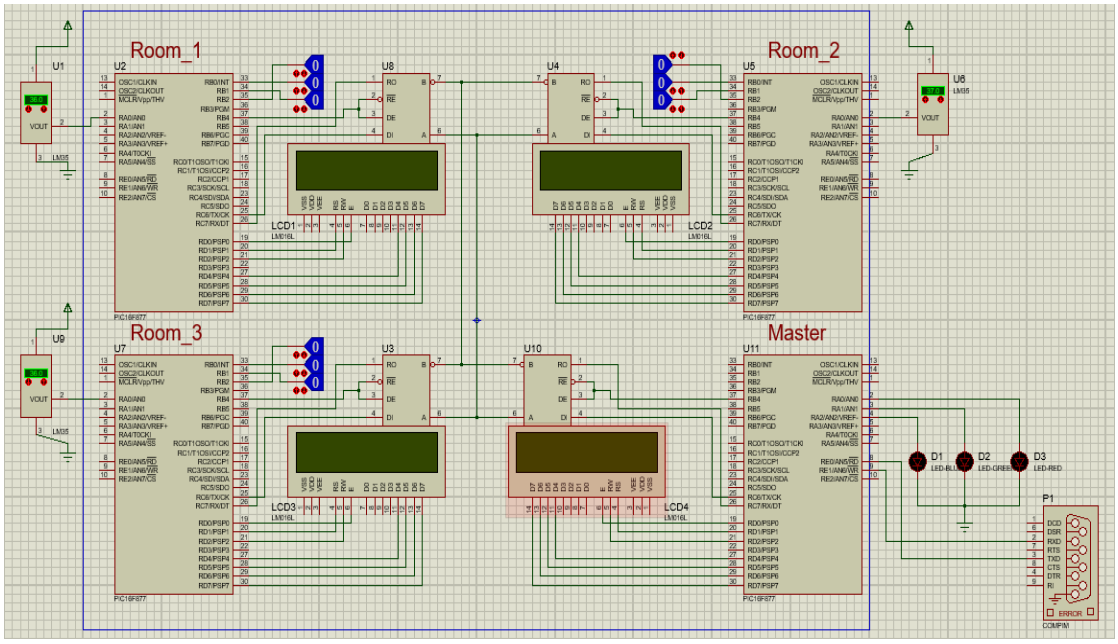
6- يحتوي PICعلى قناة اتصال تسلسلي من نوع USART والتي عن طريقها يقوم بالاتصال التسلسلي مع مختلف الأجهزة بما في ذلك الحاسب.

7- قناة الاتصال التسلسلي USART هي قناة للاستقبال وإرسال البيانات (TX-RX) حيث يمكن إعدادها كقناة اتصال ذو اتجاهين Half-duplex OR Full-duplex.

8- أطراف قناة الاتصال التسلسلي هي RC7 (RX/DT) & RC6 (TX/ CK).

3-آلية عمل الدارة:

يوضح الشكل (8) التصميم العام للنظام حيث يحوي النظام على ثلاث متحكمات توابع slaves ومتحكم مركزي master



الشكل (8) التصميم العام للنظام

خوارزمية عمل المتحكم المركزي Master:

1- يقوم المتحكم المركزي بإرسال المحارف عبر بروتوكول الاتصال RS232.

2- تصل المحارف إلى التوابع ويكون لكل تابع محرف خاص به وهي كالتالي A for 1st, B for 2nd, C for 3rd

3- عندما يصل المحرف للتوابع يقوم التابع بفحص حالة الحساسات ومن ثم يقوم بإرسال الرد بناءاً على حالة الخلل.

4- يعمل المتحكم المركزي وفق الخطوات التالية:

-إرسال محرف لمتحكمات الخوادم وهي على الشكل التالي

- محرف A للتواصل مع المتحكم الموجود في الغرفة الأولى
- محرف B للتواصل مع المتحكم الموجود في الغرفة الثانية
- محرف Cللتواصل مع المتحكم الموجود في الغرفة الثالثة

- انتظار وصول رد من قبل المتحكمات الخوادم

-عند وصول بيانات يتم قراءة البيانات عبر بروتوكول RS232 ومن ثم يتم القيام بالعمليات يعطي حالة الخلل حسب الجدول(2) التالي :

الخلل	Room1	Room2	Room3
حساس الحرارة	T	T	N
حساس القلب	H	H	M
طلب من الغرفة	C	C	Q
حساس التأكسج	O	O	K
كلا الحساسين	E	E	R

الحالة جيدة	G	G	Y

خوارزمية الـ slave

يستقبل كل متحكم محرف من المتحكم المركزي ومن ثم يقوم بقراءة حالة الحساسات ويرسل حالة الغرفة للمتحكم المركزي

4-النتائج ومناقشتها:

سنقوم بتحليل النتائج بأسلوبين الأول اختبار دقة قيم الحساسات بالمقارنة مع دقة الأجهزة الطبية الشائعة الاستخدام أما الأسلوب الثاني فسيكون للتأخير الزمني في الإرسال والاستقبال .

نتائج مقارنة نتائج الحساسات مع الأجهزة الطبية الجدول (3):

الحساس	قراءة حساس النظام	قراءة الجهاز الطبي
حساس الحرارة C	37.5	37.2
حساس ضربات القلب	72	73
حساس التأكسج	97	96

من خلال النتائج السابقة نلاحظ أن خطأ حساسات النظام قد وصلت لنسبة% 1 وهيي قيمة مقبولة وقريبة من قياسات الأجهزة الطبية مما يجعل الحساسات قابلة للاستخدام في الأنظمة الطبية.

نتائج التأخير الزمني الجدول (4):

جزء النظام	التأخير الزمني
من الحساسات لدارة slave	1.6 S
من دارة slave إلى الـ Master	3.7 S

نلاحظ أن قيم التأخير صغيرة جداً مما يجعل النظام قابل للاستخدام في تطبيقات المراقبة بشكل جيد

5-الاستنتاجات والتوصيات:

1-قدم هذا البحث نظام تحكم قادر على استخدام عدد من الحساسات لمتابعة بعض البارامترات الفيزيولوجية لمريض مقيم في مشفى يتطلب مراقبته الصحية وارسال جميع البيانات الخاصة به إلى دارة مركزية موجودة في غرفة الأطباء.

2- نقترح إضافة حساسات أخرى للنظام بحيث يمكن قراءة بارامترات عديدة أخرى

3- يمكن ربط النظام المستخدم بتطبيق(Android) يكون موجود مع الأطباء عن طريق إضافة شرائح انترنت الأشياء IOT مع النظام .

6-References:

[1] W. Yi, O. Sarkar, S. Mathavan and J. Saniie,(2014), **Wearable sensor data fusion for remote health assessment and fall detection**, IEEE International Conference on Electro/Information Technology, pp: 303-307

[2] H. Patil,2018, **Patient Monitoring System**, international journal of advanced research in science and engineering, vol.7, No. 3, pp: 26-33

[3] Data Sheet for LM35, 2016. www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/524103/LM35

[4]D.Bahbry,E.Alshutbi,(2021)**Heart Rate Monitoring System using Pulse Sensor and Arduino,** Biomedical Engineering Department, Imam Abdurrahman Bin Faisal University, Kingdom of Saudi Arabia

[5] Kudma.Petr. (2017), **Pulse Oximeter Controlled By Microprocessor**, faculty of biomedical engineering department of biomedical technology

[6] F.Dai1, H.Wen, J .Zhao, H.Hao1, Q.Zhang(2021), **Design of an Instrument for Measuring Heart Rate and Blood Oxygen Based on Arduino** ,Journal of Robotics, Networking and Artificial Life,vol.7,No.4,PP:275-278

[7] Yitzhak. Mendelson.(2006), **Pulse Oximetry**, Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering,pp:10-13

[8] Data Sheet for pic16f877A, 2019. www.microchip.com/datasheet-pdf/pdf/pic16f877A

[9] T. Sharma,(2018), **RS232 Serial Communication Protocol: Basics, Working Specifications**, Semicon Media, https://circuitdigest.com/