



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MAR DEL PLATA



Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE
SEÑALES PARA LA MEJORA DEL
RENDIMIENTO DEPORTIVO EN EL REMO

Autor:
SR. ARMANDO PEZZENTE

Tutor:
DR. EDUARDO L. BLOTTA

PROYECTO FINAL PRESENTADO POR EL AUTOR PARA OBTENER EL TÍTULO DE GRADO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

20 DE NOVIEMBRE DE 2018



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Índice general

Resumen Descriptivo	iv
1. Introducción	1
1.1. Definiciones y Abreviaturas	1
1.2. El Remo como deporte	1
1.3. La Electrónica y el Deporte	2
1.4. Ámbito del proyecto	3
1.4.1. Asesoramiento técnico - deportivo	3
1.4.2. Soluciones Existentes	3
1.4.3. Ventajas Competitivas	4
1.5. Restricciones	4
1.6. Suposiciones y Dependencias	5
1.7. Finalidad del Producto	5
2. Anteproyecto	6
2.1. Funcionalidad del dispositivo	6
2.2. Especificación de Requerimientos	7
2.2.1. Requerimientos Funcionales	8
2.2.2. Requerimientos No Funcionales	9
2.3. Diagrama en Bloques	10
2.4. Elección de Componentes	11
2.4.1. Microcontrolador	11
2.4.2. Cristal	12
2.4.3. Display	12
2.4.4. Sensor de Cadencia	13
2.4.5. Módulo GPS	14
3. Proyecto	15
3.1. Hardware	15
3.1.1. Sensor de Cadencia	15
3.1.2. Interfaz de usuario	18
3.1.3. Módulo Gráfico	18
3.1.4. Módulo GPS	19
3.1.5. Microcontrolador	19
3.1.6. Fuente de Alimentación	20
3.2. Software	21
3.2.1. Diagrama de Flujo	21
3.2.2. Menú Principal	21
3.2.3. Modo REMAR	22

3.2.4. Modo MEMORIA	25
3.2.5. Modo SIMULACIÓN	25
4. Manual de Usuario	27
4.1. Especificaciones	27
4.2. Manual de uso	28
4.2.1. Instalación	28
4.2.2. Menú Principal	28
4.2.3. Modo REMAR	29
4.2.4. Modo MEMORIA	31
5. Conclusiones	32
Bibliografía	33
A. Diagramas	34
A.1. Diagrama Esquemático	34
A.2. Diagrama de Circuito Impreso	35

Índice de figuras

1.1. Hamish Bond y Eric Murray, Nueva Zelanda	2
1.2. Singlista de Gran Bretaña, utilizando un dispositivo NK	3
2.1. Ciclo de Remada	7
2.2. Diagrama en bloques básico	10
2.3. Microcontrolador ATMEGA328P – PU	11
2.4. Frecuencia máxima vs Voltaje de alimentación	12
2.5. Pantalla GLCD 2.8”SPI	12
2.6. Sensor Magnético	13
2.7. Módulo Acelerómetro MMA845	13
2.8. Módulo GPS UBlox Neo – 6M	14
3.1. Sensor de Cadencia	15
3.2. Señal de cadencia de remada	16
3.3. Flanco ascendente. Segundo disparo	16
3.4. Rutina de cálculo de cadencia	17
3.5. Pulsadores	18
3.6. Conexión Display Gráfico	19
3.7. Conexión GPS con microcontrolador	19
3.8. Conexión del microcontrolador	20
3.9. Fuente de alimentación	20
3.10. Pantalla Menú Principal	21
3.11. Diagrama de flujo general	22
3.12. Diagrama de flujo. Modo REMAR	24
3.13. Pantalla modo MEMORIA	25
3.14. Diagrama de flujo. Modo MEMORIA	26
4.1. Menú Principal	28
4.2. Modo REMAR. Estado STOP	29
4.3. Modo REMAR. Detalle	29
4.4. Modo REMAR. Estado READY	30
4.5. Modo REMAR. Estado RUN	30
4.6. Modo MEMORIA	31
4.7. Modo MEMORIA. Sigüientes datos	31
A.1. Diagrama esquemático completo	34
A.2. Diagrama de circuito impreso	35

Resumen Descriptivo

El presente informe muestra el proceso de diseño y construcción de un dispositivo electrónico de asistencia al remero deportivo.

El proyecto nace a partir de inquietudes presentadas por los propios atletas de nivel nacional, como respuesta a las necesidades de los remeros deportivos que buscaban soluciones tecnológicas para poder mejorar en sus entrenamientos. Cabe destacar que sólo existe una única solución similar a nivel mundial, con costos elevados y de difícil adquisición para un atleta nacional.

Como resultado de este proyecto final, se obtuvo un dispositivo portátil y alimentado a baterías, capaz de ser fácilmente instalado en cualquier embarcación.

El atleta al utilizarlo dispone de diversos parámetros de información tales como velocidad, distancia, cadencia, tiempo total, y tiempos parciales, que son visualizados mediante una pantalla gráfica de tipo LCD y cuyos valores son actualizados en tiempo real. Al finalizar sus entrenamientos, el dispositivo provee un resumen de la sesión actual, mostrando la evolución temporal de todos los parámetros relevados.

El dispositivo obtenido, al ser de fabricación nacional, sustituye la importación del único producto similar, logrando poner la tecnología a disposición de un mayor número de atletas.

Capítulo 1

Introducción

1.1. Definiciones y Abreviaturas

A continuación se presenta una tabla con los términos que serán utilizados a lo largo del presente informe.

Cuadro 1.1: Glosario

Nombre	Definición
Usuario	Persona que usará el dispositivo.
Dispositivo	Dispositivo de Mejora de la Performance Deportiva aplicado al Remo.
Remero	Atleta practicante de remo, sin distinción de género.
Bote	Embarcación a remos utilizada para competición, fabricada en materiales livianos (normalmente fibra de carbono y kevlar) y limitada en peso, dependiendo el mismo de la cantidad de remeros.
Cadencia	Sucesión regular de movimientos que se van repitiendo en un periodo de tiempo determinado. En particular refiere a la frecuencia de remadas que aplica el remero en su entrenamiento.
RPM	Remadas por minuto. Unidad de medida de cadencia de remada del atleta.
RF	Requerimientos Funcionales del dispositivo.
RNF	Requerimientos No Funcionales del dispositivo.

1.2. El Remo como deporte

Se denomina Remo al conjunto de disciplinas deportivas que consisten en la propulsión de una embarcación en el agua con o sin un timonel, mediante la fuerza muscular de uno o varios remeros, usando uno o dos remos por remero como palancas simples de segundo



Figura 1.1: Hamish Bond y Eric Murray, Nueva Zelanda

grado. Los remeros se ubican sentados de espaldas en la dirección del movimiento, es decir, de cara a la popa de la embarcación [2].

En una embarcación de remo todos los elementos portantes (donde se hacen los apoyos para realizar la fuerza) deben estar fijos al cuerpo de la misma, solamente el carro donde va sentado el remero puede moverse. Este asiento sobre ruedas le permite al remero utilizar las piernas en la propulsión de la embarcación [2].

La distancia olímpica es de 2000 metros [2] y se practica principalmente sobre aguas tranquilas como ríos, lagos, estanques, etc., aunque algunas regatas específicas pueden celebrarse sobre distancias más largas y en ríos con caudales más rápidos y/o sujetos a mareas. Tal es el caso de la Regata Oxford - Cambridge, que se realiza todos los años sobre el Río Thames en Londres con un recorrido de 6.8 km.

1.3. La Electrónica y el Deporte

El creciente rol de la electrónica ha irrumpido tanto en nuestra vida personal como en el mundo del deporte. Las innovaciones ya no se producen solo por necesidad de curar o prevenir cualquier accidente o por ningún otro aspecto imprescindible. El entretenimiento y la diversión han incorporado a la electrónica para satisfacer otros aspectos del deporte en sí mismo, como lo son controlar el entrenamiento y al mismo tiempo simplificarlo. Actualmente existe gran variedad de dispositivos tecnológicos deportivos, desde relojes con GPS, medidores de pulso cardíaco, cronómetros, velocímetros, hasta aplicaciones para Smartphone que pueden ser utilizadas en diversas prácticas deportivas. El uso de estos dispositivos ha permitido a los deportistas y entrenadores controlar y variar el entrenamiento de acuerdo al desempeño real del atleta, lo cual ha permitido a su vez incrementar el rendimiento del deportista más rápidamente.

Este dispositivo permite mejorar el entrenamiento del deportista, al dotarlo de mayor calidad y cantidad de información, y permitirle de este modo tener una mayor concentración durante su entrenamiento.

1.4. Ámbito del proyecto

El presente proyecto surge a partir de inquietudes presentadas por remeros deportivos. Los mismos se ven afectados por la falta de soluciones tecnológicas que les asistan en sus entrenamientos, sumado a una política de restricción en las importaciones. A través de diversas entrevistas realizadas a entrenadores y atletas del Club de Remo Atlantis de Mar del Plata, se relevaron las necesidades específicas y los requerimientos funcionales y no funcionales que debiera poseer un dispositivo electrónico, para ser eficiente en la asistencia de los entrenamientos. A partir de estas especificaciones se desarrolló el dispositivo, las cuales se enumeran más adelante en el presente informe, en la sección 2.2.

1.4.1. Asesoramiento técnico - deportivo

Se tomaron en cuenta las recomendaciones recibidas por parte del Prof. Román Palet (entrenador olímpico del Seleccionado Nacional de Remo y entrenador del Club de Remo Atlantis de la ciudad de Mar del Plata) y de remeros del seleccionado nacional, como así también de profesores y remeros del Club de Remo Atlantis de Mar del Plata. Para el testeo del dispositivo, se llevaron a cabo pruebas con atletas integrantes de la selección nacional de remo.

1.4.2. Soluciones Existentes

En el caso particular del deporte del remo, existe una única solución tecnológica dedicada exclusivamente a este deporte a nivel mundial, mostrada en la figura 1.2.

La misma es de fabricación estadounidense y posee alta calidad de construcción y prestaciones, a un costo que puede ir desde los 200 dólares para su dispositivo más básico [4], hasta los 400 dólares para su producto más completo [5]. Su factor más limitante es la dificultad en la adquisición. La empresa no realiza envíos fuera de su país de origen, debiendo el consumidor o bien viajar hasta Estados Unidos para adquirirlo, o bien contratar una empresa importadora y pagar los costos correspondientes. En cualquier caso, la empresa no brinda garantía de fábrica fuera de los Estados Unidos. El dispositivo desarrollado viene a sustituir a dicho producto, pretendiendo lograr prestaciones similares a un precio sensiblemente menor, y sumando el servicio de soporte técnico que el dispositivo importado no brinda.



Figura 1.2: Singlista de Gran Bretaña, utilizando un dispositivo NK

1.4.3. Ventajas Competitivas

El dispositivo logrado presenta características de tipo “listo para usarse”, sin necesidad de utilizar dispositivos ni configuraciones adicionales. Es de fácil instalación, y no requiere utilizar herramientas ni realizar modificaciones al bote para su montaje. El diseño modular permite realizar reparaciones y actualizaciones en caso de ser necesario.

La interfaz gráfica y el relevamiento de los datos asociados a los requerimientos funcionales del deporte, con el almacenamiento de los mismos en la memoria del dispositivo, permiten al usuario realizar análisis de su desempeño a lo largo de la sesión de entrenamiento.

Se logra una gran ventaja sobre el precio de adquisición de soluciones tecnológicas similares, con prestaciones acordes a las necesidades específicas de los remeros, logrando un dispositivo de fácil uso e instalación y con autonomía suficiente para un día de entrenamiento. El dispositivo cuenta con garantía de servicio técnico y actualizaciones, siendo esto último otra virtud sobre el producto estadounidense.

1.5. Restricciones

Para el desarrollo del dispositivo fue necesario tener en cuenta ciertas restricciones, las cuales se relevaron en entrevistas previas con atletas del Club de Remo Atlantis, todas referidas al dispositivo:

- Deberá tener tamaño y peso reducidos, para facilitar su traslado y utilización, sin agregar lastre adicional a la embarcación.
- Deberá tener un diseño ergonómico y un tamaño apto para ser operado utilizando una sola mano.
- Deberá ser de fácil instalación en cualquier embarcación, debiendo ser colocado por el mismo usuario en cuestión de minutos. De la misma forma, deberá poder ser retirado de la embarcación en el mismo rango de tiempo.
- Será alimentado a baterías recargables, sin necesidad de depender de un tomacorriente.
- Garantizará una autonomía de funcionamiento de al menos 4 horas de uso, equivalente a tres sesiones de entrenamiento.
- Deberá ser montado en un gabinete estanco, que garantice ser a prueba de salpicaduras, golpes y sumergible hasta 1 metro de profundidad.
- Deberá ser apto para uso en intemperie, bajo condiciones normales para la práctica del deporte: rango de temperatura entre -10°C y 40°C , viento menor a 35 km/h, lluvias moderadas sin actividad eléctrica, nevadas leves, altura de olas menor a 50 cm.
- Deberá emplear una pantalla que sea visible a plena luz solar y contar con un sistema de retroiluminación que permita su uso en condiciones de luz ambiental reducidas.

1.6. Suposiciones y Dependencias

Asimismo, para el desarrollo del proyecto se asume que:

- Los requisitos descritos son estables.
- El usuario está familiarizado con el uso de dispositivos similares, particularmente aquellos especificados anteriormente en la sección 1.3.
- El dispositivo será usado bajo las condiciones climáticas enumeradas en el apartado 1.5.

1.7. Finalidad del Producto

El producto obtenido en el desarrollo del proyecto, está destinado a ser un dispositivo de asistencia a los remeros en sus entrenamientos. Siendo un dispositivo de fabricación nacional, se pretende llegar a aquellos remeros deportivos que se ven imposibilitados de adquirir una solución tecnológica específica, y utilizan soluciones alternativas como las descritas en párrafos anteriores.

Capítulo 2

Anteproyecto

En la presente sección del informe se brinda una breve descripción de la funcionalidad del dispositivo, se detallan las especificaciones de requerimientos relevadas en entrevistas a los remeros deportivos, se presentan soluciones a nivel diagrama en bloques y se mencionan los componentes utilizados en el presente proyecto.

2.1. Funcionalidad del dispositivo

El dispositivo desarrollado tiene como función asistir a los remeros deportivos en el desarrollo de sus entrenamientos. Para ello, brinda información pertinente para evaluar el rendimiento, la cual se muestra en una pantalla gráfica, que se actualiza cada vez que el dispositivo detecta una nueva remada. Luego de finalizada la sesión de entrenamientos, se registran los datos en la memoria del dispositivo para su posterior análisis.

En la figura 2.1 se observa el ciclo de una remada. A continuación se describen brevemente cada una de las fases [3].

- **Fase 1 - Toma:** Cuerpo en máxima compresión. El remero introduce los remos en el agua. Se produce la máxima desaceleración de la embarcación.
- **Fase 2 - Empuje:** El remero, empleando el asiento móvil, utiliza sus piernas en primer lugar y luego su espalda y brazos para desplazar el bote. La velocidad de la embarcación aumenta progresivamente.
- **Fase 3 - Saque:** Con el cuerpo extendido el remero extrae los remos del agua. La velocidad del bote es máxima.
- **Fase 4 - Recobro:** El remero, con los remos fuera del agua, utiliza el asiento móvil para desplazarse hacia la popa del bote y comprimir su cuerpo para iniciar un nuevo ciclo.

Este ciclo se repite aproximadamente unas 250 veces en una carrera de 2000 metros, con una cadencia que varía entre las 32 y 40 remadas por minuto durante la fase media de la competencia, pudiendo llegar hasta las 46 remadas por minuto sobre el tramo final. En el transcurso de los entrenamientos, el remero debe mantener una cadencia estable durante una determinada cantidad de tiempo. En los botes de equipos, llevar una cadencia estable permite que los remeros se acoplen de forma rápida y eficiente, maximizando la fuerza aplicada

y la velocidad de la embarcación en cada remada.

Manteniendo una correcta postura corporal, el remero únicamente dispone de la fase del recobro para visualizar la información provista por el dispositivo. Al ser los movimientos de la remada cíclicos, la información de la cadencia puede ser extraída de alguno de los elementos móviles del bote. Los dos elementos que brindan esta posibilidad son los remos y el asiento. Considerando que los remos son utilizados durante maniobras, se eligió el asiento para extraer la información de la cadencia. Al mover el remero sus piernas durante la fase de empuje, se genera un evento que es fácilmente identificable por un sensor ubicado en la base del asiento móvil. Midiendo el tiempo entre cada evento es posible calcular la cadencia a la cual se desplaza el remero.

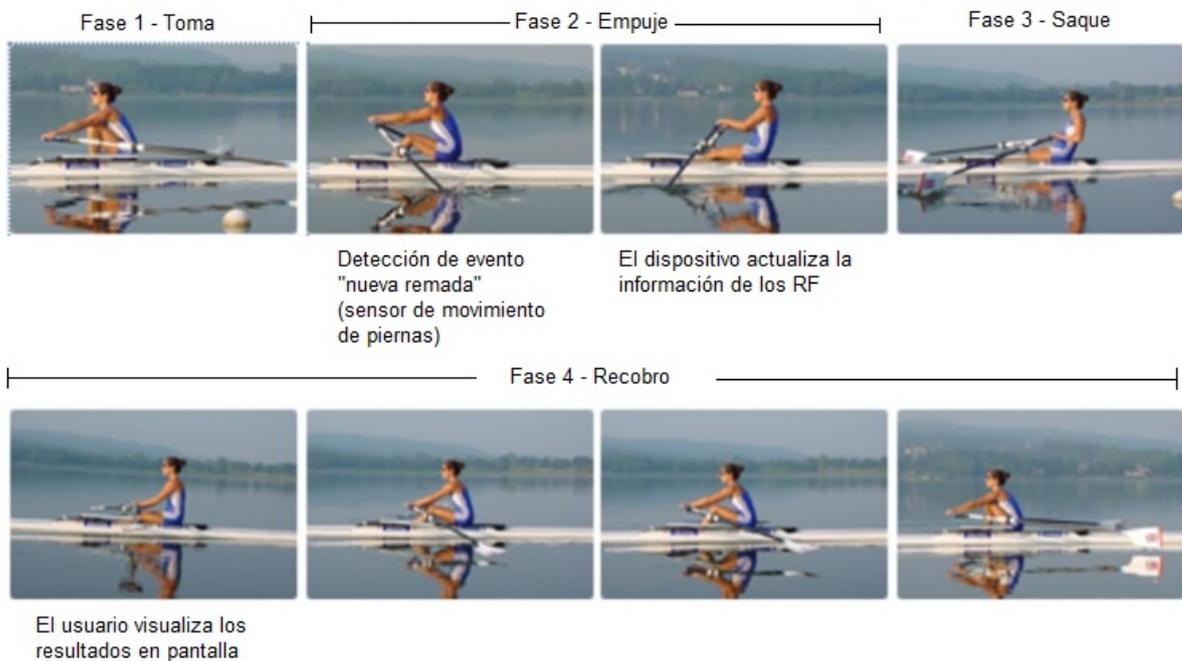


Figura 2.1: Ciclo de Remada

2.2. Especificación de Requerimientos

Esta sección tiene como propósito definir las especificaciones funcionales y no funcionales para el desarrollo del dispositivo de asistencia a los remeros deportivos. Las mismas fueron relevadas en diversas entrevistas realizadas a remeros deportivos del Club de Remo Atlantis de la ciudad de Mar del Plata.

2.2.1. Requerimientos Funcionales

Nombre	RF 1 - Medidor de cadencia
Descripción	El dispositivo medirá la cadencia de las remadas y mostrará al usuario el resultado por pantalla. Este dato requiere ser actualizado al finalizar cada remada y deberá permanecer en pantalla hasta que se detecte la remada siguiente. No deberá necesitarse ninguna acción adicional por parte del usuario. Se expresará la frecuencia de remadas en Ciclos por Minuto.
Unidad	RPM (Remadas por Minuto)
Nombre	RF 2 - Cronómetro
Descripción	El dispositivo medirá el tiempo de entrenamiento y lo mostrará en forma permanente en la pantalla, actualizando su valor cada 0.1 segundos. El cronómetro iniciará con el sensor de cadencia y el usuario deberá finalizarlo manualmente mediante el pulsador de STOP.
Resolución	1 décima de segundo (0.1seg)
Formato	mm:ss:d
Nombre	RF 3 - Medidor de distancia
Descripción	El dispositivo medirá la distancia recorrida en el entrenamiento y mostrará su valor en pantalla. Dicho valor será actualizado al finalizar cada remada y deberá permanecer en pantalla hasta que se detecte una nueva remada. El usuario podrá reiniciar el contador de distancia a cero con el pulsador provisto a tal efecto.
Unidad	km
Resolución	10 metros (0.01km)
Nombre	RF 4 - Medidor de Velocidad
Descripción	El dispositivo medirá la velocidad actual del bote y mostrará su valor en pantalla. Dicho valor será actualizado al finalizar cada remada y deberá permanecer en pantalla hasta que se detecte una nueva remada. No se requerirá ninguna acción por parte del usuario. Se utilizará como unidad de medida el tiempo proyectado a 500 metros, si el bote mantiene su velocidad actual constante.
Unidad	Tiempo/500m
Nombre	RF 5 - Memoria
Descripción	El dispositivo registrará los datos asociados a todos los requisitos descritos anteriormente y los almacenará en su memoria. Deberá proveer una interfaz en pantalla a los efectos de poder ser consultados por el atleta posteriormente a su sesión de entrenamiento.

2.2.2. Requerimientos No Funcionales

Nombre	RNF 1 - Interfaz de Usuario
Descripción	El dispositivo presentará una interfaz de usuario intuitiva y sencilla, de fácil manejo. Los datos deberán ser mostrados en forma clara en pantalla, de manera que el usuario pueda interpretarlos rápidamente.
Nombre	RNF 2 - Ayuda contextual
Descripción	El dispositivo deberá tener claramente explicitado sobre cada uno de los pulsadores las acciones que ejecutará cada uno de ellos, de forma que el usuario identifique de forma inmediata cuál debe presionar para realizar la acción deseada.
Nombre	RNF 3 - Documentación de usuario
Descripción	El sistema deberá de tener un manual de instalación y manual de usuario, redactado en lenguaje simple, de forma que el propio usuario pueda realizar la instalación del dispositivo por sí mismo.
Nombre	RNF 4 - Portabilidad
Descripción	El dispositivo deberá ser de un tamaño reducido, tal que pueda ser operado con sólo una mano, y deberá tener un peso máximo de 500 gramos. De esta forma se facilitará su transporte y su instalación en la embarcación, sin agregar lastre ni comprometer el rendimiento del remero.
Nombre	RNF 5 - Estanqueidad
Descripción	El dispositivo deberá estar montado dentro de un gabinete de material plástico que garantice su estanqueidad, siendo a prueba de golpes, salpicaduras y sumergible hasta 1 metro de profundidad. Deberá cumplir con la norma internacional “CEI 60529 Degrees of Protection”, debiendo obtener un grado de protección IP-67 para satisfacer el presente requisito.
Nombre	RNF 6 - Baterías y Autonomía
Descripción	El dispositivo deberá ser alimentado a baterías recargables, con una autonomía mínima de 4 horas de funcionamiento por ciclo de carga.
Nombre	RNF 7 - Visibilidad
Descripción	La pantalla del dispositivo deberá ser visible en condiciones de plena luz solar (al mediodía, o a media mañana o media tarde con el sol de frente) y deberá contar con un sistema de retroiluminación que permita su uso en condiciones de poca luz ambiental (amanecer, atardecer, o uso en interiores).

Nombre	RNF 8 - Mantenimiento
Descripción	El dispositivo deberá ser diseñado en forma modular, de forma que permita ser reparado por el servicio técnico en caso de averías o fallos.
Nombre	RNF 9 - Actualizaciones de Software
Descripción	El dispositivo deberá contar con una interfaz que permita cargar actualizaciones de software a través de la conexión con un PC vía USB, sin necesidad de realizar modificaciones a nivel de hardware de ningún tipo.
Nombre	RNF 10 - Velocidad de Procesamiento
Descripción	El dispositivo deberá actualizar la totalidad de los datos asociados a los Requerimientos Funcionales al detectar un nuevo evento de remada, en un periodo de tiempo no mayor a 500 ms, y deberá mantener los mismos en pantalla hasta detectar el próximo evento de remada, por un tiempo aproximado de 1.5 segundos.

2.3. Diagrama en Bloques

En la figura 2.2 se muestra un diagrama en bloques básico del dispositivo. En el mismo se exponen las entradas de datos provenientes del sensor de cadencia colocado en el bote, del módulo GPS y de los pulsadores provistos para interactuar con el usuario. El sistema de cómputos utiliza un microcontrolador de 8 bits dispuesto a los efectos de procesar las señales de entrada, y muestra los datos relevantes para el usuario en una pantalla gráfica de tipo LCD. A su vez, el sistema dispone de la capacidad de guardar tales datos en su memoria, para que puedan ser analizados por el usuario posterior al entrenamiento.

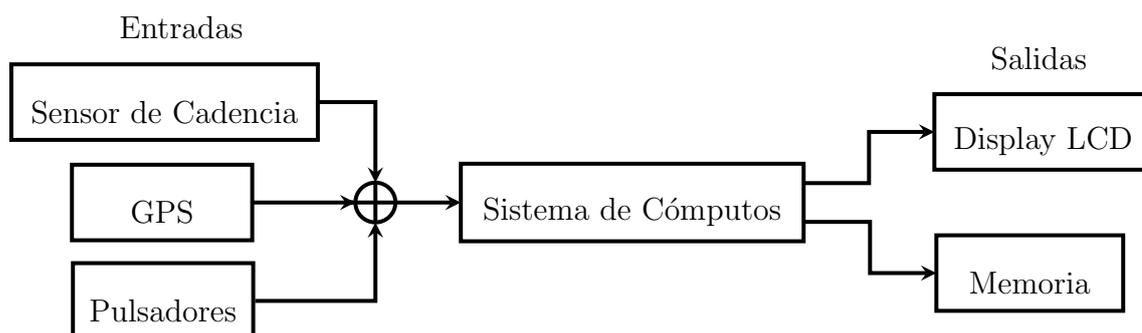


Figura 2.2: Diagrama en bloques básico

2.4. Elección de Componentes

En los siguientes párrafos se detallan las elecciones de los componentes utilizados en el proyecto.

2.4.1. Microcontrolador

El sistema requiere del procesamiento de datos en tiempo real, es decir, debe procesar las señales recibidas por los sensores y mostrar los resultados en pantalla a medida que las recibe. Es por esto que se decidió implementar el código en un microcontrolador de 8 bits, capaz de brindar capacidad de cálculo, velocidad en la ejecución, precisión, y posibilidad de programarlo en lenguaje C.

Se optó por utilizar un microcontrolador de la firma ATMEL, de 8 bits, modelo ATMEGA328P-PU. El mismo se implementa en plataformas Arduino UNO, Arduino NANO y Arduino PRO-MINI, siendo todas estas opciones de característica Open Hardware, es decir, hardware de libre distribución, sin derechos de autoría ni patentes.

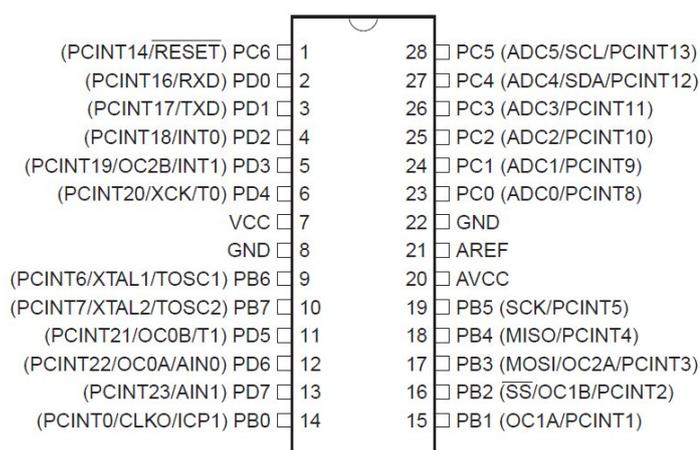


Figura 2.3: Microcontrolador ATMEGA328P – PU

Presenta las siguientes características [1]:

- 32K Bytes de Memoria Flash programable.
- 1K Bytes EEPROM.
- 2K Bytes SRAM Internos.
- Boot Code Section.
- Bloqueo de programación para seguridad de software.
- 23 líneas programables de Entrada/Salida.
- Rango de voltaje de alimentación de 1.8V a 5.5V
- Modo de Reducción de Consumo (Low Power) de hasta 0.75 μ A

2.4.2. Cristal

El sistema requiere de una base de tiempo exacta y estable que permita realizar mediciones de tiempo con confiabilidad. Por esto se recurrió al uso de un oscilador externo acorde a las especificaciones del fabricante del microcontrolador [1].

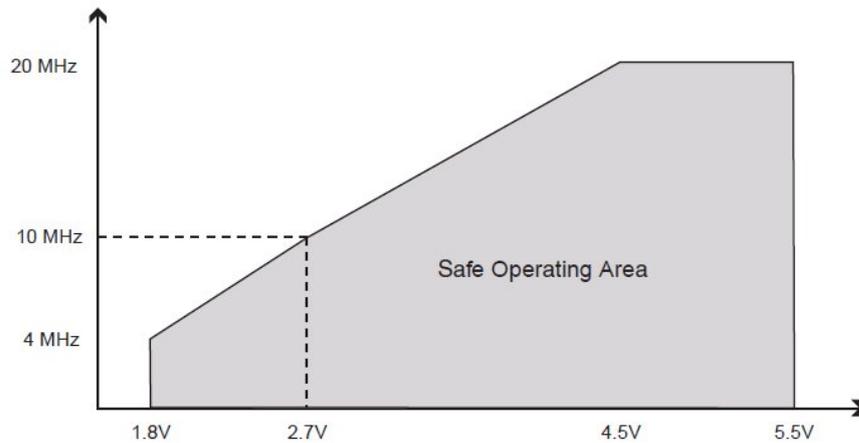


Figura 2.4: Frecuencia máxima vs Voltaje de alimentación

En la figura 2.4 puede verse la curva de la frecuencia máxima del oscilador externo en función del voltaje de alimentación. Se eligió una frecuencia de 8 MHz para un voltaje de 3.6 Volts.

2.4.3. Display

Para mostrar la información al usuario, es necesario el uso de una pantalla adecuada a las necesidades del mismo. Ya que el usuario solo dispone de unos pocos segundos para visualizar los datos que provee el sistema, y se encuentra alejado del dispositivo a aproximadamente 1.5 metros, el tamaño del display es una característica crítica a considerar. Para tener una correcta distribución de la información, en un tamaño adecuado y que permita claridad en la lectura de los datos, se eligió utilizar un display gráfico de 2.8”.



Figura 2.5: Pantalla GLCD 2.8” SPI

2.4.4. Sensor de Cadencia

Para detectar el evento de remada y poder generar una medición de la cadencia, se eligió utilizar el asiento móvil junto con un sensor magnético de detección de apertura de puertas, comúnmente utilizado en los sistemas de alarmas. El mismo presenta dos componentes, uno cableado y otro independiente. El componente cableado se ancló al bote mientras que el segundo componente se fijó al asiento móvil. Este sensor presenta una resistencia variable con la proximidad, comportándose como un circuito abierto ($R \rightarrow \infty$) y disminuyendo su resistencia hasta comportarse como un circuito cerrado ($R \rightarrow 0$) cuando el componente independiente pasa sobre el cableado, a una distancia menor a 2 cm.

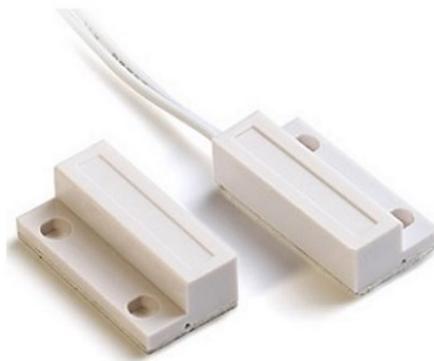


Figura 2.6: Sensor Magnético

El uso de este sensor implica la utilización de cables. Se analizó también la implementación de otro tipo de soluciones que permitieran diseñar un dispositivo completamente inalámbrico. Como puede verse en la figura 2.1, el movimiento del cuerpo del remero y la aplicación de la fuerza llevan asociado un cambio de momento de inercia entre la fase de empuje y la fase de recobro, y otro cambio similar se produce inmediatamente después de introducidos los remos en el agua, entre la fase de recobro y el comienzo de la fase de empuje. Estos cambios de inercia y aceleración podrían ser fácilmente detectados por un módulo acelerómetro, como el que muestra la figura 2.7.

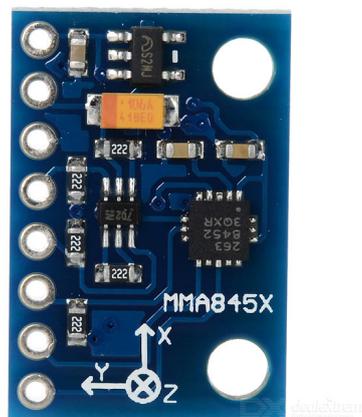


Figura 2.7: Módulo Acelerómetro MMA845

La principal desventaja de este tipo de sensores está en el costo de los mismos, que es sensiblemente mayor que el del sensor magnético. Mientras que el sensor magnético puede ser operado como un pulsador en cualquier pin de Entrada/Salida, el módulo acelerómetro requiere una interfaz SPI o I2C, rutinas de inicialización y un procedimiento de calibración para detectar la posición e inclinación iniciales del sistema.

Estas dificultades hacen que la solución sea descartada y se opte por una solución más simple. Si bien esta decisión implica el uso de cables en el dispositivo, no presentaría un mayor problema a la hora de instalar el sensor magnético en la base del asiento móvil.

2.4.5. Módulo GPS

Para lograr una precisión y exactitud óptimas en la medición tanto de la posición como de la velocidad, se optó por utilizar un módulo GPS integrado. El módulo elegido fue el Ublox Neo - 6M de antena activa, principalmente por su disponibilidad en el mercado. Sus dimensiones reducidas lo hacen apto para su integración en el dispositivo.



Figura 2.8: Módulo GPS UBlox Neo – 6M

Capítulo 3

Proyecto

En esta sección se exponen los diagramas esquemáticos de hardware, implementados en el dispositivo, como así también los diagramas de flujo del software.

3.1. Hardware

3.1.1. Sensor de Cadencia

En la figura 3.1 se observa el circuito utilizado para montar el sensor magnético de la figura 2.6. Dicho sensor se comporta como un circuito cerrado cuando ambas partes se encuentran muy próximas, pasando a comportarse como un circuito abierto al alejarlas entre sí. Para implementar este sensor, se utilizó una resistencia de pull – down, de modo que a la entrada del microcontrolador se lee un “1” lógico cuando el sensor magnético ubicado en el carro del bote se aproxima a la parte cableada del sensor, y un “0” lógico se obtiene en cualquier otro momento.

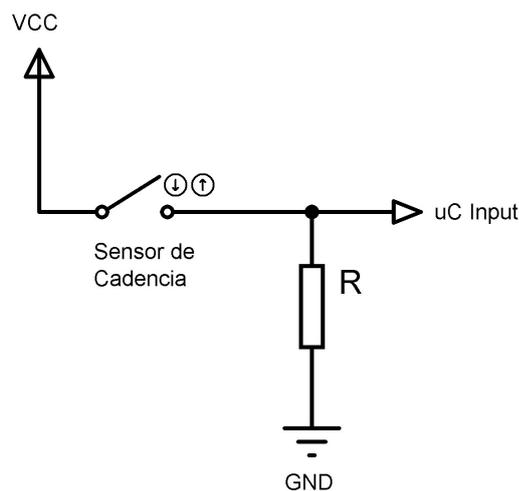


Figura 3.1: Sensor de Cadencia

Proveniente de este sensor, se obtuvo una señal pulsada como la de la figura 3.2, cuya frecuencia representa la cadencia a la cual el deportista se encuentra remando. Se producen flancos ascendentes al momento de aproximarse al detector cableado, y flancos descendentes al momento de alejarse. Esto produce dos pulsos en la misma remada, es decir, se produce

un primer pulso cuando el remero impulsa su cuerpo hacia la proa de la embarcación y un segundo pulso cuando regresa hacia la popa de la misma. Dado que el movimiento de la remada es cíclico, este segundo pulso debe ser ignorado y se debe realizar la medición de cadencia utilizando el pulso siguiente.

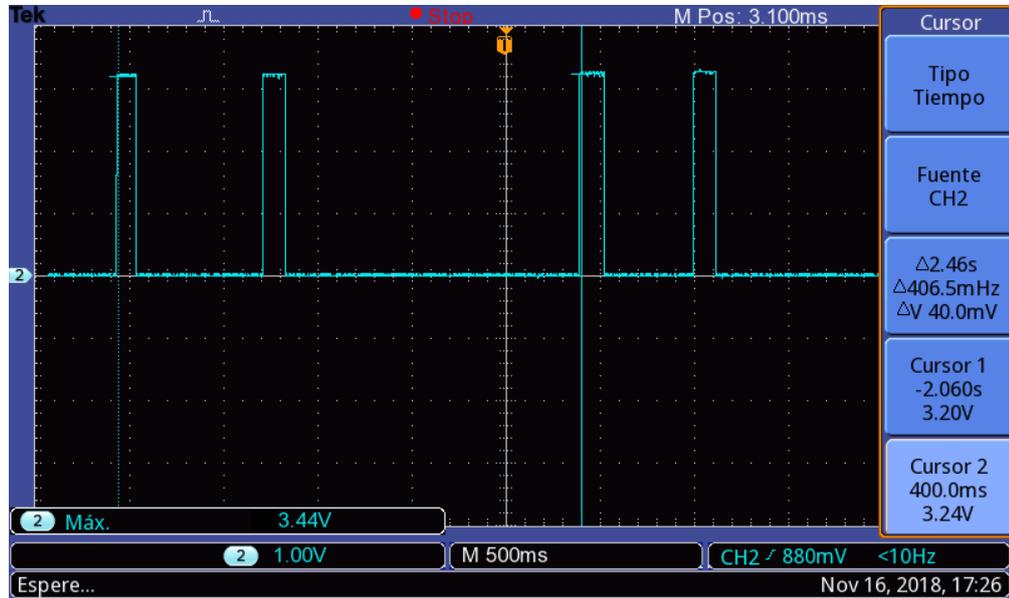


Figura 3.2: Señal de cadencia de remada

En la figura 3.3 se aprecia el flanco ascendente del pulso generado. En la misma se observa que aproximadamente a los $60 \mu\text{s}$ se produce un segundo evento, y posteriormente, se producen flancos de menor amplitud que se extienden hasta los $150 \mu\text{s}$. Estos flancos fueron filtrados por la rutina anti rebotes implementada por software, para evitar falsos disparos.

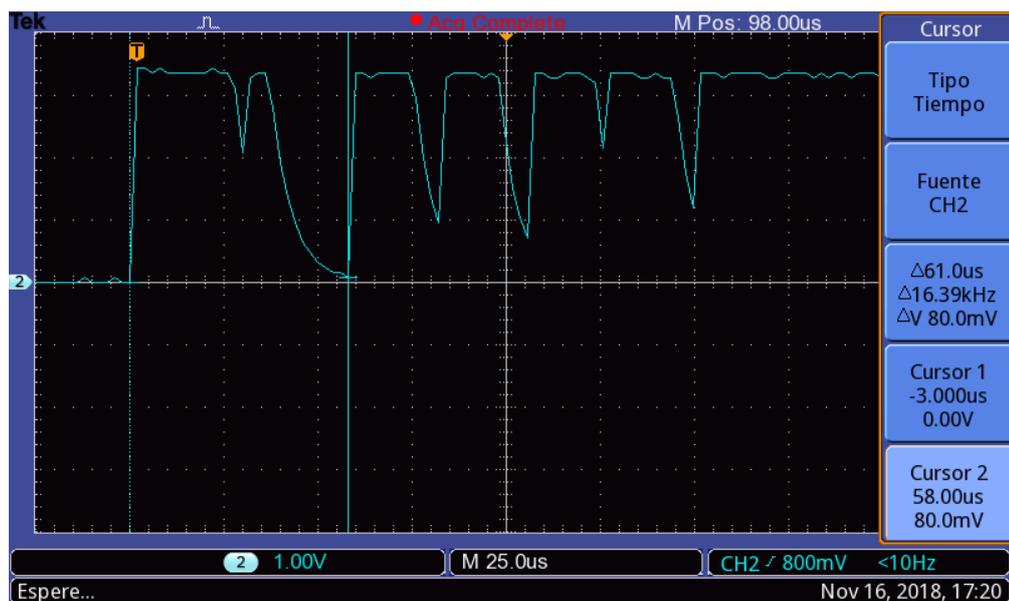


Figura 3.3: Flanco ascendente. Segundo disparo

Como se explicó previamente en la especificación de requerimientos, sección 2.2.1, la cadencia debe ser expresada en ciclos por minuto. Para ello, se midió el período de remada T_R , en milisegundos, y se realizó una conversión a la unidad requerida:

$$F_R = \frac{60000}{T_R[mS]} \quad (3.1)$$

El software que implementa la ecuación anterior se muestra en el diagrama de flujo de la figura 3.4.

Para la correcta medición del período y optimizar los recursos del sistema, se programó dicho software para que procesara la señal mediante interrupciones al detectar flancos ascendentes en el pin de conexión del microcontrolador. Luego de detectada la interrupción, se realiza el filtrado de los rebotes mostrados en la figura 3.3. Posteriormente, se evalúa si la interrupción debe ser ignorada o no, tal como fue analizado más arriba. En este punto, se registra el tiempo de disparo, medido en milisegundos. El cálculo del período se realiza tomando como referencia el tiempo del disparo previo al actual, y luego se calcula el valor de cadencia según la ecuación 3.1. Este valor de cadencia es pasado a rutinas gráficas que actualizan el valor en pantalla. Luego, el sistema registra el tiempo del disparo actual para el cálculo del período siguiente, y queda a la espera de una nueva interrupción.

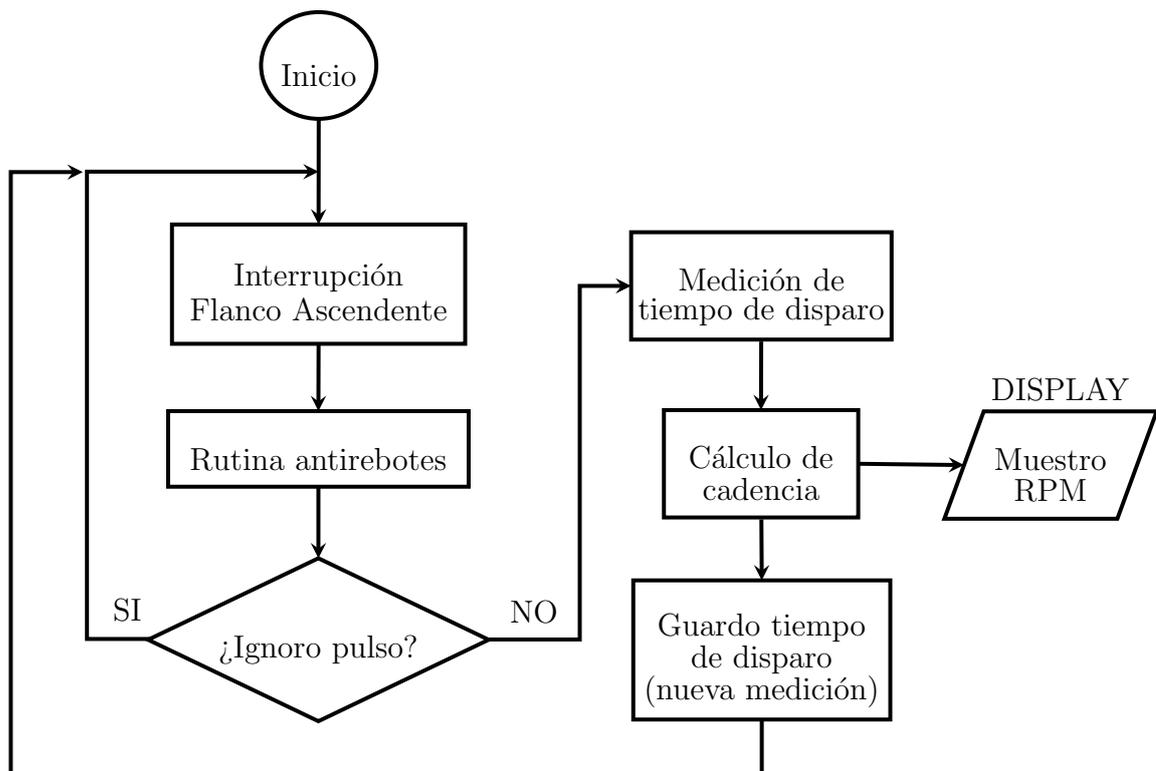


Figura 3.4: Rutina de cálculo de cadencia

3.1.2. Interfaz de usuario

Para poder interactuar con el usuario, se incluyeron en el dispositivo tres pulsadores con idéntica configuración, como muestra la figura 3.5. Al igual que con el sensor de cadencia, se utilizó una resistencia de pull – down de modo de generar un “0” lógico a la entrada del microcontrolador hasta que el usuario realice la pulsación correspondiente. El funcionamiento de estos pulsadores varía dependiendo del modo de operación en el que se encuentre el dispositivo, los cuales son tratados con mayor detalle en la sección 3.2.

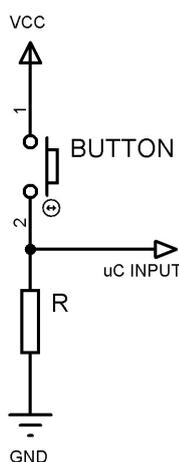


Figura 3.5: Pulsadores

- **Pulsador 1:**
 Menú Principal: Acceso a modo REMAR.
 MODO REMAR: Start/Stop.
 MODO MEMORIA: Sigüientes 7 datos.
- **Pulsador 2:**
 Menú Principal: Acceso a modo MEMORIA.
 MODO REMAR: Reset.
 MODO MEMORIA: Sin acción.
- **Pulsador 3:**
 Menú Principal: Acceso a SIMULACIÓN.
 MODO REMAR: Atrás. Vuelta a Menú Principal.
 MODO MEMORIA: Atrás. Vuelta a Menú Principal.

3.1.3. Módulo Gráfico

El display utilizado en el presente proyecto, mostrado en la figura 2.5, se conectó a través de una interfaz SPI provista por el microcontrolador, como muestra la figura 3.6.

Ya que la característica del display utilizado es ser de tipo Transmisivo, se conectó el pin de backlight del mismo (pin 8) a Vcc. Este pin requiere estar conectado de forma permanente para el correcto funcionamiento del display. La transmisión de datos se realiza sólo desde el microcontrolador hacia el display, por lo tanto se conectó únicamente el pin MOSI a la interfaz SPI. Los pines D/C y CS se utilizan para el envío de datos hacia el display.

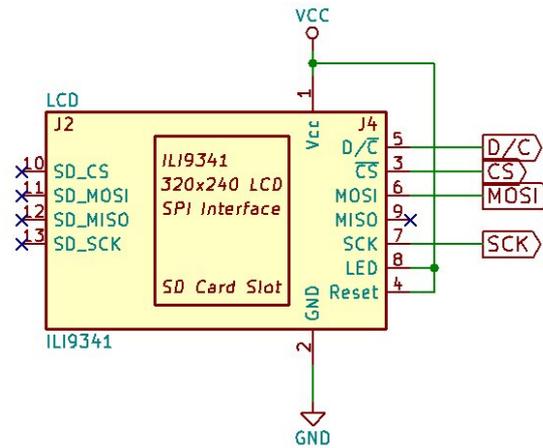


Figura 3.6: Conexión Display Gráfico

3.1.4. Módulo GPS

El módulo GPS se conectó a un puerto serie en el microcontrolador, utilizando dos pines de entrada/salida de uso general. Dicho puerto se configuró para transmitir a 9600 Baudios. El conexionado con el microcontrolador se muestra en la figura 3.7.

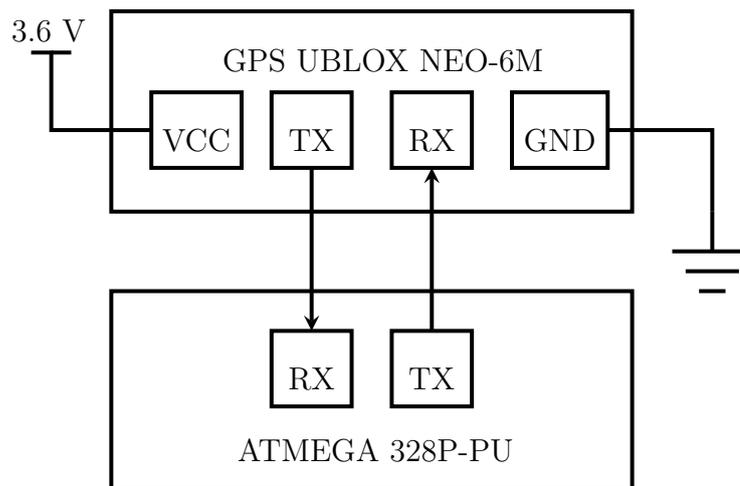


Figura 3.7: Conexión GPS con microcontrolador

El módulo utilizado es compatible con el protocolo NMEA. Una vez conectado el módulo a la interfaz serie, este envía una vez por segundo una serie de comandos compatibles con dicho protocolo. Mediante una librería provista por el fabricante, se procesaron y decodificaron estas señales y se realizaron las mediciones de velocidad y distancia. En dicha serie de comandos, se obtiene también una señal indicando enlace no válido, lo cual permite al sistema detectar si tiene señal satelital o no.

3.1.5. Microcontrolador

El microcontrolador elegido fue el Atmega 328P-PU, mostrado en la sección 2.4.1. El mismo se conectó a los demás módulos descritos en la presente sección como muestra la figura 3.8.

Como puede apreciarse, los pines 15, 16, 17 y 19 se conectaron al módulo LCD, los pines 12, 13 y 14 a los respectivos pulsadores para interacción del usuario, y el pin 11 al sensor de cadencia. Los pines 23 y 24 se conectaron al módulo GPS. En los pines 9 y 10 se conectó un oscilador externo, compuesto por un cristal de cuarzo de frecuencia 8 MHz, y dos capacitores cerámicos de 22 pF. El pin 1 se conectó a Vcc a través de una resistencia, como lo especifica el fabricante del microcontrolador [1]. Se incluyó el conector J1, para poder programar el microcontrolador directamente en placa, sin necesidad de extraerlo o de utilizar placas programadoras adicionales.

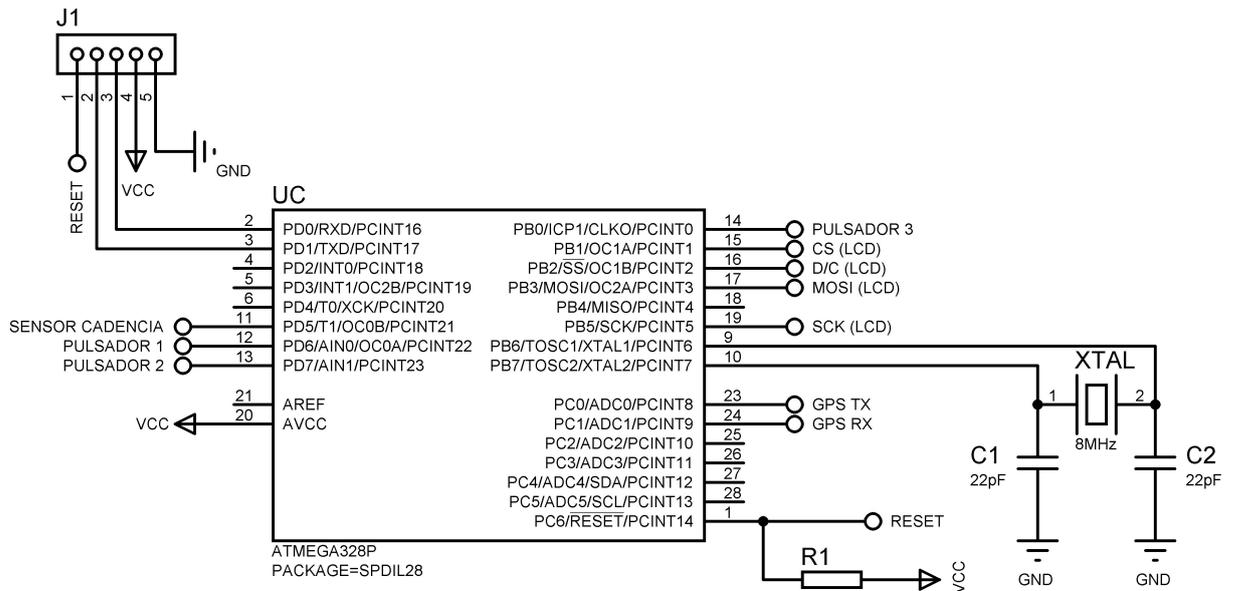


Figura 3.8: Conexión del microcontrolador

3.1.6. Fuente de Alimentación

El sistema opera con una tensión de 3.6 volts. Para dicho fin, se utilizaron 3 baterías recargables de tipo AAA. Los módulos utilizados pueden funcionar en un rango de 3.3 Volts hasta 5 Volts, mientras que el rango de alimentación del microcontrolador es de 1.8 Volts hasta 5 Volts [1]. Para el encendido, se utilizó una llave con retención que soporta hasta 2 Amperes de corriente, y se conectaron dos capacitores en paralelo para filtrar cualquier posible ruido de conmutación.

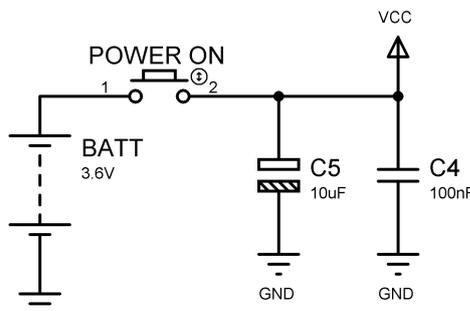


Figura 3.9: Fuente de alimentación

3.2. Software

3.2.1. Diagrama de Flujo

El comportamiento del sistema se define en los siguientes modos:

- **Menú Principal:** Interfaz general de usuario. Se muestra al iniciar el dispositivo.
- **Modo REMAR:** Interfaz para el uso en entrenamientos.
- **Modo MEMORIA:** Interfaz para la muestra de datos.
- **Modo SIMULACIÓN:** Carga simulada de datos para visualización en modo MEMORIA. Uso para pruebas del dispositivo.

El comportamiento de cada uno de dichos modos se analiza en los siguientes párrafos. Como se enumeró en la sección 3.1.2, el comportamiento de los pulsadores cambia dependiendo el modo de funcionamiento en el que se encuentre el sistema. Para facilitar la lectura, se hará referencia a los pulsadores por su respectiva función.

3.2.2. Menú Principal

Al encender el sistema, el mismo comienza en el Menú Principal y espera a que el usuario presione alguno de los tres pulsadores, a fin de pasar a alguno de los otros modos: REMAR, MEMORIA o SIMULACIÓN. En la figura 3.10 puede observarse la vista que el usuario tiene de la pantalla del sistema en este modo.



Figura 3.10: Pantalla Menú Principal

La figura 3.11 muestra el diagrama de flujo del Menú Principal. Si el usuario presiona el pulsador 1 accede al modo REMAR, si hace lo propio con el pulsador 2 el sistema accede al modo MEMORIA. Si presiona en cambio, el pulsador 3, se realiza una carga de datos simulados en la memoria del sistema, para poder tener una vista previa del modo MEMORIA y comprobar el funcionamiento de las rutinas de software, sin necesidad de realizar una prueba de campo. Luego se entrega el control del sistema al modo MEMORIA. Este modo de funcionamiento no estará disponible para el usuario en la versión final del dispositivo.

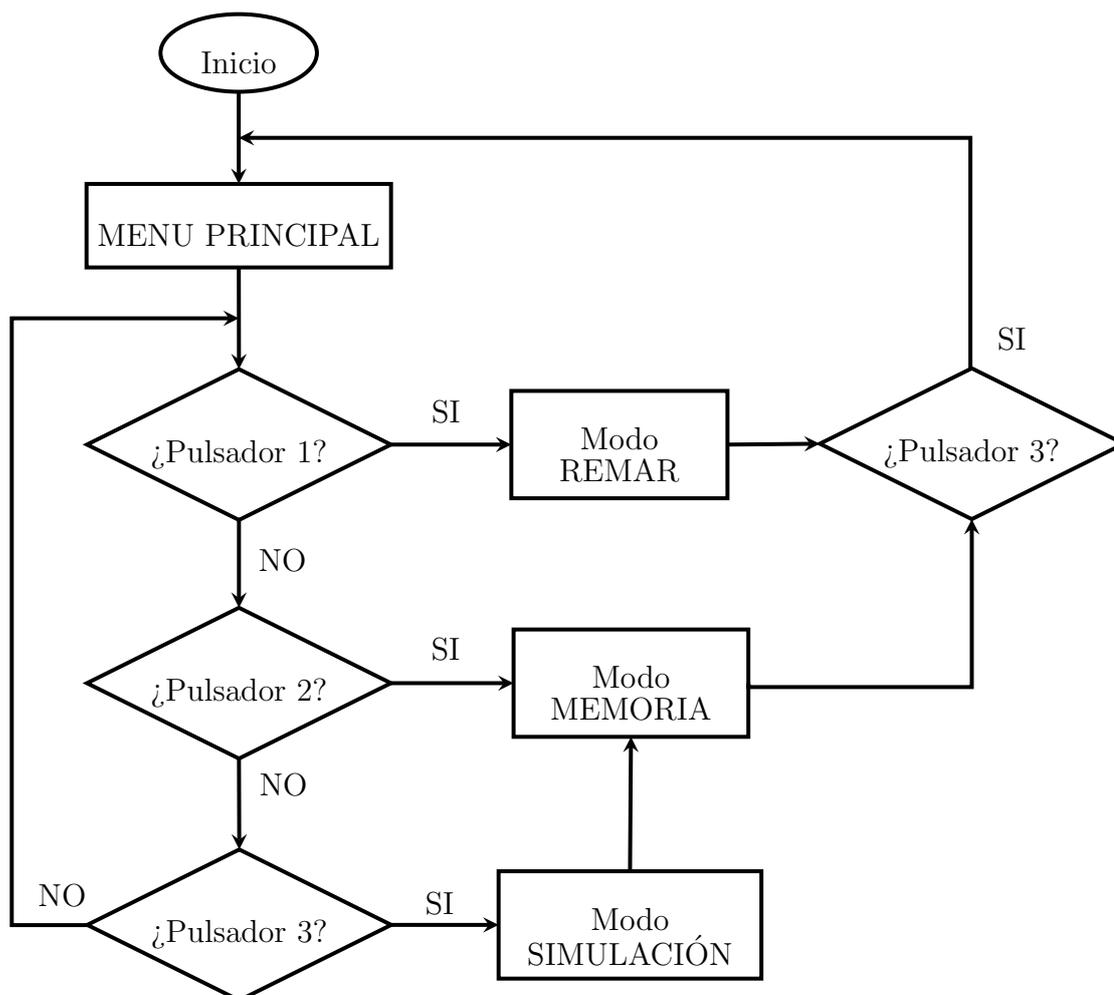


Figura 3.11: Diagrama de flujo general

3.2.3. Modo REMAR

En el modo REMAR, el usuario tiene disponible la totalidad de la información relativa a los requerimientos funcionales previamente relevados, detallados en la sección 2.2.1. El diagrama de flujo de la figura 3.12 muestra los distintos estados de operación, con las posibles salidas de cada uno de ellos. Este modo se compone, a su vez, de cuatro estados de operación.

- **STOP:** Estado inicial. El cronómetro, el velocímetro y el odómetro de distancia se encuentran detenidos. Únicamente funciona el medidor de cadencia, el cual se encuentra implementado a través de interrupciones. En este estado, se sensan los tres pulsadores y se actúa en consecuencia.
- **READY:** Setea el dispositivo para disparar el cronómetro, el odómetro de distancia y habilitar el velocímetro con la primera señal proveniente del sensor de cadencia. Si en este modo se presiona el pulsador START/STOP, se vuelve al estado STOP y se anula el seteo de disparo. Los dos pulsadores restantes se encuentran inhibidos.
- **RESET:** Resetea a cero el cronómetro y el odómetro de distancia. Borra los datos de la memoria y prepara al sistema para almacenar una nueva sesión de entrenamientos. Luego pasa a READY para esperar el disparo del sensor de cadencia.

- **RUN:** Todas las señales se encuentran habilitadas, y el cronómetro corriendo. En este estado, el sistema guarda en memoria los datos relevados cada 500 metros de recorrido. El usuario puede presionar el pulsador START/STOP para detener el cronómetro y el odómetro de distancia y pasar a STOP, o directamente presionar el pulsador RESET y pasar a dicho estado.

Al encontrarse el sistema en el estado RUN, el mismo consulta si se recorrieron 500 metros, y en caso afirmativo guarda tanto el tiempo actual del cronómetro, como el promedio de la cadencia del segmento actual en la memoria del dispositivo. Al finalizar la sesión de entrenamientos, el usuario vuelve al Menú Principal, y al hacerlo, el sistema calcula los tiempos parciales entre cada segmento de 500 metros, la distancia total recorrida a partir de la cantidad de segmentos de 500 metros, y el promedio general de cadencia de la sesión de entrenamientos, guardando estos datos en la memoria. El detalle de la sesión puede ser consultado luego del entrenamiento, como se explica más adelante en la sección 3.2.4.

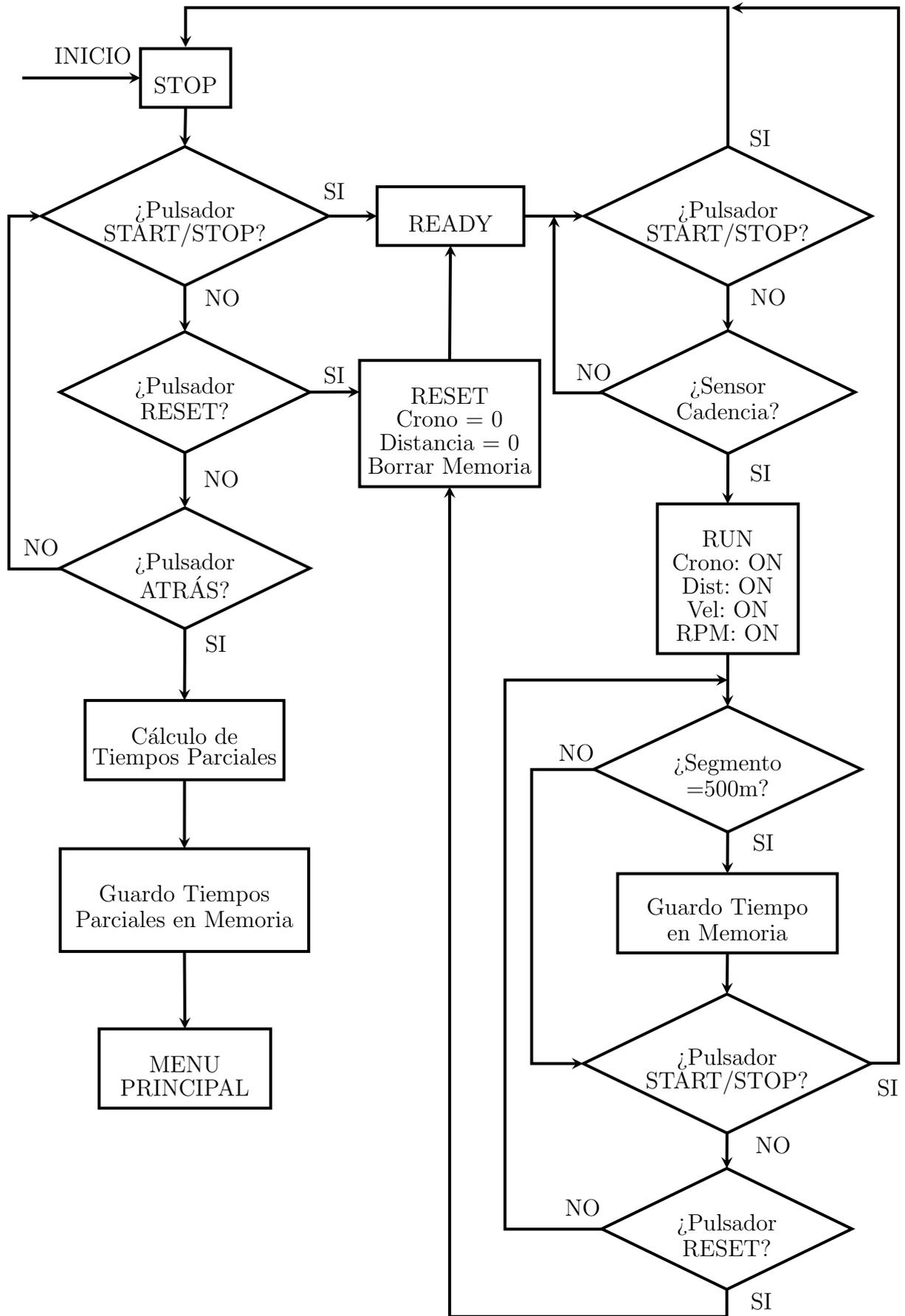


Figura 3.12: Diagrama de flujo. Modo REMAR

MEMORIA				MEMORIA			
tiempo	metros	/500	rpm	tiempo	metros	/500	rpm
19:53.0	5000	1:59.3	30	19:53.0	5000	1:59.3	30
1:57.3	500	1:57.3	32	15:53.5	4000	2:03.6	30
3:53.4	1000	1:56.1	36	17:50.2	4500	1:56.7	20
5:50.5	1500	1:57.1	34	19:53.0	5000	2:02.8	22
7:46.7	2000	1:56.2	32				
9:52.0	2500	2:05.3	32				
11:51.4	3000	1:59.4	32				
13:49.9	3500	1:58.5	32				

Figura 3.13: Pantalla modo MEMORIA

3.2.4. Modo MEMORIA

Luego de realizado el entrenamiento, el usuario tiene la opción de consultar los parámetros que fueron relevados a lo largo de la sesión mediante el modo MEMORIA. Para ello, se accede desde el Menú Principal, y se le presenta al usuario una pantalla como la que muestra la figura 3.13.

La disposición, formato y unidades de medida fueron diseñadas de manera tal que respondan a las sugerencias de practicidad obtenidas de las entrevistas previas con deportistas del Club de Remo Atlantis. En la pantalla del modo MEMORIA, se presenta un resumen del entrenamiento, con el tiempo total empleado, la distancia total recorrida, el tiempo parcial promedio de 500 metros y la cadencia promedio.

El diagrama de flujo de este modo se detalla en la figura 3.14. Al iniciar, el sistema grafica en pantalla los valores correspondientes al resumen de la sesión, y a continuación presenta la información relevada cada 500 metros de recorrido. Si la duración del entrenamiento es mayor que 3500 metros (7 filas en pantalla), el usuario tiene la opción de presionar el pulsador SIGUIENTE para acceder a la siguiente página de información. Si se llega a la última página de datos, el sistema vuelve a mostrar los primeros 7 datos. En cualquier momento el usuario puede presionar el pulsador ATRÁS y volver al Menú Principal.

3.2.5. Modo SIMULACIÓN

A este modo se accede a partir del Menú Principal, al presionar el pulsador 3. Al hacerlo, se borra la memoria de la sesión actual, en el caso de tener datos almacenados, se cargan en la misma datos simulados que permiten comprobar el correcto funcionamiento de las rutinas de cálculo, y luego se entrega el control del sistema al modo MEMORIA.

Este modo permitió comprobar el funcionamiento del software, y a su vez se pudo mostrar a los atletas del Club de Remo Atlantis una vista previa de la disposición de los datos, a fin de obtener su aprobación, no necesitando para esto realizar prueba de campo alguna. No se encontrará disponible para el usuario en la versión final del dispositivo.

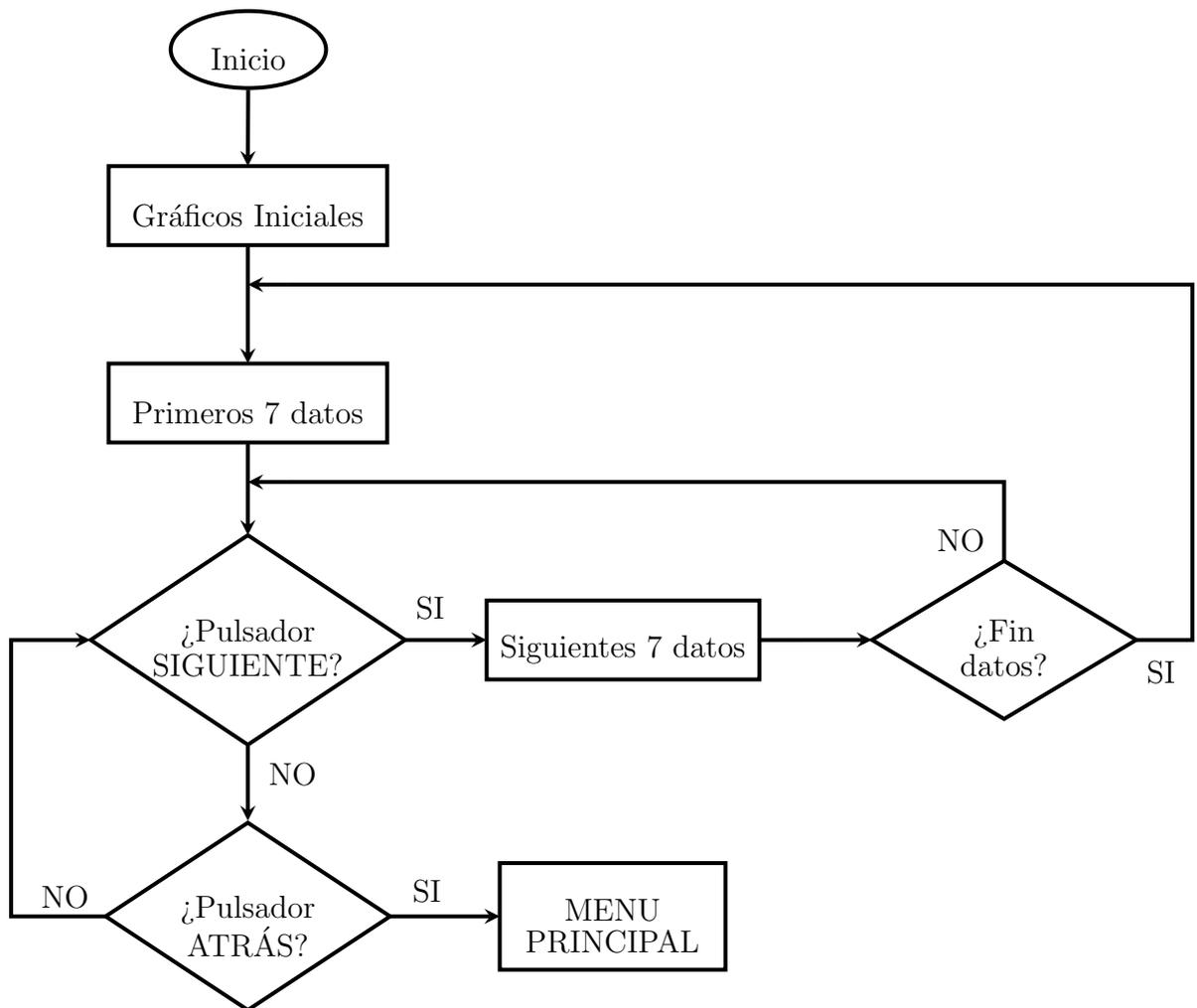


Figura 3.14: Diagrama de flujo. Modo MEMORIA

Capítulo 4

Manual de Usuario

Aquí se detallan las especificaciones del sistema en forma resumida, y se explicita la guía de uso del dispositivo.

4.1. Especificaciones

Hardware

- **Alimentación:** 3.6 Volts - 3xAAA recargables.
- **Consumo máximo:** 230 mili Amperes.
- **Autonomía:** 4 horas de uso.
- **Peso:** 320 gramos (baterías incluidas).
- **Dimensiones:** 120 x 45 x 86 milímetros.
- **Largo de cable de sensor:** 2 metros.

Display

- **Tipo:** Gráfico. Transmisivo.
- **Resolución:** 320 x 240 pixeles.
- **Interfaz:** SPI. 2 pines de control y 2 pines de datos.

Software

- **Resolución Cronómetro:** 0.1 segundos.
- **Resolución Cadencia:** 0.5 RPM (ciclos por minuto).
- **Resolución Distancia:** 10 metros.
- **Resolución Velocidad:** 1 segundo cada 500 metros.

4.2. Manual de uso

La presente sección corresponde al manual de instalación y uso bajo condiciones normales de operación. Se detallan en cada caso los distintos modos de funcionamiento.

4.2.1. Instalación

El sensor de cadencia se compone de dos partes: un sensor cableado al dispositivo, que debe ser instalado en la base del bote justo por debajo del asiento móvil, y un segundo elemento que debe ser instalado en dicho asiento. Se debe asegurar que los dos elementos queden a una distancia máxima de 2 cm para garantizar una lectura correcta.

El gabinete debe ser colocado en un lugar visible para el remero, preferentemente en el ala o portante donde van apoyados los remos. La longitud del cableado es suficiente para asegurar la instalación del gabinete en cualquier sector del bote.

4.2.2. Menú Principal

Al encender el sistema, se muestra en el diplay una pantalla como la que muestra la figura 4.1, correspondiente al menú principal.



Figura 4.1: Menú Principal

El usuario dispone de tres opciones, accesibles mediante los pulsadores correspondientes:

- **Modo REMAR:** Accede presionando el pulsador 1. Interfaz para entrenamientos.
- **Modo MEMORIA:** Accede presionando el pulsador 2. Interfaz para lectura de datos almacenados en memoria.
- **Modo SIMULACIÓN:** Accede presionando el pulsador 3. Carga de datos simulados en memoria.

4.2.3. Modo REMAR

Desde el menú principal, presione el pulsador 1 para acceder al modo REMAR. En este modo, el comportamiento de cada uno de los pulsadores se detalla a continuación:

- **Pulsador 1: START/STOP.** Detiene el cronómetro y el odómetro de distancia, o bien prepara el dispositivo para el arranque al detectar una nueva remada.
- **Pulsador 2: RESET.** Reinicia los valores de velocidad, distancia y cronómetro.
- **Pulsador 3: ATRÁS.** Vuelve al menú principal.

El sistema inicia en condición de STOP, es decir, cronómetro y odómetro de distancia detenidos. En caso de no detectar señal de GPS, se muestra un cartel informativo como se ve en la figura 4.2(a). Al detectar la señal, los valores de distancia y velocidad aparecen en 0, como se observa en la imagen 4.2(b).



Figura 4.2: Modo REMAR. Estado STOP

El detalle de cada uno de los sectores que componen la pantalla del modo REMAR se muestra en la figura 4.3. Se ve en un mayor tamaño el dato de cadencia, expresado en Remadas por Minuto. Se visualiza en una menor escala el valor del cronómetro, y por último los valores de distancia, en kilómetros, y velocidad, expresada en tiempo proyectado cada 500 metros. Se incluye también un indicador de estado de operación.

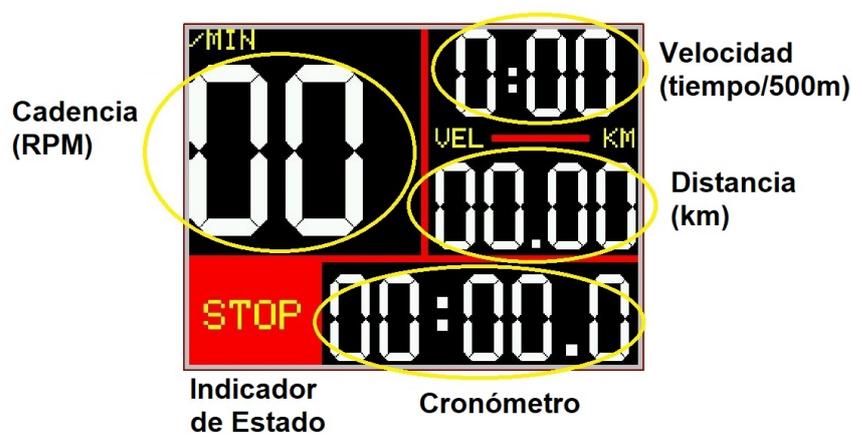


Figura 4.3: Modo REMAR. Detalle

Presionando el pulsador START/STOP, el dispositivo entra en estado READY, a la espera del disparo proveniente del sensor de cadencia. El indicador de estado cambia como se observa en la figura 4.4. Si se presiona nuevamente el pulsador START/STOP, se vuelve al estado anterior de STOP, detallado más arriba en la figura 4.2.



Figura 4.4: Modo REMAR. Estado READY

A partir del estado READY, al detectar una nueva remada mediante el sensor de cadencia, el sistema entra en estado RUN, disparando el cronómetro y activando los medidores de velocidad y distancia. En la figura 4.5 se visualiza la pantalla del sistema en este estado. El atleta se encuentra remando a una cadencia de 36 remadas por minuto, lleva recorridos 0.45 km en un tiempo de 1:14.6 minutos y se desplaza a una velocidad equivalente a 1 minuto 47 segundos por 500 metros.



Figura 4.5: Modo REMAR. Estado RUN

Para detener el cronómetro y el odómetro de distancia, se presiona el pulsador START/STOP para volver al estado STOP. Una nueva pulsación produce que el sistema vuelva a entrar en estado READY, esperando un nuevo disparo proveniente del sensor de cadencia.

Estado de RESET:

Presionando el pulsador RESET, el sistema entra en dicho estado. Se muestra temporalmente un indicador, y luego reinicia a cero los contadores de distancia, velocidad y cronómetro, y entra en estado READY, listo para detectar una nueva remada.

Vuelta al Menú principal:

Estando en estado STOP, presionando el pulsador ATRÁS se vuelve al menú principal. Se muestra un cartel indicador de esta condición, y luego un cartel adicional, indicando que la sesión de entrenamientos actual es almacenada en la memoria.

MEMORIA			
tiempo	metros	/500	rpm
19:53.0	5000	1:59.3	30
1:57.3	500	1:57.3	32
3:53.4	1000	1:56.1	36
5:50.5	1500	1:57.1	34
7:46.7	2000	1:56.2	32
9:52.0	2500	2:05.3	32
11:51.4	3000	1:59.4	32
13:49.9	3500	1:58.5	32

Figura 4.6: Modo MEMORIA

4.2.4. Modo MEMORIA

Se accede al modo MEMORIA al presionar el pulsador 2 en el menú principal. Si previamente se ha realizado una sesión de entrenamientos, el sistema muestra una pantalla como la de la figura 4.6. En la misma, utilizando un formato de tabla, se detalla la sesión de entrenamientos realizada por última vez.

El primer renglón corresponde a un resumen de la sesión. Se muestra el tiempo total empleado, la distancia recorrida, el tiempo promedio cada 500 metros y el promedio de la cadencia, expresado en Remadas por Minuto.

A continuación, se muestran en forma detallada los datos almacenados por cada segmento de 500 metros, hasta un total de 7 segmentos, equivalente a 3500 metros. Si la sesión consta de una distancia superior, al presionar el pulsador SIGUIENTE se accede a los próximos 7 segmentos almacenados, como muestra la figura 4.7. El primer renglón sigue mostrando en cada pantalla el resumen de la sesión.

MEMORIA			
tiempo	metros	/500	rpm
19:53.0	5000	1:59.3	30
15:53.5	4000	2:03.6	30
17:50.2	4500	1:56.7	20
19:53.0	5000	2:02.8	22

Figura 4.7: Modo MEMORIA. Sigüientes datos

Vuelta al menú principal:

Presionando el pulsador ATRÁS en cualquier pantalla del modo MEMORIA, el sistema vuelve al menú principal.

Capítulo 5

Conclusiones

Se ha desarrollado un dispositivo de asistencia al remero deportivo que le permite obtener los parámetros más relevantes para la mejora de su entrenamiento diario. El dispositivo mide la totalidad de los requerimientos funcionales especificados en las secciones previas, y adicionalmente, incluye una interfaz que permite almacenar los datos de la sesión de entrenamientos y visualizarlos al terminar la misma.

Entre otras características, se destacan sus reducidas dimensiones y su alimentación basada en baterías AAA recargables. El consumo en pleno funcionamiento se encuentra en torno a los 230 mA, que se traducen en 4 horas de autonomía por recarga, lo cual equivale a 3 sesiones de entrenamientos. Debido a sus dimensiones, el dispositivo puede ser instalado fácilmente en cualquier embarcación.

El instrumento permite medir tiempos con una resolución temporal de 1 décima de segundo, distancias con una resolución de 10 metros y cadencia con una resolución de 0.5 remadas por minuto.

En el futuro, para la producción en masa del presente dispositivo, se prevé realizar diversas modificaciones. Entre otras, se reemplazaría el sensor de cadencia por un acelerómetro integrado, para eliminar el cableado, lo cual facilitaría la instalación del dispositivo. La pantalla sería cambiada por una de tecnología OLED o de tipo Transflectiva, mejorando el contraste a plena luz solar y reduciendo el consumo, lo que conllevaría una mayor autonomía de uso. El gabinete por su parte, debiera ser desarrollado en inyección de plástico, de forma de lograr estanqueidad y dimensiones más reducidas. En cuanto al software, el mismo podría ser optimizado para lograr almacenar más de una sesión de entrenamientos. Adicionalmente, se desarrollaría una aplicación para dispositivos móviles, que conecte con el sistema vía Bluetooth, y descargue los datos de la memoria para visualizarlos en cualquier dispositivo compatible con sistemas operativos Android y iOS.

Bibliografía

- [1] ATMEL CORPORATION, *Technical Data ATmega 48PA/88PA/168PA/328P*, Rev. 8161D-AVR-10/09, Estados Unidos, 2009.
- [2] ASOCIACIÓN ARGENTINA DE REMEROS AFICIONADOS, *Reglamento General de Regatas*, Rev. Febrero, Argentina, 2016.
- [3] VOLKER NOLTE, *Introduction to the Biomechanics of Rowing*, FISA Coaching Development Programme Course Handbook - Level III, cap.3, Suiza, 2002.
- [4] <https://nksports.com/category-rowers/strokecoach-with-surge-rate>
- [5] <https://nksports.com/category-rowers/speedcoach-gps-2>

Apéndice A

Diagramas

A.1. Diagrama Esquemático

La figura A.1 muestra el diagrama esquemático completo del circuito utilizado.

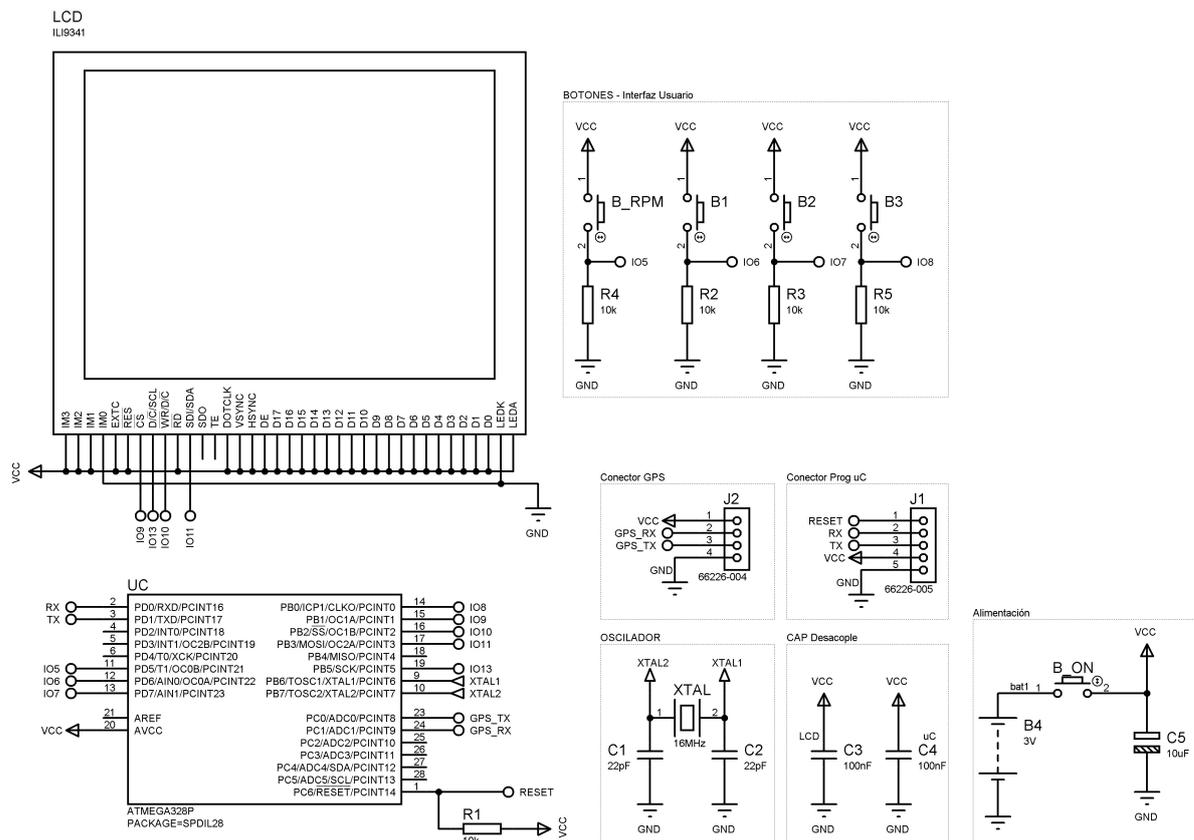


Figura A.1: Diagrama esquemático completo

A.2. Diagrama de Circuito Impreso

En la figura A.2 se puede observar el diagrama de circuito impreso obtenido a partir del diagrama esquemático de la figura A.1.

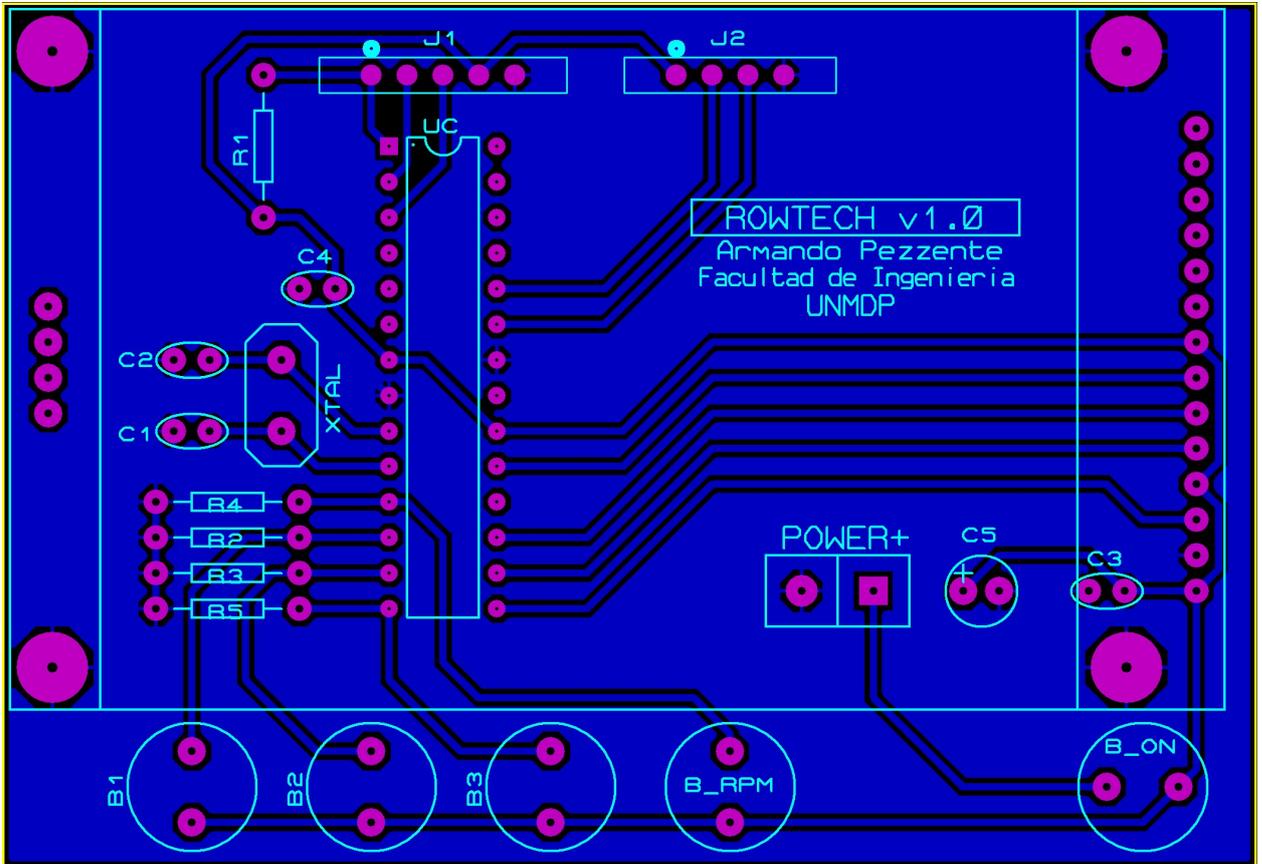


Figura A.2: Diagrama de circuito impreso