

REGISTRADOR DE TIEMPOS DEPORTIVOS (RTD) PROYECTO

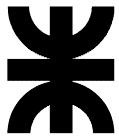
Version 2.0
10/24/2022

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Autores	
Nombre Completo del integrante 1	Sanchez Benard Germán Ariel
Legajo	35656
e-mail	german.a_sanchez@hotmail.com

Tutor	Ing. Sebastián Tobar
Director	Dr. Ing. Rodrigo Gonzalez
Año Académico	2022
Responsable de la cátedra	Esp. Ing. Antonio Alvarez

Empresa / Organización / Laboratorio	N/A
Patrocinador (Sponsor)	N/A



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	EXECUTIVE RESUME	4
1.2	RESUMEN EJECUTIVO	4
2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
2.1	OBJETIVO GENERAL	5
2.2	OBJETIVO PARTICULAR	5
3	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO (CASO DE NEGOCIO)	6
3.1	ANTECEDENTES DEL PROYECTO	6
3.2	ESTADO ACTUAL	6
3.3	NECESIDAD DEL NEGOCIO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	6
3.4	IDEA DEL PROYECTO	6
3.5	BENEFICIOS DEL PROYECTO	6
4	ALCANCE	7
4.1	ALCANCE	7
4.2	LÍMITES O FUERA DE ALCANCE	7
4.3	REQUISITOS DE ALTO NIVEL	7
4.4	SOLUCIONES Y ENTREGABLES PRINCIPALES	7
5	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	8
5.1	PROCESOS	8
5.2	CRONOGRAMA	8
5.3	HITOS	8
6	DESARROLLO DEL PROYECTO	9
6.1	DESARROLLO TÉCNICO	9
6.1.1	<i>Introducción</i>	9
6.1.1.1	Diagrama en bloques	10
6.1.2	<i>Instalaciones previas a la carrera</i>	11
6.1.2.1	Software	11
6.1.2.1.1	Poseer el software del mismo	11
6.1.2.1.2	Inscripción de corredores	11
6.1.2.1.3	Ordenar	15
6.1.2.1.4	Copiar a otras hojas	16
6.1.2.1.5	Hoja Tiempos	16
6.1.2.2	Hardware	18
6.1.2.2.1	Disposición de los equipos	18
6.1.2.2.2	Ubicar los trípodes	18
6.1.2.2.3	Alineación láser	19
6.1.2.2.4	Conexión de los receptores laser con los módulos correspondientes	20
6.1.2.2.5	Conexión RFID	20
6.1.3	<i>Funcionamiento</i>	21
6.1.3.1	Paso 1: Encender el dispositivo	21
6.1.3.2	Paso 2: Menú	22
6.1.3.2.1	carrera	23
6.1.3.2.2	Grabar RFID	23
6.1.3.2.3	Lectura RFID	25
6.1.3.3	Paso 3: Carrera	25
6.1.3.4	Paso 4: Identificación del corredor	27
6.1.3.5	Paso 5: inicio de carrera	28
6.1.3.6	Paso 6: fin de carrera	30
6.1.3.7	Paso 7: repeticion	31



6.1.4	<i>Descripción de tecnologías implementadas</i>	31
6.1.4.1	ESP 32	31
6.1.4.2	RFID	34
6.1.4.2.1	Componentes en un sistema RFID con microcontrolador	35
6.1.4.2.2	Transmisión de datos para un sistema RFID	36
6.1.4.2.3	Bandas de frecuencia RFID	36
6.1.4.2.4	Modulo RFID utilizado	37
6.1.4.3	Transceptor LoRa	38
6.1.4.3.1	¿Qué es LoRa?	38
6.1.4.3.2	Espectro ensanchado	38
6.1.4.3.3	Comparativa con modulación de frecuencia	41
6.1.4.3.4	Sistemas de frecuencia modulada pulsada o Chirping	42
6.1.4.4	Sensores	44
6.1.4.5	Bus SPI	46
6.1.4.5.1	Funcionamiento del bus SPI	48
6.1.4.5.2	SOFTWARE	48
6.1.4.5.3	Periféricos ESP32 SPI	48
6.1.4.6	Protocolo I2C	49
6.1.4.6.1	Principio de funcionamiento del protocolo I2C	49
6.1.4.6.2	Características del protocolo de comunicación I2C	52
7		53
7.1	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	53
7.2	APROXIMACIÓN AL VALOR ACTUAL NETO	53
7.3	TASA INTERNA DE RETORNO	55
7.4	PAYBACK O PLAZO DE RECUPERACIÓN	55
7.5	PRODUCTOS Y SERVICIOS DE OTROS FABRICANTES	55



1 INTRODUCCIÓN

1.1 EXECUTIVE RESUME

Every person who performs a sport competitively, or wants to surpass himself by performing the discipline, needs to obtain the best possible equipment with the lowest cost to monitor his activities. The purpose to develop a sports time recording system, it is to perform a low-cost timing system. Activities not very widespread in Argentina such as mountain biking, especially disciplines such as descent and pump track have many followers to them, but today in Mendoza there is no timing system to carry out events of these activities and thus promote them.

Downhill consists of going down a delimited track in the mountain from the top of it (starting or starting point), to the base (arrival point) in the shortest possible time.

The discipline called pump track, consists of a small circuit in which driving us only through the inertia acquired in the jumps and curves of the circuit and the cyclist's own ability must travel the track in the shortest possible time.

1.2 RESUMEN EJECUTIVO

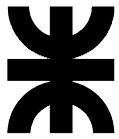
Toda persona que realiza un deporte en forma competitiva, o quiere superarse a sí misma realizando la disciplina, necesita obtener el mejor equipamiento posible con el menor costo para monitorear sus actividades. El propósito de desarrollar un sistema registrador de tiempos deportivos, es realizar un sistema de cronometraje de bajo costo. Actividades no muy difundidas en Argentina como el ciclismo de montaña, sobre todo disciplinas como el descenso y pump track presentan muchos adeptos a las mismas, pero hoy en día en Mendoza no se dispone de un sistema de cronometraje para poder llevar a cabo eventos de estas actividades y así fomentar las mismas.

El descenso consiste en bajar por una pista delimitada en la montaña desde la cima de la misma (punto de partida o largada), hasta la base (punto de llegada) en el menor tiempo posible.

La disciplina denominada pump track, consiste en un circuito pequeño en el que impulsándonos solamente mediante la inercia adquirida en los saltos y curvas del circuito y la propia habilidad del ciclista se debe recorrer la pista en el menor tiempo posible.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se desarrollará un dispositivo de registrador de tiempos cronometrados. Se realizará la identificación de corredores mediante RFID en los puntos extremos de la pista. Al comenzar la carrera el deportista deberá identificarse por RFID en el punto de partida y luego atravesar un sensor dando así inicio a su carrera. El sensor envía la información al módulo de largada, mediante un enlace por radiofrecuencia se comunica con el de llegada acusando el pasaje de inicio de carrera. De esta forma el módulo de llegada comienza a transcurrir un tiempo de cronometraje. Al atravesar el corredor el sensor de llegada, el módulo del mismo frena el cronometro y al identificarse nuevamente por RFID asigna el tiempo de



pista al corredor. Este tiempo de pista es presentado en una PC junto con el resto de los corredores. Al finalizar la carrera el entorno grafico de la PC otorga los resultados de carrera.

En principio este dispositivo será orientado a la disciplina del mountain bike, descenso, el cual los corredores van desde la cima de una montaña hacia abajo en un recorrido de no más de 4km. En esta disciplina hay solo un corredor en pista a la vez, ya que de lo contrario es muy peligroso. También será utilizado para pump track ya que el dispositivo será capaz de desempeñarse en este tipo de trayecto ya que como en el anterior caso solo corre un corredor a la vez. Toda actividad que se realice dentro de esta modalidad expuesta podrá también hacer uso de este dispositivo.

2.1 **OBJETIVO GENERAL**

Se desea lograr un sistema de registración de tiempos lo más completo posible y al menor costo. Además de proveer al mercado un dispositivo con mejores prestaciones que los actuales y de industria nacional. De esta forma con el uso del dispositivo lograr una mayor visibilidad a deportes alternativos como lo es el descenso.

2.2 **OBJETIVO PARTICULAR**

Los objetivos particulares son:

- Poder identificar corredores y enviar sus tiempos a un procesador.
- Procesar los tiempos de dichos corredores.
- Presentar en forma ordenada los datos de los corredores mediante un entorno gráfico.



3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO (CASO DE NEGOCIO)

3.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La circunstancia por la cual se realiza este proyecto es que los dispositivos actuales utilizados para un sistema de cronometraje son los celulares. El uso de los mismos para un evento deportivo carece de precisión y seriedad, además da lugar al error humano inherente a la manipulación de los mismos. El dispositivo a desarrollar presenta una total automatización junto con una excepcional precisión, logrando así salvar las desventajas mencionadas anteriormente.

3.2 ESTADO ACTUAL

Hoy en día se disponen de múltiples circuitos tanto de descenso como pump track. Con la creación de nuevos circuitos también se ha dado la masificación de un deporte no demasiado popular en nuestra provincia. El desarrollo de este dispositivo podría exponenciar la fomentación de estos deportes alternativos, como así también una buena oportunidad de negocio. Brindar un servicio a una comunidad ciclística que necesita del mismo dado que las tecnologías actuales para dar el servicio de cronometraje son muy burdas y carecen de seriedad.

3.3 NECESIDAD DEL NEGOCIO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente se dispone a hacer eventos cronometrados a través del cronometro de un celular, este tipo de toma de tiempos es muy impreciso y carece de seriedad a la hora de enfrentar un evento de magnitud, además tiene añadido el error humano que puede ocasionar el uso de celular y además el pasaje de tiempos a planillas. Es por esto que este proyecto tiene un alcance económico e impacto social deportivo de gran magnitud dado que se obtendría un dispositivo de calidad, precisión y automatización, capaz de efectuar eventos de gran envergadura sin inconvenientes.

3.4 IDEA DEL PROYECTO

La idea del proyecto es realizar un dispositivo provisto de sensores para el paso del corredor, tanto en la largada y la llegada. El dispositivo de largada realizará una comunicación con un dispositivo procesador en la llegada mediante una comunicación por radio frecuencia, y a su vez el dispositivo de llegada entregará los datos para ser presentados por en un entorno grafico de fácil interpretación y uso. La detección para distinguir que corredor es el que ha atravesado cada uno de los sensores de paso será mediante tecnología RFID.

3.5 BENEFICIOS DEL PROYECTO

Al disponer de este mecanismo se tendría una rápida inserción en el mercado ya que, como se ha dicho, la oferta de los mismo es poca. Además, el mismo está orientado para el descenso (mountain bike), pero muchas disciplinas utilizan la misma modalidad de competición (por ejemplo, sky), esto abre aún más la



expectativa de negocio en caso de querer utilizar el dispositivo a modo de realizar eventos deportivos.

Por otro lado, y no menos importante, la comunidad ciclística mendocina tendría un gran beneficio al poder realizar eventos serios con este dispositivo dando así una mayor exposición al deporte.

4 ALCANCE

4.1 ALCANCE

- Se diseñará un sistema de sensores los cuales permitan la lectura del pasaje de un corredor por el sensor, tanto en los puntos de largada y llegada.
- Dichos sensores serán conectados a sus respectivos módulos los cuales procesaran sus señales e interpretaran para realizar las distintas actividades que corresponde a cada uno.
- Adquirir mediante RFID la identificación de corredores.
- Realizar un entorno gráfico de manera que presente los tiempos de todos los corredores en una forma atractiva, simple y ordenada. Dicho entorno tendrá comunicación permanente con el módulo de llegada logrando así presentar los datos en tiempo real.

4.2 LÍMITES O FUERA DE ALCANCE

- no se realizará una adquisición en tiempo real mediante GPS
- no se medirán velocidades en tiempo real en cada sector de la pista
- no se realizarán enlaces de más de 4km ya que no sería necesario en Mendoza

4.3 REQUISITOS DE ALTO NIVEL

La siguiente tabla presenta los requisitos que el resultado del proyecto (producto o servicio) debe cumplir como condición necesaria.

Req. #	Descripción del requisito
1	El equipo debe ser de fácil utilización
2	El dispositivo debe ser capaz de identificar a los corredores
3	El sistema debe permitir una automatización de manera de no necesitar operarios

4.4 SOLUCIONES Y ENTREGABLES PRINCIPALES

La siguiente tabla muestra un listado de los entregables del proyecto (productos o servicios)

Entregables principales	Descripción del entregable
1	Módulos de comunicación rf
2	Sensores de pasaje de corredor rfid
3	Módulo de procesamiento de datos
4	Entorno de presentación de datos



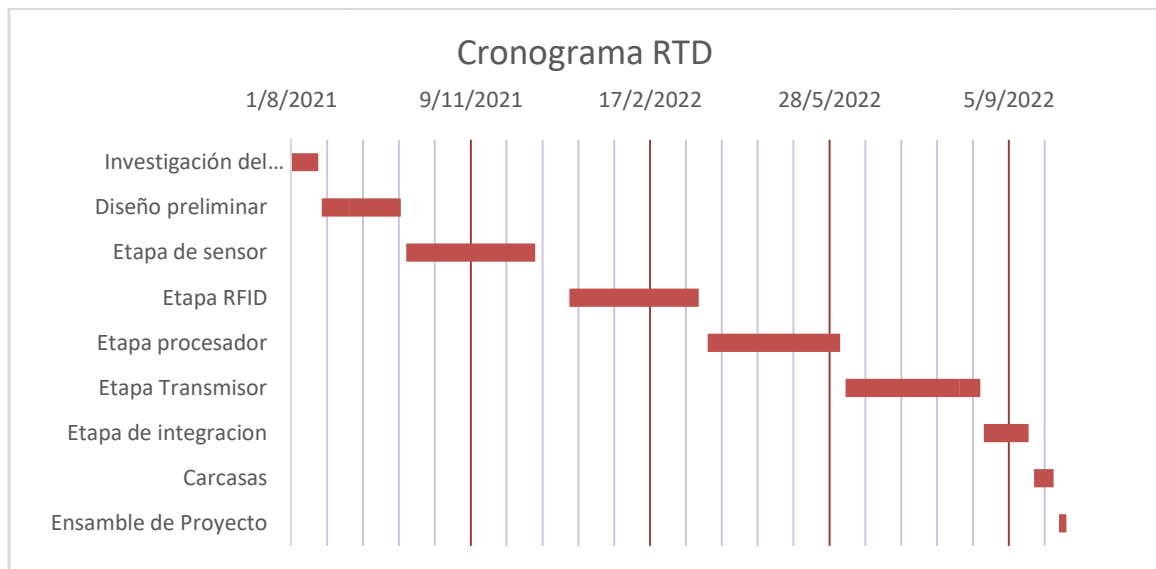
5 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

5.1 PROCESOS

La metodología a aplicar en relación con la estrategia de la Dirección del Proyecto es la de PMI.

5.2 CRONOGRAMA

Hito	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha de fin
Investigación del proyecto	1/8/2021	15	16/8/2021
Diseño preliminar	18/8/2021	44	1/10/2021
Etapa de sensor	4/10/2021	72	15/12/2021
Etapa RFID	3/1/2022	72	16/3/2022
Etapa del procesador	21/3/2022	74	3/6/2022
Etapa Transmisor	6/6/2022	75	20/8/2022
Etapa de integración	22/8/2022	25	16/9/2022
Carcasas	19/9/2022	11	30/9/2022
Ensamble de Proyecto	3/10/2022	4	7/10/2022



5.3 HITOS



La tabla muestra un listado de hitos generales del proyecto y el cronograma estimado de finalización

Hitos	Fecha de finalización
Inicio del proyecto	1/08/2021
Inicio de investigación del proyecto	1/08/2021
Término de la etapa de investigación	16/08/2021
Inicio de la etapa de diseño preliminar	18/08/2021
Fin de la etapa de diseño preliminar	1/10/2021
Inicio etapa de Sensor	4/10/2021
Culminación etapa sensor	15/11/2021
Presentación de Sensor	9/12/2021
Inicio Etapa RFID	3/1/2022
Fin de etapa RFID	16/3/2022
Presentación etapa RFID	17/3/2022
Inicio etapa procesador	21/3/2022
Terminación etapa procesador	3/6/2022
Inicio etapa de transmisor	6/6/2022
Fin etapa transmisor	20/8/2022
Inicio etapa de integración	22/8/2022
Fin de integración	16/9/2022
Diseño de carcasas	19/9/2023
Ensamble de proyecto	3/10/2022
Finalización de proyecto	7/10/2022

6 DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 DESARROLLO TÉCNICO

6.1.1 Introducción

Este proyecto a nivel técnico, resulta interesante ya que abarca muchos aspectos vistos en la carrera como lo son: programación de embebidos, sistemas de comunicaciones y electrónica tanto digital como analógica.

Podemos dividir el proyecto en instancias que son: placa de desarrollo ESP32, sistema detector de pasaje laser, tecnología RFID y tecnología de comunicación LoRa. Tales instancias serán desarrolladas a lo largo de este informe a fin de tener un amplio conocimiento del funcionamiento total del sistema integrado. Todas estas instancias de proyecto contribuyen a las cualidades del mismo, siendo cada una por separado importante en sí y uniéndolas arman un sistema complejo de gran funcionalidad.

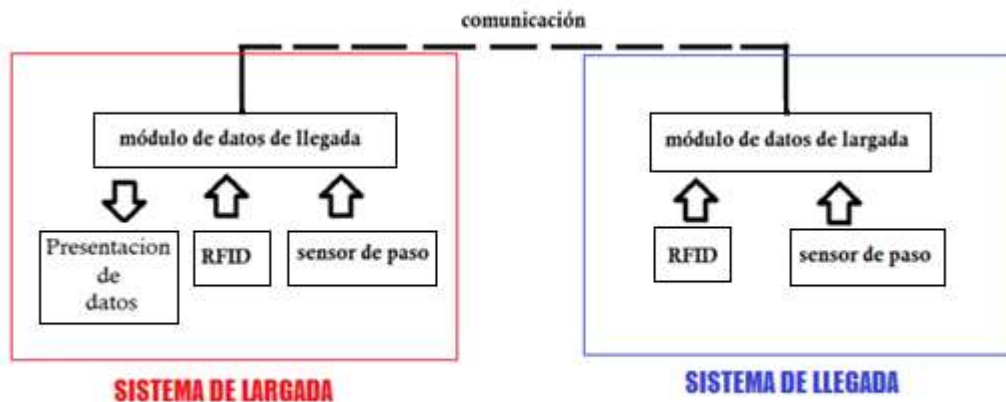
Cabe recalcar que se ha abstraído al usuario final de la complejidad del mismo brindándole un sistema práctico y atractivo para el público general. Mas allá de que el producto se realiza con el finde de uso (no comercialización por el



momento), el aspecto y la simplicidad al usuario ha sido una faceta importante a tener en cuenta a la hora del desarrollo del proyecto.

6.1.1.1 Diagrama en bloques

Para una mejor interpretación del sistema se comienza representando el mismo mediante un diagrama en bloques, de esta forma el usuario podrá obtener un mejor entendimiento de la composición del mismo y su interacción.



Este diagrama en bloques pretende una visualización amplia de la integración sistema, como se puede apreciar comprende varias partes las cuales serán desarrolladas a lo largo de este informe.

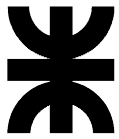
Comenzaremos describiendo este diagrama para así tener una comprensión del mismo.

Sistemas: Primero se debe notar que el proyecto consta de 2 entregables principales los cuales son: sistema de largada y sistema de llegada, ambos constan de varias tecnologías los cuales se desarrollan a continuación.

Módulos: Son los dispositivos por medio de los cuales se realiza el procesamiento de los datos de las diferentes tecnologías, las flechas en el diagrama, indican el sentido del flujo de datos. Estos módulos fueron desarrollados en torno a la placa de desarrollo ESP 32 la cual fue programada en el entorno de Arduino como el fabricante así lo permite. Cada módulo fue programado según el rol que ocupa dentro del sistema total (de largada o de llegada), ya que cada uno cumple funciones específicas.

RFID: Esta tecnología es la encargada de reconocer al corredor sobre el que se está actuando en la pista, de esta forma sus datos (tiempos), son procesados por cada uno de los módulos y asignados a cada corredor según corresponda.

Sensor de paso: Este dispositivo es desarrollado en forma tal que se obtiene una barrera de paso laser. Al obstruirse el láser sobre el sensor, este último acusa el pasaje del corredor y es enviado al módulo correspondiente.



Comunicación: El intercambio de datos es fundamental para el equipo, de esta forma los módulos están conectados y pueden realizar procesos como el acuse de paso de corredor por alguno de ellos o la sincronización de los mismos.

Presentación de los datos: Por ultimo y no menos importante la representación de los datos en el entorno grafico de la pc hace del sistema una experiencia única presentando los tiempos de cada corredor en tiempo real.

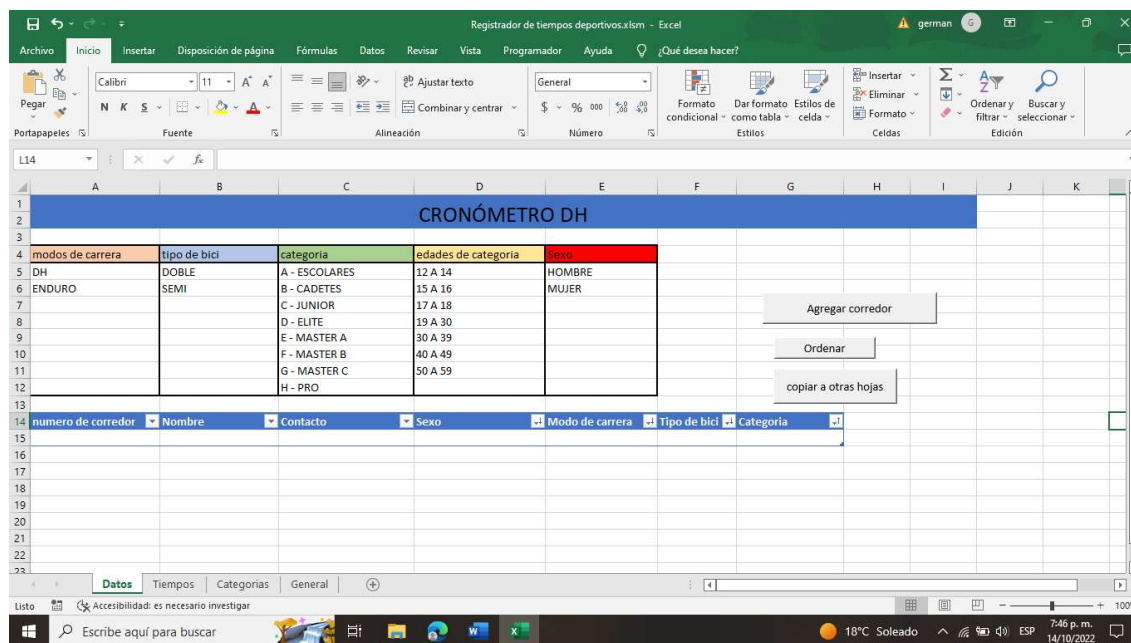
6.1.2 Instalaciones previas a la carrera

Antes de realizar la carrera se deben realizar un acciones que llevan al correcto funcionamiento del dispositivo

6.1.2.1 Software

6.1.2.1.1 Poseer el software del mismo

Es indispensable poseer el software, el cual es entregado junto con el dispositivo, en la pc en la cual se va a trabajar, de lo contrario no se podrá utilizar los beneficios del equipamiento.



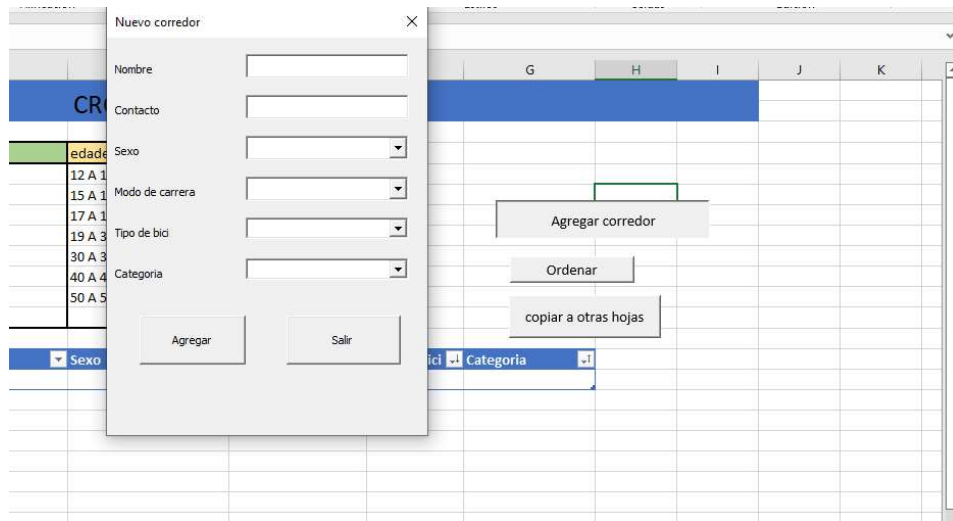
6.1.2.1.2 Inscripción de corredores

Se deben cargar cada uno de los corredores que participaran en el acontecimiento antes de realizar la carrera.

Para cargar los corredores utilizaremos en la hoja “Datos” el botón “Agregar corredor”, presionando el mismo nos aparecerá la siguiente imagen en pantalla:

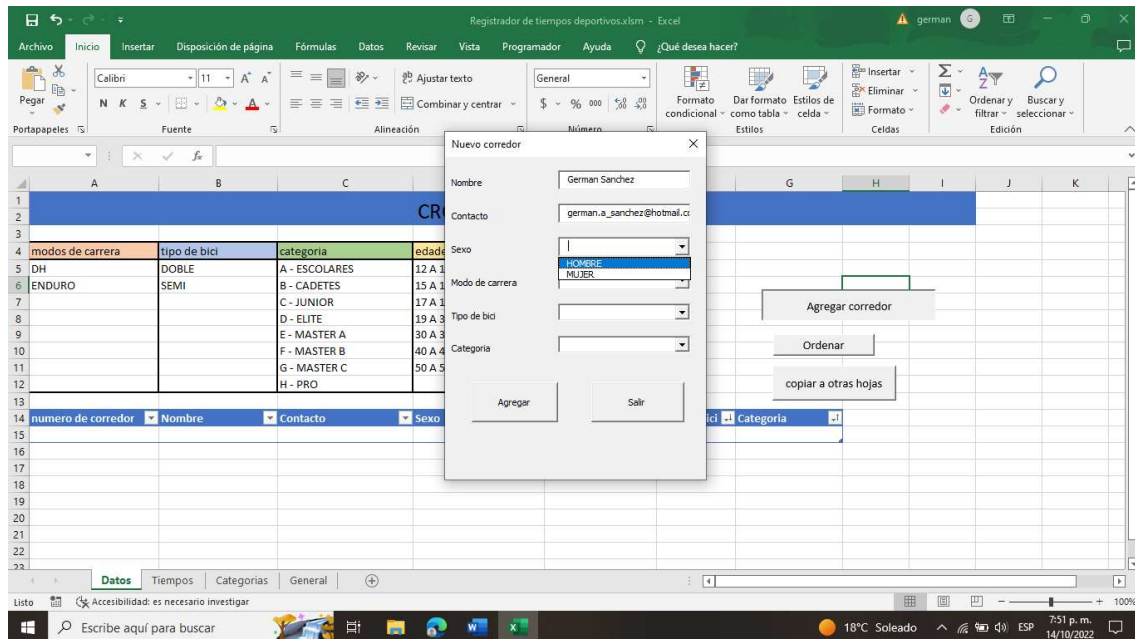


Registrador de tiempos deportivos



En este podemos agregar como se indica el nombre del corredor y el contacto del mismo (mail o celular para luego enviar los resultados).

Los siguientes ítems son listas desplegables en las cuales se seleccionan las distintas opciones relacionadas a cada uno:





Registrador de tiempos deportivos

Excel spreadsheet titled "Registrador de tiempos deportivos.xlsx". The "Datos" sheet contains a table with the following columns: modos de carrera, tipo de bici, categoria, and edad. The "Nuevo corredor" dialog box is open, showing the following information:

Nombre	Contacto	Sexo	Modo de carrera	Tipo de bici	Categoría
German Sanchez	german.a_sanchez@hotmail.co	HOMBRE	DH	ENDURO	

Buttons in the dialog box: Agregar, Salir, Agregar corredor, Ordenar, copiar a otras hojas.

The same Excel spreadsheet and dialog box as above, but with the following changes in the dialog box:

Nombre	Contacto	Sexo	Modo de carrera	Tipo de bici	Categoría
German Sanchez	german.a_sanchez@hotmail.co	HOMBRE	DH	DOBLE SEMI	

Buttons in the dialog box: Agregar, Salir, Agregar corredor, Ordenar, copiar a otras hojas.



Registrador de tiempos deportivos

Nuevo corredor

Nombre: German Sanchez

Contacto: german.a_sanchez@hotmail.co

Sexo: HOMBRE

Modo de carrera: DH

Tipo de bici: DOBLE

Categoria: B - ELITE

Botones: Agregar, Ordenar, copiar a otras hojas

Una vez seleccionados llenados todos los campos.

Nuevo corredor

Nombre: German Sanchez

Contacto: german.a_sanchez@hotmail.co

Sexo: HOMBRE

Modo de carrera: DH

Tipo de bici: DOBLE

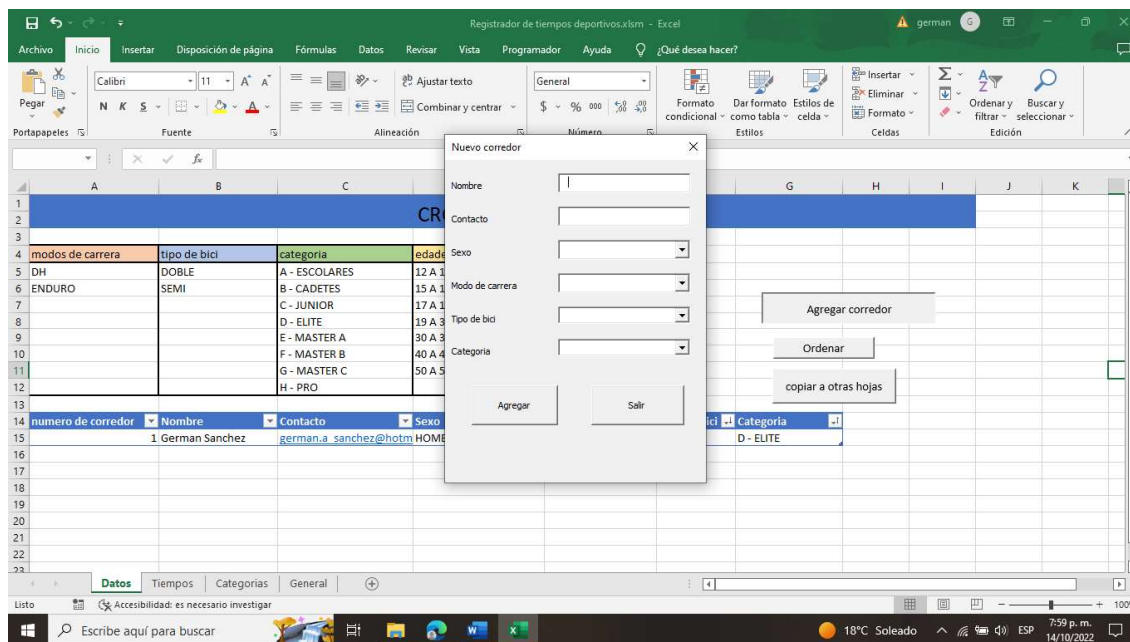
Categoria: B - ELITE

Botones: Agregar, Salir, Ordenar, copiar a otras hojas

Presionando el botón agregar se añadirá a la lista el nuevo corredor y continuará la ventana “Nuevo corredor”, para continuar agregando más participantes



Registrador de tiempos deportivos



Para cerrar la pantalla “Nuevo corredor”, se deberá presionar la opción salir

6.1.2.1.3 Ordenar

La opción ordenar permite reorganizar la tabla de inscriptos según las categorías (relacionada con las edades excepto para los corredores profesionales PRO), tipos de bici, modos de carrera y sexo:

El orden será el siguiente:

Mujeres: semi rígida: -escolares

-cadetes

-junior

-elite

-master A

-master B

-master C

Mujeres: semi doble: -escolares

-cadetes

-junior

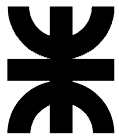
-elite

-master A

-master B

-master C

Hombres: semi rígida: -escolares



-cadetes

-junior

-elite

-master A

-master B

-master C

Hombres: semi doble: -escolares

-cadetes

-junior

-elite

-master A

-master B

-master C

PRO: mujeres

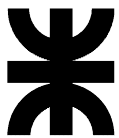
PRO: hombres

6.1.2.1.4 Copiar a otras hojas

El botón copiar a otras hojas permite llevar los datos de los participantes inscriptos a la hoja "Tiempos" la cual cargara los resultados de tiempos en su base de datos a medida que los corredores se desarrollen en la pista

6.1.2.1.5 Hoja Tiempos

Una vez los que se han inscripto todos los corredores y sea el momento de iniciar la carrera debemos dirigirnos en el software a la hoja "Tiempos", la cual figura de la siguiente manera:



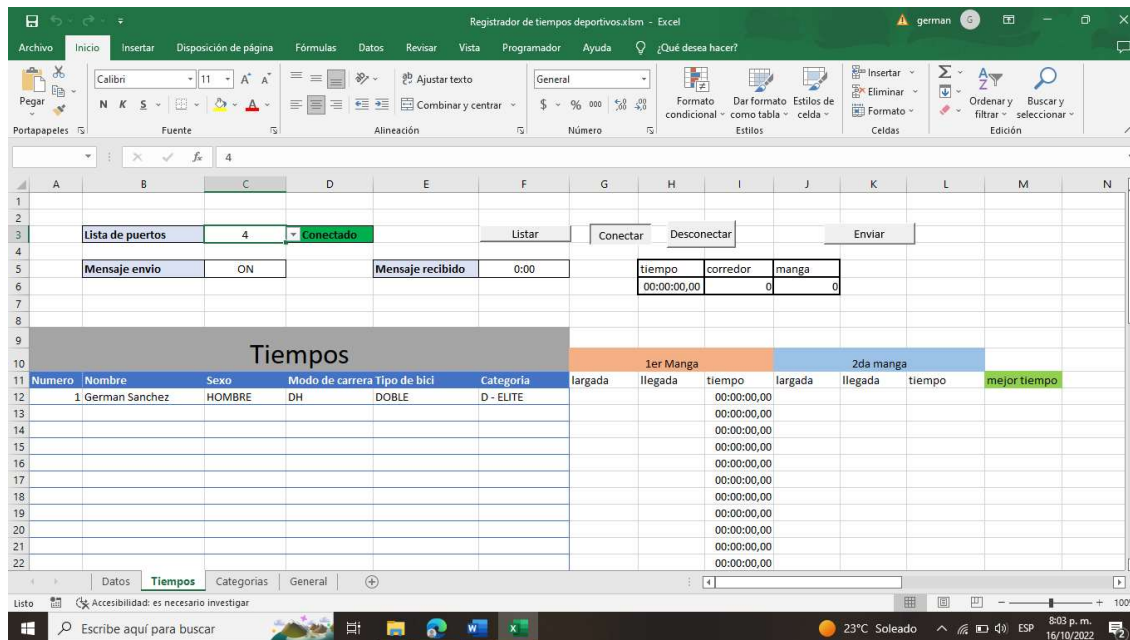
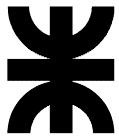
Registrador de tiempos deportivos

Numero	Nombre	Sexo	Modo de carrera	Tipo de bici	Categoria	largada	llegada	tiempo	largada	llegada	tiempo	mejor tiempo
1	German Sanchez	HOMBRE	DH	DOBLE	D - ELITE			00:00:00,00			0	
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				

Una vez que el módulo de llegada ha sido sincronizado el módulo de largada con el de llegada (paso el cual se explica luego en este informe), podremos conectar este último al software. Para esto deberemos reconocer los puertos que se encuentran activos en la pc pulsando el botón “Listar”

Numero	Nombre	Sexo	Modo de carrera	Tipo de bici	Categoria	largada	llegada	tiempo	largada	llegada	tiempo	mejor tiempo
1	German Sanchez	HOMBRE	DH	DOBLE	D - ELITE			00:00:00,00			0	
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				

Luego de esto al desplegar la lista perteneciente a la celda C3, obtendremos los puertos activos en la pc, en este caso, el 4 pertenece al módulo de llegada, presionando “conectar vinculamos la pc con el módulo y ya podemos empezar a recibir los datos del mismo.



Al finalizar la carrera pulsamos desconectar y ya podremos retirar el dispositivo del puerto USB.

6.1.2.2 Hardware

En el momento previo a iniciar la carrera se deben posicionar y conectar los equipos, por ello se procede a explicar cómo realizarlo correctamente.

6.1.2.2.1 Disposición de los equipos

Primero debemos ubicar correspondientemente los equipos de largada y llegada en la posición respectiva en el cerro (equipo de largada en la cúspide de la montaña y equipo de llegada en la parte baja de la misma)

Recordar que cada equipo conlleva módulo de adquisición de datos, modulo RFID, emisor y receptor laser y en el caso de la llega ubicar la pc

6.1.2.2.2 Ubicar los trípodes

Se debe unir los trípodes con cada uno de los emisores y receptores laser, para ello posee una tuerca con la cual se ajusta cada uno de los dispositivos, se debe montar cada uno de la siguiente forma:



Trípodes sin unir con los módulos laser



Disposición del módulo receptor laser en el trípode

El mismo procedimiento debe realizarse para los 4 dispositivos.

6.1.2.2.3 Alineación láser

Una vez ubicado los emisores y receptores laser en el cerro con la correspondiente posición para el paso del corredor por en medio de los mismos, se debe apuntar el láser del emisor a el centro del obturador del receptor, para este fin se dispone de 2 ajustes



la rosca señalada en la imagen con la flecha negra puede girarse permitiendo que el mecanismo cambie su altura



las 4 mariposas ubicadas en la parte inferior del dispositivo permiten realizar un cambio en el ángulo del mismo, logrando así un ajuste fino.

La posición que debe lograrse es la mostrada en la siguiente imagen:



En la imagen puede observarse como el emisor laser apunta exactamente al centro del obturador del receptor laser.

6.1.2.2.4 Conexión de los receptores laser con los módulos correspondientes

Una vez alineados los laser podemos pasar a la conexión del receptor con el módulo para ello utilizaremos los conectores BNC.



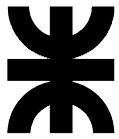
Se debe ubicar en cada receptor laser el conector hembra BNC vcc y dato



Y conectarlo al correspondiente modulo con su respectiva ficha vcc y dato



6.1.2.2.5 Conexión RFID



El último paso a realizar es conectar los módulos de lectura / escritura RFID, mediante los puertos serie ubicado en los módulos de adquisición de datos.

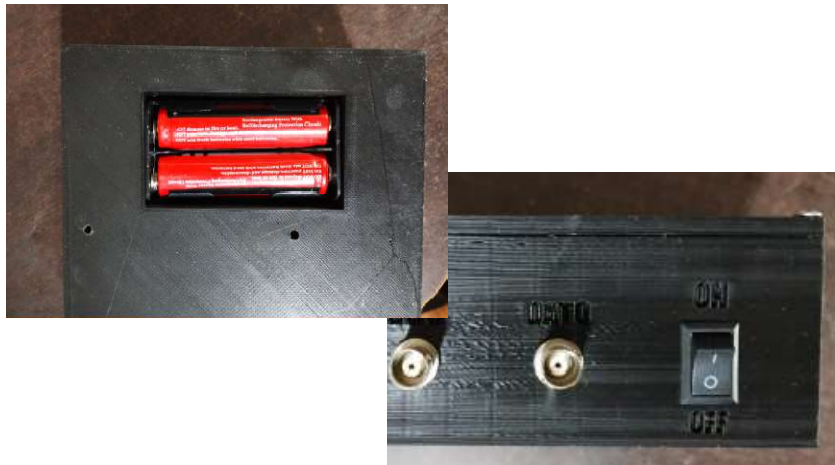


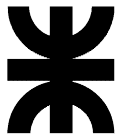
6.1.3 Funcionamiento

En esta sección del informe se explicará paso a paso como poner en funcionamiento el equipo para tener una correcta apreciación de su uso.

6.1.3.1 Paso 1: Encender el dispositivo

El dispositivo de largada posee un recinto para colocarle las pilas tipo lipo en su parte inferior y posee un interruptor en la parte posterior del mismo para accionarlo.





Por el contrario, el dispositivo de llegada es el que va a estar en comunicación con la pc, esta última es la que le da la energía para su funcionamiento. Para encender el mismo solamente se debe conectar por puerto usb a la pc.



6.1.3.2 Paso 2: Menú

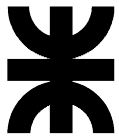
Al encender los dispositivos se notará la pantalla introductoria correspondiente a cada uno:



Una vez transcurrida la pantalla introductoria de ambos dispositivos se presentará un menú el cual da 3 opciones:



Para seleccionar cada uno de las diferentes opciones del menú presionaremos las teclas correspondientemente según la acción que se desee seguir:



6.1.3.2.1 carrera

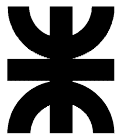
Si seleccionamos la opción de carrera se empezará la competencia una vez sincronizados los dispositivos (la sincronización se explica más adelante).



6.1.3.2.2 Grabar RFID

La opción de grabar RFID permite asignar un número a los dispositivos de identificación RFID. Esto permite reconocer a cada corredor.





Registrador de tiempos deportivos

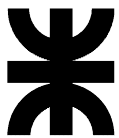
Para grabar un nuevo número en la tarjeta de identificación RFID se debe en primer lugar seleccionar el número deseado mediante los pulsadores arriba (incrementa el número), abajo (decrementa el número), al presionar el botón enter se pasará a la decena del número. luego de seleccionar la decena al presionar enter nuevamente pasara por último a la centena y por último al presionar nuevamente enter la pantalla mostrara el mensaje de posicionar la tarjeta sobre el grabador/lector RFID.



Una vez escrito el número de corredor, el dispositivo pedirá presentar la tarjeta RFID, por lo cual debe acercarse la misma para que la lea el escritor/lector RFID:



Una vez que suena el sonido significa que ya se puede retirar la tarjeta y ya estaría completa la grabación de la misma:



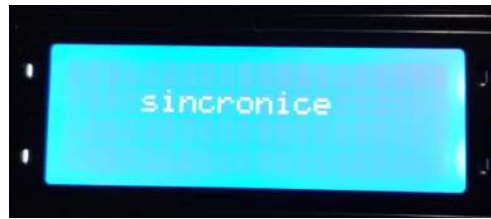
6.1.3.2.3 Lectura RFID

Una vez grabado el identificador RFID, se puede comprobar que el mismo haya sido grabado correctamente o recordar el valor grabado en otro dispositivo utilizando esta función. Seleccionando la misma se dispone el identificador sobre el lector RFID cuando el dispositivo muestre el mensaje “presente tarjeta” y se mostrara por pantalla el número grabado en el mismo.



6.1.3.3 Paso 3: Carrera

Si se selecciona esta opción del menú ya se pasa al inicio de carrera. Para poder comenzar la misma se debe sincronizar el reloj de carrera, para ello se debe tener ambos módulos (largada y llegada) en espera de sincronización.



Módulo de largada



Módulo de llegada

Una vez en esta situación al pulsar el botón enter en el módulo de largada se envía un mensaje a través de radio frecuencia al módulo de llegada:



Módulo de largada enviando el mensaje de sincronismo



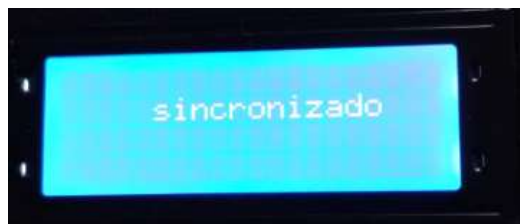
Módulo de llegada recibiendo el mensaje de sincronismo

Este último responde al de llegada e inicia el tiempo de cronometro:





Al llegar el mensaje devuelta al módulo de largada que completa la sincronización y ya es posible comenzar a largar los corredores.



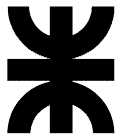
Módulo de llegada al recibir la confirmación del mensaje de sincronismo

6.1.3.4 Paso 4: Identificación del corredor

Para iniciar su carrera el competidor debe identificarse mediante su tarjeta RFID la cual se le ha asignado. Posicionando la tarjeta sobre el lector:



Este último lee y envía al módulo de llegada que un corredor está a punto de dar comienzo a su transcurso en pista.



Módulo de largada enviando corredor al módulo de llegada



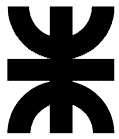
Módulo de llegada mostrando cual es el corredor recibido dispuesto a comenzar su carrera

6.1.3.5 Paso 5: inicio de carrera

Una vez que el corredor ya se ha indentificado mediante su tarjeta RFID, entonces ya podrá comenzar su carrera atravesando la barrera laser formada por los modulos laser emisor y receptor.



Mensaje mostrado por el modulo de largada hasta que se atravesese la barrera laser



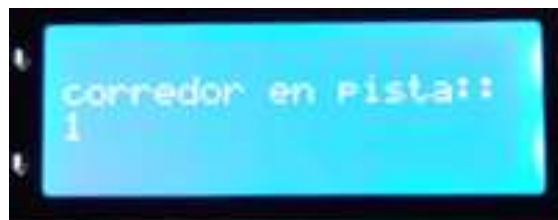
Emisor y receptor laser enfrentados a fin de formar la barrera laser

Una vez atravesada la barrera laser por el corredor, el modulo de largada enviara un mensaje al modulo de llegada avisando a este ultimo que ya hay un corredor en pista.



Modulo de largada enviando mensaje

Cuando el mensaje llega al modulo de llegada, mostrará que corredor es el que acaba de iniciar su carrera, en este ejemplo es corredor numero 1:



mensaje recibido por el modulo de largada

Luego imprimira por la pantalla lcd 2 tiempos, el primero continua siendo el tiempo de cronometro y el segundo el tiempo respecto a este ultimo en el cual el corredor atravesó la barrera laser del punto de partida:



Registrador de tiempos deportivos

Lista de puertos	4	Conectado	Listar	Conectar	Desconectar	Enviar					
Mensaje envío	ON	Mensaje recibido	:1:5,8%1 %2	tiempo	corredor	manga					
				00:01:05,80	1	2					
Tiempos											
Numero	Nombre	Sexo	Modo de carrera	Tipo de bici	Categoria	1er Manga			2da manga		mejor tiempo
						largada	llegada	tiempo	largada	llegada	
1	German Sanchez	HOMBRE	DH	DOBLE	D - ELITE	00:00:32,20	00:01:05,80	00:00:33,60			
								00:00:00,00			
								00:00:00,00			
								00:00:00,00			

Como puede observarse en este caso simulado el tiempo en pista seria de 33 segundos con 60 milesimas de segundo.

6.1.3.7 Paso 7: repeticion

El proceso anterior de los pasos 1 al 8 podra repetirse 2 veces por cada corredor completandose en la planilla del software automaticamente 1ra y segunda manga obteniendo asi el mejor tiempo entre ellas automaticamente.

Lista de puertos	4	Desconectado	Listar	Conectar	Desconectar	Enviar						
Mensaje envío	ON	Mensaje recibido	0:00	tiempo	corredor	manga						
				00:00:00,00	0	0						
Tiempos												
Numero	Nombre	Sexo	Modo de carrera	Tipo de bici	Categoria	1er Manga			2da manga		mejor tiempo	
						largada	llegada	tiempo	largada	llegada		tiempo
1	German Sanchez	HOMBRE	DH	DOBLE	D - ELITE	00:00:32,20	00:01:05,80	00:00:33,60	00:30:25,15	00:31:35,00	00:01:09,85	00:00:33,60
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				
								00:00:00,00				

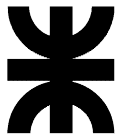
6.1.4

Descripción de tecnologías implementadas

6.1.4.1 ESP 32

ESP32 es creado por Espressif Systems una empresa china con sede en Shanghai, y es fabricado por TSMC utilizando su proceso de 40 nm. Es un sucesor del microcontrolador ESP8266. Con una serie de SoC (System on a Chip) y módulos que son de bajo costo con bajo consumo de energía. La serie ESP32 emplea un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 en variaciones de doble núcleo y de un solo núcleo, un microprocesador de doble núcleo Xtensa LX7 o un microprocesador RISC-V de un solo núcleo e incluye interruptores de antena incorporados, balun de RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción de bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía.

En este proyecto se usó el microcontrolador Nodemcu -32s, es una placa de desarrollo, programable en el entorno de Arduino (con raíces de lenguaje C). Es una placa cuya finalidad es dar soporte físico (alimentación, puertos, acceso a terminales RX, Tx, etc) al microcontrolador ESP 8266.



El manejo es igual que la anterior, el corazón de este módulo es el SOC 8266 (system on chip) este chip dispone en su interior del microcontrolador Tensilica L106, el soc8266 no tiene memoria flash interna por lo que hay que proveerle una memoria flash externa esta es incluida en el módulo ESP-12f del fabricante Espressif.

En el origen de este módulo fue diseñado para ser programado con el lenguaje LUA, más tarde se incorporaron otros lenguajes como C, microphython etc, pero la gran noticia es que después de varios años se ha conseguido poder integrar y programar este módulo con el IDE de Arduino usando el lenguaje processing-wiring, este último es el utilizado para el proyecto.

Esto nos ahorra tener que aprender otro lenguaje que por otra parte no es muy usado.

Pues bien este módulo se inserta en una placa de desarrollo para que sea más fácil de usar en la que se dispone ya unos pines de conexión para poder usarla en protoboard. De este modo fue siendo montado el proyecto conforme avanzaba su construcción.

A esta placa nodemcu v3 con el módulo ESP 12f se le pone un chip CH340G que convierte el bus USB a serie, lo que nos facilita bastante la alimentación y la programación de la placa mediante un puerto micro-usb hembra que conectaremos al puerto usb del ordenador mediante un cable.

Además esta placa de desarrollo cuenta con reguladores de tensión de 5v a 3,3v. Una cosa importante a tener en cuenta del Nodemcu v3 es que aunque la alimentación es de 5v los puertos GPIO (puerto de entrada/salida de propósito general) son a 3,3v.



Especificaciones:

- Voltaje de Alimentación: 5V (USB)
- Voltaje de Entrada / Salida: 3.3V
- SoC: ESP32
- CPU principal: Tensilica Xtensa 32-bit LX6
- Frecuencia de Reloj: hasta 240Mhz
- Desempeño: Hasta 600 DMIPS
- WiFi: 802.11 b/g/n/e/i
- Bluetooth:v4.2 BR/EDR y Bluetooth Low Energy (BLE)
- Pines Digitales GPIO: 24 (Algunos pines solo como entrada)
- Conversor Analcohólico Digital
- UART: 2
- Chip USB-Serial: CP2102
- Antena en PCB
- 38 PINES
- DIMENSIONES: 48 x 25,5 mm (Largo y Ancho)

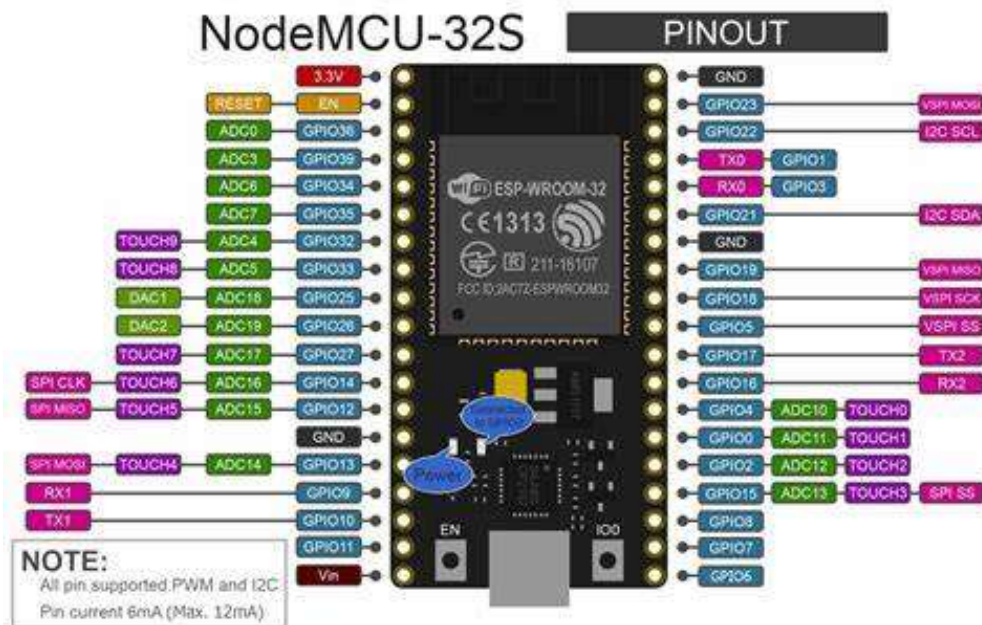
Seguridad:

- Estándares IEEE 802.11: WFA, WPA/WPA2 y WAPI
- 1024-bit OTP
- Aceleración criptográfica por hardware: AES, HASH (SHA-2), RSA, ECC, RNG

Memorias:

- 448 KByte ROM
 - 520 KByte SRAM
 - 16 KByte SRAM in RTC
- QSPI Flash/SRAM, 4 MBytes

El pinout de la placa es el siguiente:

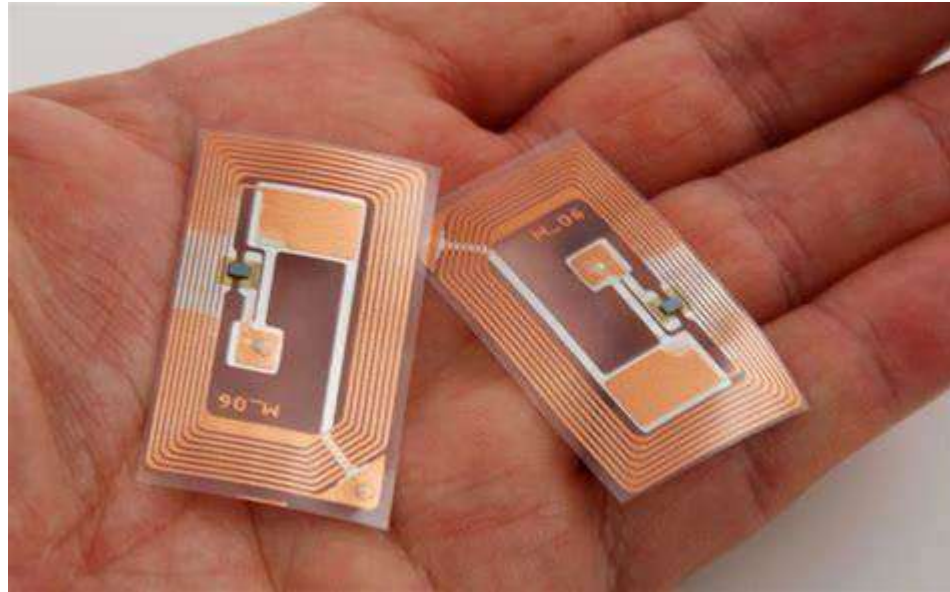
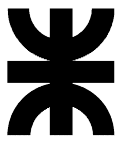


Esta placa de desarrollo es el corazón del proyecto, el mismo consta con 2 de estos dispositivos montados uno en el módulo de largada y otro en el de largada. Dentro de los mismos se encuentra un código específico desarrollado según su función (largada o llegada), este mismo código también hace de conexión se software entre las otras funciones del dispositivo como lo son los sensores, RFID, transceptores.

6.1.4.2 RFID

RFID o identificación por radiofrecuencia (del inglés Radio Frequency Identification) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (automatic identification, o identificación automática).

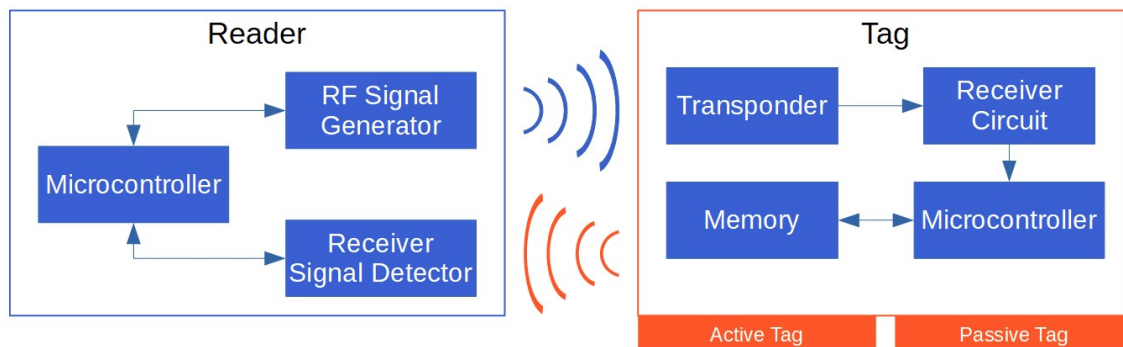
Las etiquetas RFID (RFID tag en inglés) son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas sí lo requieren. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.



En la actualidad la tecnología más extendida para la identificación de objetos es la de los códigos de barras. Sin embargo, estos presentan algunas desventajas: debe haber visión directa entre código y lector, escasa cantidad de datos que pueden almacenar y la imposibilidad de ser reprogramados. La idea, mejorada, constituyó el origen de la tecnología RFID: consistía en usar chips de silicio que pudieran transferir los datos que almacenaban al lector sin contacto físico (a corta distancia), de forma equivalente a los lectores de infrarrojos utilizados para leer los códigos de barras. Además, no es necesaria visión directa, es decir, el código es leído aun dentro de un empaque o bolsa lo que permite la lectura de muchos al mismo tiempo y no uno a uno como en otras tecnologías.

6.1.4.2.1 Componentes en un sistema RFID con microcontrolador

En una configuración RFID general, hay un lector RFID y una etiqueta (transpondedor) que deben identificarse. La siguiente imagen muestra los componentes individuales en detalle.



El lector consta de tres partes. El generador de señales de radiofrecuencia genera el campo electromagnético a través de una bobina que se envía a las etiquetas de potencia. También hay un receptor de señal y un detector para leer la respuesta de la etiqueta. El microcontrolador es la cabeza del lector y controla otros componentes y procesa la información.



La etiqueta tiene un transductor que recibe ondas de radio del lector y también envía datos al lector. El circuito del receptor almacena energía en la etiqueta para alimentar el microcontrolador. El propio microcontrolador está conectado a una memoria donde se almacena la información que se puede transmitir al lector.

Hay dos tipos básicos de sistemas RFID:

1. Sistema pasivo donde las etiquetas no tienen fuente de alimentación interna y por lo tanto son alimentadas por el lector RFID por ondas de radio.
2. Sistema activo en el que las etiquetas funcionan con baterías y se pueden leer a una distancia mayor de hasta cientos de metros.

En este proyecto se utilizan un sistema pasivo, la etiqueta no tiene fuente de alimentación interna y por lo tanto debe ser alimentada por el lector. El lector envía un campo electromagnético a través de una bobina de antena. Este campo electromagnético se recibe de la bobina del transductor de la etiqueta y crea un voltaje de inducción que sirve como fuente de alimentación para el microchip de la etiqueta y se almacena dentro del circuito del receptor.

6.1.4.2.2 Transmisión de datos para un sistema RFID

Una vez que la etiqueta es alimentada por el voltaje de inducción del lector RFID, la etiqueta envía datos al lector mediante manipulación de carga. La carga se activa y desactiva en la etiqueta. Debido a que el lector y la etiqueta están acoplados inductivamente, un cambio en la carga en la etiqueta da como resultado un cambio en el consumo de energía de la antena del lector. Este cambio en el consumo está representado por una caída de tensión y se interpreta como 1 y 0.

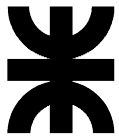
Otro enfoque para la transmisión de datos es la transmisión de datos mediante acoplamiento retrodispersado. La etiqueta crea un segundo campo electromagnético con energía a través del primer campo. Este segundo campo es recibido por el lector y, a través de cambios en el segundo campo electromagnético, se transmiten los datos.

Normalmente, los primeros datos transmitidos desde la etiqueta al lector son el UID y el tipo de PICC que identifica la etiqueta.

- UID: el UID es el identificador único de la etiqueta, por ejemplo: «BD 31 15 2B». El UID se almacena en el primer bloque de memoria de baliza y es de solo lectura. Por lo tanto, el identificador no se puede cambiar.
- PICC: abreviatura de tarjeta de circuito integrado de proximidad. Este es el tipo de etiqueta, como si este auto fuera un Ford. Por ejemplo, una etiqueta RFID de uso frecuente para microcontroladores Arduino o ESP8266 es MIFARE 1KB, la cual también se utiliza en este proyecto.

6.1.4.2.3 Bandas de frecuencia RFID

En general, existen diferentes bandas de frecuencia en las que puede operar la aplicación RFID. La siguiente tabla muestra las diferentes bandas de frecuencia.



Bandas	Regulaciones	Rango	Velocidad de los datos	Observaciones
120-150 kHz (LF)	No regulado	10 cm	Bajo	Identificación de animales, recogida de datos en fábrica
13,56 MHz (HF)	BandaISM en todo el mundo	10 cm-1 m	Baja a moderada	Tarjetas inteligentes, tarjetas de memoria no compatibles con ISO, tarjetas de microprocesador compatibles con ISO
433 MHz (UHF)	Dispositivos de corto alcance	1-100 m	Moderado	Aplicaciones de defensa, con etiquetas activas
865-868 MHz (Europa) 902-928 MHz (Norteamérica) UHF	BandaISM	1-12 m	Moderada a alta	EAN, varios estándares; utilizada por los ferrocarriles
2450-5800 MHz	BandaISM	1-2 m	Alta	802.11 WLAN, estándares Bluetooth
3,1-10 GHz	Banda ultraancha	Hasta 200 m	Alta	Requiere etiquetas semiactivas o activas

6.1.4.2.4 Modulo RFID utilizado

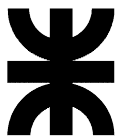


El módulo RC522 se basa en la placa Philips MF522-AN-on y admite una frecuencia RFID de 13,56 MHz, así como los siguientes formatos de etiqueta: S50, S70 Ultralight, Pro, DESFire. El RC522 está conectado al microcontrolador Arduino o ESP8266 a través de SPI, lo que permite una velocidad de transmisión entre el lector y el microcontrolador de hasta 10 Mbit/s.

El consumo de corriente es muy bajo entre 80 μ A y 26 mA:

- Transmisión de datos: 13... 26 mA
- Estado de reposo: 10... 13 mA
- Estado de espera: 80 μ A

La etiqueta es un transpondedor Mifare con 1 KB de memoria que se divide en 16 sectores, cada sector en 4 bloques y cada bloque puede almacenar 2 bytes de datos. Cada sector tiene dos teclas (A / B) a las que se les pueden asignar



derechos para leer y escribir bloques de memoria. El último bloque contiene las claves y los derechos (condiciones de acceso).

6.1.4.3 Transceptor LoRa

6.1.4.3.1 ¿Qué es LoRa?

Uno de los aspectos de las soluciones IoT es evidentemente la conectividad. En zonas donde existe una amplia gama de opciones para conectarse a Internet, los requerimientos de energía y alcance de la red, tal vez no sean un problema.

Sin embargo, donde la cobertura de comunicaciones es escasa o incluso inexistente y donde no siempre hay acceso a la energía eléctrica, las tecnologías que pueden ayudar a sobrellevar estas carencias son bienvenidas.

En este sentido, la tecnología LoRa soluciona tanto el alcance de la red, como la falta de energía eléctrica. Es que LoRa permite comunicar dispositivos hasta 30 kms en campo abierto, con un mínimo consumo de energía en los nodos remotos.

LoRa es una tecnología de modulación del tipo spread spectrum (spectro ensanchado). Esto le permite tolerar ruido, caminos múltiples de señal y el efecto Doppler, mientras mantiene muy bajo el consumo de energía. El costo de lograr esto es el ancho de banda, que es muy bajo comparado con otras tecnologías inalámbricas.

Sin embargo, esto no es un problema cuando hablamos de sensores que envían solo algunos bytes de información en ventanas de tiempo que van de segundos a minutos, que es el caso general de los sensores que se utilizan para aplicaciones de IoT.

El bajo consumo de energía, con el diseño y la configuración adecuada, puede hacer que un sensor se alimente de una batería tipo botón por varios años (casos típicos hablan de 3 a 5 años). Claro que la duración de la carga de la batería dependerá de muchos factores, como la ventana de tiempo en que el dispositivo está en reposo (o activo), el hardware involucrado y la temperatura de operación, entre otros.

La tecnología LoRa está adquiriendo mucho impulso en su uso a través de LoRaWAN, que es un estándar de control de acceso al medio. Mediante esta especificación, es posible gestionar la comunicación de dispositivos inalámbricos que utilizan distintas tecnologías en la capa física, entre una de ellas LoRa. Es importante diferenciar ambas tecnologías, ya que LoRa habla de la capa física (capa 1 del modelo OSI), es decir, el tipo de modulación, el ancho de banda, la frecuencia, etc; mientras que LoRaWAN establece la manera en que se realizarán las comunicaciones (correspondería a las capas 2 y 3 del modelo OSI). En este proyecto se utiliza LoRa.

6.1.4.3.2 Espectro ensanchado

Para comprender más el funcionamiento de LoRa se debe entender cómo funciona, por ello es necesario explicar el funcionamiento de la técnica de comunicaciones “espectro ensanchado”.



El espectro ensanchado es una técnica de modulación empleada en telecomunicaciones para la transmisión de datos digitales y por radiofrecuencia.

El fundamento básico es el "ensanchamiento" de la señal a transmitir a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias, mucho más amplia, de hecho, que el ancho de banda mínimo requerido para transmitir la información que se quiere enviar. No se puede decir que las comunicaciones mediante espectro ensanchado son medios eficientes de utilización del ancho de banda. Sin embargo, rinden al máximo cuando se los combina con sistemas existentes que hacen uso de la frecuencia. La señal de espectro ensanchado, una vez ensanchada puede coexistir con señales en banda estrecha, ya que sólo les aportan un pequeño incremento en el ruido. En lo que se refiere al receptor de espectro ensanchado, él no ve las señales de banda estrecha, ya que está escuchando un ancho de banda mucho más amplio gracias a una secuencia de código preestablecido.

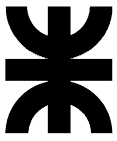
La traducción del inglés spread spectrum se hace con distintos adjetivos según las fuentes; pueden emplearse indistintamente espectro ensanchado, expandido, desparramado, difuso o disperso para referirse en todos los casos al mismo concepto.

Podemos concluir diciendo que todos los sistemas de espectro ensanchado satisfacen dos criterios:

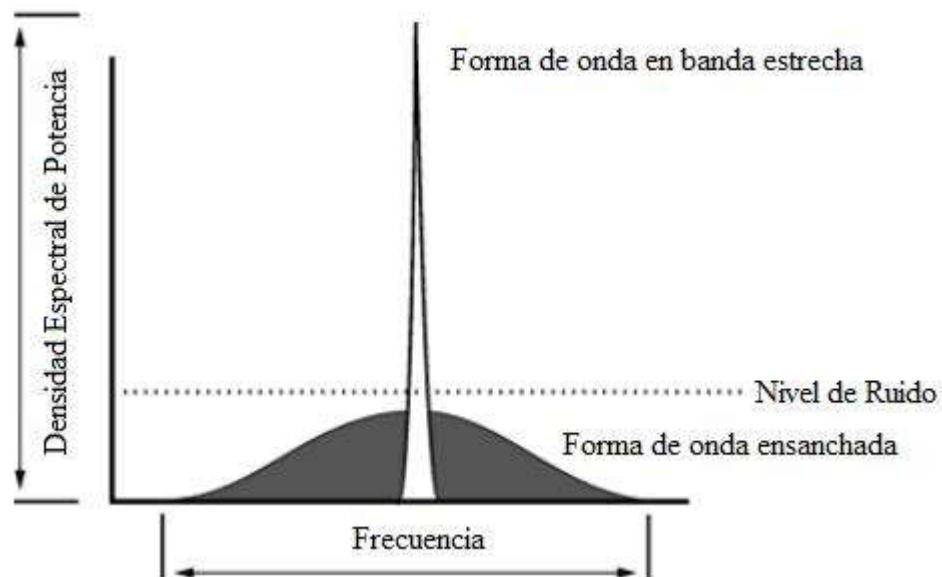
- El ancho de banda de la señal que se va a transmitir es mucho mayor que el ancho de banda de la señal original.
- El ancho de banda transmitido se determina mediante alguna función independiente del mensaje y conocida por el receptor.

Los diseñadores de sistemas de comunicación se interesan a menudo en la eficiencia con la que los sistemas utilizan la energía y el ancho de banda de la señal. En muchos sistemas de comunicación estos son los asuntos más importantes. Sin embargo, en algunos casos existen situaciones en las que es necesario que el sistema resista a las interferencias externas, opere con baja densidad espectral de energía, proporcione capacidad de acceso múltiple sin control externo y un canal seguro e inaccesible para oyentes no autorizados. Por todo esto, a veces es necesario y conveniente sacrificar algo de la eficiencia del sistema. Las técnicas de modulación de espectro ensanchado permiten cumplir tales objetivos.

Inicialmente, las técnicas de espectro ensanchado se desarrollaron para propósitos militares y sus implementaciones eran extremadamente caras. Sólo los nuevos avances tecnológicos tales como el VLSI (very large-scale integration, es decir, el proceso de colocar miles, o cientos de miles de componentes electrónicos en un solo chip) y las técnicas de procesamiento de señal avanzadas hicieron posible desarrollar un equipamiento de espectro ensanchado menos caro para uso civil. Las aplicaciones de esta tecnología incluyen teléfonos móviles, transmisión de datos sin cable y comunicaciones por satélite.



En la imagen se puede observar un ejemplo de cómo se realiza el ensanchamiento de la señal. La señal de dato $d(t)$ se mezcla con la señal pseudoaleatoria $g(t)$ formando $m(t) = d(t) \cdot g(t)$ la cual es la señal enviada. En la recepción al conocer esta la secuencia pseudoaleatoria $g(t)$ y mezclarla con el mensaje de llegada $m(t)$, puede decodificar la información, obteniendo así la señal original.



En esta última grafica se puede observar cómo queda repartida la densidad espectral de potencia en función de la frecuencia. Se observa que la nueva señal queda por debajo del nivel de ruido, por ello nadie más podrá decodificar el



mensaje a menos que conozca la secuencia pseudoaleatoria. Esto da lugar a múltiples canales usando múltiples secuencias.

6.1.4.3.3 Comparativa con modulación de frecuencia

Para poder captar un programa radial hay que sintonizar con un emisor que está en una determinada frecuencia. Emisores diferentes están en diferentes frecuencias. Cada emisor ocupa un pequeño trozo de la banda emisora dentro de la cual se concentra la potencia de emisión irradiada. Ese trocito, también llamado ancho de banda, tiene que ser lo suficientemente grande como para que los emisores cercanos no sean interferidos. A medida que el ancho de banda es más estrecho, pueden funcionar más emisores en una banda de frecuencia.

Un ejemplo: la banda emisora FM cubre la zona de frecuencia de 88-108 MHz. Si el ancho de banda de un emisor es 1 MHz, entonces pueden caber $(108-88)/1 = 20$ emisores en la banda emisora FM. Si el ancho de banda de un emisor es 0,2 MHz (= 200 kHz), entonces pueden caber $(108-88)/0,2 = 100$ emisores en la banda emisora FM.

Si ahora, por ejemplo, quisiéramos colocar 200 emisores en la banda emisora FM, eso sólo se podría si el ancho de banda de cada emisor disminuyera hasta 100 kHz. Sin embargo, esto ocasiona problemas porque las emisiones FM cuentan con un ancho de banda de 200 kHz, por lo que un menor ancho de banda produce una menor transmisión de información (la calidad obtenida en recepción disminuiría). Este principio no es sólo válido para la banda emisora FM, sino también para otras bandas de frecuencia como la banda emisora AM, bandas de radioaficionados, bandas de la policía, etc.

La radio-receptora se puede sintonizar siempre en una frecuencia. Esa frecuencia es retransmitida por el emisor con un ancho de banda lo menor posible, pero lo suficientemente grande como para transmitir la información deseada. Este tipo de receptores se llama receptores de banda estrecha.

Por el contrario, en espectro ensanchado no se elige por un ancho de banda lo más pequeño posible, sino justamente, por lo contrario. El ancho de banda es mayor de lo que se necesita estrictamente para la transmisión de la información. Este mayor ancho de banda puede obtenerse de dos maneras. La primera es codificar la información con una señal pseudoaleatoria. La información codificada se transmite en la frecuencia en que funciona el emisor para lo cual se utiliza un ancho de banda mucho mayor que la que se usa sin codificación (secuencia directa). La segunda posibilidad es codificar la frecuencia de trabajo con una señal pseudoaleatoria, por lo que la frecuencia de trabajo cambia permanentemente. En cada frecuencia se envía un trocito de información (técnica conocida como salto en frecuencia).

Esta difusión a través del espectro ensanchado puede ser tan grande que un receptor-radio de banda estrecha sólo capta ruido añadido. Para poder captar la señal dispersa se necesita receptores con ancho de banda especial que transformen el zumbido recibido en información. Este receptor de banda ancha tiene que disponer del decodificador apropiado para transformar la señal del emisor en información.



De lo anterior se puede deducir en forma sencilla porqué los militares están tan interesados en esta técnica. A eso se agrega que es difícil interferir un emisor de este tipo. ¡Si se interfiere toda la banda de frecuencia, se vuelve imposible cualquier radiocomunicación! Determinados emisores de escuchas hacen uso también del principio Spread Spectrum. Las ondas de radio están sumergidas en el zumbido (ruido de fondo), en el Spread Spectrum, por lo cual el emisor no es fácil de descubrir con la ayuda de los aparatos de detección corrientes.

La expectativa general es que comercialmente se vaya a ir haciendo cada vez más uso de Spread Spectrum para la transmisión de datos. A causa de que la potencia de emisión se difunde sobre una banda ancha, puede ser usada por encima de bandas de frecuencia existentes, sin interferir la recepción de banda estrecha. Por eso es posible admitir más usuarios en una banda de frecuencia. Otra ventaja es la seguridad de la comunicación. Al fin y al cabo, la información se envía cifrada. En un sistema RLAN con 100 usuarios que utilizan Spread Spectrum es suficiente con 1 frecuencia emisora y 100 señales-codificadoras diferentes. La información se codifica, entonces, directamente.

6.1.4.3.4 Sistemas de frecuencia modulada pulsada o Chirping

Se trata de una técnica de modulación en espectro ensanchado menos común que las anteriores, en la que se emplea un pulso que barre todas las frecuencias, llamado chirp, para expandir la señal espectral. El chirping, como también es conocido, solía usarse más en aplicaciones con radares que en la comunicación de datos, pero hace pocos años comenzó a usarse para esto último con las redes LoRa.

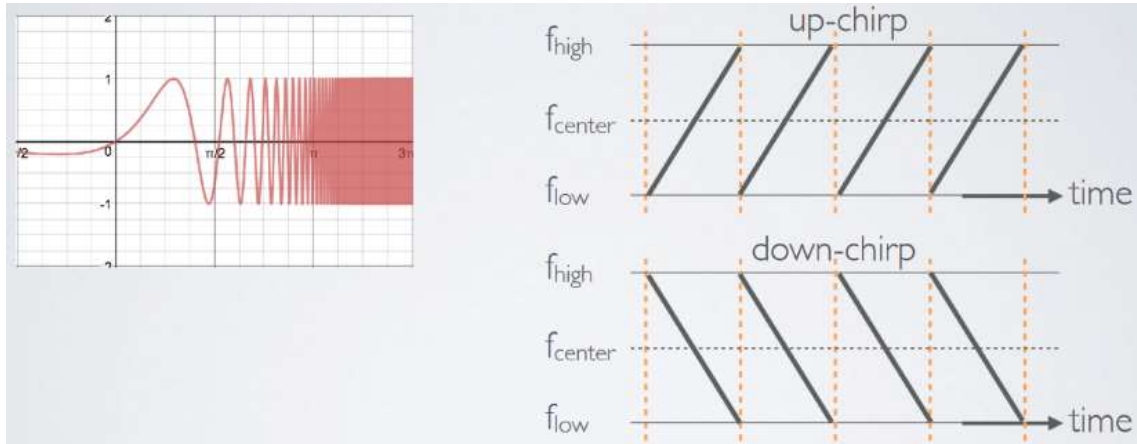
LoRa es un esquema de modulación de espectro ensanchado patentado que se basa en la modulación Chirp Spread Spectrum (CSS), que permite la comunicación de datos de largo alcance. CSS es una técnica de espectro ensanchado que utiliza pulsos de chirp modulados en frecuencia lineal de banda ancha para codificar la información. LoRa funciona perfectamente en el entorno duro y denso cuando se maneja el ruido del canal, el desvanecimiento de múltiples rutas y el efecto Doppler, incluso a baja potencia. En resumen, la modulación LoRa es resistente a diversas interferencias.

- Las técnicas de espectro ensanchado son métodos mediante los cuales una señal se distribuye deliberadamente en el dominio de la frecuencia. Por ejemplo, una señal se transmite en ráfagas cortas, “saltando” entre frecuencias en secuencias pseudoaleatorias.
- Un chirrido, a menudo llamado señal de barrido, cuya frecuencia cambia a una velocidad fija, tal vez constante o exponencial.
- Chirrido ascendente: es de la frecuencia más baja a la más alta. Cuando se alcanza la frecuencia máxima, vuelve a su frecuencia más baja y el proceso comienza de nuevo.
- Chirrido hacia abajo: comienza con su frecuencia más alta y las frecuencias disminuyen con el tiempo. Cuando se alcanza la frecuencia más baja, vuelve a saltar a su frecuencia más alta y el proceso comienza de nuevo.

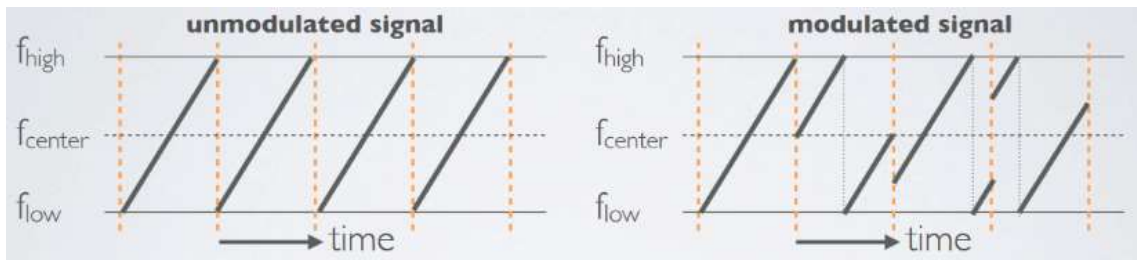


Registrador de tiempos deportivos

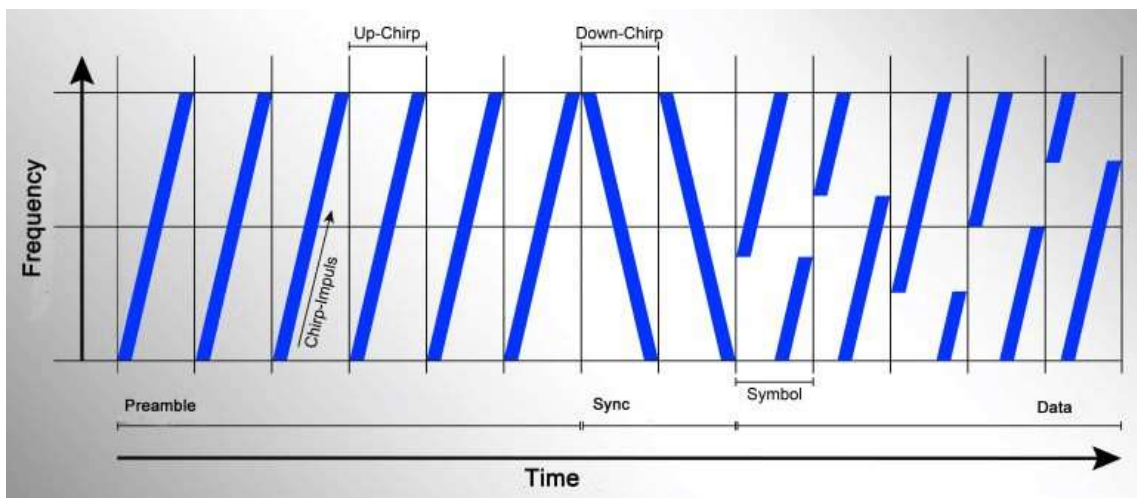
Los llamados pulsos de chirrido se envían como símbolos, que aumentan o disminuyen la frecuencia de LoRa de forma continua a lo largo del tiempo. A continuación, la transmisión de datos se realiza mediante la secuencia secuencial de estos pulsos de chirrido.



Espectro extendido de chirrido



Señales no moduladas vs moduladas



Ejemplo de modulación LoRa

Cuando se procesa un mensaje LoRa, se transmite el preámbulo largo de "chirrido constante" para lograr la detección de la señal LoRa. 6 chirridos ascendentes enviados como símbolos de preámbulo, por ejemplo.

Una vez que el módem LoRa se ha "bloqueado" en la señal de preámbulo, el final del preámbulo es seguido por el "chirrido inverso". Se siguieron 2 chirridos descendentes para la sincronización de tiempo.



Entonces comienza la transmisión de datos, que tiene una serie de “señales moduladas”, que se parece al “salto-chirrido”. Saltar en la frecuencia representa los datos, las cargas útiles.

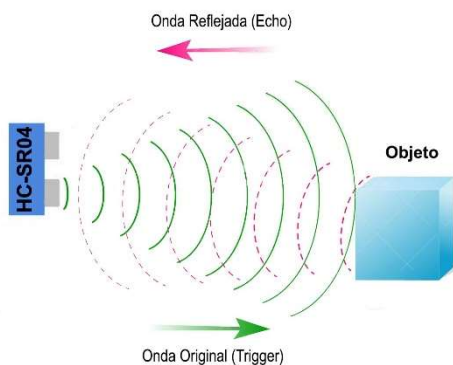
6.1.4.4 Sensores

Los sensores son cruciales en el buen funcionamiento del sistema. Estos deben actuar en el menor tiempo posible y tener una obturación lo más pequeña posible para así detectar al corredor siempre que pase por un punto en particular.

Se pensaron 3 opciones:

1. Sensor de ultrasonido: este fue una salida rápida al problema del paso de corredores por el mismo ya que son bastante rápidos y de sencilla implementación.

Se dispondría de la siguiente forma: el sensor se ubicaría en el punto de pasaje del corredor (largada y llegada) y enfrenteado al mismo se dispondría de un objeto el cual haga de reflejo a la onda de ultra sonido, tal objeto sería dispuesto a una distancia de 2mts del emisor-receptor ultrasónico. De esta forma al atravesar algo por en medio del emisor-receptor y el objeto de reflejo, cambiará la lectura del sensor denotando así el paso del corredor. El problema con estos fue la obturación ya que se ensancha contra más lejos está el objeto en el cual la onda es reflejada.



De esta manera dependiendo de la posición por la que pase el corredor por el sensor dentro de la barrera es donde tomará la captura del tiempo. El resultado de esto sería capturas de tiempo aleatorias en función de la posición del corredor respecto al transmisor receptor. Por este motivo se tuvo que barajar otras opciones.

2. Lámpara de gran potencia con fotorresistor (LDR): este método se barajó con el fin de mitigar los defectos del anterior. Se crearía un embudo de luz en el receptor fotorresistor tal que, al cambiar la resistencia del mismo al obstruirse la luz, se dispare un pulso al controlador de tiempos dando así el tiempo de pasaje del corredor por el sensor. El problema de este método es la potencia consumida por la lámpara además de tener una pequeña influencia con la luz solar.
3. Láser: este fue el método utilizado. Se volvió a utilizar un LDR, al cual se le apunta con el láser. El LDR se sitúa dentro del embudo mostrado en la imagen siguiente para que no sea afectado en gran medida por la luz solar. Con este método se obtiene un lugar de paso por el sensor muy concentrado en un punto, dando así un registro de tiempo de excepcional precisión. Otra ventaja del mismo es la distancia ya que con pequeños láser se puede obtener distancias de más de 5mts, con lo cual se obtiene un gran rango de pasaje del corredor para obstruir el láser denotando así el pasaje del mismo y la adquisición del tiempo de pasaje.



Registrador de tiempos deportivos

La desventaja de este método es la dificultad de apuntar con el láser al LDR, cosa que no tenía el método anterior, pero una vez hecho el ajuste de posición del láser se obtiene una gran precisión de toma de tiempos y una baja potencia consumida.

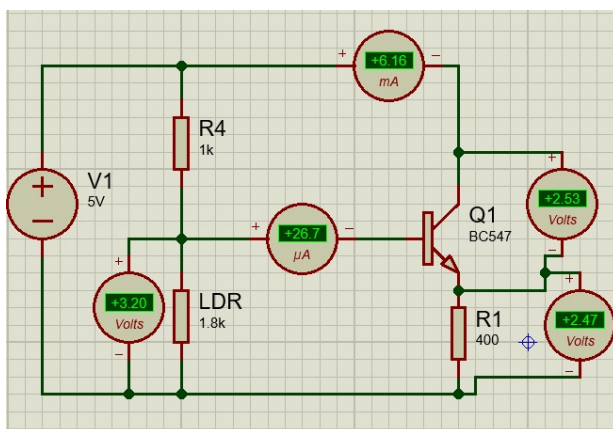


En estas imágenes se puede apreciar tanto el embudo del receptor como el LDR dentro del mismo.

Para realizar este sensor se midió la resistencia del LDR dentro de la carcasa con la luz del sol de frente (10K Ω) lo cual es la peor condición dada la influencia del sol en el dispositivo. Luego se repitió el procedimiento, pero con el láser apuntando al LDR y claramente la resistencia disminuyó considerablemente (1,8K Ω).

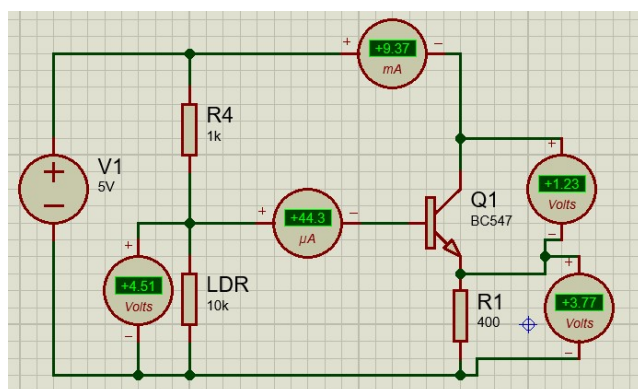
Luego se calculó el circuito para un transistor en corte y saturación tal que cuando el LDR es influenciado por el láser represente un bajo para la entrada del ESP32 y cuando el láser sea obstruido represente un alto en la entrada del microcontrolador.

En las imágenes siguientes se muestra el funcionamiento del circuito con los valores calculados:



LDR afectado por el láser:

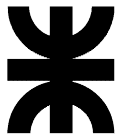
Como se aprecia en la imagen la tensión de R1 usada como tensión de salida para el ESP32 es de 2,47 lo cual no alcanza a dar una entrada en alto ya que estas se activan a partir de los 3,3V



LDR sin la influencia del láser (paso del corredor):

La tensión en la resistencia de salida R1 es de 3,77 V > 3,33V dando así una entrada en alto al microcontrolador.

Las imágenes a continuación



muestran la implementación del receptor y el emisor:



El receptor tiene 2 borneras BNC las cuales una es de entrada de alimentación que proviene del módulo de procesamiento y la otra es de "DATO" el cual da el pulso al módulo de procesamiento cuando atraviesa un corredor la barrera laser.

El emisor es alimentado con una batería 18650 de 6500mAh.

6.1.4.5 Bus SPI

El bus SPI es una de las principales formas de comunicación disponibles en Arduino. Tiene interés como medio de comunicación porque una gran variedad de sensores y dispositivos comerciales disponen de un interfaz SPI como medio de comunicación.

El bus SPI (Serial Peripheral Interface) fue desarrollado por Motorola en 1980. Sus ventajas respecto a otros sistemas han hecho que se convierta en un standard en el mundo de la electrónica y automatización.

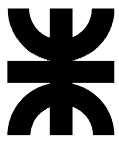
El bus SPI tiene una arquitectura de tipo maestro-esclavo. El dispositivo maestro (master) puede iniciar la comunicación con uno o varios dispositivos esclavos (slave), y enviar o recibir datos de ellos. Los dispositivos esclavos no pueden iniciar la comunicación, ni intercambiar datos entre ellos directamente. En este caso el dispositivo maestro será el ESP 32 y los esclavos los módulos RFID y LoRa los cuales utilizan para su funcionamiento este bus.

En el bus SPI la comunicación de datos entre maestros y esclavo se realiza en dos líneas independientes, una del maestro a los esclavos, y otra de los esclavos al maestro. Por tanto, la comunicación es Full Duplex, es decir, el maestro puede enviar y recibir datos simultáneamente.

Otra característica de SPI es que es bus síncrono. El dispositivo maestro proporciona una señal de reloj, que mantiene a todos los dispositivos sincronizados. Esto reduce la complejidad del sistema frente a los sistemas asíncronos.

Por tanto, el bus SPI requiere un mínimo de 3 líneas.





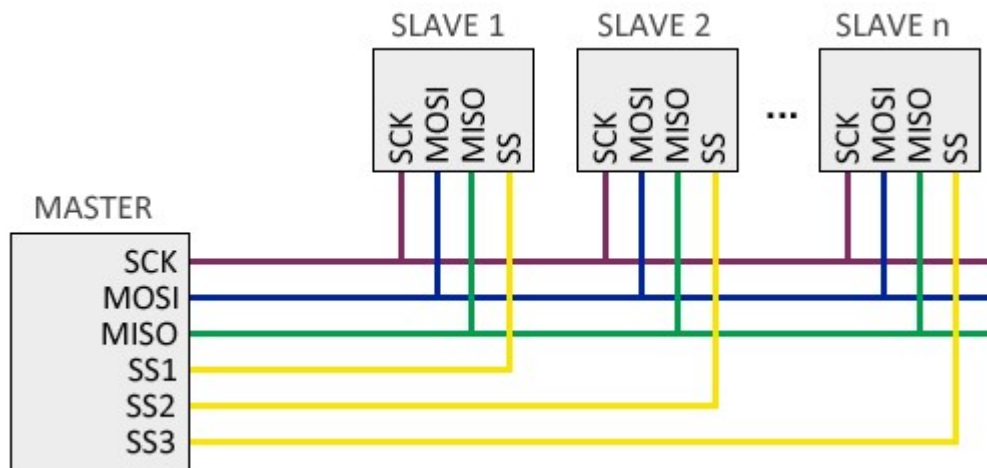
Registrador de tiempos deportivos

MOSI (Master-out, slave-in) para la comunicación del maestro al esclavo.

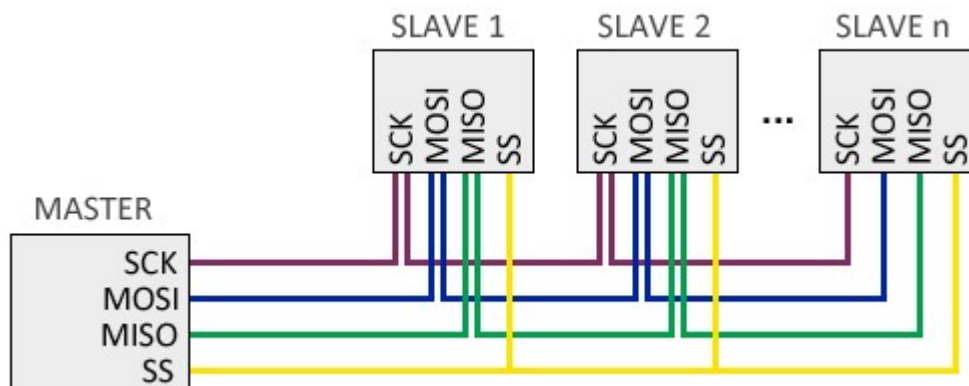
MISO (Master-in, slave-out) para comunicación del esclavo al maestro.

SCK (Clock) señal de reloj enviada por el maestro.

Además, se requiere una línea adicional SS (Slave Select) para cada dispositivo esclavo conectado, para seleccionar el dispositivo con el que se va a realizar la comunicación.



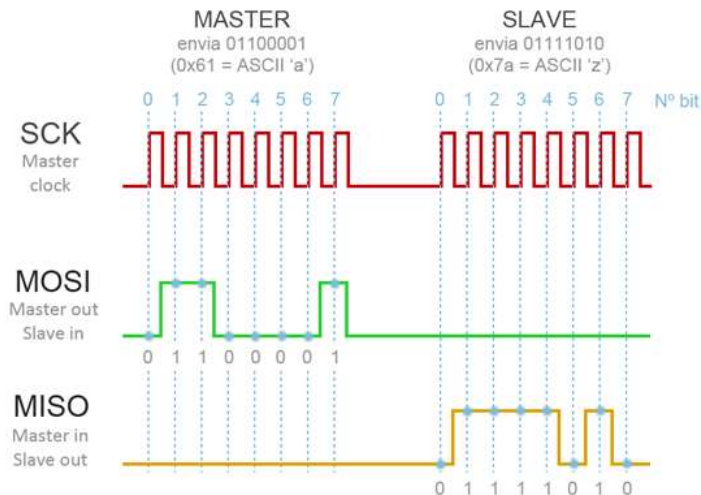
Sin embargo, esto tiene la desventaja de requerir una línea por cada dispositivo esclavo. En caso de disponer muchos dispositivos esclavos esto puede no ser práctico, por lo que es posible adoptar una conexión en cascada, donde cada esclavo transmite datos al siguiente.



Por contra, en esta configuración la información debe llegar a todos los esclavos para que la comunicación sea finalizada por lo que, en general, la velocidad de respuesta del bus es menor.



6.1.4.5.1 Funcionamiento del bus SPI



Por defecto el maestro mantiene en estado HIGH todas las líneas SS. Cuando el maestro quiere establecer comunicación con esclavo pone a LOW la línea SS correspondiente, lo que indica al esclavo que debe iniciar la comunicación.

En cada pulso de la señal de reloj, normalmente en el flanco de subida, el dispositivo maestro envía un bit del esclavo y a la vez que recibe un bit del esclavo seleccionado.

La trama (los datos enviados) no sigue ninguna regla, es decir, podemos enviar cualquier secuencia arbitraria de bits. Esto hace que los dispositivos conectados necesiten tener pre-acordado la longitud y significado de los que van a enviar y recibir.

La electrónica requerida para implementar el bus SPI es sencilla y barata, incluso un único registro de desplazamiento puede ser suficiente. Además, como la señal de reloj es proporcionada por el maestro, los esclavos ni siquiera necesitan disponer de un reloj propio.

6.1.4.5.2 SOFTWARE

Para usar el puerto SPI en Arduino el IDE Standard proporciona la librería "SPI.h" que contiene las funciones necesarias para controlar el hardware integrado de SPI.

Asimismo, en el entorno de programación de Arduino se deben definir las constantes SCK, MOSI, MISO, y SS para los pines de SPI.

6.1.4.5.3 Periféricos ESP32 SPI

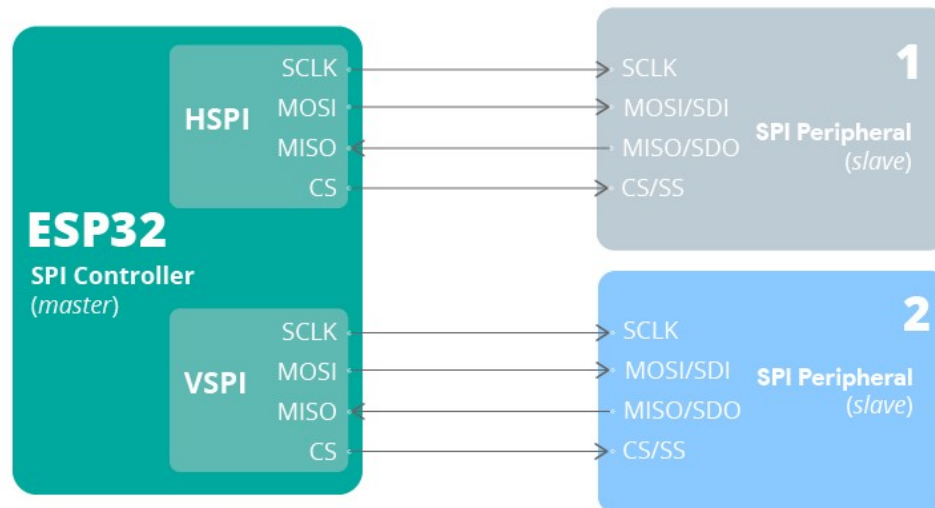
El ESP32 integra 4 periféricos SPI: SPI0, SPI1, SPI2 (comúnmente conocido como HSPI) y SPI3 (comúnmente conocido como VSPI).

SP0 y SP1 se utilizan internamente para comunicarse con la memoria flash integrada, y no debe utilizarlos para otras tareas.

Puede utilizar HSPI y VSPI para comunicarse con otros dispositivos. HSPI y VSPI tienen señales de bus independientes, y cada bus puede conducir hasta tres



esclavos SPI. En este proyecto se utilizó el bus HSPI para el dispositivo RFID y el bus VSPI para el dispositivo LoRa.



6.1.4.6 Protocolo I2C

En el proceso de establecer una conexión entre múltiples dispositivos en un microcontrolador, la línea de datos y dirección de cada dispositivo ocuparía pines importantes en el microcontrolador, lo que conduce a más rastros en la placa PCB y también requiere más componentes, lo que resulta en un incremento de los costos del sistema e incluso son fácilmente subjetivos al ruido y la intrusión. Por lo tanto, para mantenerse alejado de esta complicación, Philips introdujo los buses IC que también se llamaron I2C en el año de la década de 1980. Recientemente, es un protocolo ampliamente utilizado para la comunicación a corta distancia y el mismo es aplicado en la comunicación del ESP32 con la pantalla lcd.

I2C son las siglas de Inter-Integrated Circuit. También se conoce como interfaz de dos cables (TWI). Este es un tipo de bus de comunicación que está diseñado y desarrollado principalmente para establecer la comunicación entre chips.

Este protocolo es una conexión de interfaz de bus que está integrada en varios dispositivos para configurar conexiones serie. I2C se considera el protocolo de comunicación de chip a chip más prominente, ya que contiene las características de UART y SPI.

6.1.4.6.1 Principio de funcionamiento del protocolo I2C

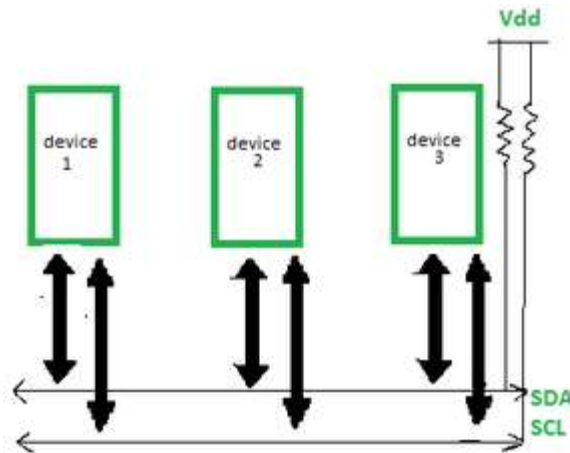
El funcionamiento del protocolo de comunicación I2C ocurre a través de líneas de drenaje abiertas que son Serial Data (SDA) y SCL (Serial Clock). Inicialmente, tanto las líneas SDA como SCL se tiran alto y el bus funciona principalmente en dos modos que son Maestro y Esclavo.

Datos serie (SDA) – La transferencia de datos se realiza a través de este pin.

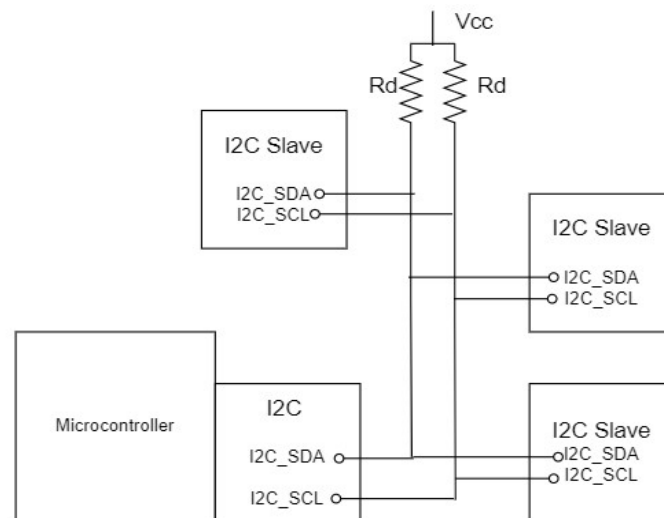
Reloj serie (SCL) – Lleva la señal del reloj.



Cada bit de datos transferido en la línea SDA se sincroniza mediante un pulso alto a bajo de cada reloj en la línea SCL.

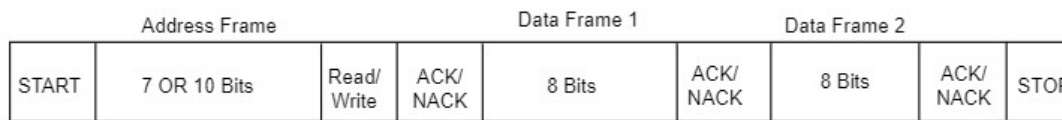


De acuerdo con los protocolos I2C, la línea de datos no puede cambiar cuando la línea de reloj es alta, solo puede cambiar cuando la línea de reloj es baja. Las 2 líneas son de drenaje abierto, por lo tanto, se requiere una resistencia pull-up para que las líneas estén altas ya que los dispositivos en el bus I2C están activos bajos.



Los datos se transmiten en forma de paquetes que comprenden 9 bits. La secuencia de estos bits es:

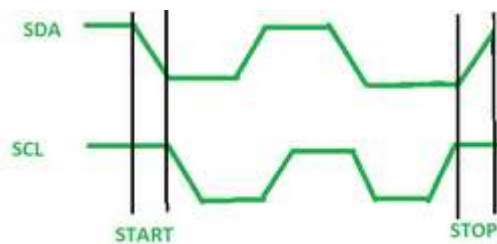
1. Condición de inicio – 1 bit
2. Dirección del esclavo – 8 bits
3. Reconocer – 1 bit



Formato de mensaje en I2C

Condiciones de inicio y parada:

START y STOP se pueden generar manteniendo la línea SCL alta y cambiando el nivel de SDA. Para generar la condición START, el SDA se cambia de alto a bajo mientras se mantiene el SCL alto. Para generar la condición STOP, SDA va de bajo a alto mientras mantiene el SCL alto, como se muestra en la figura a continuación.



Direccionamiento:

La trama de dirección es la primera trama después del bit de inicio. La dirección del esclavo con la que el amo quiere comunicarse es enviada por el amo a cada esclavo conectado con él. El esclavo luego compara su propia dirección con esta dirección y envía ACK.

Este es el fotograma inmediato después del bit de inicio. El bit maestro transfiere la dirección del esclavo con la que tiene que comunicarse a cada esclavo que estaba conectado a él. Luego, el bit esclavo compara su propia dirección con la dirección del esclavo que fue enviado por el maestro. Cuando ambas direcciones coinciden, transmite una señal ACK de bajo voltaje a la señal maestra. Mientras que cuando ambas direcciones no coinciden, el esclavo permanece inactivo y la línea de datos en serie permanece en ALTO.

Lectura/Escritura

Cuando la lectura/escritura indica '1', entonces el maestro está transmitiendo datos al esclavo, mientras que cuando lectura/escritura indica '0', entonces el maestro está recibiendo datos de la señal esclava.

ACK/NACK

El bit de reconocimiento/no reconocimiento es el bit posterior de cada fotograma de un mensaje. Cuando los datos / dirección se transmitieron con éxito, la señal ACK regresa al remitente desde el dispositivo receptor.



Marco de datos

Cuando el maestro detecta el bit ACK desde el esclavo, indica que se puede transferir la primera trama de datos. Esta trama de datos es de 8 bits de longitud. Después de la trama de datos, el bit ACK/NACK detecta la transmisión exitosa de la trama. Una vez que la transmisión fue exitosa, entonces el siguiente marco de datos estará listo para transmitir.

Una vez que se reciben todas las tramas de datos, el maestro envía la señal STOP que indica detener la transmisión.

6.1.4.6.2 Características del protocolo de comunicación I2C

Protocolo de comunicación semidúplex: la comunicación bidireccional es posible, pero no simultáneamente.

- Comunicación síncrona:
los datos se transfieren en forma de marcos o bloques.
 - Se puede configurar en una configuración multimaestro.
 - Estiramiento del reloj:
el reloj se estira cuando el dispositivo esclavo no está listo para aceptar más datos manteniendo la línea SCL baja, lo que deshabilita al maestro para elevar la línea del reloj. El maestro no podrá elevar la línea del reloj porque los cables están Y cableados y esperar hasta que el esclavo libere la línea SCL para mostrar que está lista para transferir el siguiente bit.
 - Arbitraje: el protocolo I2C admite el sistema de bus multimaestro, pero no se puede usar más de un bus simultáneamente. El SDA y el SCL son monitoreados por los maestros. Si el SDA se encuentra alto cuando se suponía que era bajo, se inferirá que otro maestro está activo y, por lo tanto, detiene la transferencia de datos.
 - Transmisión en serie:
I2C utiliza la transmisión en serie para la transmisión de datos.
 - Se utiliza para la comunicación de baja velocidad.
- Ventajas:
- Se puede configurar en modo multimaestro.
 - La complejidad se reduce porque utiliza solo 2 líneas bidireccionales (a diferencia de SPI Communication).
 - Rentable.
 - Utiliza la función ACK / NACK debido a que ha mejorado las capacidades de manejo de errores.
- Limitaciones:
- Velocidad más lenta.
 - La comunicación semidúplex se utiliza en el protocolo de comunicación I2C.



7

7.1 **FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

La financiación del proyecto es propia y el mayor aporte es el capital de trabajo propio.

Se realiza el flujo de caja aproximado para el año.

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
notebook		sueldo	alquiler de módulos	sueldo	alquiler de módulos	sueldo	alquiler de módulos	sueldo	alquiler de módulos	sueldo	alquiler de módulos	mantenimiento notebook
microcontrolador esp 32			gastos de traslados		gastos de traslados		gastos de traslados		gastos de traslados		gastos de traslados	sueldo
modulo rfid			instalacion de equipos		instalacion de equipos		instalacion de equipos		instalacion de equipos		instalacion de equipos	
modulo lora			sueldo		sueldo		sueldo		sueldo		sueldo	
placa de fibra electronica varia							matenimieto notebook					
impresión 3d							sueldo					
pantalla lod 20x4												
bulones												
laser												
trípodes de acero												
cable usb												
estacion de soldado												
herramientas varias												
sueldo												

Correspondiente a tal flujo de caja se tiene los siguientes valores

flujo de capitales correspondiente a la tabla anterior												
enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
-8600	-100000	245000	-100000	245000	-100000	245000	-100000	245000	-100000	245000	-100000	245000
-3000		-3000		-3000		-3000		-3000		-3000		-3000
-3500		-5000		-5000		-5000		-5000		-5000		-5000
-2000		-100000		-100000		-20000		-100000		-100000		-100000
-10000						-100000						
-9200												
-13000												
-1000												
-2000												
-6000												
-500												
-25000												
-100000												
-183800	-100000	137000	-100000	137000	-100000	117000	-100000	137000	-100000	137000	-100000	-120000

Lo que corresponde al alquiler de los módulos es el estimado para que el VAN esté lo más cercano a cero posible dando así el menor gasto de inscripción de corredores por el cual el proyecto es sustentable económicamente.

7.2 **APROXIMACIÓN AL VALOR ACTUAL NETO**

Flujo de caja	0	1	2	3	4	5
Ingresos		\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00
Costos y gastos		-\$ 1.266.000,00	-\$ 1.266.000,00	-\$ 1.266.000,00	-\$ 1.266.000,00	-\$ 1.266.000,00
Amortización bienes de uso		-\$ 28.380,00	-\$ 28.380,00	-\$ 28.380,00	-\$ 28.380,00	-\$ 28.380,00
Utilidad antes de impuestos		\$ 205.620,00	\$ 205.620,00	\$ 205.620,00	\$ 205.620,00	\$ 205.620,00
Impuesto a las ganancias (35%)		-\$ 71.967,00	-\$ 71.967,00	-\$ 71.967,00	-\$ 71.967,00	-\$ 71.967,00
Utilidad después de impuestos		\$ 133.653,00	\$ 133.653,00	\$ 133.653,00	\$ 133.653,00	\$ 133.653,00
Amortización bienes de uso		\$ 28.380,00	\$ 28.380,00	\$ 28.380,00	\$ 28.380,00	\$ 28.380,00
Inversión fija	-\$ 283.800,00					
Inversión de capital de trabajo	-\$ 567.600,00					
Recuperación de capital de trabajo					\$ 567.600,00	
Flujo de caja neto	-\$ 851.400,00	\$ 162.033,00	\$ 162.033,00	\$ 162.033,00	\$ 162.033,00	\$ 729.633,00
VAN		\$ 54.764,19				
TIR		13,99%				

Ahora procederemos a explicar el porqué de estos valores:

En primer lugar, cabe aclarar que estos valores son realizados para que el VAN este lo más cercano posible a cero, de esta forma se llega a la conclusión que el valor de alquiler por cada carrera a cada corredor es de \$5000 teniendo en cuenta 6 alquileres anuales a un promedio de 50 corredores por carrera, este es el



Registrador de tiempos deportivos

mínimo valor por el cual se obtiene un VAN mayor a cero, por ello es el mínimo precio a cobrar por corredor.

- Los ingresos por año son calculados en función de 6 carreras al año con un promedio de inscripción de 50 corredores lo que nos arroja un total de $6 \times 50 \times 5000 = 1500000$ correspondiente al ingreso de cada año en los 5 contemplados.
- En los costos y gastos se contemplan los gastos de traslado \$3000 e instalación \$8000 por carrera, sumado la suma de los sueldos por año (12 sueldos de \$100000) dando un dando un total de $(6 \times (8000 + 3000)) + (12 \times 100000) = 1266000$
- En lo que se refiere a la amortización de bienes de uso se calcula como un 10% de la inversión fija.
- La inversión fija fue calculada con los gastos iniciales para arrancar con el proyecto los cuales son detallados a continuación:

gatos proyecto	precio	cantidad	
microcontrolador esp 32	4300	2	8600
modulo rfid	1500	2	3000
modulo lora	3500	1	3500
placa de fibra	2000	1	2000
electronica varia	10000	1	10000
impresión 3d	9200	1	9200
pantalla lcd 20x4	6500	2	13000
bulones	1000	1	1000
laser	1000	2	2000
tripodes de acero	1500	4	6000
cable usb	500	1	500
estacion de soldado	25000	1	25000
herramientas varias	100000	1	100000
notebook	100000	1	100000
total			283800

- En lo que respecta a la inversión de capital de trabajo, en función al flujo de caja acumulado en el año el máximo déficit acumulado se da en el mes de febrero coincidiendo que hasta ese momento no hay ingresos

flujo de capitales correspondiente a la tabla anterior											
enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
-8600	-100000	250000	-100000	250000	-100000	250000	-100000	250000	-100000	250000	-200000
-3000		-3000		-3000		-3000		-3000		-3000	-100000
-3500		-5000		-5000		-5000		-5000		-5000	
-2000		-100000		-100000		-20000		-100000		-100000	
+10000						-100000					
-9200											
-19000											
-1000											
-2000											
-6000											
-500											
-25000											
-100000											
-183800	-100000	142000	-100000	142000	-100000	122000	-100000	142000	-100000	142000	-120000
-183800	-283800	-141800	-241800	-93800	-193800	-71800	-171800	-39800	-139800	6200	-113800

Se puede observar el déficit acumulado mes a mes en el año (resalte amarillo) y se aprecia que en el acumulado de los 2 primeros meses se da el máximo déficit acumulado (resalte rojo). Para tener un margen de protección se usa 2 veces el déficit máximo $(183800 + 100000) \times 2 = 567600$

Bajo todas estas premisas explicadas anteriormente se observa que para que el VAN de lo mas cercano posible a cero el precio mínimo por corredor es de \$5000 siendo esta la suma necesaria para que el proyecto sea factible económicamente. Por arriba de este valor el proyecto ya es rentable.



7.3 TASA INTERNA DE RETORNO

Flujo de caja	0	1	2	3	4	5
Ingresos		\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00
Costos y gastos		-\$ 1.266.000,00	-\$ 1.266.000,00	-\$ 1.266.000,00	-\$ 1.266.000,00	-\$ 1.266.000,00
Amortización bienes de uso		-\$ 28.380,00	-\$ 28.380,00	-\$ 28.380,00	-\$ 28.380,00	-\$ 28.380,00
Utilidad antes de impuestos		\$ 205.620,00	\$ 205.620,00	\$ 205.620,00	\$ 205.620,00	\$ 205.620,00
Impuesto a las ganancias (35%)		-\$ 71.967,00	-\$ 71.967,00	-\$ 71.967,00	-\$ 71.967,00	-\$ 71.967,00
Utilidad después de impuestos		\$ 133.653,00	\$ 133.653,00	\$ 133.653,00	\$ 133.653,00	\$ 133.653,00
Amortización bienes de uso		\$ 28.380,00	\$ 28.380,00	\$ 28.380,00	\$ 28.380,00	\$ 28.380,00
Inversión fija	-\$ 283.800,00					
Inversión de capital de trabajo	-\$ 567.600,00					
Recuperación de capital de trabajo						\$ 567.600,00
Flujo de caja neto	-\$ 851.400,00	\$ 162.033,00	\$ 162.033,00	\$ 162.033,00	\$ 162.033,00	\$ 729.633,00
VAN	\$ 54.764,19					
TIR	13,99%					

La TIR para el menor VAN es de 13,99% por lo que se espera un beneficio de tal tasa al invertir en este proyecto, tal tasa de beneficio es mayor que la estimada en una inversión en el banco a una tasa del 12%.

7.4 PAYBACK O PLAZO DE RECUPERACIÓN

Periodo de recuperación de la inversión				
	Periodo	Saldo Inversión	Rent. exigida	Recuperación de la inversión
	1	\$ 851.400,00	\$ 102.168,00	\$ 162.033,00
	2	\$ 791.535,00	\$ 94.984,20	\$ 162.033,00
	3	\$ 724.486,20	\$ 86.938,34	\$ 162.033,00
	4	\$ 649.391,54	\$ 77.926,99	\$ 162.033,00
	5	\$ 565.285,53	\$ 67.834,26	\$ 729.633,00
	6	-\$ 96.513,21		

Como puede observarse el periodo de recuperación es el 6to lo cual es bastante coincidente que tarde en realizarse la recuperación ya que se ha hecho el calculo para el VAN más bajo posible.

7.5 PRODUCTOS Y SERVICIOS DE OTROS FABRICANTES

Este producto a nivel nacional y en el entorno de la disciplina de descenso MTB no tiene precedentes ya que los sistemas implementados son hechos en base a cronómetros de celular por lo cual tendría un ingreso al mercado inmediato pudiendo generarse grandes beneficios tanto para sus usuarios como para el dueño del mismo. A su vez se adquiriría un sistema de alta calidad para eventos de esta índole pudiendo quizás utilizarse en otras disciplinas que tengan la misma logística que el descenso MTB.



APÉNDICE A: REFERENCIAS

La siguiente tabla contiene los documentos a los que se hace referencia en este documento

Nombre del documento y versión	Descripción	Ubicación