



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES.**

**“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Título del proyecto:

**SISTEMA DE MONITOREO PERSONAL INALÁMBRICO PARA
ATLETAS DE FONDO**

AUTOR:

María Angélica Llamuca Caiza
Geovanny Fabián Tubón Tite

TUTOR:

Ing. Giovanni Cuzco

Riobamba – Ecuador

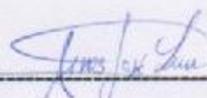
AÑO 2017

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **SISTEMA DE MONITOREO PERSONAL INALÁMBRICO PARA ATLETAS DE FONDO**, presentado por: **María Angélica Llamuca Caiza - Geovanny Fabián Tubón Tite** y dirigida por: **Ingeniero. Giovanni Cuzco**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

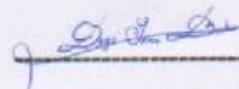
Ing. José Jinez
Presidente del Tribunal


Firma

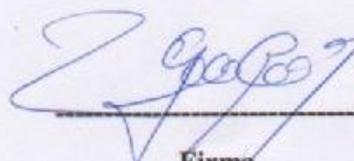
Ing. Juan Carlos Cepeda
Miembro del Tribunal


Firma

Ing. Deysi Inca
Miembro del Tribunal


Firma

Ing. Giovanni Cuzco.
Director de Tesis


Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de investigación nos corresponde, exclusivamente a: **María Angélica Llamuca Caiza, Geovanny Fabián Tubón Tite e Ing. Giovanni Cuzco**; y el patrimonio intelectual de la Universidad Nacional de Chimborazo.



María Angélica Llamuca Caiza
C.I. 0603782947



Geovanny Fabián Tubón Tite
C.I. 1803969045

AGRADECIMIENTO I

Agradezco a Dios por bendecirme y darme la fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar.

A mis padres, hermanos y a mi hija, por estar a mi lado en cada momento de mi vida.

A mis profesores que nos brindaron gratos momentos y conocimientos que encaminaron toda mi carrera universitaria,

Finalmente a mis amigos, en especial al Ing. Fabián Gunsha, por su ayuda incondicional durante el desarrollo del presente proyecto.

Angélica Llamuca

AGRADECIMIENTO II

Agradezco a mis padres Norma y Claudio por todo el esfuerzo que han dedicado al educarme y llegar a cumplir mis metas y ser un hijo de bien.

A mis queridos hermanos gracias por su constante apoyo en toda mi vida estudiantil.

Un agradecimiento especial al Ing. Fabián Gunsha por el apoyo brindado en el desarrollo del proyecto.

Geovanny Tubón

DEDICATORIA I

Dedico este proyecto de titulación a Dios por darme la vida y las fuerzas necesarias para salir adelante, a mis padres y hermanos que me brindaron todo su cariño y comprensión en cada instante de mi vida para seguir cumpliendo mis metas, a mi hija Alina Gabriela Yépez Llamuca por ser mi anhelo de vivir y mi deseo de superación.

Angélica Llamuca

DEDICATORIA II

Este trabajo está dedicado a Dios por brindarme bendiciones, salud y sabiduría que me motivan a cumplir mis metas y sueños

A mis padres Norma y Claudio por haberme apoyado en todos momentos de mi vida, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante mí

A mis hermanos Gisela, Edgar, Omar, Luis y sobre todo a Eliana que siempre me han brindado su gran apoyo para poder terminar mis estudios.

Geovanny Tubón

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO I.....	vi
AGRADECIMIENTO II.....	vii
DEDICATORIA I.....	viii
DEDICATORIA II	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. ATLETA DE MEDIO FONDO Y FONDO	1
1.2. CARRERAS DE MEDIOFONDO	1
1.3. CARRERA DE FONDO.....	2
1.4. RESISTENCIA EN LOS ATLETAS.....	3
1.5. FRECUENCIA CARDÍACA EN ATLETAS DE FONDO.....	3
1.5.3 ZONAS DE ENTRENAMIENTO EN ATLETAS DE FONDO	5
1.6. TEMPERATURA	7
1.7. PRESIÓN ARTERIAL	9
1.7.1 PRESIÓN ARTERIAL EN UN ATLETA DE FONDO	9
1.8. MICROCONTROLADORES.....	10
1.8.1 MICROCONTROLADOR ATMEGA 328P	11
1.9. ARDUINO	13
1.9.1 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....	13
1.10. TRANSCÉPTORES	14
1.10.1 TRANSCÉPTORES DE RADIO FRECUENCIA	14
1.10.2 MÓDULO DE RADIOFRECUENCIA HR-1020	15
2. METODOLOGÍA.....	16
2.1. TIPO DE ESTUDIO	16
2.1.2. ANALÍTICA.....	16
2.1.3 APLICADA	16
2.2. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	16
2.2.1 MÉTODOS	16
2.2.2 TÉCNICAS	17
2.2.3 INSTRUMENTOS.....	17
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	17
2.3.1 POBLACIÓN.....	17

2.3.2	MUESTRA	17
2.3.3	HIPÓTESIS.....	18
2.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.24	18
2.5.	PROCEDIMIENTOS.....	19
2.6.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	20
2.6.1.	IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DEL PROTOTIPO	20
2.6.2.	SELECCIÓN Y ESTUDIO DE LOS EQUIPOS Y SENSORES.....	21
2.6.3.	DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y PCB DEL PROTOTIPO	22
2.6.4	COMUNICACIÓN ENTRE LA TARJETA ARDUINO Y LOS SENSORES	29
2.6.5	ENSAMBLAJE DE LAS ETAPAS DEL DISPOSITIVO.....	43
2.7	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	45
2.7.1	Planteamiento de la hipótesis estadística	45
2.7.2	Técnicas de Procedimiento para el Análisis.....	45
2.7.3	Comprobación de Hipótesis	45
2.7.4	Establecimiento de nivel de significancia	46
2.7.5	Elección de la prueba de la hipótesis	46
2.7.6	Obtención de datos.....	46
2.7.7	Calculo Estadístico utilizando el software SPSS	47
3	RESULTADOS.	50
3.1	Análisis Financiero	54
4.	PROPUESTA.....	55
4.1.	Título de la Propuesta	55
4.2.	Introducción	55
4.3.	Discusión	55
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1.	CONCLUSIONES.	57
5.2.	RECOMENDACIONES:.....	57
6.	OBJETIVOS.....	59
6.1.	Objetivo general.....	59
6.2.	Objetivos específicos	59
6.3.	Fundamentación Científico – Técnica	59
6.4.	Descripción de la Propuesta.....	60
6.5.	DISEÑO ORGANIZACIONAL.....	60
7.	BIBLIOGRAFÍA	61
	CAPÍTULO VIII.....	62
8.	APÉNDICES Y ANEXOS	62
	Anexo 1. Datasheet TRANSCEIVER HR-1020.....	62
	Anexo 2. Hoja de Datos del Sensor de Pulsos.	73
	Anexo 3. Datasheet MLX90614	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carrera de Medio Fondo	2
Figura 2. Carrera de Fondo.....	2
Figura 3. Entrenamiento del atleta de fondo	3
Figura 4. Frecuencia Cardíaca del atleta de fondo	3
Figura 5. Zonas de entrenamiento según la edad y frecuencia Cardíaca.....	5
Figura 6. Temperatura Corporal	7
Figura 7. Presión Arterial	9
Figura 8. Esquema de un microcontrolador	10
Figura 9. Aplicaciones de los microcontroladores	11
Figura 10. Atmega 328P.....	12
Figura 11. Transceptores de Radio Frecuencia	14
Figura 12. Diagrama de Etapas	20
Figura 13. Esquema del microcontrolador ATMEGA 328P	22
Figura 14. Placa Arduino Pro Mini ATmega328P y pines de conexión de los otros dispositivos.....	23
Figura 15. Sensor de Pulso	24
Figura 16. Diagrama eléctrico del Sensor de Pulso.....	25
Figura 17. Termómetro Infrarrojo MLX90614	26
Figura 18. Descripción de los pines del Termómetro Infrarrojo mlx90614.....	27
Figura 19. Módulo PL2303 Conversor USB a TTL.....	28
Figura 20. Ubicación de la librería TIMER ONE en el Entorno Arduino	30
Figura 21. Ubicación de la librería I2C en el Entorno Arduino	31
Figura 22. Conexión entre el Pic Atmega 328P y los Sensores	34
Figura 23. Pantalla de Inicio de Presentación	35
Figura 24. Puerto de Conexión al Puerto Común.....	36
Figura 25. Botón buscar	36
Figura 26. Lista de Atletas Archivados	37
Figura 27. Botón de ingreso nuevo atleta.....	37
Figura 28. Ingreso de los nuevos datos del atleta.....	38

Figura 29. Botón de Historial de los Atletas	38
Figura 30. Pantalla de datos guardados	39
Figura 31. Botón de Inicio de la Aplicación.....	39
Figura 32. Frecuencia Máxima del Atleta	40
Figura 33. Temperatura Corporal	40
Figura 34. Frecuencia Cardíaca	41
Figura 35. Presión Arterial	41
Figura 36. Nivel Temperatura	42
Figura 37. Onda de la Frecuencia Cardíaca.....	42
Figura 38. Botón Guardar.....	43
Figura 39. Botón Salir de la Aplicación	43
Figura 40. Placa Arduino Pro Mini ubicada dentro de la caja plástica	44
Figura 41. Placa Arduino y Transceivers ubicadas en los estuches	44
Figura 42. Reporte de datos del monitoreo del atleta	50
Figura 43. Señal de la Frecuencia Cardíaca	51
Figura 44. Temperatura Corporal	51
Figura 45. Zonas de entrenamiento	52
Figura 46. Comparación del sistema monitoreo- Frecuencia Cardíaca.....	53
Figura 47. Comparación del sistema monitoreo- Temperatura Corporal.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencia Cardíaca en Reposo según la edad y sexo	4
Tabla 2. Rango de Temperatura-Hipertermia.....	8
Tabla 3. Rangos de Presión Arterial.....	10
Tabla 4. Características del ATmega 328P	12
Tabla 5. Operacionalización de Variables.....	18
Tabla 6. Equipos y materiales utilizados.....	21
Tabla 7. Características de la tarjeta Arduino Pro Mini	23
Tabla 8. Pines de conexión del Sensor de Pulso	25
Tabla 9. Características del Sensor de Temperatura	26
Tabla 10. Pines de conexión del Sensor de Temperatura.....	27
Tabla 11. Características del módulo PL2303 Conversor USB a TTL	29
Tabla 12. Datos Estadísticos.....	46
Tabla 13. Tabla Estadísticos de muestras relacionadas-Frecuencia Cardíaca.....	48
Tabla 14. Tabla Prueba de muestras relacionadas-Frecuencia Cardíaca.....	48
Tabla 15. Tabla Estadísticos de muestras relacionadas-RTemperatura Corporal	48
Tabla 16. Tabla Prueba de muestras relacionadas-Temperatura Corporal.....	49
Tabla 17. Análisis Financiero.....	54

RESUMEN

En la actualidad el avance tecnológico ha permitido el diseño y desarrollo de diferentes equipos y dispositivos médicos complejos para el control, diagnóstico y análisis de las señales biológicas en el cuerpo humano, el costo de cada equipo y dispositivo médico depende del grado de complejidad y necesidad de los deportistas.

El sistema se caracteriza por monitorizar los signos vitales como es la frecuencia cardíaca y temperatura corporal en los atletas de fondo, con el uso de componentes electrónicos modernos que estarán en contacto con la piel del deportista, mediante la utilización de los transceptores de radio frecuencia, para la transmisión y recepción inalámbrica de la información recopilada en tiempo real, a la computadora portátil para que el entrenador o personal médico pueda visualizar los signos vitales, con el fin de evitar los colapsos en la salud de los atletas de fondo durante el entrenamiento y competencia en la pista.

El proyecto se enfoca en salvaguardar la salud y vida de los atletas, mediante la medición de los parámetros fisiológicos básicos (frecuencia cardíaca-temperatura corporal) y poder notificar a los médicos o entrenadores de cualquier cambio en las condiciones del deportista.

Palabras Clave: arduino pro mini, atletas de fondo, signos vitales, transceptores de radiofrecuencia, frecuencia cardíaca, temperatura.

Abstract

Nowadays the technological advance has allowed the design and development of different equipment and complex medical devices for the control, diagnosis and analysis of biological signals in the human body, the cost of each equipment and medical dispositive depends on the degree of complexity and need of the athletes.

The system is characterized by monitoring vital signs such as heart rate and body in athletes in the background, with the use of modern electronic components that will be in contact with the skin of the athlete, using radio frequency transceivers, for the wireless transmission and reception of information collected in real time, to the laptop so that the coach or medical staff can visualize the vital signs, in order to avoid collapses in the health of the athletes during the training and competition on the track.

The project focuses on safeguarding the health and life of athletes, by measuring basic physiological parameters (heart rate-body temperature) and being able to notify physicians or coaches of any change in athletes' conditions.

Keywords: Arduino pro mini, background athletes, vital signs, radio frequency transceivers, heart rate, temperature.



Reviewed by: Chávez, Maritza
Language Center Teacher

INTRODUCCIÓN

El análisis de los signos vitales con dispositivos y equipos de área médica en el ser humano se ha convertido en una herramienta muy indispensable para monitorear y controlar los resultados obtenidos por dichos sensores.

Esta tecnología ha facilitado realizar sistemas de monitoreo de los signos vitales en los atletas de fondo que tienen como objetivo fundamental lograr resistencia, buena relación de recuperación aeróbica, buscar ganar distancia, mejoramiento en su resistencia y entrenamiento, mantener una mentalidad especial, durante el entrenamiento y competición en la pista atlética que comprenden distancias de 5000 m y 10000 m.

Este proyecto incluye diferentes capítulos desarrollados simultáneamente:

Capítulo I, presenta el marco teórico para la revisión y análisis de parámetros que deben tomarse en cuenta durante el entrenamiento de los atletas, sensores, microcontroladores, transceiver, aplicaciones para la transmisión inalámbrica.

Capítulo II, menciona las técnicas, métodos e instrumentos a utilizarse durante el desarrollo del proyecto de investigación, planteamiento de la hipótesis y la operacionalización de variables,

Capítulo III, presenta la descripción de los resultados y análisis financiero de los componentes electrónicos y diferentes materiales utilizados.

Capítulo IV, especifica la propuesta y discusión del proyecto de investigación.

Capítulo V, expone las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el desarrollo del proyecto

Capítulo VI, indica la propuesta, introducción los objetivos del proyecto a, Fundamentación Científico –Técnica, descripción de la propuesta y el diseño organizacional, durante el desarrollo del proyecto.

Capítulo VII, expone los folletos, libros, páginas Web que se usaron para realizar la investigación.

Finamente el Capítulo VIII, menciona los anexos y apéndices.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

Durante la realización de este proyecto de investigación se pretende mostrar el desarrollo de un sistema de monitoreo personal inalámbrico con facilidad de uso, que transmita la información necesaria, y lo más importante que sea de bajo costo, con disponibilidad a todos los atletas de fondo.

En la actualidad se asume que existen dispositivos que brindan demasiada información a los deportistas de diferentes disciplinas, el objetivo de este proyecto fue desarrollar un dispositivo que visualice la información necesaria sobre la frecuencia cardíaca, temperatura corporal y presión arterial, con el fin de brindar al usuario un mejor registro de sus signos vitales ya mencionados, para evitar riesgos leves y graves en su salud, además que el dispositivo resulte simple de utilizar e interpretar los datos.

1.1. ATLETA DE MEDIO FONDO Y FONDO

Un atleta (corredor de medio fondo y fondo), tiene como objetivo fundamental lograr resistencia y una buena relación de recuperación aeróbica. Para ello deben tener especial cuidado en la oxigenación muscular, busca ganar distancia, mejoramiento en su resistencia y entrenamiento y mantener una mentalidad especial y voluntad de sí mismo. (MARATÓN, 2011)

1.2. CARRERAS DE MEDIO FONDO

Las carreras de medio fondo denominadas como carreras de media distancia, consiste en pruebas que se practican en la pista atlética, comprenden distancias que van desde los 800 metros hasta los 3000 metros. En este tipo de pruebas los atletas

suelen especializarse en una o en otra, siendo poco frecuente aquellos que compiten en las 2 categorías, requieren la combinación de velocidad y resistencia.

Los medios fondistas no solo gozan de una capacidad de resistencia aeróbica sino también resistencia anaeróbica láctica, se puede decir que poseen una fuerza considerable y tienen altas exigencias técnicas. Figura 1.



Figura 1. Carrera de Medio Fondo
Fuente: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream>

1.3. CARRERA DE FONDO

Las carreras de fondo o también llamadas de larga distancia son un tipo de pruebas de atletismo que comprenden distancias de 5000m y 10000m se practican en la pista atlética Figura 2.



Figura 2. Carrera de Fondo
Fuente: <http://jejula000familia000.webnode.com.co/carrera-de-fondo/>

1.4. RESISTENCIA EN LOS ATLETAS

La resistencia consiste en la capacidad psíquica y fisiológica de la persona que consiste en mantener una actividad física inferior al esfuerzo máximo de forma eficaz durante el mayor tiempo posible, produciendo finalmente un cansancio insuperable debido a la intensidad y la duración de la misma. La resistencia puede mejorarse con el entrenamiento. Figura 3.

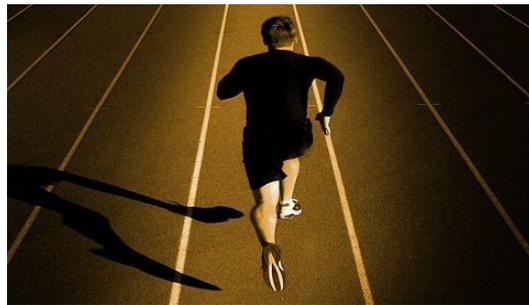


Figura 3. Entrenamiento del atleta de fondo

Fuente: <http://www.tritonmultisport.com>

1.5. FRECUENCIA CARDÍACA EN ATLETAS DE FONDO

La Frecuencia Cardíaca es un parámetro que ayuda a la evaluación y control del trabajo desempeñado por los atletas de fondo mediante el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo. Se expresa en latidos por minuto (lpm) (Pensa, 2012). Figura 4.



Figura 4. Frecuencia Cardíaca del atleta de fondo

Fuente: <https://atletismodefondo.wordpress.com>

1.5.1 FRECUENCIA CARDÍACA EN REPOSO

La frecuencia cardíaca en reposo es el número de pulsaciones mínimas en el momento de menos actividad física, es decir, cuando el atleta está en reposo o descanso. A continuación, se muestra la frecuencia cardíaca en reposo según la edad y sexo. Tabla 1.

Tabla 1. Frecuencia Cardíaca en Reposo según la edad y sexo

Hombres				
Edad	Mal	Normal	Bien	Excelente
20-29	86+	70-84	62-68	60 o menos
30-39	86+	72-84	64-70	62 o menos
40-49	90+	74-88	66-72	64 o menos
50+	90+	76-88	68-74	66 o menos
Mujeres				
Edad	Mal	Normal	Bien	Excelente
20-29	96+	78-94	72-76	70 o menos
30-39	98+	80-96	72-78	70 o menos
40-49	100+	80-98	74-78	72 o menos
50+	104+	84-102	76-82	74 o menos

Fuente: <http://www.i-natacion.com/articulos/fisiologia/fc1.html>

1.5.2 FRECUENCIA CARDÍACA MÁXIMA

La frecuencia cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) indica de manera clara el esfuerzo físico en función del objetivo planteado sin poner en riesgo la salud, varía con la edad, tipo de ejercicio, depende del sexo de la persona, se puede calcular con la siguiente fórmula:

Frecuencia Cardíaca Máxima en Hombres: $220 - \text{edad (años)}$

Frecuencia Cardíaca Máxima en Mujeres: $226 - \text{edad (años)}$

La frecuencia cardíaca máxima es el límite de trabajo del corazón, se puede medir en latidos por minuto, por lo tanto lo correcto sería los 60 segundos dependiendo el caso, incluso se puede hacer en 30 segundos y multiplicar la cifra por el valor de dos.

En los entrenamientos deportivos se utiliza los 15 segundos multiplicados por cuatro, o se utiliza el tiempo de 10 segundos pero se multiplica por el valor de seis.

Para los deportistas de alto nivel como son los atletas de fondo, el valor de la frecuencia cardíaca sería muy bajo si es tomada en un minuto, razón por la cual utilizan los seis segundos y el valor obtenido es multiplicado por diez.

1.5.3 ZONAS DE ENTRENAMIENTO EN ATLETAS DE FONDO

Según la actividad física que realizan los atletas, se obtendrá un porcentaje que haya aumentado con respecto a la $FC_{m\acute{a}x}$, y así se identificará la zona de entrenamiento determinada en la que se trabaja. Figura 5.



Figura 5. Zonas de entrenamiento según la edad y frecuencia Cardíaca

Fuente: <http://www.oocities.org/ar/sistemacirculatorio00/frecuenciacardíaca.htm>

A continuación, se mencionan las siguientes zonas de frecuencia cardíaca:

Zona de Frecuencia Cardíaca de Seguridad:

El atleta estará trabajando entre el 50% y 60 % de su $FC_{m\acute{a}x}$, se la denomina de recuperación o regeneración moderada, hace referencia a los entrenamientos del sistema cardiovascular. El tipo de entrenamiento que se efectúa en esta zona es moderado, la frecuencia cardíaca no se eleva demasiado. Los atletas bien entrenados utilizan esta zona para hacer un trabajo regenerativo después de un entrenamiento extenuante.

Zona de control de peso:

El atleta estará trabajando entre el 60% y 70 % de su $FC_{m\acute{a}x}$, adecuada para perder peso, en los primeros 20 minutos se queman los hidratos de carbono y a partir de ese tiempo se empieza a quemar grasas.

Además es la zona adecuada de entrenamiento para personas que están empezando en el reforzamiento del sistema cardiovascular o tienen una condición física aceptable.

Zona de Aeróbica:

Comprende el 70% y 80 % de la $FC_{m\acute{a}x}$, es la zona de entrenamiento adecuada para mejorar la capacidad pulmonar y la frecuencia cardíaca,

El tiempo de duración del entrenamiento por lo menos es de 20 minutos de manera constante 3 o 4 veces a la semana, además ayuda al incremento de la capacidad aeróbica y la resistencia.

Zona de Umbral Anaeróbico:

Recomendada para deportistas de alto nivel, cuando se efectúa el entrenamiento dentro de este rango 80 % y 90 % de la $FC_{m\acute{a}x}$, es indispensable metabolizar el ácido láctico que se genera por la alta intensidad de trabajo. El entrenamiento es muy intenso puede ser muy forzoso y existirá en varios momentos ausencia de oxígeno.

Zona de Peligro:

Adecuada para atletas bien entrenados y bajo control constante de profesionales de la medicina y el deporte, es una zona muy peligrosa comprendida entre el 90% y 100% de la $FC_{m\acute{a}x}$, los tiempos de recuperación son muy prolongados y el entrenamiento tiene una intensidad muy alta por encima del umbral anaeróbico, es

decir con ausencia de oxígeno, debido a que los músculos están utilizando más oxígeno del que puede proporcionar el cuerpo humano, esta zona es recomendable solo para deportistas de alto nivel.

1.6. TEMPERATURA

La temperatura se considera como una dimensión física y un requisito previo básico para todas las formas de vida. Por lo tanto, la temperatura corporal adquiere una importancia fundamental para la vida y la salud de un atleta. (DRÄGER, 2016)

La elevación de temperatura con respecto a la práctica deportiva, se debe a la radiación solar donde el cuerpo necesita regular este signo vital. Además, la piel y la termorregulación son elementos esenciales considerados en la salud y rendimiento del atleta de fondo. Figura 6.

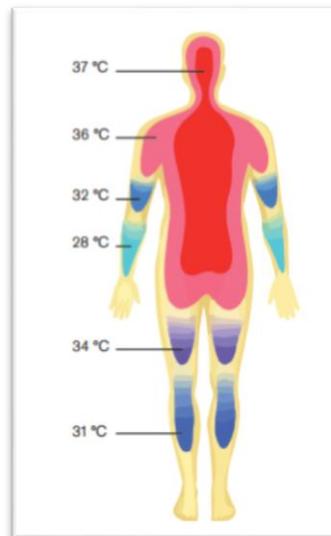


Figura 6. Temperatura Corporal

Fuente: <https://www.draeger.com/Library/Content/t-core-bk-9101301-es-1604-1.pdf>

1.6.1. PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL

Los puntos de medición son lugares que están próximas a vasos sanguíneos, los más conocidos son el recto-rectal, la boca-oral, la axila axilar, y el oído interno.

Las mediciones serán de forma axilar debido a que los puntos de medición rectal, oral, y el oído interno, son de carácter invasivo, no es posible realizar mediciones a los atletas de fondo.

1.6.2. RANGO DE TEMPERATURA EN EL ATLETA DE FONDO

El cuerpo del deportista bien aclimatado y acondicionado intenta mantener una temperatura corporal entre 37° C a 40 ° C.

Con un ejercicio prolongado e intenso, el calor interno puede llegar a sobrepasar los 41°C y, a partir de los 42°C, el corredor puede sufrir un serio peligro, o muerte.

En cuanto empieza a subir la temperatura el cuerpo se defiende desencadenando la termorregulación, que viene siendo un mecanismo de defensa para perder calor y regular así la temperatura.

1.6.3. HIPERTERMIA

La temperatura corporal central aumenta por encima de los límites normales es decir cuando se superan los límites de los mecanismos termorreguladores del organismo. Según la definición, se considera que las temperaturas superiores a 37°C son más altas de lo normal. Tabla 2. (DRÄGER, 2016)

Tabla 2. Rango de Temperatura-Hipertermia

RANGOS DE TEMPERATURA	SINTOMAS
36–37,8 °C	Normotermia
Entre 37,8°C hasta 40°C	Fiebre, hipertermia
40°C-42,6°C	Fallo termorregulador, golpe de calor
> 42,6 °C	Desnaturalización de proteínas

Fuente: <https://www.draeger.com>

1.7 PRESIÓN ARTERIAL

La presión arterial es la medición de la presión de la sangre contra las paredes de las arterias. La unidad de medida es mm Hg, significa milímetros de mercurio. La lectura de la presión arterial tiene dos números, por ejemplo 120/80. El número superior es la presión sistólica, o la presión cuando el corazón late y bombea la sangre por las arterias. El segundo número es la presión diastólica, o la presión a medida que el corazón se relaja entre latidos.

1.7.1 PRESIÓN ARTERIAL EN UN ATLETA DE FONDO

La presión arterial normal para un atleta es alrededor de 110/75, en comparación con alrededor de 120/80 mmHg de una persona sedentaria. Cualquier medición por encima de 140/90 se considera presión arterial hipertensión

Un corredor de maratón o que esté en forma tiene la presión arterial tan baja como 105/65 mmHg. La presión arterial demasiado baja podría causar mareos o incluso náuseas. Figura 7.

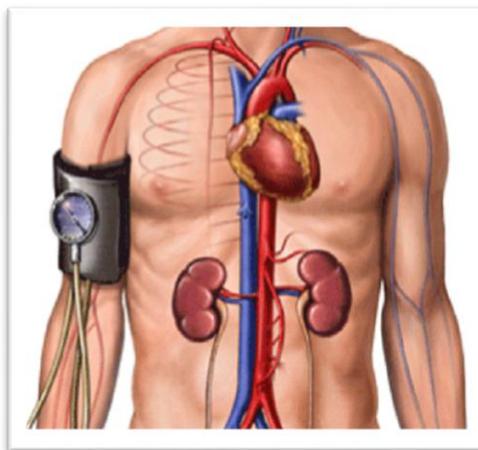


Figura 7. Presión Arterial

Fuente: <http://www.arqhys.com/contenidos/componentes-electronicos.html>

A continuación se muestra los rangos de presión arterial según la edad. Tabla 3.

Tabla 3. Rangos de Presión Arterial

EDAD	PRESIÓN SISTÓLICA		PRESIÓN DIASTÓLICA	
	HOMBRE	MUJER	HOMBRE	MUJER
16-18 años	105-135	100-130	60-86	60-85
19-24	105-139	100-130	62-88	60-85
25-29	108-139	102-135	65-89	60-86
30-39	110-145	105-139	68-92	65-89
40-49	110-150	105-150	70-96	65-96
50-59	115-155	110-155	70-98	70-98
60 o más	115-160	115-160	70-100	70-100

Fuente: <https://www.draeger.com>

1.8 MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado digital que incluye en su interior una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos. Estas partes se encuentran interconectadas dentro del microcontrolador, y forman lo que se le conoce como microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado. Figura 8.

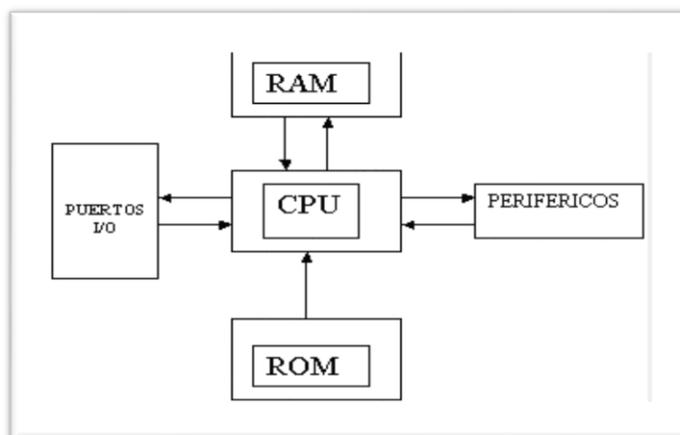


Figura 8. Esquema de un microcontrolador

Fuente: <http://www.electronicaestudio.com/microcontrolador.htm>

Son diseñados para leer y ejecutar los programas que el usuario le escribe, el carácter programable de los microcontroladores simplifica el diseño de circuitos y sistemas electrónicos, costos económicos y el consumo de energía de un sistema en particular.

Permiten modularidad y flexibilidad, ya que un mismo circuito se puede utilizar para que realice diferentes funciones con solo cambiar el programa del microcontrolador, además eso el tamaño de las unidades funcionales dependen del tamaño de la aplicación.

Las aplicaciones de los microcontroladores, se puede decir que sólo están limitadas por la imaginación del usuario, son utilizados en campos como la robótica, automatismo, industria del entretenimiento, telecomunicaciones, instrumentación, hogar, industria automotriz, etc. Figura 9.



Figura 9. Aplicaciones de los microcontroladores

Fuente: <http://es.slideshare.net/carlosfernandoescalantearciniegas/aplicacion-micros>

1.8.1 MICROCONTROLADOR ATMEGA 328P

El ATmega328 es un chip microprocesador de alto rendimiento que está basado en un microcontrolador RISC, está integrado por 28 pines, en encapsulado DIP (Dual

in-Line Package), es el más común y utilizado por Arduino, creado por Atmel y que forma parte de la serie mega AVR. Figura 10.



Figura 10. Atmega 328P

Fuente: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328P>

CARACTERÍSTICAS

- Conformado por un conjunto reducido de instrucciones (RISC),
- Bus de datos de 8 bits
- Basado en la arquitectura del Microcontrolador simple AVR, de baja potencia y bajo costo.

En la Tabla 4, se muestran las características de este microcontrolador.

Tabla 4. Características del ATmega 328P

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Frecuencia máxima de operación	20MHz
Tamaño de núcleo	8-bits
Capacidad de memoria de programa	32KB (16K x 16)
Tipo de memoria de programa	Memoria FLASH
Capacidad de RAM	2K x 8
Capacidad de EEPROM	1K x 8
Número de pines	28 Puertos E/S 23
Conectividad	I 2C, SPI, UART/USART
Alimentación de voltaje	1.8 V – 5.5 V

Rangos de temperatura	-40°C a 86°C
Características especiales	-Calibración del oscilador interna -Interrupción interna y externa. -Detección programable de falla.
Consumo de energía a 1 MHz, 1.8V, 25°C	-Modo Activo: 0.2mA -Modo Power-down: 0.1µA -Modo Power-save: 0.75µA

FUENTE: <http://www.atmel.com/>

1.9 ARDUINO

Arduino es una plataforma de hardware de código abierto (open-source), basada en una sencilla placa de circuito impreso que contiene microcontroladores de la marca “ATMEL” , cuenta con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación processing. El dispositivo conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el analógico con el digital controlando, sensores, alarmas, sistemas de luces, motores, sistemas de comunicaciones y actuadores físicos. (ARDUINO)

1.9.1 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

La plataforma Arduino se programa mediante el uso de un lenguaje propio basado en el lenguaje de programación de alto nivel Processing. Sin embargo, es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino, debido a que usa la transmisión serial de datos soportada por la mayoría de los lenguajes.

Para los que no soportan el formato serie de forma nativa, es posible utilizar software intermediario que traduzca los mensajes enviados por ambas partes para permitir una comunicación fluida. Los principales lenguajes de programación compatibles con Arduino son:

- C
- C++ (mediante libSerial o en Windows)
- Java
- Matlab
- Python
- Visual Basic .NET

1.10 TRANSCEPTORES

El Transceptor es un dispositivo que realiza dentro de una misma carga funciones de transmisión y recepción, utilizando componentes de circuito comunes para ambas funciones dado que determinados elementos se utilizan tanto para la recepción, la comunicación que provee puede ser semi duplex. Se usan en la telefonía, computadoras en radiofrecuencia y en las Lan y Ethernet.

1.10.1 TRANSCEPTORES DE RADIO FRECUENCIA

Transceptores de la frecuencia de radio son diseñados para transmitir y recibir señales de radiofrecuencia. También puede demodular las señales que han de desempeñar o visto en un dispositivo de salida. Están disponibles en celulares y los modelos de dos vías. Figura 11.

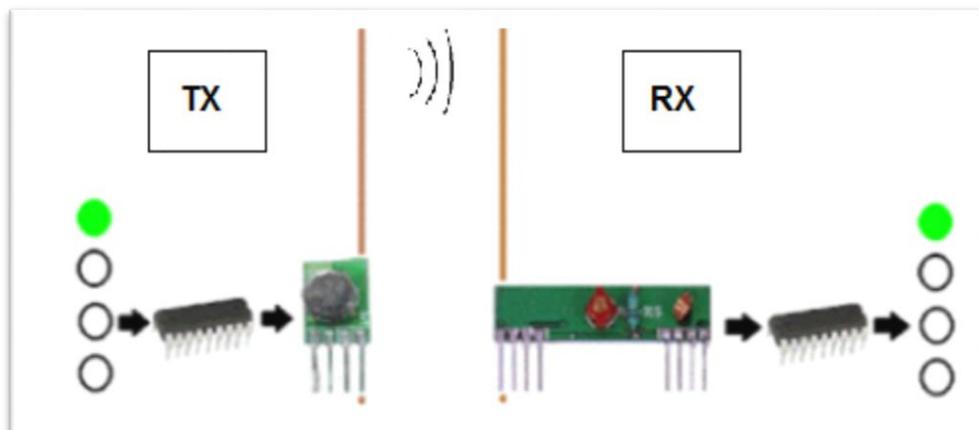


Figura 11. Transceptores de Radio Frecuencia
Fuente: <http://apacoe.weebly.com/conocimiento/que-es-un-transceptor>

1.10.2 MÓDULO DE RADIOFRECUENCIA HR-1020

El módulo de radiofrecuencia de baja potencia HR-1020, se utiliza como el transceptor de datos inalámbricos en cortos intervalos, con tamaño pequeño, peso, consumo de energía y una buena estabilidad y fiabilidad. Los transmisores y receptores de datos inalámbricos de banda estrecha de baja potencia tienen separaciones de canal tan bajas como 50 kHz. Es utilizado en diferentes aplicaciones que se indican a continuación:

- Lectura de metro automática AMR
- Los sistemas de alarma y seguridad inalámbricos
- Automatización del hogar
- Telemetría de la energía baja
- Sistemas de banda ISM / SRD 433/868 y 915 MHz
- Radio de datos se puede utilizar para el sistema de votación hilos de la conferencia.
- Cartografía
- El módem de radio se puede utilizar para el entrenamiento deportivo y competición.
- Módem de RF puede ser utilizado para la estación de autobuses y la electrónica inteligente del tráfico.
- Transmisor RF pantalla electrónica inalámbrica y máquina de espera.
- Telemetría de carga inalámbrica para el estacionamiento.
- Módem inalámbrico de inspección de automóviles y orientación a las cuatro ruedas.
- Sensor inalámbrico Industrial mando a distancia inalámbrico y aire acondicionado mando a distancia.
- Observación y predicación de pozos petrolíferos y de información hidrológica
- Punto a la red inalámbrica de múltiples puntos, sin hilos en el terreno de autobuses y el sistema de recogida automática de datos

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 TIPO DE ESTUDIO

2.1.1 DE CAMPO

Mediante esta investigación se realizará la comprobación del funcionamiento del sistema de monitoreo en los atletas de fondo, se requiere los equipos necesarios como sensores de temperatura corporal y pulso cardiaco incluyendo la computadora portátil para el monitoreo inalámbrico mediante la utilización de transceiver.

2.1.2. ANALÍTICA

Se analizará todas las etapas que conforman la implementación del proyecto de investigación y se realizará la verificación del buen funcionamiento de las mismas.

2.1.3 APLICADA

Recurre a la utilización de los conocimientos adquiridos durante la investigación, para aplicarlos en el desarrollo del proyecto.

2.2 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

2.2.1 MÉTODOS

2.2.1.1 ANALÍTICO/DEDUCTIVO

En el desarrollo del proyecto de investigación, se utilizó el método analítico-deductivo, empezando con un análisis específico del funcionamiento de los

diferentes componentes electrónicos necesarios para el desarrollo y el buen funcionamiento del prototipo.

2.2.2 TÉCNICAS

2.2.2.1 OBSERVACIÓN

La técnica utilizada es la recolección de información que emiten los sensores, sirve de apoyo al desarrollo del proyecto, para el diseño e implementación del sistema de monitoreo personal inalámbrico para atletas de fondo.

2.2.3 INSTRUMENTOS

Los instrumentos necesarios son libros, artículos científicos, folletos, páginas web, blogs, cursos, datasheet de elementos electrónicos, que son necesarios para el diseño e implementación del proyecto de investigación.

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1 POBLACIÓN

La población está representada por los reportes que se generan con datos medidos de las variables de temperatura corporal y pulso cardiaco en el atleta de fondo en relación con el sistema de monitoreo y métodos de medición comerciales.

2.3.2 MUESTRA

Para determinar el tamaño de la muestra se toma todas las señales que van a ser medidas por los sensores en el atleta de fondo de la Universidad Nacional de Chimborazo.

2.3.3 HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL:

El “Sistema de monitoreo personal inalámbrico para Atletas de Fondo” utilizando los sensores de temperatura y pulso cardiaco, permitiría la obtención y registro de información de los signos vitales para el monitoreo del estado fisiológico del atleta de fondo.

2.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.24

Tabla 5. Operacionalización de Variables

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADOR	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE Sistema de Monitoreo Personal	Permite el monitoreo de los signos vitales en el atleta de fondo.	Registro de Información obtenidos de los sensores de pulso y temperatura corporal. Sistema Inalámbrico.	Hardware Software Lenguajes de programación
DEPENDIENTE Atletas de fondo	Los atletas fondistas tienen mayor resistencia aeróbica, elevado consumo de oxígeno.	Frecuencia Cardíaca Temperatura Corporal	Sensor de temperatura Sensor de Pulso Cardíaco Transceiver de transmisión y recepción de información Tensiómetro digital de muñeca.

Fuente: Los Autores

2.5. PROCEDIMIENTOS

El desarrollo de este proyecto de investigación, requirió del análisis y realización de varias etapas, para cumplir con el objetivo planteado. Cada etapa ejecuta una función específica, haciendo del prototipo implementado un sistema funcional de mayor facilidad de uso.

El montaje de este prototipo se lo dividió en tres etapas:

La primera etapa se encarga del proceso de adquisición de información de los signos vitales, mediante la utilización del sensor de temperatura MLX90614 y el sensor de pulso de Arduino, colocados en la piel del atleta; los mismos que ayudaran al desarrollo del diseño del dispositivo.

Después de conocer las características de los sensores, se optó por utilizar la plataforma Arduino para la integración de todos los elementos del prototipo, por ser un programa de fácil acceso, con software y hardware flexible con facilidad de manejo para el usuario

En el software de Arduino, es indispensable la integración de las librerías para manejar de manera sencilla el lenguaje de programación con los respectivos comandos de acuerdo a la necesidad del proyecto de investigación.

La segunda etapa permite la comunicación entre los dispositivos utilizados para la adquisición, envío, y recepción de los signos vitales. La tecnología aplicada en la investigación corresponde a los Transceptores Radiofrecuencia SV651, que establecen comunican con la plataforma arduino a la computadora portátil mediante el módulo PL2303 Conversor USB a TTL conectado al puerto de la computadora.

En la tercera etapa, la interacción del usuario con la computadora portátil se efectúa mediante el lenguaje de programación Visual Basic, el mismo que visualiza,

almacena y administra un registro de datos de los sensores e información personal del atleta de fondo.

Un indicador muy importante es la visualización de una alarma cuando se sobrepasen el rango de valores de la temperatura y frecuencia cardíaca, de acuerdo a las tablas de análisis médico, que podrían poner en riesgo la vida del atleta de fondo.

En la Figura 12, cada etapa es necesaria para la efectividad del proyecto con la adquisición de información de los parámetros fisiológicos (frecuencia cardíaca-temperatura corporal), la misma que es transmitida y receptada de forma inalámbrica, para ser visualizada en la computadora portátil.

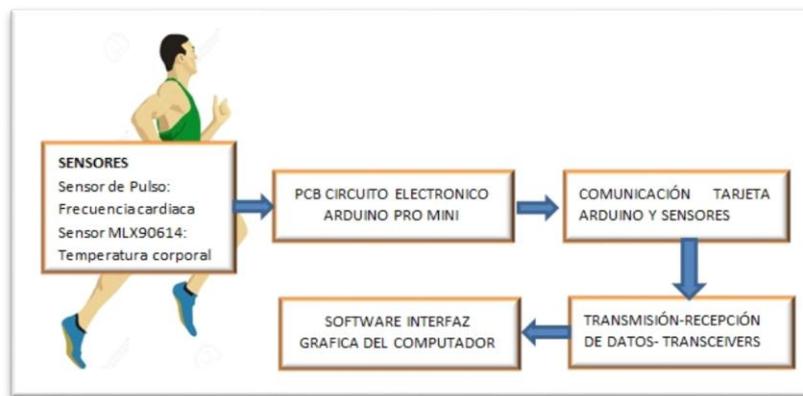


Figura 12. Diagrama de Etapas
Fuente: Los Autores

2.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

2.6.1. IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DEL PROTOTIPO

Para diseñar el prototipo a implementarse, algunas observaciones fueron tomadas en cuenta como es la utilización de los electrodos del electrocardiograma en la piel de los atletas para la lectura de los signos vitales, la principal desventaja al usar estos implementos durante la actividad física, es su deterioro con facilidad, debido

a la transpiración del cuerpo del atleta. Por este motivo el diseño a implementar, se enfoca en atender este inconveniente, ya que resulta beneficioso para el atleta de fondo disponer de mejor manera el uso de este dispositivo en todo momento durante el entrenamiento o competencia dentro de la pista.

El mejor diseño para la ubicación del dispositivo y sus sensores sobre la piel del atleta, con respecto al sensor de pulso, adaptado a un broche universal para oximetría, está ubicado sobre el dedo de la mano, el sensor de temperatura adaptado con un revestimiento de silicón para protección ante el sudor está colocado en la axila del atleta, y el resto de elementos armados en conjunto, están ubicados en el antebrazo. El transceiver de transmisión ubicado en el abdomen del atleta y el transceiver de recepción conectado a la computadora portátil.

2.6.2. SELECCIÓN Y ESTUDIO DE LOS EQUIPOS Y SENSORES

Los sensores y dispositivos a utilizarse en la implementación del prototipo para el monitoreo inalámbrico de atletas de fondo se detallan en la Tabla 6:

Tabla 6. Equipos y materiales utilizados

CANTIDAD	DISPOSITIVO/SENSOR
1	Tarjeta Arduino Pro Mini ATmega328p
1	Sensor de pulso
1	Sensor de Temperatura MLX90614.
1	Transceiver de Transmisión SV 651
1	Transceiver de Recepción SV 651
1	Módulo USB a Serial TTL PL2303
1	Regulador de Voltaje 7805
1	Batería de 9V

Fuente: Los Autores

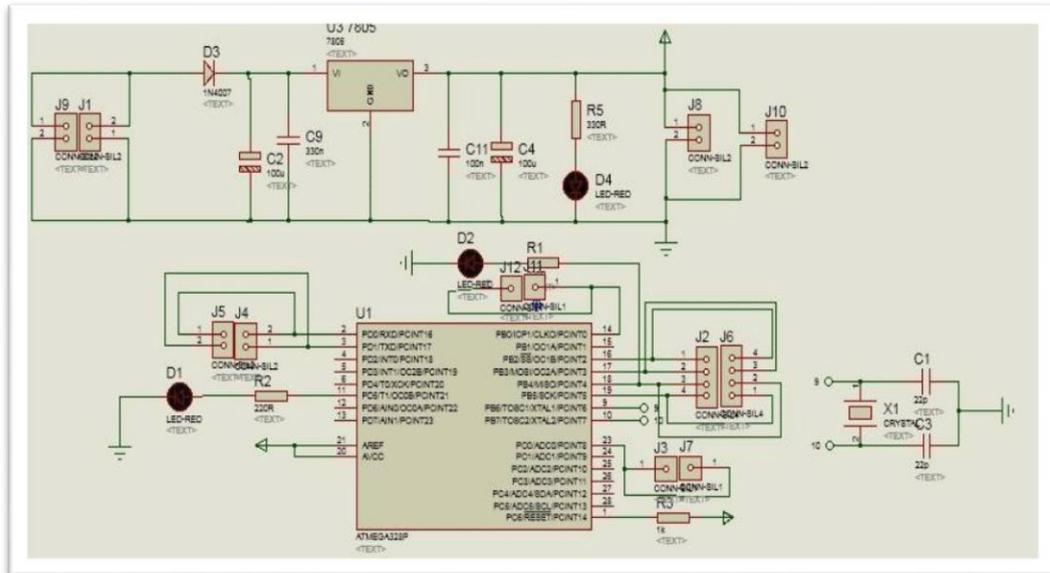


Figura 14. Placa Arduino Pro Mini ATmega328P y pines de conexión de los otros dispositivos
Fuente: Los Autores

La siguiente tabla, contiene las características de la placa arduino pro mini. Tabla 7.

Tabla 7. Características de la tarjeta Arduino Pro Mini

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Microcontrolador	ATmega 328 P-Arquitectura de 8 bits de la familia AVR
Voltaje de operación	1.8 V a 5.5 V
Canales PWM	6
Oscilador externo	20 Mhz
Pins de I/O Digital	23 Pines
Timers	2
Rango de Operación de temperatura	-40°C a +85°C
Memoria de programa Flash	32 Kb
Memorias RAM	2 kB (ATmega328 P)
Memoria EEPROM	1 kB (A ATmega328 P)
Velocidad del reloj	16 MHz

Fuente: Los Autores

La tarjeta Arduino controla el sistema de monitoreo para atletas de fondo, es la encargada de procesar los datos que emiten los sensores.

2.6.3.2 SENSOR DE PULSO

El sensor de frecuencia cardíaca plug- and-play para Arduino provee la medición de los latidos por minuto del corazón, al momento de estar colocado en el dedo de la mano del atleta, tiene un diámetro =16 mm y alto =3mm. Figura 15.



Figura 15. Sensor de Pulso

Fuente: <http://pulsesensor.com/pages/code-and-guide>

La conexión del sensor de pulso al microcontrolador Atmega 328 P, en la tarjeta Arduino Pro Mini, solo requirió el pin 19 que actuó como Entrada/Salida, haciendo fácil su instalación en el circuito.

Funciona con un sensor de ritmo cardíaco óptico, una etapa de amplificación y un filtro para el ruido, lo cual hace que su señal de salida sea confiable. No requiere un circuito para calibración externa.

A continuación, se detalla las características del sensor:

- Consumo de corriente de 4mA.
- Voltaje de operación de 3.3 a 5Vcc.
- Circuito amplificador de señal integrado
- Circuito de cancelación de ruido integrado

Para la conexión del sensor al microcontrolador, se debe tomar en cuenta sus pines de conexión. Figura 16.

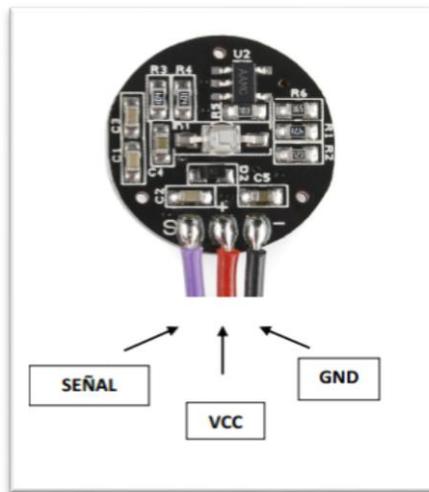


Figura 16. Diagrama eléctrico del Sensor de Pulso
Fuente: <http://pulsesensor.com/pages/code-and-guide>

Los pines de la Figura 16 corresponden a la siguiente configuración: Tabla 8.

Tabla 8. Pines de conexión del Sensor de Pulso

CABLE	SEÑAL
ROJO	+ 3V a 5V +
NEGRO	GND
MORADO	Señal (pin analógico 0 [cero] en el código suministrado)

Fuente: Los Autores

2.6.3.3 SENSOR DE TEMPERATURA MLX90614

El termómetro infrarrojo diseñado para realizar tomas de temperatura sin necesidad de tener contacto con el objetivo a censar. Tiene una resolución de 0.14°C y además tiene dos formas de entregar la temperatura, la primera es por I2C y la segunda por medio de un PWM. Figura 17.



Figura 17. Termómetro Infrarrojo MLX90614
Fuente: <http://www.digikey.com/>

A continuación, se detalla las características del sensor de temperatura: Tabla 9.

Tabla 9. Características del Sensor de Temperatura

CARACTERÍSTICAS	MLX90614
Salida	Digital/PWM
Precisión calibrada	0,5°C
Rango medición	-40°C hasta 125°C
Alimentación	3V y 5V
Corriente	25 ma

Fuente: <http://www.digikey.com/>

Para la conexión del sensor al microcontrolador, se debe tomar en cuenta sus pines de conexión. Figura 18.

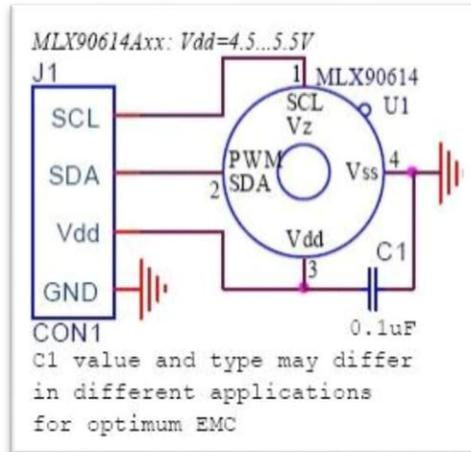


Figura 18. Descripción de los pines del Termómetro Infrarrojo mlx90614
Fuente: https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90614_rev001.pdf

Los pines de la figura corresponden a la siguiente configuración. Tabla 10.

Tabla 10. Pines de conexión del Sensor de Temperatura

PIN	FUNCION
VSS	Tierra, El metal puede estar conectado a este pin
SCL/VZ	La entrada serial del reloj para el protocolo de comunicaciones de 2 hilos. 5,7 V del Zener está disponible en este pin para la conexión del transistor bipolar externo a un MLX90614 para suministrar al dispositivo desde una fuente externa de 8-16V
PWM/SDA	La entrada/salida digital, en modo normal la temperatura del objeto medido está disponible en el pin de Modulación por Ancho de Pulso
VDD	Tensión de alimentación externa

Fuente: Los Autores

La conexión del sensor de temperatura al microcontrolador Atmega 328 P, en la tarjeta Arduino Pro Mini, está en el pin 27 y 28 que actúa como Entrada/Salida.

En el prototipo el sensor de temperatura, está ubicado en la axila del atleta, para que exista una mayor detección de la temperatura corporal.

2.6.3.4 MÓDULO PL2303 CONVERSOR USB A TTL

Este módulo convierte un puerto USB en un puerto serial, con niveles de voltaje TTL compatibles con la mayoría de las Tarjeta Arduino. Conecta los dispositivos Seriales TTL RS232 a la PC mediante puerto USB. Está compuesta por leds indicadores de transmisión de datos, salidas reguladas de voltaje de 5V y 3.3V, además usa el chip PL2303HX de Prolific. Figura 19.

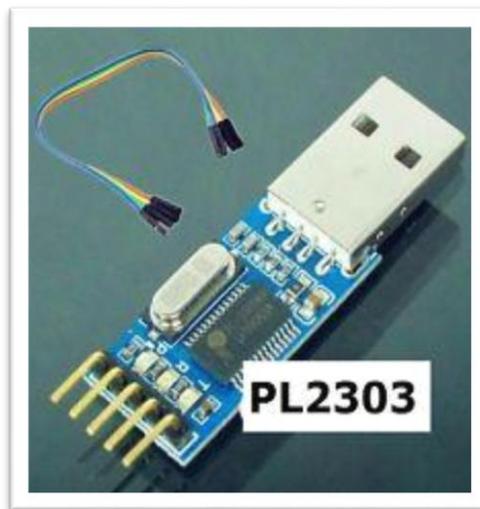


Figura 19. Módulo PL2303 Conversor USB a TTL
Fuente: Los Autores

El módulo PL2303 es compatible con los siguientes sistemas operativos:

- Windows 8
- Windows XP
- Linux
- Windows Vista
- Windows 7.

Este dispositivo tiene las siguientes características: Tabla 11.

Tabla 11. Características del módulo PL2303 Conversor USB a TTL

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Chip controlador	PL2303HX
Voltaje de salida	5V y 3.3V
Pines TX y RX	Niveles de voltaje TTL (0V-5V)
Leds indicadores	Transmisión de datos
Fusible reseteable automático	500 Ma

Fuente: Los Autores

2.6.4 COMUNICACIÓN ENTRE LA TARJETA ARDUINO Y LOS SENSORES

2.6.4.1 REQUISITOS DE SOFTWARE PARA LAS PRUEBAS

La instalación del entorno y librerías de la plataforma Arduino en la computadora portátil, son indispensables para la comunicación entre la tarjeta y los sensores, para la realización de pruebas de comunicación y desarrollo del programa a ejecutarse.

Las librerías a utilizarse según la necesidad del usuario, deben ser activadas correctamente en el directorio del entorno de Arduino, para que el programa pueda ser compilado correctamente y no presente ningún aviso de error de librerías no declaradas.

Los programas y archivos necesarios son:

- Entorno Arduino 1.6.6

- Librería I2C para la comunicación serial.
- Librería Timer One es utilizada para la conexión del sensor de pulso, ejecuta la función programada, sin necesidad de estar continuamente comprobando el tiempo transcurrido.

2.6.4.2 CONEXIÓN DEL ARDUINO CON EL SENSOR DE TEMPERATURA MLX90614

Instalación de la librería TIMER ONE correspondiente al sensor de temperatura en el directorio raíz del entorno Arduino. Figura 20.

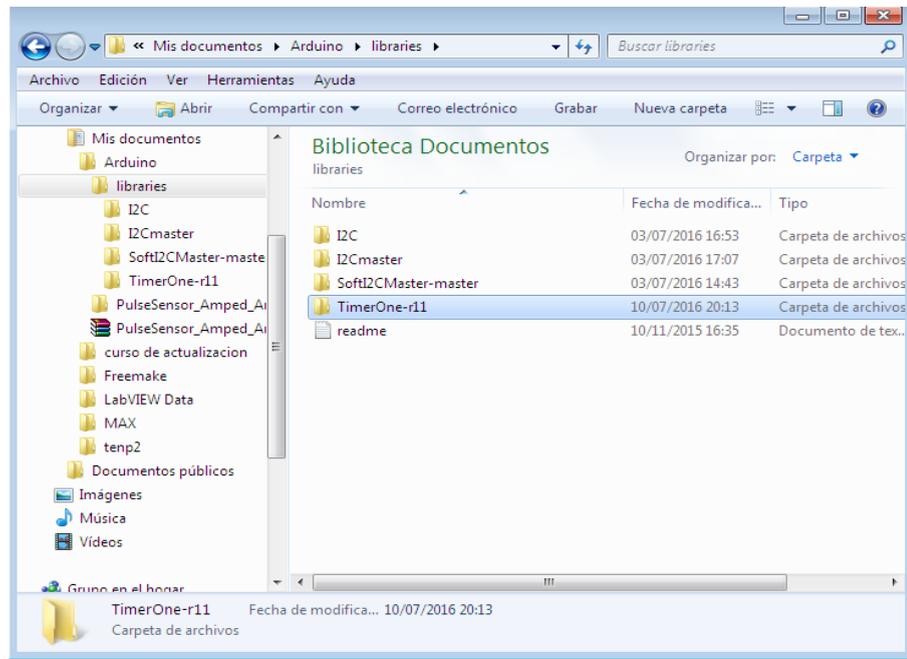


Figura 20. Ubicación de la librería TIMER ONE en el Entorno Arduino
Fuente: Los Autores

Librería I2C instalada, correspondiente al sensor de Pulso en el directorio raíz del entorno Arduino. Figura 21.

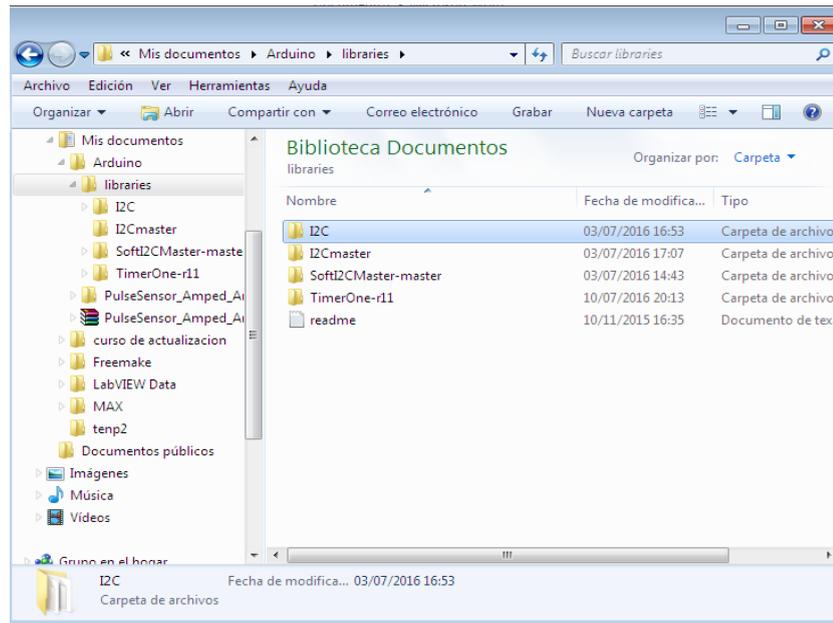


Figura 21. Ubicación de la librería I2C en el Entorno Arduino
Fuente: Los Autores

Las librerías correctamente instaladas aparecen al ejecutar el entorno Arduino, para la elaboración del código respectivo, que identifica a cada sensor para obtener una prueba de comunicación.

A continuación, se presenta la estructura del código ejecutado:

Librerías:

```
#include <i2cmaster.h>
#include "TimerOne.h"
```

Ingreso de Variables

```
int pulsePin = 0,Signal=0;
int blinkPin = 13;
int fadePin = 5,latidos=0,seg=0;
int deviceAddress = 0x5A<<1;
float celcius = 0;
```

Comunicación serial

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  Serial.println("MONITOREA");  
  i2c_init();  
  PORTC = (1 << PORTC4) | (1 << PORTC5);  
  pinMode(blinkPin,OUTPUT);  
  pinMode(fadePin,OUTPUT);  
  Timer1.initialize(500000);  
  Timer1.attachInterrupt(callback);  
}
```

Lectura de datos del sensor de Pulso

```
{  
  seg++;  
  if(seg>120){  
    //latidos=latidos*6;  
    Serial.print("latidos=");  
    Serial.println(latidos,DEC);  
  }
```

Lectura de datos del sensor de Temperatura

```
celcius = temperatureCelcius(deviceAddress);  
fahrenheit = (celcius*1.8) + 32;  
Serial.print("Celcius: ");  
Serial.println(celcius);  
  seg=0;  
  latidos=0;  
}  
}
```

Procesamiento de datos del sensor de Pulso

```
void loop() {  
Signal = analogRead(pulsePin);  
if(Signal>=625){  
latidos++;  
digitalWrite(blinkPin,HIGH);  
delay(10);  
digitalWrite(blinkPin,LOW);  
delay(200);  
}  
}
```

Procesamiento de datos del sensor de Temperatura

```
float temperatureCelcius(int address) {  
int dev = address;  
int data_low = 0;  
int data_high = 0;  
int pec = 0;
```

Escribe los datos del Sensor de Temperatura

```
i2c_start_wait(dev+I2C_WRITE);  
i2c_write(0x07);
```

Lee los datos del Sensor de Temperatura

```
i2c_rep_start(dev+I2C_READ);  
data_low = i2c_readAck();  
data_high = i2c_readAck();  
pec = i2c_readNak();
```

```

i2c_stop();

//Convierte los bytes altos y bajos juntos y procesa la temperatura.
double tempFactor = 0.02
double tempData = 0x0000;
int frac
tempData = (double)((((data_high & 0x007F) << 8) + data_low));
tempData = (tempData * tempFactor)-0.01;
float celcius = tempData - 273.15;

// Retorna la temperatura en Celcius.
return celcius;
}

```

Compilación del código para comprobar que no existan errores en la sintaxis del programa, mediante la conexión entre los sensores y la placa Arduino Pro Mini. Figura 22.

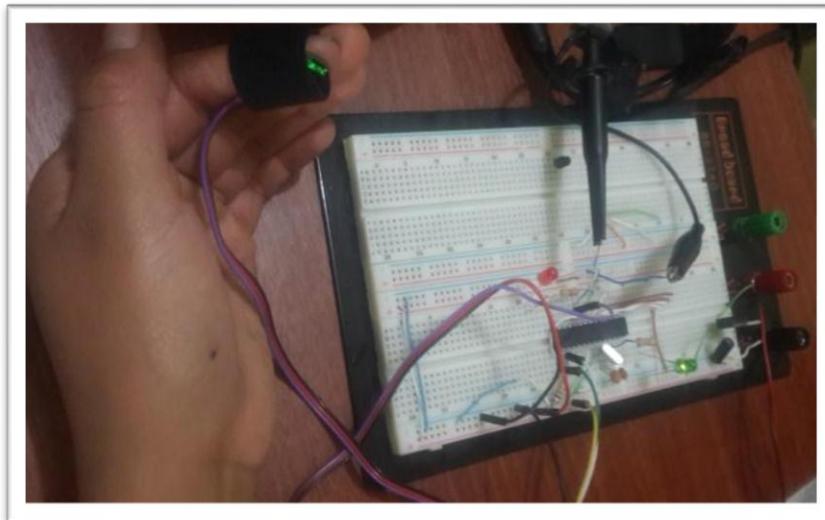


Figura 22. Conexión entre el Pic Atmega 328P y los Sensores
Fuente: Los Autores

La placa Arduino Pro Mini conectada al Transceiver Transmisor, emite la señal en forma inalámbrica al transceiver Receptor conectado al computador portátil con un módulo **PL2303** conversor USB a TTL.

Mediante el lenguaje de programación en Visual Basic, el atleta y personal médico o entrenador a cargo, visualizan el registro de información y los resultados en el computador.

2.6.4.3 DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA LA INTERFAZ GRÁFICA DEL COMPUTADOR.

La transmisión y visualización de los datos del circuito de monitoreo inalámbrico de frecuencia cardíaca y temperatura corporal, está ejecutada en el lenguaje de programación en VISUAL BASIC,

2.6.4.4 FUNCIONAMIENTO DE LA INTERFAZ EN EL PC.

El funcionamiento del software para la respectiva visualización en el computador, se describe a continuación con las siguientes características. Figura 23.

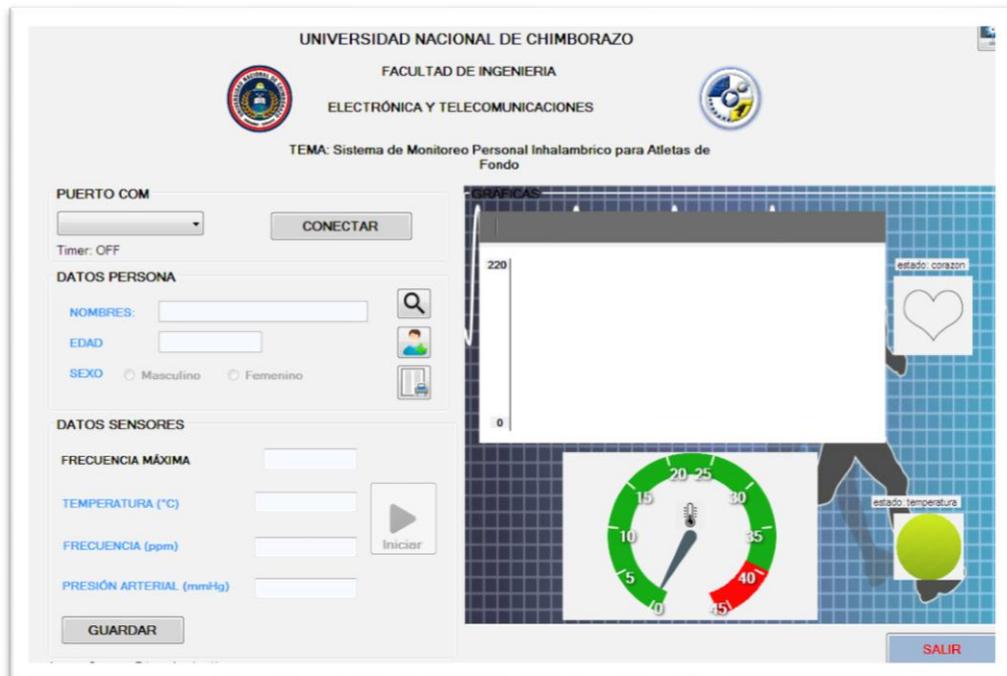


Figura 23. Pantalla de Inicio de Presentación
Fuente: Los Autores

BOTÓN PUERTO COM

Selección del puerto para la respectiva conexión con el circuito. Figura 24

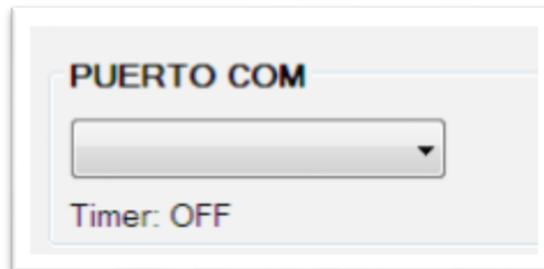


Figura 24. Puerto de Conexión al Puerto Común
Fuente: Los Autores

DATOS DEL ATLETA

BOTÓN BUSCAR

Busca los datos del atleta anteriormente guardados, visualiza toda la información. Figuras 25 y 26.



Figura 25. Botón buscar
Fuente: Los Autores

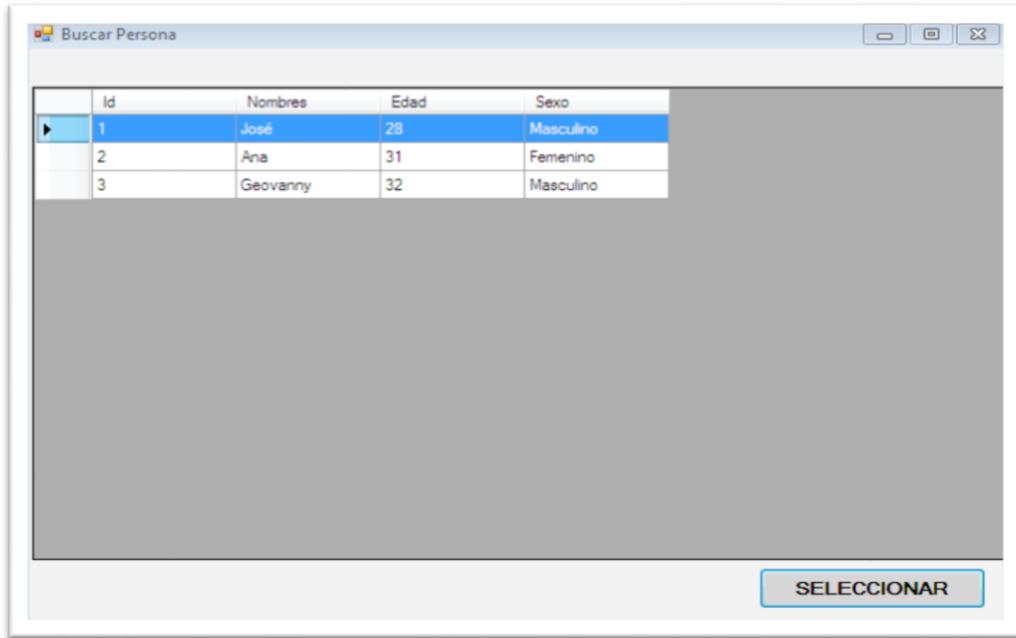


Figura 26. Lista de Atletas Archivados
Fuente: Los Autores

BOTÓN INGRESAR PERSONA.

Ingresa los datos personales del nuevo atleta como es nombre, edad y sexo. Figura 27.

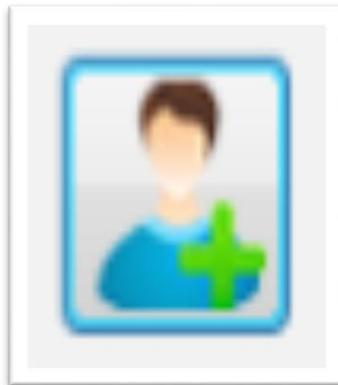


Figura 27. Botón de ingreso nuevo atleta
Fuente: Los Autores

A continuación, se muestra la pantalla donde se debe ingresar los datos personales del atleta. Figura 28.

Un formulario web para ingresar datos de un atleta. Incluye campos de texto para 'NOMBRES' y 'EDAD', y botones de radio para 'SEXO' con opciones 'Masculino' y 'Femenino'. En la parte inferior hay dos botones: 'GUARDAR' (verde) y 'CANCELAR' (rojo). A la derecha del formulario hay un ícono de un corredor negro con un corazón rojo y una línea de pulso.

Figura 28. Ingreso de los nuevos datos del atleta
Fuente: Los Autores

BOTÓN REPORTES

Indica los reportes guardados de cada atleta en los distintos programas de visualización (WORD, EXCEL Y PDF). Figura 29.

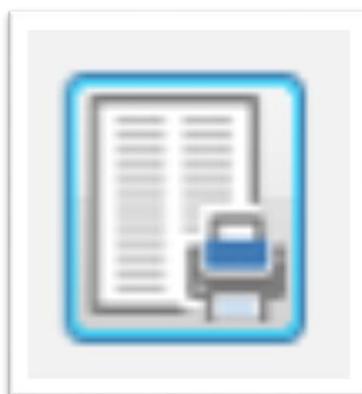


Figura 29. Botón de Historial de los Atletas
Fuente: Los Autores

Una vez seleccionado muestra el historial de cada atleta al realizar las distintas pruebas realizadas, con sus respectivo nombre, edad, fecha y hora. Figura 30.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES			
Reporte Monitoreo Personal de José			
Sexo: Masculino			
Edad: 28 años			
Fecha: 17/07/2017 19:54:44			
Presión Arterial: 140/56 mmHg			
Frecuencia Cardíaca(ppm)	1	1	68
	Normal	Normal	Normal
Temperatura (°C)	2200	2416	2230
	Hipertermia	Hipertermia	Hipertermia
Fecha: 17/07/2017 20:51:38			
Presión Arterial: 456/77 mmHg			
Frecuencia Cardíaca(ppm)	18	41	7
	Normal	Normal	Normal
Temperatura (°C)	2268	2222	2222
	Hipertermia	Hipertermia	Hipertermia
Fecha: 17/07/2017 21:04:01			

Figura 30. Pantalla de datos guardados
Fuente: Los Autores

DATOS SENSORES

BOTÓN INICIAR

Al activar el botón INICIAR empieza a recibir los datos del circuito. Figura 31.



Figura 31. Botón de Inicio de la Aplicación
Fuente: Los Autores

FRECUENCIA MÁXIMA

Visualiza la frecuencia máxima a la cual el atleta debe llegar al realizar el entrenamiento o competencia. Figura 32.



The screenshot shows a software interface with the following sections:

- PUERTO COM:** A dropdown menu set to 'COM8' and a 'DESCONECTADO' button.
- Timer:** ON
- DATOS PERSONA:**
 - NOMBRES:** Text input field containing 'Geovanny'.
 - EDAD:** Text input field containing '32'.
 - SEXO:** Radio buttons for 'Masculino' (selected) and 'Femenino'.
- DATOS SENSORES:**
 - FRECUENCIA MÁXIMA:** Text input field containing '188'.

Figura 32. Frecuencia Máxima del Atleta
Fuente: Los Autores

TEMPERATURA.

Muestra el valor de temperatura en grados centígrados (°C), que recibe del sensor MLX90614. Figura 33.



The screenshot shows a software interface similar to Figure 32, but with an additional sensor data field:

- DATOS SENSORES:**
 - FRECUENCIA MÁXIMA:** Text input field containing '188'.
 - TEMPERATURA (°C):** Text input field containing '35.44 °C'.

Figura 33. Temperatura Corporal
Fuente: Los Autores

FRECUENCIA CARDÍACA

Indica la frecuencia cardíaca en pulsaciones por minuto (ppm), enviada por el sensor. Figura 34.



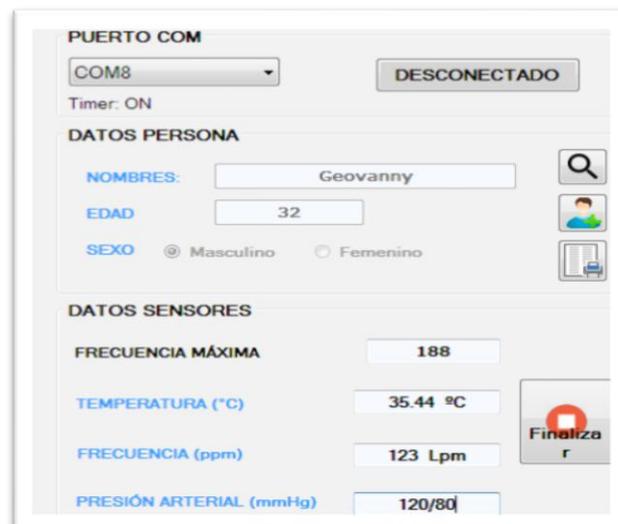
The screenshot shows a software interface with the following sections:

- PUERTO COM:** A dropdown menu set to 'COM8' and a 'DESCONECTADO' button.
- Timer:** 'ON'.
- DATOS PERSONA:**
 - NOMBRES:** Input field containing 'Geovanny'.
 - EDAD:** Input field containing '32'.
 - SEXO:** Radio buttons for 'Masculino' (selected) and 'Femenino'.
- DATOS SENSORES:**
 - FRECUENCIA MÁXIMA:** Input field containing '188'.
 - TEMPERATURA (°C):** Input field containing '35.44 °C'.
 - FRECUENCIA (ppm):** Input field containing '123 Lpm'.
- Finalizar:** A red button with a white 'r' icon.

Figura 34. Frecuencia Cardíaca
Fuente: Los Autores

PRESIÓN ARTERIAL

Indica la presión arterial del atleta en milímetros sobre mercurio (mmHg). Figura 35.



The screenshot shows a software interface with the following sections:

- PUERTO COM:** A dropdown menu set to 'COM8' and a 'DESCONECTADO' button.
- Timer:** 'ON'.
- DATOS PERSONA:**
 - NOMBRES:** Input field containing 'Geovanny'.
 - EDAD:** Input field containing '32'.
 - SEXO:** Radio buttons for 'Masculino' (selected) and 'Femenino'.
- DATOS SENSORES:**
 - FRECUENCIA MÁXIMA:** Input field containing '188'.
 - TEMPERATURA (°C):** Input field containing '35.44 °C'.
 - FRECUENCIA (ppm):** Input field containing '123 Lpm'.
 - PRESIÓN ARTERIAL (mmHg):** Input field containing '120/80'.
- Finalizar:** A red button with a white 'r' icon.

Figura 35. Presión Arterial
Fuente: Los Autores

GRÁFICAS.

TEMPERATURA

Registra el nivel de temperatura que está siendo enviada por el circuito. Figura 36.



Figura 36. Nivel Temperatura
Fuente: Los Autores

FRECUENCIA CARDÍACA

Muestra los latidos del atleta. Figura 37.

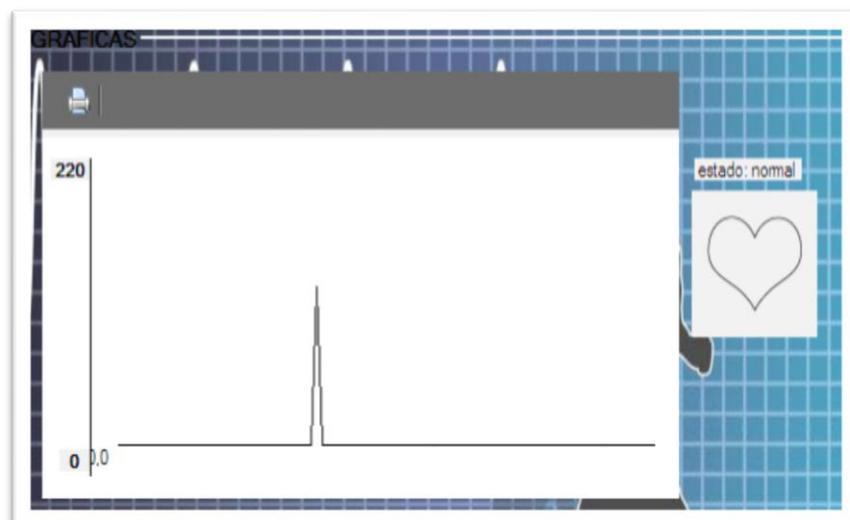


Figura 37. Onda de la Frecuencia Cardíaca
Fuente: Los Autores

BOTÓN GUARDAR

Procede a guardar toda la información del atleta en la base de datos de VISUAL BASIC. Figura 38.

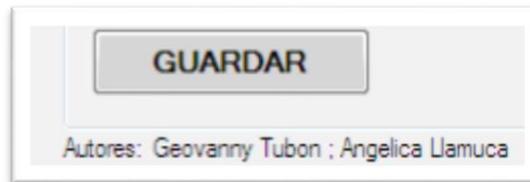


Figura 38. Botón Guardar
Fuente: Los Autores

BOTÓN SALIR.

Finaliza el programa. Figura 39.



Figura 39. Botón Salir de la Aplicación
Fuente: Los Autores.

2.6.5 ENSAMBLAJE DE LAS ETAPAS DEL DISPOSITIVO

Una vez grabada la programación en el Pic ATmega 328P, con el quemador de Pics y verificando el funcionamiento del programa en la Tarjeta Electrónica de Arduino Pro Mini, se procede al armado de las etapas del prototipo.

La primera etapa consta de una caja plástica, contiene la tarjeta Arduino Pro Mini incluido el Pic Atmega 328P, el sensor de pulso, sensor de temperatura y el regulador de voltaje.

Para las siguientes conexiones: cable de transmisión y recepción del transceivers, cable de alimentación de 9V del transceivers a la placa Arduino Pro Mini, cables para conexión del sensor de temperatura y frecuencia cardíaca ubicados en el cuerpo del atleta, es necesario utilizar los molex para una fácil conexión y manipulación. Figura 40.

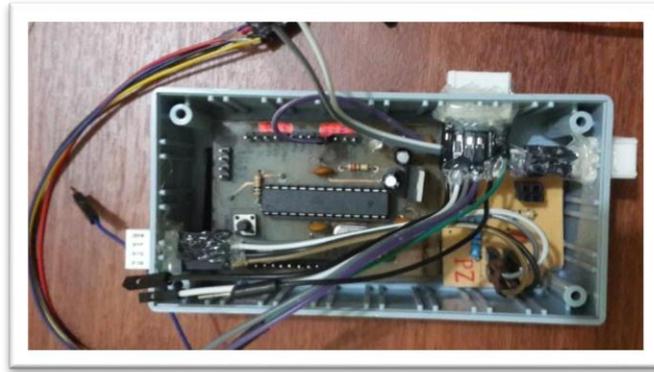


Figura 40. Placa Arduino Pro Mini ubicada dentro de la caja plástica

Fuente: Los Autores

Para la segunda etapa de armado, la caja está colocada en un estuche con cinturón ajustable el mismo que estará ubicado en el antebrazo del atleta, con los cables conectados a los sensores de temperatura, pulso y transceiver transmisor, el mismo que está ubicado dentro de otro estuche, contiene el botón de encendido y apagado de todo el prototipo y enviará los datos al transceivers receptor conectado a la computadora portátil de manera inalámbrica. Figura 41.



Figura 41. Placa Arduino y Transceivers ubicadas en los estuches

Fuente: Los Autores

2.7 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.7.1 Planteamiento de la hipótesis estadística

Con los datos estadísticos ingresados al software SPSS, verifica la validez o el rechazo de la hipótesis.

La práctica realizada enfoca la utilización de métodos comerciales en la medición de los signos vitales del atleta, conjuntamente con el sistema de monitoreo realizando la lectura de los signos vitales mediante los sensores.

2.7.2 Técnicas de Procedimiento para el Análisis

El análisis estadístico aplicado es cualitativo y cuantitativo, en la parte cualitativo es comprobar la estabilidad y confiabilidad del sistema de monitoreo aplicado al atleta por medio de la transmisión y recepción de datos vía inalámbrica, para la parte cuantitativa se comprobará la eficiencia y la utilidad del sistema de monitoreo en la demostración de los datos obtenidos por los sensores.

2.7.3 Comprobación de Hipótesis

H₀ Con el diseño e implementación del sistema de monitoreo inalámbrico, no permitirá la ejecución, visualización y registro de información de los signos vitales del atleta de fondo.

H₁ Con el diseño e implementación del sistema de monitoreo inalámbrico, permitirá la ejecución, visualización y registro de información de los signos vitales del atleta de fondo.

2.7.4 Establecimiento de nivel de significancia

El nivel de significancia que se establece normalmente es $\alpha=0.05$, representando un 95% de confianza.

2.7.5 Elección de la prueba de la hipótesis

Es una prueba aplicada a los reportes que se generan con datos medidos de las variables de Temperatura y Frecuencia Cardíaca en el atleta de Fondo en relación con el sistema de monitoreo inalámbrico y métodos de medición comerciales, por lo tanto es óptimo usar el método de TStudent con muestras relacionadas, su función es comparar dos mediciones de puntuación, para su debida comprobación de hipótesis.

Si P-valor $\leq \alpha$ se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Si P-valor $> \alpha$ se rechaza H_1 y se acepta H_0 .

2.7.6 Obtención de datos

Datos obtenidos en la Universidad Nacional de Chimborazo Facultad de Ciencias de la salud, escuela de Cultura Física, estudiante de primer semestre. Describe los resultados de los datos obtenidos a través de sensores en la realización de la práctica con el sistema de monitoreo y métodos de medición comerciales.

A continuación, se muestra en la Tabla 12., los datos del atleta de fondo, obtenidos por los sensores de Pulso Cardíaco y Temperatura Corporal, con la comparación de los métodos comerciales como es el reloj para deportistas marca Astro y el termómetro digital.

Tabla 12. Datos Estadísticos

DATOS DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y TEMPERATURA CORPORAL				
N° de Muestras	SISTEMA DE MONITOREO		METODOS COMERCIALES	
	FC	T°	RELOJ PARA DEPORTISTAS ASTRO (FC)	TERMOMETRO DIGITAL (T°)
1	52	34,2	52	34,3
2	52	34,5	53	34,7
3	56	34,6	56	34,6
4	48	34,8	49	34,9
5	60	34,8	62	34,9
6	48	34,6	49	35,0
7	64	35,4	65	35,9
8	52	36,3	52	36,4
9	60	35,6	60	35,8
10	75	35,4	76	35,8
11	82	36,2	83	36,5
12	91	36,4	92	36,4
13	95	36,8	95	36,8
14	97	37,0	99	37,2
15	99	37,2	101	37,4
16	101	36,7	101	36,9
17	104	36,9	105	37,0
18	106	37,4	108	37,4
19	103	37,0	104	37,1
20	104	37,5	104	37,7
21	107	37,9	108	38,0
22	115	37,2	115	37,2
23	112	38,0	115	38,0
24	118	38,1	118	38,1

Fuente: Los Autores

2.7.7 Cálculo Estadístico utilizando el software SPSS

La media efectuada en el armado de la práctica para medición de frecuencia cardíaca con el reloj astro, método comercial es ($X= 84,25$) y con el sistema de monitoreo inalámbrico es ($X= 83,38$) como se indica en la Tabla 13, por lo tanto existe diferencias, en la medición de los latidos por minuto.

Tabla 13. Tabla Estadísticos de muestras relacionadas-Frecuencia Cardíaca

	PR_C_SMFC	PR_C_MCFC
Media	83,38	84,25
N	24	24
Desviación estándar	24,675	24,836
Error estándar de la media	5,037	5,070
Mínimo	48	49
Máximo	118	118

Fuente: Los Autores

Tabla 14. Tabla Prueba de muestras relacionadas-Frecuencia Cardíaca

		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	PR_C_S MT - PR_C_M CT	-,1458	,1414	,0289	-,2055	-,0861	-5,054	23	,000

Fuente: Los Autores

La media efectuada en el armado de la práctica para medición de temperatura corporal con termómetro digital, método comercial es ($X= 36,417$) y con el sistema de monitoreo inalámbrico es ($X= 36,271$) como se indica en la Tabla 15, por lo tanto existe diferencias, en la medición Temperatura Corporal.

Tabla 15. Tabla Estadísticos de muestras relacionadas-Temperatura Corporal

	PR_C_SMT	PR_C_MCT
Media	36,271	36,417
N	24	24
Desviación estándar	1,2292	1,1835
Mínimo	34,2	34,3
Máximo	38,1	38,1
Error estándar de la media	,2509	,2416

Fuente: Los Autores

Tabla 16. Tabla Prueba de muestras relacionadas-Temperatura Corporal

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PR_C _SMT - PR_C _MCT	-,1458	,1414	,0289	-,2055	-,0861	-5,054	23	,000

Fuente: Los Autores

El programa SPSS arroja resultados de grado de libertad (critica) $gl = 23$ el índice de t (calculada) $t = -5,054$ y el valor de significancia p ($p = 2.1019815869E-4$ es muy bajo y tiene a 0, aproximadamente $p = 0$) Tabla 16. Por lo tanto la t calculada es menor que la t crítica y el valor $p < \alpha$, por lo cual rechaza la hipótesis nula H_0 y acepta la hipótesis alternativa H_1 .

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS.

Se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas para la adquisición, transmisión y recepción de datos de los signos vitales: frecuencia cardíaca y temperatura corporal.

“La Figura 42, muestra la frecuencia cardíaca y temperatura corporal del atleta de fondo”.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	
	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES 	
Reporte Monitoreo Personal: Alex	
Sexo: Masculino	Edad: 20 años
Fecha: 08/08/2017 8:00:44	
LUNES	
FC	TEMPERATURA °C
52	35,1
52	35,2
56	35,3
48	35,7
60	35,9
48	35,5
64	35,7
52	36,3
60	35,6
75	35,4
82	36,2
91	36,4
95	36,8
97	37,0
99	37,2
101	36,7
104	36,9
106	37,4
103	37,0
104	37,5
107	37,9
115	37,2
112	38,0
118	38,1

Figura 42. Reporte de datos del monitoreo del atleta
Fuente: Los Autores

Señal de Frecuencia Cardíaca.

Obtenida con los datos de la Figura 42, según las pulsaciones por minuto tomadas en el atleta de fondo. “La Figura 43 muestra señal de la Frecuencia Cardíaca del atleta de fondo”.

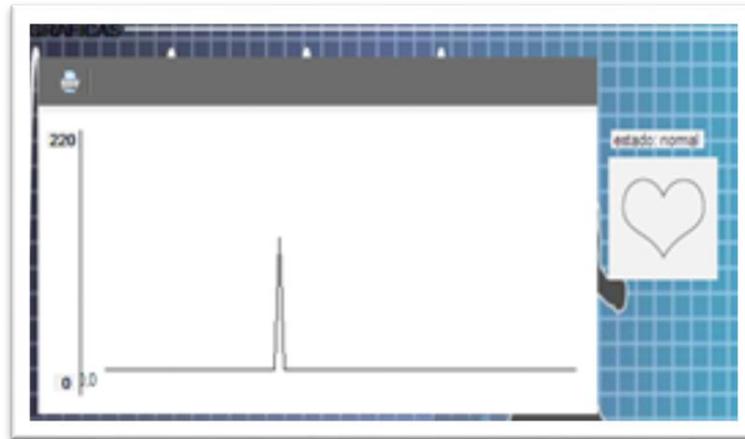


Figura 43. Señal de la Frecuencia Cardíaca
Fuente: Los Autores

Medición de temperatura corporal

Obtenida con los datos de la figura 42, según los datos monitoreados en el atleta de fondo. “La Figura 44, muestra la medición de la Temperatura Corporal del atleta de fondo”.



Figura 44. Temperatura Corporal
Fuente: Los Autores

Frecuencia cardíaca y temperatura corporal en relación a las zonas de entrenamiento.

“La figura 45, muestra señal de la Frecuencia Cardíaca y temperatura Corporal del atleta de fondo en relación a las zonas de entrenamiento”.

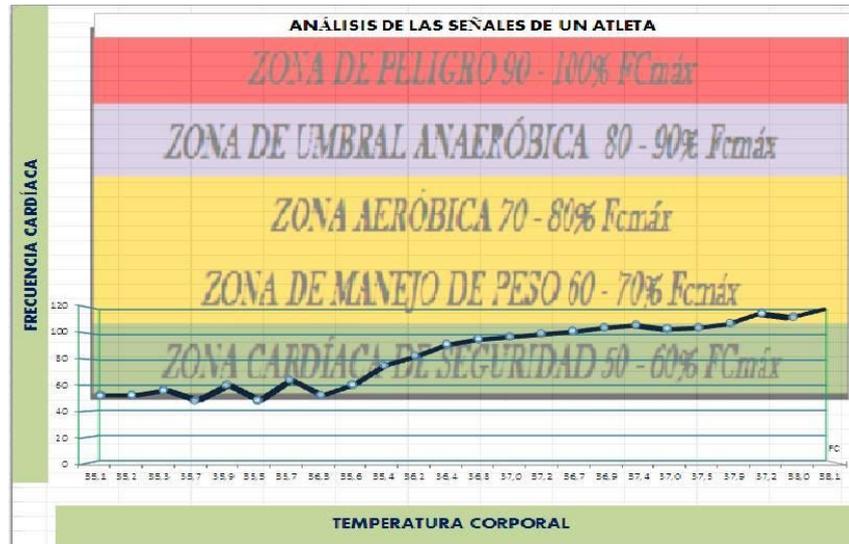


Figura 45. Zonas de entrenamiento
Fuente: Los Autores

Comparación del sistema de monitoreo para atletas de fondo con dispositivos comerciales.

La comparación del sistema de monitoreo con los dispositivos comerciales, determina la eficiencia y factibilidad del proyecto de investigación.

Los dispositivos comerciales utilizados son:

- Termómetro digital
- Reloj digital Astro para deportistas

“La figura 46, muestra la comparación del sistema de monitoreo para atletas de fondo con los dispositivos comerciales para la frecuencia cardíaca”.

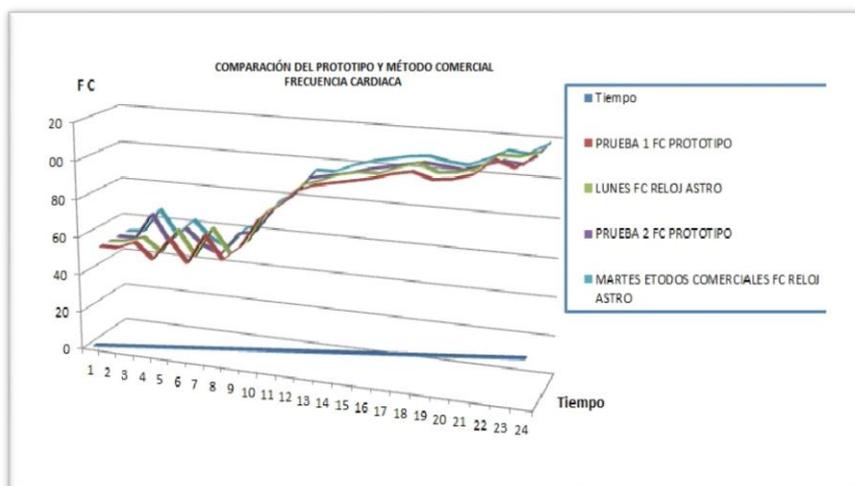


Figura 46. Comparación del sistema monitoreo- Frecuencia Cardíaca
Fuente: Los Autores

“La Figura 47, muestra la comparación del sistema de monitoreo para atletas de fondo con los dispositivos comerciales para Temperatura Corporal”.

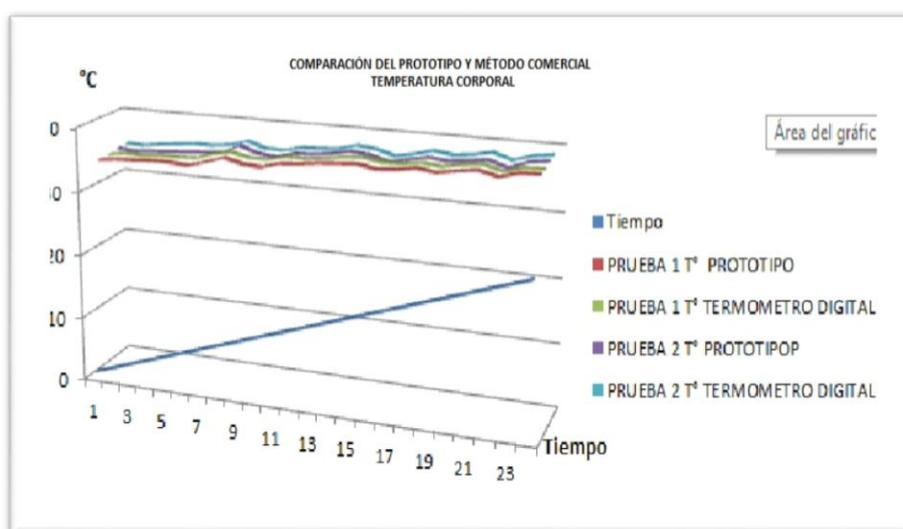


Figura 47. Comparación del sistema monitoreo- Temperatura Corporal
Fuente: Los Autores

En el análisis y mediciones realizadas a 5 personas no deportistas, entre 20 a 25 años, se evidencia la factibilidad del sistema de monitoreo, por los resultados obtenidos en la frecuencia cardíaca que oscila entre los 70 a 84 ppm y para el análisis de los valores de temperatura corporal se evidenció entre los 36 a 38

grados centígrados, los valores de los signos vitales medidos cumplen con los rangos establecidos dentro de las tablas en análisis médicos.

3.1 Análisis Financiero

La Tabla 17, muestra el precio de los dispositivos que se usó en el proyecto de diseño, donde los recursos materiales justifican los beneficios obtenidos con la implementación.

Tabla 17. Análisis Financiero

	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR USD
Hardware	Computador	2	1500
	Sensor de Temperatura MLX9614	2	80
	Pulse Sensor	2	150
	Tensiómetro Digital para Muñeca	1	55
	Reloj Medidor Cardíaco ASTRO	1	80
	Cajas de Acrílico para Transceiver	2	35.75
	Quemador de Pic	1	13.50
	Módulo TTI	1	12.50
	Componentes electrónicos		65
	Broche de sensor de oximetría	2	13,.50
	Adaptador de temperatura	2	10
	Protoboard	1	20
	Atmega 328P	3	30
	Baterías de 9V	5	25
	Estuche –para brazo	1	25
	Estuche – Tipo Canguro para cintura	1	25
	Multímetro	1	50
	Cables	24	12
	Cable UTP	1	3
Software			
	Arduino	1	0
	Visual Basic	1	0
Proyecto	Transporte		75
Varios	Cables, silicona, etc		55
Imprevistos			70
Total			2,245.25

Fuente: Los autores

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA.

4.1. Título de la Propuesta

Sistema de Monitoreo Personal Inalámbrico para Atletas de Fondo.

4.2. Introducción

El diseño y construcción de un sistema de monitoreo personal inalámbrico para atletas de fondo, sirve en el campo deportivo particularmente en el atletismo, para ello se monitorea a través de una aplicación en la PC a los deportistas al momento de realizar un entrenamiento o alguna competición a través del sensor biométrico ubicado en el dedo índice de la mano izquierda y el sensor de temperatura en la zona axilar. Se desarrolla por medio de la placa Arduino Pro Mini para una transmisión inalámbrica de datos por medio de tranciver tanto transmisor como receptor hacia el computador, donde se podrá visualizar en una aplicación realizada en el software Visual Basic en la computadora personal o laptop.

4.3. Discusión

La investigación se enfoca en el diseño y construcción de un sistema de monitoreo inalámbrico para realizar rutinas de entrenamiento o competición del atleta usando la tarjeta Arduino Pro Mini que permite realizar varias aplicaciones en el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas.

Los datos adquiridos del atleta a través del sensor de pulso cardiaco y temperatura corporal serán procesados por la placa Arduino pro mini, y serán enviados en forma inalámbrica por los Transceiver (Transmisor y receptor), hacia el computador en donde se ha elaborado un software que permite el procesamiento de la información en donde se podrá escoger o ingresar los datos del atleta como es el nombre, edad y sexo, los cuales podrán ser guardados en una base de datos.

El procesamiento de los sensores (frecuencia cardíaca y temperatura corporal), serán monitoreados, el cual ayuda a tener un correcto seguimiento del atleta en el desarrollo de la actividad física para que mejore su capacidad competitiva durante el tiempo requerido por el entrenador.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

- Los atletas pueden auxiliarse del prototipo para el control y monitoreo de las variables fisiológicas, durante los entrenamientos o competencias.
- Los atletas pueden tomar decisiones para mejorar las técnicas y estrategias de entrenamiento, aprovechar al máximo su potencial y optimizar su tiempo, gracias a las mediciones que brinda el prototipo, con la ayuda del entrenador o personal médico a cargo.
- El sistema de monitoreo notifica el cambio de las condiciones físicas del deportista, mediante la visualización de alarmas cuando los valores de los signos vitales descienden o exceden los parámetros preestablecidos en las tablas de análisis médico.

5.2. RECOMENDACIONES:

- En la medicina preventiva para atletas, se debe tener cuidado con la frecuencia cardíaca de una persona de acuerdo a su edad y sexo, se puede establecer límites de trabajo, el cual debe estar monitoreado por el entrenador o alguna persona encargada con conocimiento de medicina, para que puede ver la alarma visual que se mostrará en la aplicación del computador, he indicar si la frecuencia cardíaca se encuentra cumpliendo los límites en la

zona de trabajo esperada o se encuentra por debajo de esta zona e incluso advertir que se está entrando en zonas de riesgo para la salud del deportista.

- Las pruebas con el sistema de monitoreo en atletas determinaron que este tipo de dispositivo sí se lo puede proponer y recomendar para su elaboración para la ayuda a las personas que practiquen este deporte tanto para profesional como aficionados.
- Mediante la miniaturización de los circuitos impresos y sus componentes del módulo del atleta se podría obtener un dispositivo más cómodo para su transporte, pudiendo llegar incluso a la masificación de este producto.
- Adicionalmente a lo ya mencionado, se recuerda al usuario del módulo del entrenador y al deportista que al momento de realizar la medición de la temperatura corporal, el atleta debe tener mucho cuidado de estar en los parámetros indicados caso contrario deberán suspender el ejercicio para cautelar la salud del deportista.

CAPÍTULO VI

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo personal inalámbrico para Atletas de Fondo.

6.2. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema que permita obtener de manera inalámbrica, los signos vitales como es el pulso cardiaco y temperatura corporal del atleta durante la actividad física.
- Desarrollar la interfaz para el respectivo monitoreo de los datos en la PC.
- Monitorear por medio de una aplicación en Visual Basic los datos enviados en tiempo real y guardar en una base de datos.

6.3. Fundamentación Científico – Técnica

Contendrá una versión resumida y actualizada del estado del conocimiento en que se encuentra el tema específico de la propuesta.

El sistema realiza el monitoreo de los signos vitales e indica, si el atleta está en los parámetros permitidos para realizar la actividad física o no. A su vez, realiza el monitoreo en tiempo real de cada deportista, de manera que el preparador físico pueda tener el seguimiento continuo del atleta. El objetivo es que los atletas tengan una gran facilidad de realizar actividad física donde puedan ver su historial de sus signos vitales ingresados automáticamente en dispositivos inalámbricos como una

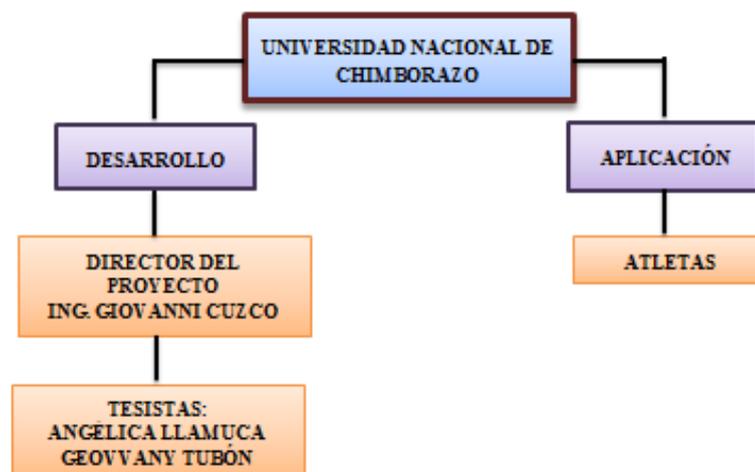
PC o computadora Portátil. De esta manera, el sistema enviaría, en forma periódica y regular, a través de los transceivers los datos recogidos, al centro de educación física donde van a realizar el respectivo estudio de la evolución del atleta en donde los especialistas irían tomando las decisiones pertinentes.

6.4. Descripción de la Propuesta

El proyecto parte del uso de sensores de frecuencia cardíaca y temperatura corporal, para poder determinar las condiciones físicas de cada atleta para realizar actividad física. Entre los sensores están, el de frecuencia cardíaca como es el Pulse Sensor y el sensor de temperatura corporal MLX90614, que es un termómetro infrarrojo, que son capaces de recibir y enviar los datos del atleta en forma exacta, para el control por parte del preparador físico. Por lo tanto, es necesario el desarrollo de una aplicación para poder visualizar en una computadora de escritorio o portátil, en donde pueda ser manipulado fácilmente por el usuario y que además sea eficientes en el monitoreo de los signos vitales.

6.5. DISEÑO ORGANIZACIONAL.

A continuación, se presenta la estructura funcional de la unidad administrativa con la que se ejecutó el proyecto.



CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Sallis. El colapso en el Atleta de Fondo [En línea].
Available: <http://www.gssiweb.org/es-mx/Article/sse-95-el-colapso-en-el-atleta-de-fondo> [Último acceso 2012].
- [2] L. Jaime, Monitoreo Automático de Signos Vitales, Universidad Tecnológica de Querétaro, Querétaro, 2011.
- [3] Chemes. C, La enfermería y la valoración de los signos vitales, Escuela de Enfermería UNT, Argentina, Tucumán, 2008.
- [4] Ariza. A, Libro texto y material de laboratorio para la optativa introducción a la ingeniería biomédica, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, 2009.
- [5] YS-1020UB RF *DATA TRANSCEIVER*, *Datasheet*, [En línea] *Available:* <http://yinshi.net.cn>.
- [6] M. Gallo, La preparación física básica, Universidad Tecnológica de Pereria Ciencias del Deporte y la Recreación Practica Básica II, 2009.
- [7] Ariza. A, Libro texto y material de laboratorio para la optativa introducción a la ingeniería biomédica, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, 2009.
- [8] Carrión Pérez, P., Ródenas García, J., y Rieta Ibáñez, J. (2007). Procesado de señales biomédicas. Universidad de Castilla, La Mancha.
- [9] Kline, J. (2012). Handbook of biomedical engineering. Elsevier.

CAPÍTULO VIII

8. APÉNDICES Y ANEXOS

Anexo 1. Datasheet TRANSCEIVER HR-1020

HR-1020 Low Power RF Module User Manual



ORIENTAL HUARAY GROUP LIMITED

Tel: 86 755 81782516 Cell phone: 86 15813856667 Fax: 86 755 81782518

Address: Huaxia Industrial park, Jingbei, Shiyan, BaoAn district, Shenzhen, China Postal code: 518108

Website: www.ohgrf.com E-mail: sales@ohgrf.com or jet.zhang8@gmail.com

Before using HR-1020 Module, please carefully read the user manual of HR-1020 Module, any question in technical, you can contact us, Tel:86 755 81782516 Cell: 86 15813856667

I 、 HR-1020 Main Application Range

HR-1020, the low-power wireless transceiver data module is used as the wireless data transceiver in short-ranges, with the small size, weight and power consumption and good stability and reliability. Narrowband low power UHF wireless data transmitters

Transparent data interface is offered to suit any standard or nonstandard user protocol. Any false data generated in the air can be filtrated automatically (What has been received is exactly what has been transmitted).

6. Multi- channel

The standard HR-1020 configuration provides 8 channels. If the user needs, it can be extended to 16/32 channels, meeting the multiple communication combination mode of the user.

7. Dual serial port, 3 interface modes

HR-1020 provides 2 serial ports and 3 interfaces, with COM1 as the TTL level UART interface and COM2 as user defined standard RS - 232/RS - 485 interface (user only needs to plug/pull 1 bit short circuiter and energize it to make the definition).

8. Large data buffer zone

Interface baud rate is 9600bps with format of 8N1/8E1 and user self- definition, allowing the transmission of long data frames at one time for more flexible programming by users. (If the user needs, it can also transmit the data in unlimited length at one time).

9. Intelligent data control and the user doesn't need to prepare excessive programs

Even for semi duplex communication, the user doesn't need to prepare excessive programs, only receiving/transmitting the data from the interface. HR-1020 will automatically, complete the other operations, such as transmission/receiving conversion in the air, control, etc.

10. Low power consumption and sleeping function

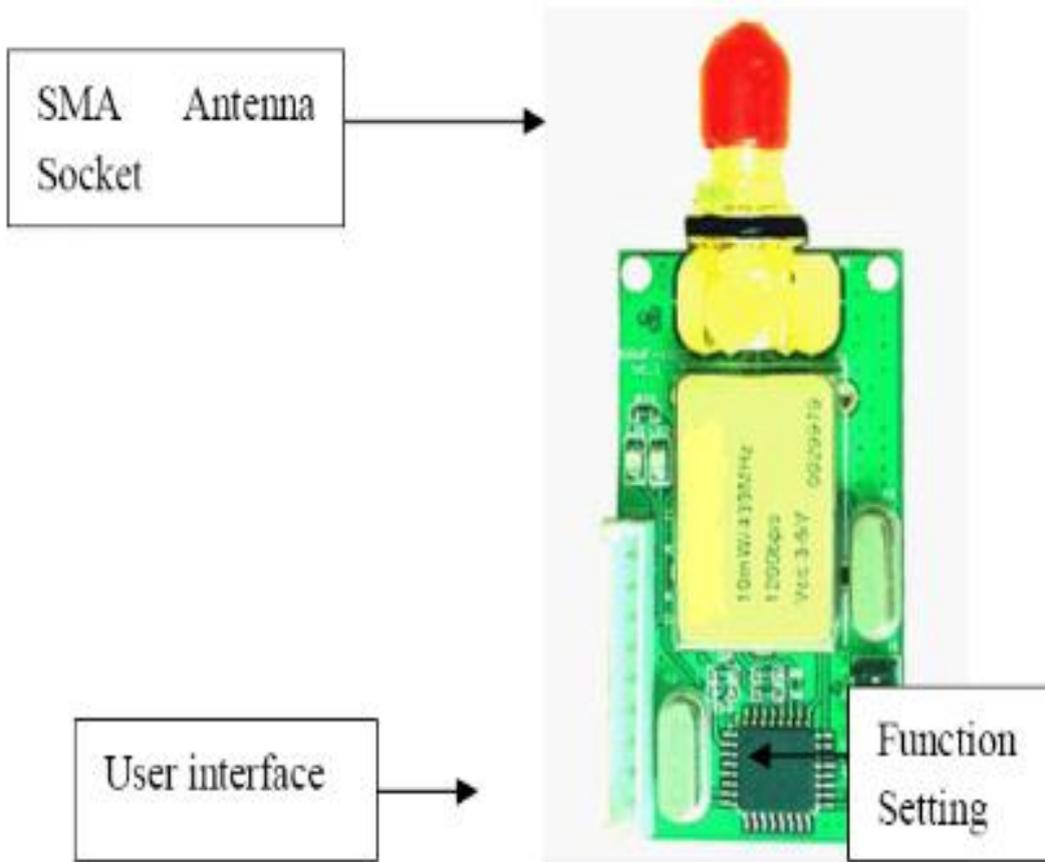
For receiving, current is <20mA, transmitting current is <40mA, and sleep current is <3uA.

11. High reliability, small and light

Single chip radio - frequency integrated circuit and single chip MCU are used for lessened peripheral circuit s, high reliability, and low failure rate.

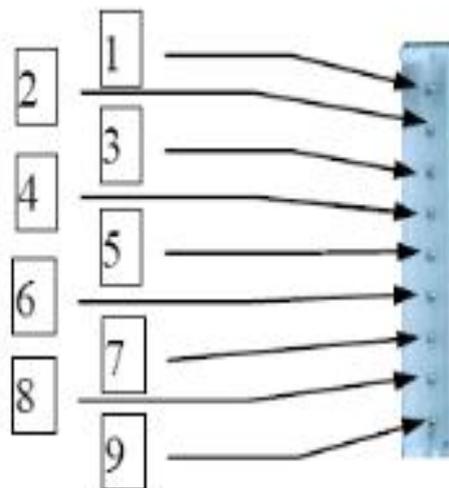
III、 Use HR-1020 Wireless data transceiver module

1. Appearance chart



2. Interface definition

HR-1020 supply 9-pin connector, and its definitions as well as below.

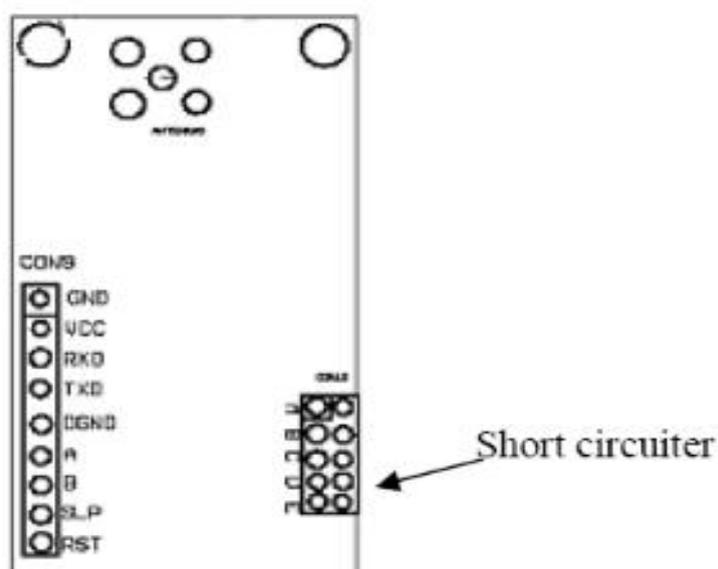


User interface

No.	Pin name	Description	Level	Connected to the terminal	Remarks
1	GND	Power to		Power to	
2	VCC	DC power	3.3 ~ 5.0V		
3	RXD/TTL RXD / TTL	Serial data receiver	TTL	TXD	
4	TXD/TTL TXD / TTL	Serial data transmitter	TTL	RXD	
5	SGND	Signal to		Simulation and	Can be connected with the power to
6	A(TX) A (TX)	The RS-485 A The RS-232 TX		A(RX) A (RX)	
7	B(RX) B (RX)	The RS-485 B The RS-232 RX		B(TX) B (TX)	
8	SLEEP	Dormancy control (input)	TTL	Dormancy signal	Low effective t> 15ms
9	RESET	Reduction and control (input)	TTL	Reset signal	Negative Pulse 1 ms

IV、 Setting of the channel, interface, data rate and data format:

1. Before using HR-1020, you have to make simple configuration of your system parameter such as interface and data format.



There is one group of 5-bit short-circuit wire(JP2) on the bottom right corner of HR-1020 defined as A, B, C, D, E respectively, assuming the open circuit of jumper wire (without short circuit) is mode 1 and short circuit of jumper wire (with short circuit) is mode 0.

A: Channel configuration

ABC jumper wires of JP2 provide 8 options and you can choose to use 0-7 channels if the work wireless module is work at the same channel (ABC jumper wire

mode is same), you can transmit data between each module but keep in mind, at the same time only one module is in TX mode, more detail is Table 3

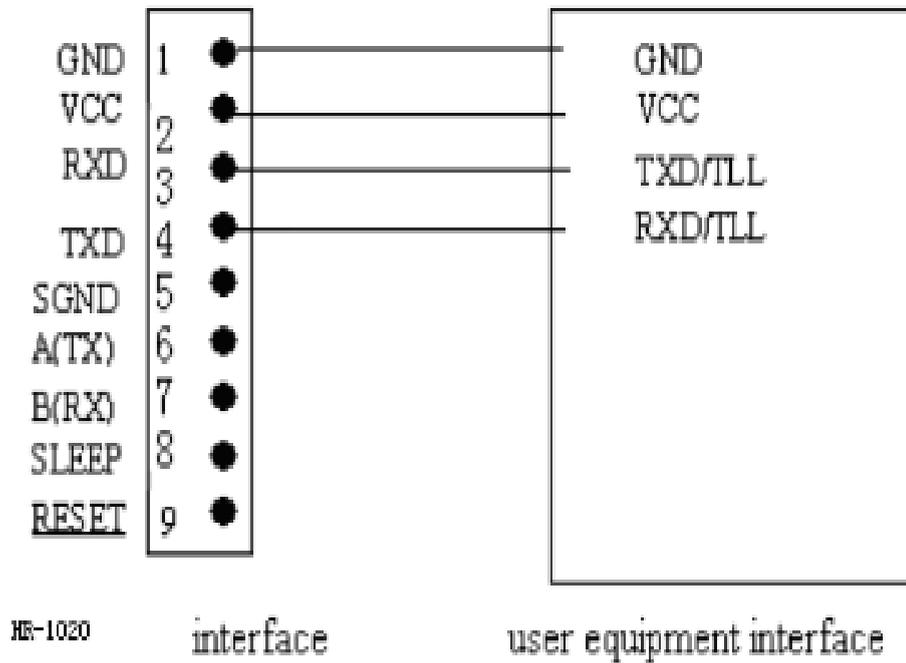
Table3

JUMPER ABC	CHANNEL NUMBER	PROGRAM -FREQUENCY (433MHz)	PROGRAM -FREQUENCY (470MHz)	PROGRAM -FREQUENCY (868MHz)
	0(ABC NO SHORT)	433.85 MHz	470.25 MHz	869.43 MHz
	1	432.10 MHz	470.36 MHz	869.49 MHz
	2	433.20 MHz	470.49 MHz	869.56 MHz
	3	433.25 MHz	470.10 MHz	869.62 MHz
	4	434.00 MHz	470.652 MHz	867.8 MHz
	5	432.65 MHz	470.842 MHz	868.0 MHz
	6	433.40 MHz	470.90 MHz	868.2 MHz
	7	432.60 MHz	470.72 MHz	868.4 MHz

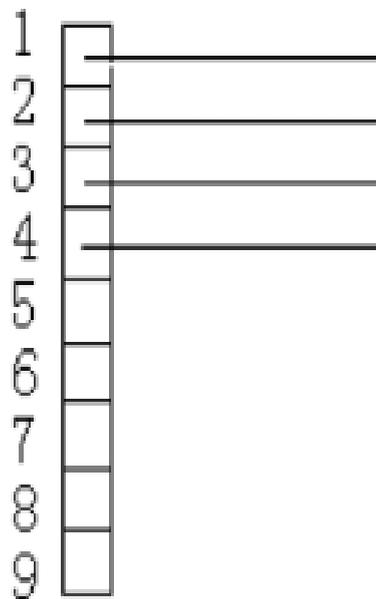
B: Selection of interface mode

HR-1020 provides 2 serial ports, COM (Pin3 and Pin4 of JP1) is fixed as UART serial port of TTL level, COM2 (Pin6 and Pin7 of JP1) can choose interface mode through D of JP2.

1. TTL interface connection application circuit

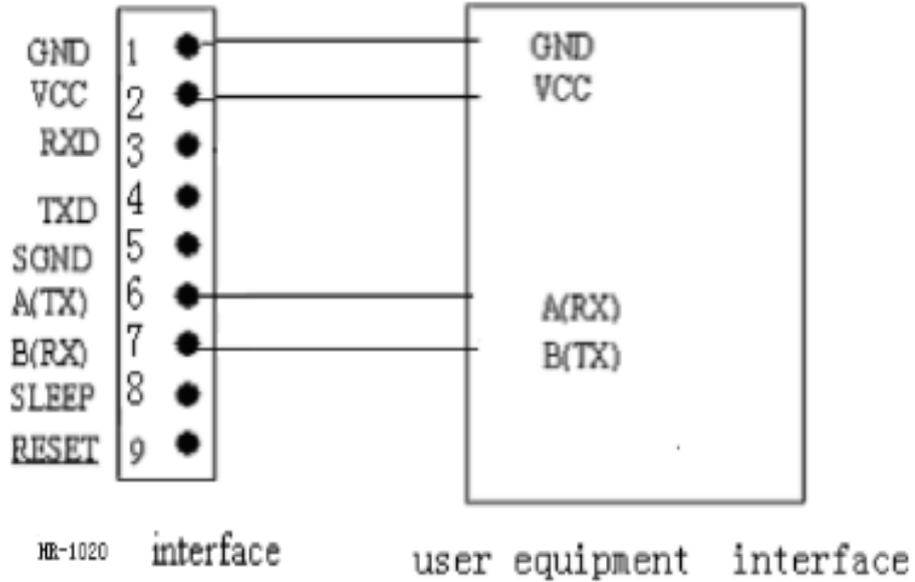


Note: Please do not connect any wire on Pin7 and Pin8 if COM2 is no use
 If you use the TTL only please make sure the D jumper of JP2 without jumper wire.
 The connection wire as well as below:

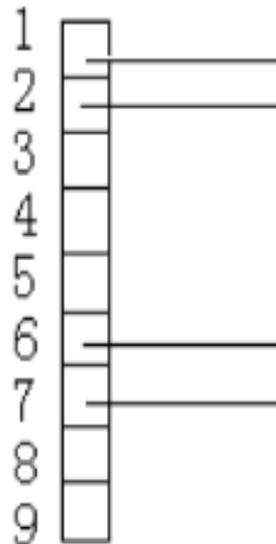


2. RS232 interface connection application circuit

D=1(with short jumper as: $\frac{D}{\text{D}}$)

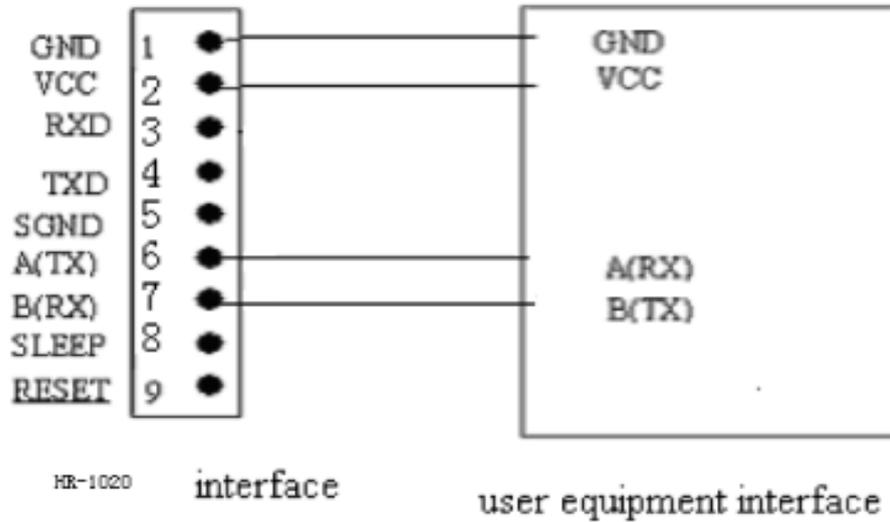


The connection wire as well as below:



3. RS-485 Interface connection application circuit

D=0(without short jumper as: $\frac{D}{\frac{0}{0}}$)



Note: Please do not connect any wire on Pin3 and Pin4 if COM1 is no use, If the two use different Power supply, please make sure the two use the same GND (join the two's GND together).

The connection wire as well as below:



C: Interface rate setting

The rate of HR-1020 is determined by hardware to make sure the module rate is suitable to your system, we have to tell your system's rate.

D: HR-1020 can support no parity and even parity mode of the serial

communication UART, it can choose parity mode through E of JP2

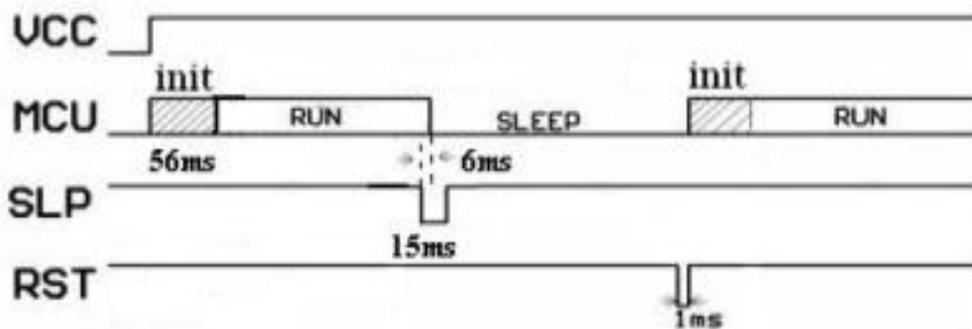
E=0 (without short circuit) parity 8E1/8O1/8N1

E=1 (with short circuit) parity 8N1

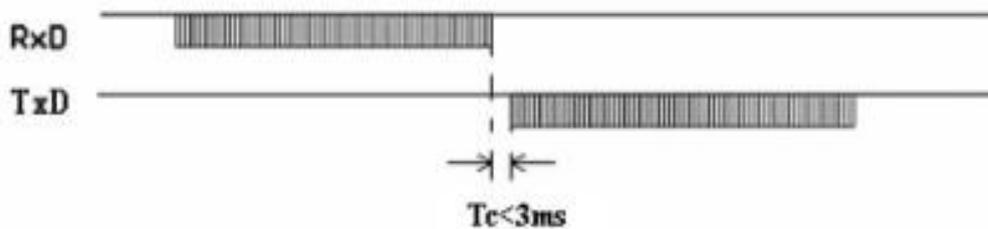
Note: Channel setting, COM2's interface mode and parity mode is fixed after the power is on, if you want to change the setting, you must reset the module or power on again.

E: Timing diagram

(1) The Pin8 "SLP" in JP1 is the signal of sleep control in low power level, when the transceiver stays in sleep mode, the conversion from idle mode to sleep will be finished in 6ms, if the sleep signal arrives when the transceiver is transmitting data, the module will enter sleep mode after finishing transmission, from sleep mode to transceiver mode, it takes when the RST signal comes



(2) The delay time(T_c) of conversion between transmitting and receiving is less than 3ms



The delay time of transceivers between the first bit sent by TXD to the first bit received by RXD, due to a data processing will be made on user's data by HR-1020 transceiver using FEC(Forward Error Correction) or other correction algorithm, when RXD of a HR-1020 transceiver "A" receives the data, then transmits it, the other one transceiver "B" will have a delay(T_d) to receive and transmit by TXD, different RF data rate causes different delay time, please see the specific delay time below:

Baudrate (bps)	Delay Time (Td/ms)
1200	122
2400	58
4800	31
9600	16
19200	8



F: Indicator function

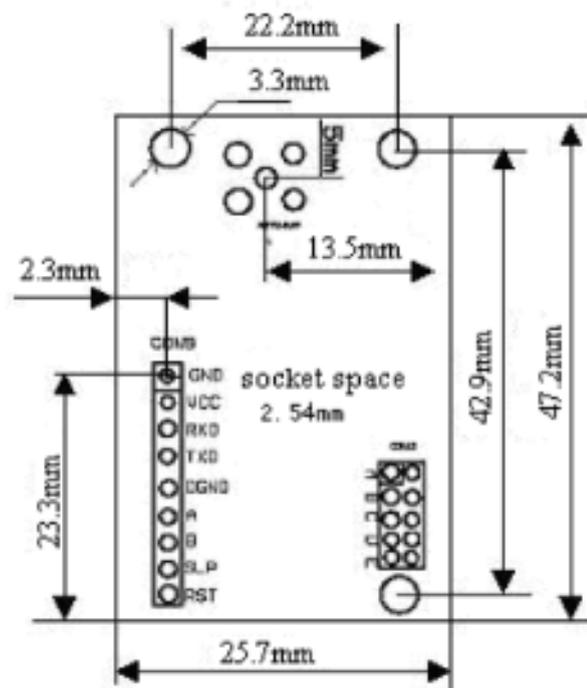
When transmitting mode, the red indicator light will twinkle (only UART TTL)

When in receiving mode, the green indicator light will twinkle (only UART TTL)

V、 Technical specification of HR-1020:

Serial number	Item	Parameter	Note
1	Modulation mode	GFSK/FSK	
2	Work frequency	433/470/868/915MHz	
3	Transmission power	10dBm(433/470MHz),5dBm(868/915dBm)	
4	Receiving sensitivity	-118dBm	1200bps
5	Channel amount	8channel	16/32 channel custom-made
6	Transmitting current	38 ± 2mA	
7	Receiving current	28 ± 2mA	
8	Sleeping current	5 ± 2uA	
9	Interface velocity	1200/2400/4800/9600/19200bps	
10	Interface mode	UART TTL/RS-232/RS-485	User setting, and 19200bps TTL only
11	Power supply	+3.3 ~ 5VDC	
12	Working temperature	-25℃ ~ 75℃	-40℃ ~ 85℃ custom-made
13	Working humidity	10%~90%(relative humidity without condensation)	
14	Dimension	47mm×26mm×10mm	
15	Reliable transmit distance	800 Meter	AT-9/1200bps

VI、 Sketch map of structural size (see below):



Anexo 2. Hoja de Datos del Sensor de Pulsos.

Sensor de pulsos (Traducido por Rambal Ltda.)



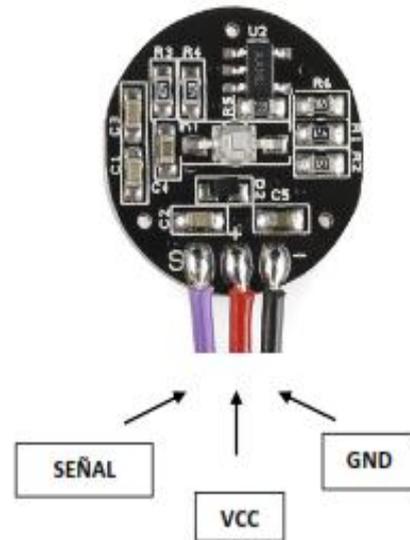
Descripción

El sensor de pulso es un sensor de frecuencia cardíaca plug-and-play para Arduino. Este sensor puede ser utilizado por estudiantes, artistas, deportistas, desarrolladores de aplicaciones móviles, entre otros. Ya que esencialmente combina un sensor de frecuencia cardíaca óptica simple con amplificación y circuito de cancelación de ruido, por lo que es rápido y fiable en la obtención de lecturas del pulso.

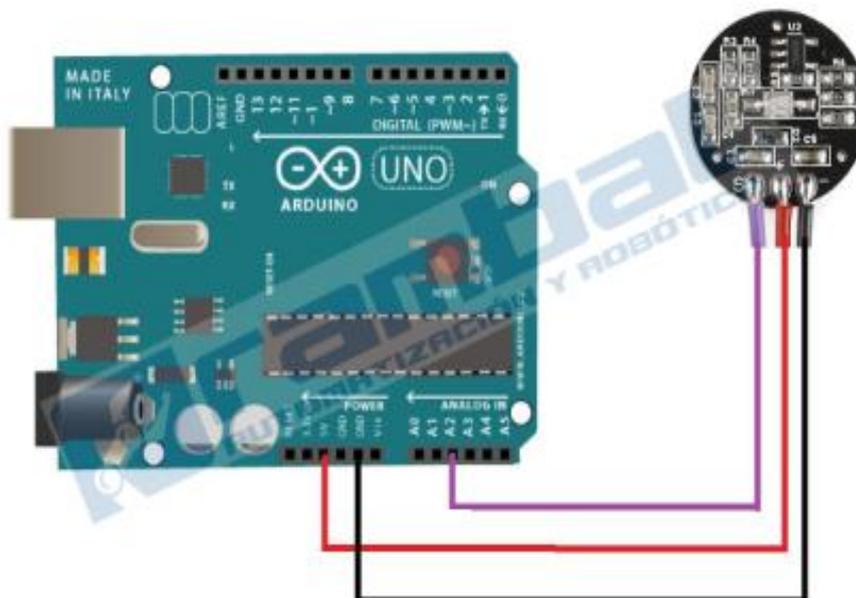
La forma de usarlo es simplemente sujetarlo al lóbulo de la oreja o en la punta de un dedo y conectarlo al Arduino, y estará listo para leer la frecuencia cardíaca

Especificaciones

- Voltaje de operación de 3.3 a 5Vcc.
- Consumo de corriente de 4mA.
- Circuito de cancelación de ruido integrado.
- Circuito amplificador de señal integrado.



Conexión



Información adicional

El siguiente link http://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=Pulse_Sensor lo direcciona a una página, donde se puede obtener un código de programa para Arduino del módulo sensor cardíaco óptico, podrá usarlo para hacer pruebas o también podría modificarlo ya que es OpenSource (Código abierto).

En dicha página también podrá encontrar un archivo.exe llamado [processing.exe](#) y el código de programa [processing demo code](#), los cuales junto con la programación de Arduino pueden generar una interfaz gráfica del ritmo cardíaco, percibido por el modulo.

Si necesita mayor información del producto pinche en el siguiente link <http://pulsesensor.proboards.com/board/2/software> (Foro del fabricante).

En las imágenes se podrá apreciar dicha interfaz gráfica:



Anexo 3. Datasheet MLX90614



MLX90614 family

Single and Dual Zone
Infra Red Thermometer in TO-39

Features and Benefits

- ❑ Small size, low cost
- ❑ Easy to integrate
- ❑ Factory calibrated in wide temperature range: -40...+125°C for sensor temperature and -70...+380°C for object temperature.
- ❑ High accuracy of 0.5°C over wide temperature range (0...+50°C for both Ta and To)
- ❑ High (medical) accuracy calibration
- ❑ Measurement resolution of 0.02°C
- ❑ Single and dual zone versions
- ❑ SMBus compatible digital interface
- ❑ Customizable PWM output for continuous reading
- ❑ Available in 3V and 5V versions
- ❑ Simple adaptation for 8...16V applications
- ❑ Sleep mode for reduced power consumption
- ❑ Different package options for applications and measurements versatility
- ❑ Automotive grade

Applications Examples

- ❑ High precision non-contact temperature measurements
- ❑ Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system
- ❑ Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning
- ❑ Windshield defogging
- ❑ Automotive blind angle detection
- ❑ Industrial temperature control of moving parts
- ❑ Temperature control in printers and copiers
- ❑ Home appliances with temperature control
- ❑ Healthcare
- ❑ Livestock monitoring
- ❑ Movement detection
- ❑ Multiple zone temperature control – up to 127 sensors can be read via common 2 wires
- ❑ Thermal relay / alert
- ❑ Body temperature measurement

Ordering Information

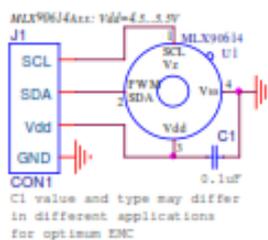
Part No.	Temperature Code	Package Code	- Option Code	Standard part	Packing form
MLX90614	E (-40°C...85°C) K (-40°C...125°C)	SF (TO-39)	- X X X (1) (2) (3)	-000	-TU

(1) Supply Voltage/ Accuracy A - 5V B - 3V C - Reserved D - 3V medical accuracy	(2) Number of thermopiles: A – single zone B – dual zone C – gradient compensated*	(3) Package options: A – Standard package B – Reserved C – 35° FOV D/E – Reserved F – 10° FOV G – Reserved H – 12° FOV (refractive lens) I – 5° FOV
---	---	---



Example:
MLX90614ESF-BAA-000-TU * : See page 2

1 Functional diagram



MLX90614 connection to SMBus

Figure 1: Typical application schematics

2 General Description

The MLX90614 is an Infra Red thermometer for non contact temperature measurements. Both the IR sensitive thermopile detector chip and the signal conditioning ASSP are integrated in the same TO-39 can.

Thanks to its low noise amplifier, 17-bit ADC and powerful DSP unit, a high accuracy and resolution of the thermometer is achieved.

The thermometer comes factory calibrated with a digital PWM and SMBus (System Management Bus) output.

As a standard, the 10-bit PWM is configured to continuously transmit the measured temperature in range of -20...+120°C, with an output resolution of 0.14°C.

The factory default POR setting is SMBus.

General description (continued)

The MLX90614 is built from 2 chips developed and manufactured by Melexis:

- The Infra Red thermopile detector MLX81101
- The signal conditioning ASSP MLX90302, specially designed to process the output of IR sensor.

The device is available in an industry standard TO-39 package.

Thanks to the low noise amplifier, high resolution 17-bit ADC and powerful DSP unit of MLX90302 high accuracy and resolution of the thermometer is achieved. The calculated object and ambient temperatures are available in RAM of MLX90302 with resolution of 0.01°C. They are accessible by 2 wire serial SMBus compatible protocol (0.02°C resolution) or via 10-bit PWM (Pulse Width Modulated) output of the device.

The MLX90614 is factory calibrated in wide temperature ranges: -40...125°C for the ambient temperature and -70...380°C for the object temperature.

The measured value is the average temperature of all objects in the Field Of View of the sensor. The MLX90614 offers a standard accuracy of $\pm 0.5^\circ\text{C}$ around room temperatures. A special version for medical applications exists offering an accuracy of $\pm 0.2^\circ\text{C}$ in a limited temperature range around the human body temperature.

It is very important for the application designer to understand that these accuracies are only guaranteed and achievable when the sensor is in thermal equilibrium and under isothermal conditions (there are no temperature differences across the sensor package). The accuracy of the thermometer can be influenced by temperature differences in the package induced by causes like (among others): Hot electronics behind the sensor, heaters/coolers behind or beside the sensor or by a hot/cold object very close to the sensor that not only heats the sensing element in the thermometer but also the thermometer package.

This effect is especially relevant for thermometers with a small FOV like the xxC and xxF as the energy received by the sensor from the object is reduced. Therefore, Melexis has introduced the xCx version of the MLX90614. In these MLX90614xCx, the thermal gradients are measured internally and the measured temperature is compensated for them. In this way, the xCx version of the MLX90614 is much less sensitive to thermal gradients, but the effect is not totally eliminated. It is therefore important to avoid the causes of thermal gradients as much as possible or to shield the sensor from them.

As a standard, the MLX90614 is calibrated for an object emissivity of 1. It can be easily customized by the customer for any other emissivity in the range 0.1...1.0 without the need of recalibration with a black body.

The 10-bit PWM is as a standard configured to transmit continuously the measured object temperature for an object temperature range of -20...120°C with an output resolution of 0.14°C. The PWM can be easily customized for virtually any range desired by the customer by changing the content of 2 EEPROM cells. This has no effect on the factory calibration of the device.

The PWM pin can also be configured to act as a thermal relay (input is T_o), thus allowing for an easy and cost effective implementation in thermostats or temperature (freezing / boiling) alert applications. The temperature threshold is user programmable. In a SMBus system this feature can act as a processor interrupt that can trigger reading all slaves on the bus and to determine the precise condition.

The thermometer is available in 2 supply voltage options: 5V compatible or 3V (battery) compatible. The 5V can be easily adopted to operate from a higher supply voltage (8...16V, for example) by use of few external components (refer to "Applications information" section for details).

An optical filter (long-wave pass) that cuts off the visible and near infra-red radiant flux is integrated in the package to provide ambient and sunlight immunity. The wavelength pass band of this optical filter is from 5.5 till 14 μm (except for xCH and xCI type of devices which incorporate uncoated germanium lens).

4 Glossary of Terms

PTAT	Proportional To Absolute Temperature sensor (package temperature)
POR	Power On Reset
HFO	High Frequency Oscillator (RC type)
DSP	Digital Signal Processing
FIR	Finite Impulse Response. Digital filter
IIR	Infinite Impulse Response. Digital filter
IR	Infra-Red
PWM	Pulse With Modulation
DC	Duty Cycle (of the PWM) ; Direct Current (for settled conditions specifications)
FOV	Field Of View
SDA,SCL	Serial DAta, Serial CLock – SMBus compatible communication pins
T _a	Ambient Temperature measured from the chip – (the package temperature)
T _o	Object Temperature, 'seen' from IR sensor
ESD	Electro-Static Discharge
EMC	Electro-Magnetic Compatibility
ASSP	Application Specific Standard Product
TBD	To Be Defined

Note: sometimes the MLX90614xxx is referred as 'the module'.

5 Maximum ratings

Parameter	MLX90614ESF-Axx	MLX90614ESF-Bxx MLX90614ESF-Dxx	MLX90614KSF-Axx
Supply Voltage, V _{DD} (over voltage)	7V	5V	7V
Supply Voltage, V _{DD} (operating)	5.5 V	3.6V	5.5V
Reverse Voltage	0.4 V		
Operating Temperature Range, T _A	-40...+85°C		-40...+125°C
Storage Temperature Range, T _S	-40...+125°C		-40...+125°C
ESD Sensitivity (AEC Q100 002)	2kV		
DC current into SCL / Vz (Vz mode)	2 mA		
DC sink current, SDA / PWM pin	25 mA		
DC source current, SDA / PWM pin	25 mA		
DC clamp current, SDA / PWM pin	25 mA		
DC clamp current, SCL pin	25 mA		

Table 1: Absolute maximum ratings for MLX90614

Exceeding the absolute maximum ratings may cause permanent damage.
Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

6 Pin definitions and descriptions

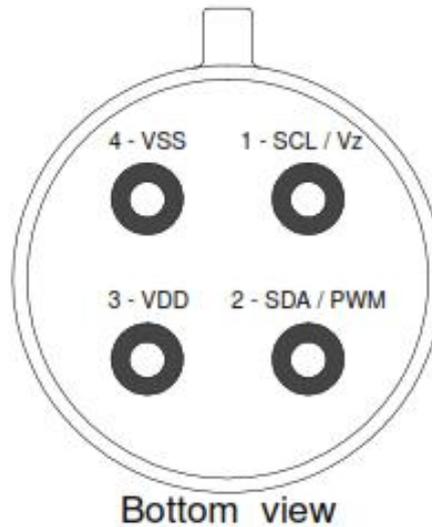


Figure 2: Pin description

Pin Name	Function
SCL / Vz	Serial clock input for 2 wire communications protocol. 5.7V zener is available at this pin for connection of external bipolar transistor to MLX90614Axx to supply the device from external 8 ...16V source.
SDA / PWM	Digital input / output. In normal mode the measured object temperature is available at this pin Pulse Width Modulated. In SMBus compatible mode the pin is automatically configured as open drain NMOS.
VDD	External supply voltage.
VSS	Ground. The metal can is also connected to this pin.

Table 2: Pin description MLX90614

*Note: for +12V (+8...+16V) powered operation refer to the Application information section. For EMC and isothermal conditions reasons it is highly recommended not to use any electrical connection to the metal can except by the VSS pin.
 With the SCL / Vz and PWM / SDA pins operated in 2-wire interface mode, the input Schmidt trigger function is automatically enabled.*

7 Electrical Specifications

7.1 MLX90614Axx

All parameters are valid for $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5\text{V}$ (unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supplies						
External supply	V_{DD}		4.5	5	5.5	V
Supply current	I_{DD}	No load		1.3	2	mA
Supply current (programming)	I_{DDpr}	No load, erase/write EEPROM operations		1.5	2.5	mA
Zener voltage	V_Z	$I_Z = 75 \dots 1000\mu\text{A}$ ($T_A = \text{room}$)	5.5	5.7	5.9	V
Zener voltage	$V_Z(T_A)$	$I_Z = 70 \dots 1000\mu\text{A}$, full temperature range	5.15	5.7	6.24	V
Power On Reset						
POR level	V_{POR_up}	Power-up (full temp range)	1.4	1.75	1.95	V
POR level	V_{POR_down}	Power -down (full temp range)	1.3	1.7	1.9	V
POR hysteresis	V_{POR_hys}	Full temp range	0.08	0.1	1.15	V
V_{DD} rise time (10% to 90% of specified supply voltage)	T_{POR}	Ensure POR signal			20	ms
Output valid (result in RAM)	T_{valid}	After POR		0.25		s
Pulse width modulation¹						
PWM resolution	PWM_{res}	Data band		10		bit
PWM output period	PWM_{T_def}	Factory default, internal oscillator factory calibrated		1.024		ms
PWM period stability	$dPWM_T$	Internal oscillator factory calibrated, over the entire operation range and supply voltage	-10		+10	%
Output high Level	PWM_{HI}	$I_{source} = 2\text{ mA}$	$V_{DD}-0.2$			V
Output low Level	PWM_{LO}	$I_{sink} = 2\text{ mA}$			$V_{SS}+0.2$	V
Output drive current	I_{drive_PWM}	$V_{out,H} = V_{DD} - 0.8\text{V}$		7		mA
Output sink current	I_{sink_PWM}	$V_{out,L} = 0.8\text{V}$		13.5		mA

Continued on next page

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
SMBus compatible 2-wire interface²						
Input high voltage	$V_{IH}(T_a, V)$	Over temperature and supply	3			V
Input low voltage	$V_{IL}(T_a, V)$	Over temperature and supply			0.6	V
Output low voltage	V_{OL}	Over temperature and supply, $I_{sink} = 2mA$			0.2	V
SCL leakage	$I_{SCL, leak}$	$V_{SCL}=4V, T_a=+85^{\circ}C$			30	μA
SDA leakage	$I_{SDA, leak}$	$V_{SDA}=4V, T_a=+85^{\circ}C$			0.3	μA
SCL capacitance	C_{SCL}				10	pF
SDA capacitance	C_{SDA}				10	pF
Slave address	SA	Factory default		5A		hex
Wake up request	t_{wake}	SDA low	33			ms
SMBus Request	t_{REQ}	SCL low	1.44			ms
Timeout, low	$T_{timeout,L}$	SCL low	27		33	ms
Timeout, high	$T_{timeout,H}$	SCL high	45		55	μs
Acknowledge setup time	$T_{suac}(MD)$	8-th SCL falling edge, Master			1.5	μs
Acknowledge hold time	$T_{hdac}(MD)$	9-th SCL falling edge, Master			1.5	μs
Acknowledge setup time	$T_{suac}(SD)$	8-th SCL falling edge, Slave			2.5	μs
Acknowledge hold time	$T_{hdac}(SD)$	9-th SCL falling edge, Slave			1.5	μs
EEPROM						
Data retention		$T_a = +85^{\circ}C$	10			years
Erase/write cycles		$T_a = +25^{\circ}C$	100,000			Times
Erase/write cycles		$T_a = +125^{\circ}C$	10,000			Times
Erase cell time	T_{erase}			5		ms
Write cell time	T_{write}			5		ms

Table 3: Electrical specification MLX90614Axx

Notes: All the communication and refresh rate timings are given for the nominal calibrated HFO frequency and will vary with this frequency's variations.

1. With large capacitive load lower PWM frequency is recommended. Thermal relay output (when configured) has the PWM DC specification and can be programmed as push-pull, or NMOS open drain. PWM is free-running, power-up factory default is SMBus, refer to section 8.6, "Switching between PWM and SMBus communication" for more details.

2. For SMBus compatible interface on 12V application refer to Application information section. SMBus compatible interface is described in details in the SMBus detailed description section. Maximum number of MLX90614 devices on one bus is 127, higher pull-up currents are recommended for higher number of devices, faster bus data transfer rates, and increased reactive loading of the bus.

MLX90614 is always a slave device on the bus. MLX90614 can work in both low-power and high-power SMBus communication.

All voltages are referred to the V_{SS} (ground) unless otherwise noted.

Sleep mode is not available on the 5V version (MLX90614Axx).