SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

TÍTULO DEL PROYECTO:

DESARROLLO DE UN TRANSMISOR RECEPTOR FM CON COMUNICACIÓN DE DATOS RDS.

EMPRESA:

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLOGICO DE LA ARMADA DE MEXICO (INIDETAM).

ALUMNO:

MATEOS SÁNCHEZ FROYLÁN

NUMERO DE CONTROL:

E15021049

CARRERA:

INGENIERÍA MECATRÓNICA

ASESOR:

ROLANDO MAROÑO RODRIGUEZ

RESERVADO

H. VERACRUZ. VER. ENERO-JUNIO DEL 2020

AGRADECIMIENTOS

De antemano agradezco al Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Armada de México (INIDETAM) por permitirme desenvolverme de manera profesional y supervisarme sobre cualquier cuestión relacionada a mis residencias.

Al igual, agradecer al Laboratorio de Acústica Subacuática (SESONAR) por darme la oportunidad de trabajar con los mejores ingenieros y técnicos. Gracias por proporcionarme consejos y las herramientas para avanzar al área laboral. Fue un absoluto placer trabajar con ellos y espero volver a hacerlo en el futuro.

Aprecio todas las enseñanzas al Instituto Tecnológico de Veracruz, al departamento de Metal-Mécanica y sus profesores. Aprecio toda su vocación y espero poder dejar más de lo que traje al Tecnológico de Veracruz.

Gracias a mi familia porque sin ellos no podría hacer lo que ahora estoy haciendo. Su apoyo, sus regaños y sus palabras de aliento siempre me han hecho seguir adelante. No puedo agradecer a todos por esas las palabras de aliento, los quiero a todos, y gracias por ser parte de mi vida.

Por último, pero no menos importante, es a todas esas personas que me rodearon toda la carrera,esos compañeros y amigos. Ya fuese porque perseguíamos el mismo objetivo o por el aprecio que nos teníamos los unos a los otros. Sin ustedes no hubiera sido la misma mi experiencia universitaria.

RESERVADO

RESUMEN

El INIDETAM trabaja, desarrolla e innova diversos proyectos enfocados a las operaciones de las fuerzas, unidades y establecimientos navales. En el caso del área SESONAR está enfocado a pruebas de acústica subacuática. A pesar de tener proyectos como el Siviso, cuñas absorbedoras y Sonoboyas pasiva, siempre se busca hacer innovaciones para sacar el máximo provecho o incluso para solucionar algunas problemáticas presentes.

La actividad asignada como residente del INIDETAM es el “Desarrollo de un transmisor receptor FM con comunicación de datos RDS” que será instalado en una Sonoboya la cual estará enviando información específica a un receptor.

En el presente informe se presentara las problemáticas que se solucionaron para que se implementara adecuadamente la innovación .Así también se explorará la comunicación RDS para que el receptor proporcione los datos y enfocarse al respecto de todo lo relacionado a los GPS. La investigación abarca la comunicación, la simulación de los componentes, programación y diseño.

RESERVADO

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....2
RESUMEN.....3
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....8
INTRODUCCIÓN.....8
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....9
INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....9
HISTORIA DEL INSTITUTO.....9
MISIÓN.....10
VISIÓN.....10
ATRIBUTOS INSTITUCIONALES.....10
ESTRUCTURA ORGÁNICA SEMAR.....11
PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO DEL ESTUDIANTE.....12
PROBLEMAS A RESOLVER.....12
OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS).....13
OBJETIVO GENERAL.....13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....13
JUSTIFICACION.....14
CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO.....15
MARCO TEÓRICO (FUNDAMENTOS TEÓRICOS).....15
FRECUENCIA MODULADA (FM).....15
RADIODIFUSIÓN.....15
RADIODIFUSIÓN DE DATOS (RDS).....16
ASOCIACIÓN NACIONAL DE ELECTRÓNICA MARINA (NMEA).....17
GPS.....18
SEGMENTO ESPACIAL.....19
SEGMENTO DE CONTROL.....19
SEGMENTO DEL USUARIO.....19
MTK3339.....20

RESERVADO

TRANSMISOR..... 22
RADIOTRANSMISOR.....22
PARTES PRINCIPALES DE UN RADIOTRANSMISOR..... 22
SI4713..... 23
RECEPTOR..... 27
RECEPTOR DE RADIO FM..... 27
SI4703..... 27
SENSOR..... 30
SENSOR TEMPERATURA Y HUMEDAD.....30
DHT22..... 31
MICROCONTROLADOR..... 32
ARDUINO..... 32
C++..... 34
PCB.....34
KIDCAD.....35
DIVISOR DE VOLTAJE.....36
PROTEUS..... 37
CAPÍTULO 3. DESARROLLO.....38
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS..... 38
DISEÑO DE LOS DIAGRAMAS ELECTRICOS.....39
FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....40
PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS DE COMPONENTES..... 40
PROGRAMACIÓN.....41
PRUEBAS..... 44
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....47
DIVISOR DE VOLTAJE.....47
SIMULACIÓN..... 47
PROGRAMACIÓN..... 50
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....52
CONCLUSIONES DE PROYECTO, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA PERSONAL PROFESIONAL ADQUIRIDA.....52

RESERVADO

CAPÍTULO 6. COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....53

COMPETENCIAS DESARROLLADAS..... 53

COMPETENCIAS APLICADAS..... 53

CAPÍTULO 7. FUENTES DE INFORMACION.....54

ÍNDICE DE IMAGENES

Figura 1. Logotipo de INIDETAM.....9

Figura 2. Vista frontal INIDETAM.....10

Figura 3. Estructura de DIGINDES.....11

Figura 4. Laboratorio de acústica subacuática..... 12

Figura 5. Sonoboya..... 13

Figura 6. Radio analógico.....15

Figura 7. Logotipo de ITU.....16

Figura 8. Ejemplo RDS.....16

Figura 9. Ejemplo de datos arrojados por los GPS..... 17

Figura 10. Trilateración.....18

Figura 11. Sistemas usados en el mundo. 19

Figura 12. MTK3339.....20

Figura 13. Elementos de un radiotransmisor..... 23

Figura 14. SI4713..... 24

Figura 15. SI4703..... 28

Figura 16. Sensor DHT22..... 31

Figura 17. Arduino MEGA..... 33

Figura 18. Barra de herramientas de KiCad.....35

Figura 19. Circuito del divisor de voltaje..... 37

Figura 20. Ecuación del divisor de voltaje..... 37

Figura 21. Croquis del proyecto.....38

Figura 22. Diagrama electrónico del transmisor..... 39

Figura 23. Resultado de SI4713 y MTK3339..... 40

Figura 24. Programación del módulo DHT22..... 42

RESERVADO

Figura 25. Programación de prueba del módulo SI4713.....43
Figura 26. Programación usado para las pruebas del módulo MTK3339..... 44
Figura 27. Prueba DHT22.....45
Figura 28. Prueba DHT22 más MTK3339.....45
Figura 29. Prueba DHT22, MTK3339, SI4713 y SI4703.....46
Figura 30. Resultados del divisor de voltaje.....47
Figura 31. Simulación de Proteus..... 48
Figura 32. Simulación del PCB..... 48
Figura 33. Conexiones de VCC,GNR e INPUT.....49
Figura 34. Ubicación de los componentes..... 49
Figura 35. Datos obtenidos.....50
Figura 36. Comprobación de los valores del GPS..... 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones de MTK3339.....21
Tabla 2. Especificaciones SI4713..... 25
Tabla 3. Especificaciones SI4703..... 28
Tabla 4. Especificaciones DHT22..... 31
Tabla 5. Componentes del transmisor.....38

RESERVADO

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

La presencia de las sonoboyas (combinación de sonar y boya) en el mar son esenciales para la armada de México para la búsqueda y detección de cualquier artefacto desconocido, así como para estudios y análisis del fondo marino.

La realización de este proyecto surge de la necesidad de conocer valores que requiera el técnico para saber el estado de las sonoboyas, pero todo de manera remota y concisa. Por lo tanto es necesario tener conocimiento mínimo acerca del formato creado por NMEA (National Marine electronics Association) para la lectura del GPS.

El proyecto consiste en el desarrollo de un módulo que se implementara en las sonoboyas, donde mediante comunicación de datos RDS (Radios Data System) proporcionara la variables como humedad, temperatura, batería y ubicación. Donde cualquier dispositivo una radio pueda sintonizar la misma frecuencia y obtener dichas variables.

La misión más importante durante las residencias fue desarrollar la programación y diseño de la placa PCB (Printed Circuit Board) donde iban a montarse todos lo componentes electrónicos. Debidamente la información de todos los módulos se complementaron para el desarrollo de la innovación.

Se espera que con la implementación del módulo sea más factible saber la ubicación y estado de las sonoboyas sin necesidad de estar monitoreando. Pero es necesario profundizar todo los conceptos necesarios para poder entender a profundidad el funcionamiento del módulo en general y también pero no menos importante, las misiones de la residencia, así como la filosofía utilizada para desarrollar proyectos de manera independiente.

RESERVADO

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Armada de México (INIDETAM), en la Figura 1 se muestra el logotipo de INIDETAM.

Dirección: Polígono Naval de Antón Lizardo, Antón Lizardo, Veracruz.

C. P. 95269

Email: info@inidetam.edu.mx

Sitio: www.gob.mx/semar

Figura 1. Logotipo de INIDETAM.

HISTORIA DEL INSTITUTO

El 16 de septiembre de 2001 se creó el Instituto Mexicano de Investigación y Desarrollo Tecnológico Naval mediante el Acuerdo Secretarial 103, con la tarea de estudiar e integrar proyectos de investigación de forma independiente o en coordinación con otras instituciones, tanto públicas como privadas, con el fin de apoyar las operaciones de las fuerzas, unidades y organismos navales.

En 2004, el Instituto comenzó a desarrollar sus propios proyectos y se hizo cargo de otros a petición de la Dirección General de Investigación y Desarrollo. Su objetivo general es satisfacer las necesidades tecnológicas de la Armada de México y reducir su dependencia tecnológica del extranjero.

A través del Fondo del Sector de Investigación Científica y Desarrollo Naval (FSIDCN), un centro de investigación civil. Se limitó a coordinar o participar en el desarrollo de SEMAR, pero desde 2005 ha sido capaz de desarrolla proyectos de manera independiente, en la Figura 2 se muestra la vista frontal de INIDETAM.

Figura 2. Vista frontal INIDETAM.

MISIÓN

Estudiar e integrar proyectos de investigación y desarrollo de manera independiente o en coordinación con otras instituciones, con el fin de apoyar las operaciones de las Fuerzas, Unidades y Establecimientos Navales.

VISIÓN

Ser un Instituto líder, capaz de disminuir la dependencia tecnológica del exterior y de proyectar a la SEMAR, como una Institución de vanguardia con el empleo de tecnología nacional.

ATRIBUTOS INSTITUCIONALES

- Investigar y desarrollar proyectos tecnológicos de Sistemas Tácticos y tecnología de punta.

- Desarrollar sistemas para optimización de las operaciones que desarrollen las unidades y establecimientos navales.
- Presentar propuestas de soluciones tecnológicas con el fin de apoyar a las operaciones de las unidades y establecimientos navales, y asesorar al Mando con relación a aquellas que se generen en otras instituciones.
- Participar en la evaluación y supervisión de las actividades de investigación y desarrollo de tecnologías de la institución y empresas públicas y privadas.
- Representar a la institución, participar en comités, congresos, conferencias y actos semejantes, nacionales o internacionales, en su ámbito de competencia.
- Las demás que le confieran las disposiciones legales aplicables o que le sean ordenadas.

ESTRUCTURA ORGÁNICA SEMAR

En el Secretaría de la Marina, la responsabilidad de la investigación y el desarrollo es ejercida por la Dirección General de Investigación y Desarrollo (DIGINDES), que depende directamente del Subsecretaría de la Marina y está facultada para desempeñar sus funciones (véase la Figura 3) .

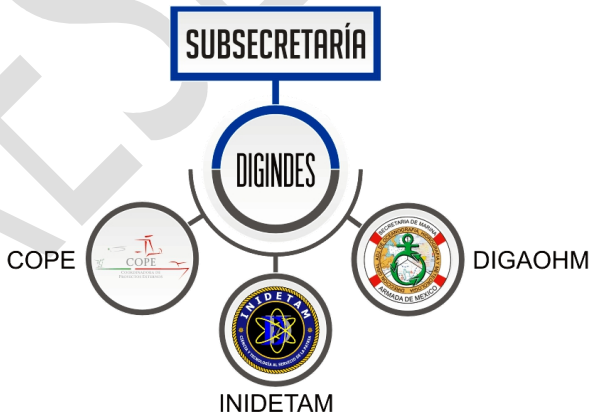

Figura 3. Estructura de DIGINDES.

RESERVADO

PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO DEL ESTUDIANTE

El proyecto se desarrolló en el laboratorio de acústica en el área de SESONAR que se encarga principalmente al estudio, análisis, simulación, mantenimiento y desarrollo de todo lo relacionado a la acústica subacuática, en la Figura 4 se muestra el laboratorio.

La innovación se lleva acabo en un proyecto llamado SIVISO, que consta en un Sistema de Vigilancia Marítima por Sonar integrado por cuatro tipos de sonares (sonar portátil, sonoboya pasiva, sonoboya activa y sonar de profundidad variable) integradas en un contenedor portátil para dar capacidades de detección subacuática a un buque Patrulla Oceánica, para detectar blancos subacuáticos hasta una distancia de 6,000 yardas (5486.4 metros) por medios acústicos y comunicación por radiofrecuencia hasta 15,000 yardas (13716 metros).

Figura 4. Laboratorio de acústica subacuática.

PROBLEMAS A RESOLVER

Los datos que proporciona una sonoboya del SIVISO sobre su estado son nulos, debido a que no tiene un módulo que proporcione su ubicación, el estado climático de su ubicación en caso de que se desconozca y también información sobre la batería de la cual se alimenta toda la sonoboya para saber cuando es necesario su extracción para su recarga.

Debido a que las sonoboyas tienen un espacio específico para la innovación se requiere que el módulo a desarrollar sea de un tamaño reducido para su fácil implementación y si es necesario otras futuras innovaciones del SIVISO.

Por lo tanto, se quiere desarrollar un transmisor el cual pueda proporcionar toda la información y que sea de un tamaño reducido. Afortunadamente el SESONAR está dispuesto a que el residente use cualquier medio para cumplir el objetivo.

OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS)

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar en las sonoboyas un transmisor receptor para que proporcione datos de su entorno pero que mediante ondas FM transmitirá la comunicación por datos RDS debido a que se tienen todos los componentes necesarios para su desarrollo, en la Figura 5 se aprecia una sonoboya .

Figura 5. Sonoboya.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar el funcionamiento de cada módulo que se implementará en el transmisor.

RESERVADO

2. Desarrollar la programación.
3. Desarrollar las pruebas de los módulos y observar su implementación.
4. Desarrollar la simulación del ensamblaje del componente.
5. Diseñar el PCB donde todo los componentes del transmisor irán ensamblados.
6. Diseñar una caja donde estará ensamblado el PCB.

JUSTIFICACION

Como se mencionó , parte de este proyecto es principalmente solucionar la falta de un transmisor en las sonoboyas. La falta de éste es un problema actual debido a que al desplegar en el mar no se sabe con exactitud su ubicación, estado climático e incluso el estado de la batería de toda la sonoboya en general.

El SIVISO es uno de los principales proyectos del laboratorio de acústica subacuática, por lo tanto es necesario que se implemente dicha innovación para poder obtener el mayor provecho de este proyecto. Afortunadamente el área de SESONAR brinda el máximo servicio hacia los residentes y capacitación para que sea posible el desarrollo deseado de el proyecto donde se trabaja.

RESERVADO

CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO

MARCO TEÓRICO (FUNDAMENTOS TEÓRICOS)

FRECUENCIA MODULADA (FM)

La radio FM actualmente se basa en la tecnología analógica. Esta banda se usó por primera vez en la década de 1960. En las últimas décadas, la tecnología ha traído mejoras en la radio analógica (véase la Figura 6), como el sonido estéreo (radio FM) o la capacidad de transmitir datos a través de RDS (Radio Data System) desde 1989.

Figura 6. Radio analógico.

La frecuencia modulada es el sistema de transmisión de radio para cambiar la frecuencia de la onda portadora en respuesta a la señal de audio transmitida o también se refiere a la forma en que la información se transmite a través de la onda portadora cambiando su frecuencia. En este tipo de modulación, el cambio se realiza en saltos de frecuencia. Su característica principal de la FM es su modulación y la propagación directa de la onda debido a su posición en la banda de frecuencias.

RADIODIFUSIÓN

La radiodifusión es el término utilizado para describir el servicio de transmisión de señales de radio y televisión destinadas a un uso público general o muy amplio. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) define con precisión las bandas de radiofrecuencias disponibles para los servicios que se encuentran en los

RESERVADO

servicios terrestres y en el sector de las radiocomunicaciones, en la Figura 7 se muestra el logotipo de ITU.

Figura 7. Logotipo de ITU.

RADIODIFUSIÓN DE DATOS (RDS)

Radio data system (RDS) o sistema de readiofusion de datos es un protocolo de comunicaciones que permite enviar pequeñas cantidades de datos digitales, inaudibles para el radioescucha con la misma señal de una emisora de radio FM. Por lo tanto es una señal digital que se transmite en muchas estaciones y es inaudible para el oído humano, pero que el receptor de radio puede entender perfectamente. Esta señal transporta pequeñas cantidades de información digital, pero incluso las pequeñas cantidades son significantes, se puede observar un ejemplo en la Figura 8 . Se reconoce que esta tecnología es actualmente limitada y que la radiación digital pura permite transmitir datos más ricos.

Figura 8. Ejemplo RDS.

RESERVADO

ASOCIACIÓN NACIONAL DE ELECTRÓNICA MARINA (NMEA)

La Asociación Nacional de Electrónica Marina (NMEA) ha desarrollado una especificación para definir las interfaces entre los diferentes componentes de la electrónica marina. La norma permite que los equipos electrónicos marinos transmitan información a las computadoras y otros equipos marinos. Esta especificación prevé la comunicación con un receptor GPS. La mayoría de los programas informáticos que proporcionan información de posición en tiempo real tendrán datos en formato NMEA.

Existen frases estándar para cada categoría de dispositivos y también existe la posibilidad de definir frases de propiedad para uso de empresas individuales. Todas las frases estándar tienen un prefijo de dos letras que define el dispositivo que utiliza ese tipo de frase. (En el caso de los receptores de GPS, el prefijo es GP), que va seguido de una secuencia de tres letras que define el contenido de la frase.

Además, la NMEA permite a los fabricantes de hardware definir sus frases propietarias para cualquier uso que consideren apropiado. Todas las frases de propiedad comienzan con la letra P y van seguidas de 3 letras que identifican al fabricante que controla esa frase. Por ejemplo, una frase de Garmin comenzaría con PGRM y Magallan comenzaría con PMGN .

Cada frase comienza con un "$" y termina con una secuencia de retorno de carro/alimentación de línea y no puede tener más de 80 caracteres de texto visible (más saltos de línea). Los datos están contenidos en esta única línea con elementos de datos separados por comas, en la Figura 9 se puede ver un ejemplo de los datos obtenidos por los GPS.

```
$GPGGA,215341.000,5155.9653,N,00428.0063,E,1,5,4.22,28.1,M,47.,,4
$GPGGA,215342.000,5155.9671,N,00428.0060,E,1,5,4.22,28.0,M,47.1,M,,*6.01
$GPGGA,215343.000,5155.9674,N,00428.0061,E,1,5,4.41,28.2,M,47.1,0E,
$GPGGA,215344.000,5155.9672,N,00428.0059,E,1,5,4.42,29.1,M,47.1,M,,*6A
$GPGGA,215345.000,5155.9683,N,00428.0054,E,1,5,4.22,29.9,M,47.1,M,,*62303R6A
```

Figura 9. Ejemplo de datos arrojados por los GPS.

RESERVADO

GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un servicio que proporciona a los usuarios información sobre la posición, la navegación y la hora. El sistema fue desarrollado, instalado y desplegado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y actualmente es propiedad de la Fuerza Espacial de los Estados Unidos. Para determinar su posición, un usuario utiliza cuatro o más satélites y utiliza la trilateración, en la Figura10 se muestra la trilateración de manera más clara.

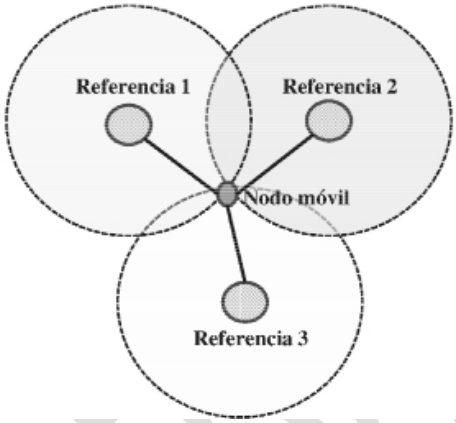

Figura 10. Trilateración.

Algunos GPS requieren ciertos requisitos que debe cumplir el sistema para que pueda ser utilizado de manera civil. Con este fin, se han desarrollado cinco sistemas independientes (véase la Figura 11), pero son compatibles entre sí:

- El sistema WAAS en los Estados Unidos
- El sistema EGNOS en Europa
- El sistema GAGAN en India
- El sistema SDCM en Rusia
- El sistema MSAS en Japón

RESERVADO

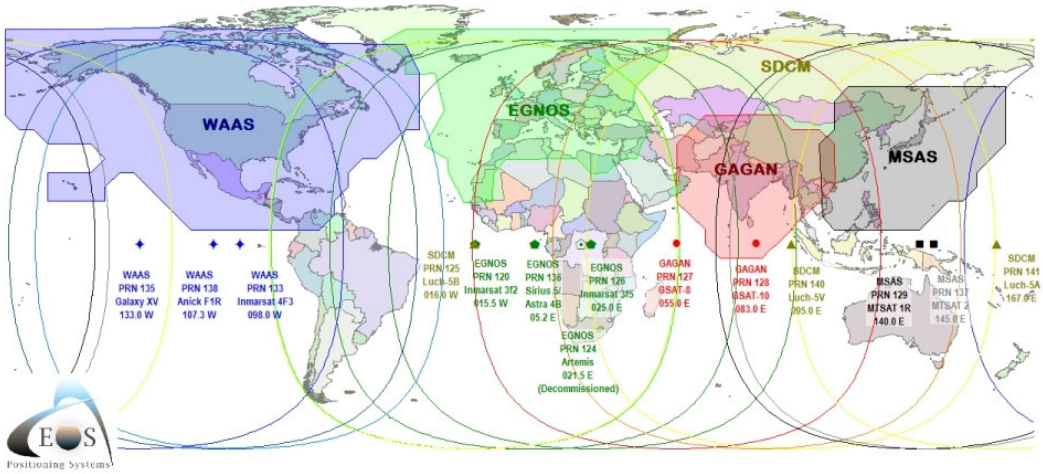

Figura 11. Sistemas usados en el mundo.

El sistema de los GPS consta de tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento de usuario.

SEGMENTO ESPACIAL

El segmento espacial del GPS consiste en un grupo de satélites que transmiten señales de radio a los usuarios. Para asegurar este compromiso, la Fuerza Aérea ha volado 31 satélites GPS activos en los últimos años.

SEGMENTO DE CONTROL

El segmento de control del GPS consiste en una red mundial de instalaciones terrestres que rastrean los satélites del GPS, supervisan sus transmisiones, realizan análisis y envían comandos y datos a la constelación. El actual Segmento de Control Operacional (OCS) incluye una estación de control principal, una estación de control principal alternativa, 11 antenas de comando y control y 16 sitios de monitoreo.

SEGMENTO DEL USUARIO

La naturaleza libre, ininterrumpida y confiable del Sistema de Posicionamiento Global ha permitido a los usuarios de todo el mundo desarrollar cientos de aplicaciones que tocan casi todos los aspectos de la vida moderna.Cada día se

RESERVADO

inventan nuevas aplicaciones del GPS, cuyo único límite es la creatividad de la imaginación humana.

MTK3339

MTK3339 es un módulo GPS de alta calidad que puede rastrear hasta 22 satélites en 66 canales, tiene un excelente receptor de alta sensibilidad, y una antena incorporada. Puede hacer hasta 10 actualizaciones de localización por segundo para alta velocidad, registro o seguimiento de alta sensibilidad. El uso de energía es increíblemente bajo, sólo 20 mA durante la navegación, en la Figura 12 se muestra el módulo 12.

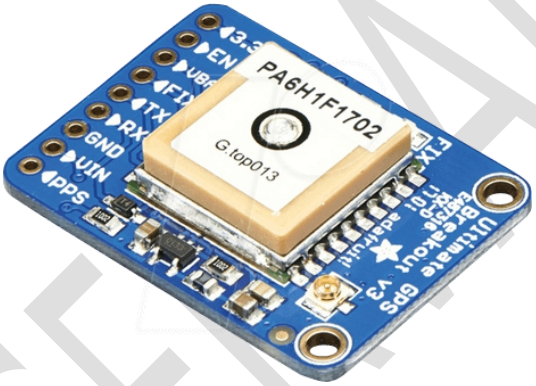

Figura 12. MTK3339.

Este módulo se tiene denominado como el ultimo GPS debido a que tiene características como:

- 165 dBm de sensibilidad, actualizaciones de 10 Hz, 66 canales.
- Un diseño amigable de 5V y un consumo de corriente de sólo 20mA.
- El tablero es amigable más dos agujeros de montaje.
- Registro de datos incorporado.
- Antena de parche interna para antena activa externa.
- La salida de PPS (pulsaciones por segundo) está fijada.
- Compatible con la batería RTC (reloj en tiempo real).
- LED de estado fijo.

RESERVADO

En la Tabla 1 se muestras la especificaciones del módulo MTK3339.

Tabla 1. Especificaciones de MTK3339.

Datos técnicos	
Satélites	22 de seguimiento, 66 de búsqueda
Tamaño de la antena del parche	15mm x 15mm x 4mm
Tasa de actualización	1 a 10 Hz
Precisión de la posición	1,8 metros
Precisión de velocidad	0,1 metros/s
Sensibilidad de adquisición	-145 dBm
Sensibilidad de rastreo	-165 dBm
Velocidad máxima	515m/s
La gama Vin	3.0-5.5 VDC
MTK3339 Corriente de funcionamiento	25mA de rastreo, 20 mA de consumo de corriente durante la navegación
Salida	NMEA 0183, 9600 baudios por defecto
Hasta 210 canales PRN	
Detección y reducción de interferencias	
Detección y compensación de múltiples rutas	
El DGPS/WAAS/EGNOS de apoyó	

RESERVADO

TRANSMISOR

Un transmisor es un instrumento que capta una variable en el proceso y la transmite a distancia a un dispositivo indicador o controlador. Es un dispositivo que emite una señal, un código o un mensaje a través de un medio. Se requiere un transmisor, un medio y un receptor para lograr una sesión de comunicación.

RADIOTRANSMISOR

Un radiotransmisor es un dispositivo electrónico perteneciente a una radio eléctrica que emite ondas electromagnéticas a través de una antena que contiene información como una radio, televisión, teléfono móvil o cualquier otro tipo de señal de radio.

Un radiotransmisor es un caso especial en el que las ondas electromagnéticas son el medio físico de comunicación. La función de un transmisor es codificar las señales ópticas, mecánicas o eléctricas, amplificarlas y emitirlas como ondas electromagnéticas a través de una antena. La codificación elegida se llama modulación.

PARTES PRINCIPALES DE UN RADIOTRANSMISOR

Un radiotransmisor típico consta de diversos elementos, en la Figura 13 se aprecia los elementos del radiotransmisor.

Oscilador: es un oscilador de cristal, que funciona para asegurar la precisión y la pureza de la frecuencia generada.

Preamplificador de audiofrecuencia: es un amplificador de audio de baja potencia para amplificar la señal generada a un nivel muy bajo.

Amplificador modulador: variará la amplitud de la onda portadora, de modo que varía según los cambios en el nivel de la señal modulador.

Amplificador de radiofrecuencia tiene dos funciones: en primer lugar, aumenta el nivel de la portadora generada por el oscilador y, en segundo lugar, actúa como

RESERVADO

un amplificador tampón para garantizar que el oscilador no se vea afectado por las fluctuaciones de voltaje o impedancia.

Amplificador de potencia de RF: este amplificador produce la elevación de la potencia de la señal generada en la fase anterior a los niveles requeridos para que se aplique a la antena. En esta fase también se aplica la señal moduladora.

Fuente de alimentación: es un dispositivo que genera electricidad a partir de una fuente de energía externa.

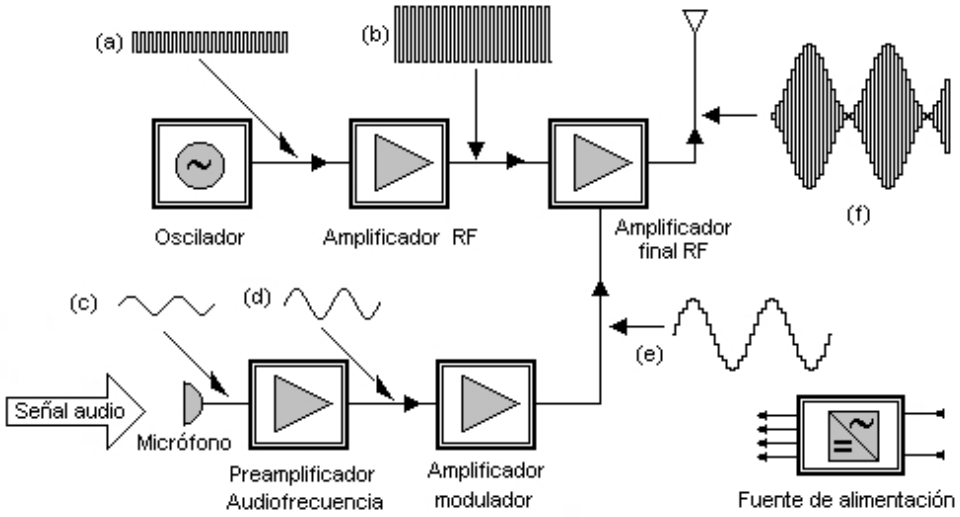

Figura 13. Elementos de un radiotransmisor.

SI4713

SI4713 (véase la Figura 14) es un módulo todo en uno de audio,estéreo FM y transmisor con datos RDS/RBDS. Se puede utilizar cualquier receptor de FM como su coche o receptor de radio de bolsillo. Este puede ser una manera fácil para transmitir audio de hasta unos 10 metros/30 pies de distancia. Este transmisor incluso tiene RDS/RBDS para transmitir datos como muchos modernos receptores FM .

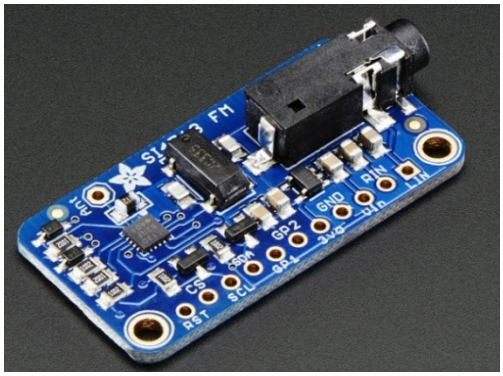

Figura 14. SI4713.

Sus principales características por las cuales destaca como radiotransmisor son:

- Receptor integrado para la medición de la potencia de recepción.
- Soporte de banda FM en todo el mundo(76-108 MHz) para la transmisión.
- Requiere sólo dos componentes externos.
- Sintetizador de frecuencia con VCO integrado.
- Modulador estéreo digital.
- Pre-énfasis programable(50/75 µs).
- Interfaz de audio analógico/digital.
- Reloj de referencia programable.
- Codificador de transmisión RDS/RBDS (sólo Si4713).
- Soporte de antena de bucle PCB con autocalibrado Sintonía de condensadores.
- Nivel de transmisión programable.
- Modulación programable.
- Tensión de alimentación de 2,7 a 5,5 V.
- Compresión de ganancia digital.
- Regulador LDO (Regulador de baja caída) integrado.
- 3 x 3 x 0.55 mm QFN (tipo de encapsulado para dispositivos electrónicos) de 20 pines.

RESERVADO

- Libre de Pb y conforme a RoHS.

En la Tabla 2 se observa las especificaciones del módulo Si4713.

Tabla 2. Especificaciones SI4713.

ESPECIFICACIONES SI4713						
Parámetros	Símbolo	Condición de prueba	Mín.	Típico	Máx.	Uni.
Rango de frecuencia de transmisión	fRF		76	-	108	MHz
Voltaje de salida de transmisión programable, TXO			-	118	-	dBµV
Precisión del voltaje de transmisión		VRF = 102–118 dBµV	-2.5	-	2.5	dB
Paso de tensión de transmisión			-	1	2	dB
Transmitir la energía del borde del canal			-	-	-20	dBC
Transmitir la energía del canal adyacente			-	-30	-26	dBC
Constante de tiempo previa al énfasis		TX_PREMPHASIS = 75 µs	70	75	80	µs

RESERVADO

Audio SNR Mono		TX_PREMPHASIS = 50 µs	45	50	54	µs
Audio THD Mono			-	63	-	dB
Separación de Audio Estéreo			-	0.1	0.5	%
Ratio de rechazo del subtransporte			30	35	-	dB
Ratio de rechazo del subtransporte	SCR		40	50	-	dB
Nivel de la señal de entrada (0 dB)	VAI		-	-	0.636	Vpk
Ancho de banda de audio (3 dB)			30	-	15k	Hz
Desequilibrio de audio			-1	-	1	dB
Potencia Tiempo de asentamiento		Desde el apagado	-	-	110	ms
Voltaje de suministro	VDD		2.7	-	5.5	V
Tensión de suministro de la interfaz	VIO		1.5	-	3.6	V
Corriente de suministro de TX	ITX	FM TX desde la entrada de línea	-	18.8	22.8	mA

RESERVADO

Corriente de suministro de la interfaz TX	IIO		-	320	600	µA

RECEPTOR

Un receptor eléctrico es cualquier dispositivo, aparato o máquina capaz de convertir la energía eléctrica recibida en cualquier otro tipo de energía. Existe una gran variedad de receptores pero el que es más relevante son los receptores de radio de FM.

RECEPTOR DE RADIO FM

Un receptor FM es un dispositivo capaz de aceptar y de modular una señal de radio a fin de obtener la información contiene. La señal de entrada generalmente tiene una amplitud extremadamente baja, un receptor típico debería ser capaz de amplificar la señal de entrada por un factor de unos pocos miles, de modo que esta es lo suficientemente amplio para ser útil.

SI4703

El sintonizador de FM del SI4703 (véase la Figura 15) permite sintonizar emisoras de radio FM, utilizando el chip de sintonización de FM de Silicon Laboratories. Este circuito integrado también funciona bien para la detección de filtros y portadoras, y permite que se muestren al usuario datos como el ID de la estación y el nombre de la canción.

RESERVADO

Figura 15. SI4703.

El dispositivo ofrece una significativa programabilidad. Puede ser adaptado a los requisitos de escucha subjetiva, y permite la ajustabilidad en parámetros importantes como buscar/ajustar, permitiendo que la Si4702/03 para superar otras soluciones encontrando estaciones más válidas y no se detienen en las frecuencias que no tienen una estación de radio, en la Tabla 3 se aprecia las especificaciones del módulo SI4703.

Tabla 3. Especificaciones SI4703.

ESPECIFICACIONES SI4703						
Parámetros	Símbolo	Condición de prueba	Mín.	Típico	Máx.	Uni.
Frecuencia de entrada	fRF		76	-	108	MHz
Sensibilidad		(S+N)/N = 26 dB	-	2.5	-	µV EMF
Entrada IP3		f2 – f1| > 1 MHz; f0 = 2 x f1 – f2	-	108	-	dBµV EMF
Selectividad del canal adyacente		±200 kHz	-	50	-	dB
Selectividad de canal alternativo		±400 kHz	-	70	-	dB

RESERVADO

Frecuencia RCLK			-	32.768	-	kHz
Tolerancia de frecuencia RCLK			-200	-	200	ppm
Voltaje de salida de audio			72	80	90	mVrms
Límites de la banda de audio		±1.5 dB	30	-	15k	Hz
Audio S/N			-	63	-	dB
Audio THD			-	0.1	0.5	%
Voltaje de suministro	VD, VA		2.7	-	5.5	V
Tensión de suministro de la interfaz	VIO		1.5	-	3.6	V
Temperatura ambiente	TA		-20	25	85	°C
Corriente de suministro	IAD		-	18	-	mA
Corriente de apagado	IPD		-	5	15	µA
Tiempo de			-	-	60	ms/can

RESERVADO

búsqueda/ ajuste						al
Frecuencia SCLK	fCLK fSCL	Operación de 3 cables Operación de 2 cables	- -	- -	2.5 400	MHz kHz
Tiempo de encendido		Desde el apagón	-	-	110	ms

SENSOR

El término sensor se refiere a un elemento de medición que detecta la magnitud de una cantidad física y la convierte en una señal que puede ser procesada por algún sistema. Los sistemas de monitorización y control requieren sensores para medir cantidades físicas como la posición lineal, la posición angular, la deflexión, la tensión, la aceleración, la presión, el flujo, la fuerza, la velocidad lineal y angular, la temperatura, la intensidad de la luz, la distancia y la vibración.

SENSOR TEMPERATURA Y HUMEDAD

Los sensores de temperatura miden la temperatura del aire, mientras que los sensores de humedad miden la humedad del aire. Para reducir los costos, estos sensores se utilizan normalmente en combinación con otros. La humedad no tiene una influencia directa en el cálculo de la potencia eólica de un lugar, pero sí ayuda a comprender las posibilidades de congelar la zona.

RESERVADO

DHT22

El DHT22 es un sensor digital de bajo costo y alto rendimiento para la temperatura y la humedad relativa, se puede ver en la Figura 16 el sensor DHT22. Combina un sensor capacitivo de humedad con un termistor para medir el aire ambiente y muestra los datos a través de una señal digital en el lápiz de información.

Figura 16. Sensor DHT22.

El DHT22 presenta mejores prestaciones respecto al sensor DHT11. El pequeño tamaño, el bajo consumo y la larga distancia de transmisión (20m) permiten que DHT22 sea adecuado en todo tipo de ocasiones de aplicaciones duras.

Se profundiza en la Tabla 4 las especificaciones del sensor DHT22.

Tabla 4. Especificaciones DHT22

ESPECIFICACIONES DHT22	
Fuente de alimentación	3.3-6V DC
Señal de salida	Señal digital a través de un único bus
Elemento sensorial	Condensador de polímero
Rango de operación	Humedad 0-100%RH Temperatura -40~80Celsius
Precisión	Humedad +-2%RH(Max +-5%RH) Temperatura <+-0.5 Celsius
Resolución o	Humedad 0,1% HR

RESERVADO

sensibilidad	Temperatura 0,1 Celsius
Repetibilidad	Humedad +-1%RH Temperatura +-0,2 Celsius
Histéresis de humedad	+-0.3%RH
Estabilidad a largo plazo	+-0.5%RH/year
Período de detección	Promedio: 2s
Intercambiabilidad	Totalmente intercambiables
Dimensiones	Tamaño pequeño 14*18*5.5mm Tamaño grande 22*28*5mm

MICROCONTROLADOR

Un microcontrolador es un circuito integrado digital que puede ser usado para varios propósitos porque es programable.

El microcontrolador puede utilizarse para muchas aplicaciones, entre ellas: sensores de procesamiento, controladores, juegos, calculadoras, calendarios, señales luminosas, secuenciadores de luz, cerraduras electrónicas, control de motores, relojes, alarmas, robots, etc.

Para grabar un programa en un microcontrolador se necesita basicamente:

- Una computadora
- Software de programación.
- Un circuito programador

ARDUINO

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software libre, flexible y fácil de usar para desarrolladores y programadores. Esta plataforma permite la creación de diferentes tipos de microcomputadoras

RESERVADO

monoplaca que pueden ser utilizadas de diferentes maneras por la comunidad de desarrolladores, en la Figura 17 se presenta un Arduino Mega.

Figura 17. Arduino MEGA.

Para entender este concepto, primero hay que entender los conceptos de hardware y software libre. El hardware libre son dispositivos cuyas especificaciones y diagramas están disponibles públicamente para que cualquiera pueda copiarlos. Esto significa que Arduino proporciona a cualquier otra persona o empresa una base para crear sus propios servicios de consultoría, que pueden ser diferentes entre sí, pero que funcionan sobre la misma base.

El software libre es un software cuyo código fuente está a disposición de cualquiera, de modo que cualquiera puede utilizarlo y modificarlo. Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Integrated Development Environment), que es un entorno de software en el que cualquier persona puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de modo que puede recibir todo tipo de utilidades.

El Arduino es un tablero basado en el microcontrolador ATMEL. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden escribir instrucciones en un lenguaje de programación (El lenguaje por defecto es C++), que puede ser usado en el entorno IDE de Arduino. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa.

Por lo tanto, el microcontrolador de Arduino tiene una interfaz de entrada, que es una conexión que permite conectar diferentes tipos de periféricos en la placa. La información procedente de estos periféricos enchufables se transmitirá al microcontrolador, que procesará los datos que pasen a través de ellos.

RESERVADO

C++

C++ es un lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos que ayuda a los programadores a escribir programas rápidos y portátiles. C+++ ofrece un amplio soporte de biblioteca en forma de una biblioteca de plantillas estándar (STL).

C++ proviene de la ampliación del lenguaje C para poder manipular objetos. Su gran potencia lo convierte en uno de los lenguajes de programación más populares en 2019.

Fue concebido por Dan Bjarne Strostrup a mediados de los 80. Su intención era extender el lenguaje de programación C para que tuviera los mecanismos necesarios para manipular objetos. Por lo tanto, C++ contiene paradigmas de programación estructurados y orientados a objetos.

Algunas de las características más importantes del lenguaje C++ son:

- Soporte de biblioteca: Muchas funciones están disponibles a través de las bibliotecas, que le ayudan a escribir código rápidamente.
- Orientado a objetos: La programación se centra en los objetos y en la manipulación y configuración de sus diversos parámetros o propiedades.
- Velocidad: Compilar y ejecutar un programa en C++ es mucho más rápido que en la mayoría de los lenguajes de programación.
- Compilación: En C++ es necesario compilar código de bajo nivel antes de la ejecución, lo que no es el caso en otros lenguajes.
- Punteros: Los punteros del lenguaje C también están disponibles en C++.
- Didáctica: El aprendizaje de la programación en C++ hace que el aprendizaje de lenguajes como Java, C#, PHP, Javascript, etc. sea mucho más fácil.

PCB

PCB significa placa de circuito impreso. Los diseñadores e ingenieros utilizan placas de circuitos impresos para crear un circuito de trabajo o un conjunto de

RESERVADO

componentes electrónicos, para ser más específicos es el núcleo o corazón de la mayoría de los productos tecnológicos.

Se utiliza ampliamente cuando se trabaja en proyectos electrónicos, mecatrónicos y eléctricos, así como en la investigación, la fabricación y el desarrollo de productos innovadores. Hoy en día todos los productos (electrónicos y no electrónicos) tienen en su interior placas electrónicas con diferentes formas, características, dimensiones, componentes, colores. Afortunadamente, hay una gran variedad de software para desarrollar PCBs.

KIDCAD

KiCad es un software gratuito de automatización de diseño electrónico. Facilita la creación de esquemas para sistemas electrónicos y su transformación en placas de circuitos impresos. KiCad utiliza el entorno integrado para todas las etapas del proceso de diseño: captura esquemática, diseño de PCB, generación/visualización de archivos Gerber y edición de bibliotecas de componentes (para símbolos e impresiones), en la Figura 18 se observa como es la barra de herramientas que presenta KiCad.

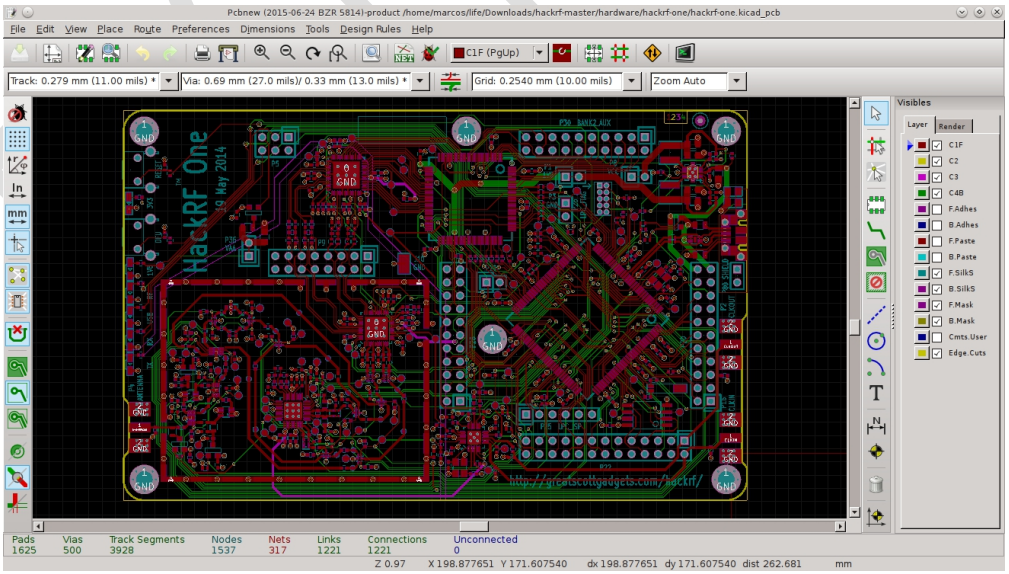

Figura 18. Barra de herramientas de KiCad.

KiCad está escrito en C++ con wxWidgets para funcionar en FreeBSD, Linux, Microsoft Windows y Mac OS X. Hay muchas bibliotecas de componentes disponibles, y los usuarios pueden añadir componentes personalizados. Los componentes personalizados pueden estar disponibles para cada proyecto, o instalados para su uso en cualquier proyecto. También hay herramientas para importar componentes de otras aplicaciones del DAE, como EAGLE. Los archivos de configuración se presentan en texto plano y están bien documentados, lo que le ayuda a interactuar con los sistemas de control de versiones y los guiones de generación automática de componentes.

KiCad fue fundado en 1992 por Jean-Pierre Charras durante su trabajo en el IUT en Grenoble. Desde entonces, KiCad ha atraído un número de voluntarios y donaciones. En particular, en 2013, la sección BE-CO-HT (Hardware y Cronometraje) del CERN comenzó a asignar recursos a KiCad para promover el desarrollo de hardware abierto y ayudar a elevar KiCad al mismo nivel que las herramientas comerciales de la EDA.

KiCad adoptó un calendario de lanzamiento estable en diciembre de 2015, comenzando con KiCad 4.0.0, que fue la primera versión que introdujo las herramientas más avanzadas implementadas por los desarrolladores del CERN. El CERN espera seguir contribuyendo al desarrollo del KiCad contratando promotores a través de donaciones. Las contribuciones pueden hacerse a través de los enlaces del sitio web de KiCad.

RESERVADO

DIVISOR DE VOLTAJE

Un divisor de voltaje es un simple circuito de resistencia en serie. Su voltaje de salida es una fracción fija de su voltaje de entrada. La relación entre la entrada y la salida está determinada por dos resistencias. Nuestro objetivo es tener una expresión que relacione el voltaje de salida, V salida, con el voltaje de entrada, V entrada.

Los divisores de voltaje tiene muchas funciones pero la aplicación que se requiere específicamente es para un cambio de nivel, en pocas palabras, cambiar el voltaje

de salida a base de las resistencias (véase la Figura 19) debido a que muchos componentes requieren una alimentación especifica.

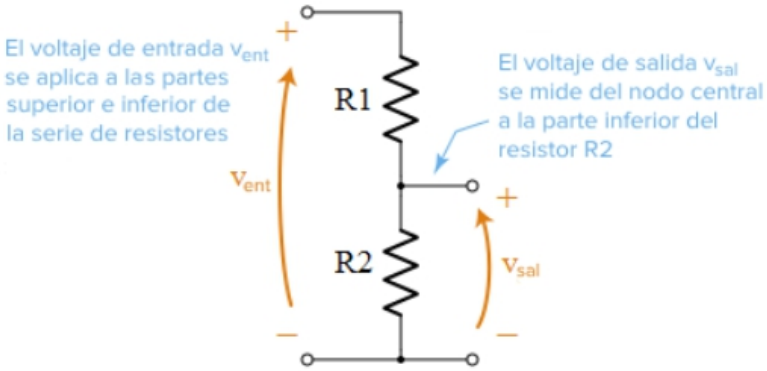

Figura 19. Circuito del divisor de voltaje.

La ecuación del divisor de voltaje se puede observar en la Figura 20.

razón de los resistores

$$v_{salida} = v_{entrada} \frac{\mathrm{R2}}{\mathrm{R1} + \mathrm{R2}}$$

voltaje de salida

voltaje de entrada

Figura 20. Ecuación del divisor de voltaje.

PROTEUS

Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

Para llevar a cabo la implementación del módulo fue necesario primero elaborar un croquis (véase la Figura 21) para poder planear que componentes eran los adecuados para cumplir dicha especificación marcada y también cual es la primordial idea que se desea cumplir. Por ello, una vez decididos los componentes se planteo la correcta distribución de actividades necesarias para concluir trabajar en el proyecto.

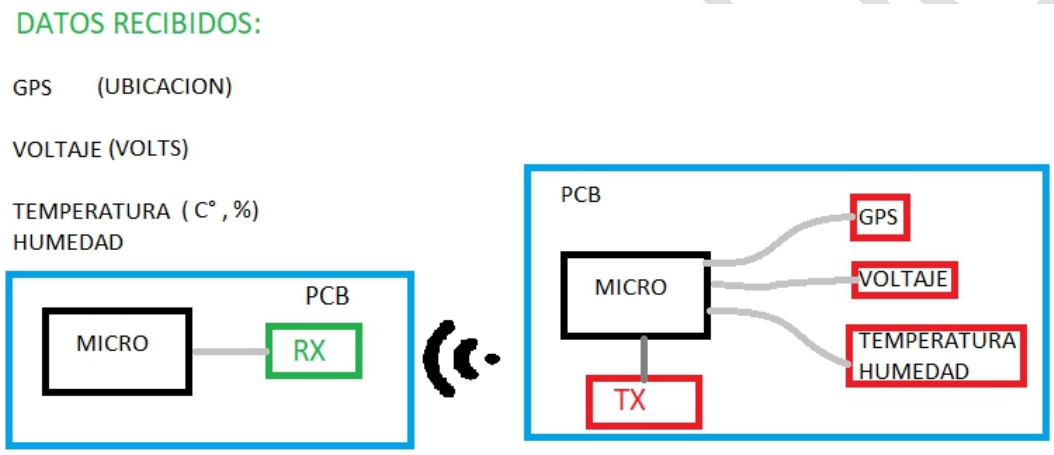

Figura 21. Croquis del proyecto.

El enfoque al transmisor fue primordial debido a que era donde más trabajo se debe invertir. Por lo tanto es esencial comprender el funcionamiento e instalación de los componentes que van a ser implementados al transmisor. Para poder así partir a los demás objetivos, en la Tabla 5 se encuentran los componentes que se implementan al transmisor.

Tabla 5. Componentes del transmisor.

COMPONENTES DEL TRANSMISOR		
Descripción	Modelo	Marca
Transmisor	Si4713	Adafruit

Sensor Humedad y Temperatura	DHT22	Adafruit
Microcontrolador	Micro ATmega32u4	Arduino
GPS	MTK3339	Adafruit

DISEÑO DE LOS DIAGRAMAS ELECTRICOS

Una vez definido los elementos a utilizar se inició con la elaboración de los diagramas electrónicos, para tener un orden en el cableado y que exista una referencia de como debe montarse la instalación cada vez que sea requerida alguna prueba, en la Figura 22 se presenta el diagrama electrónico de los componentes del transmisor.

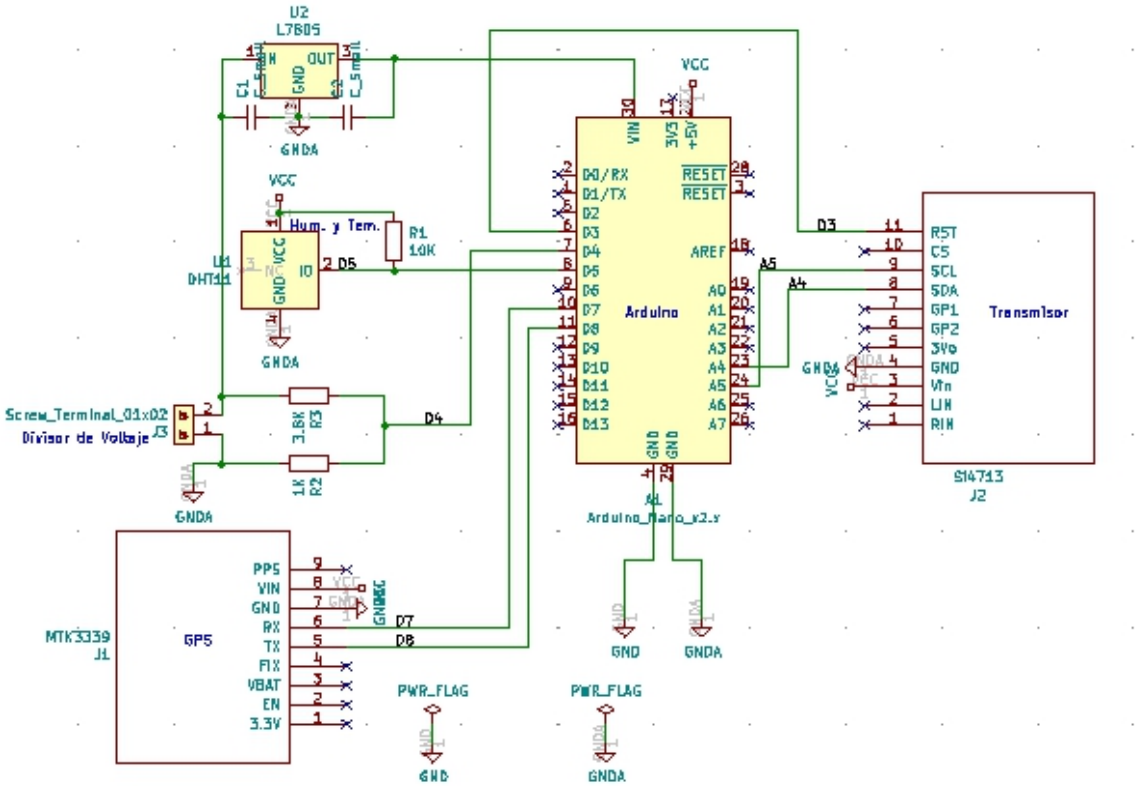

Figura 22. Diagrama electrónico del transmisor.

Se diseñó el diagrama electrónico mediante el software de KiCad debido a que sera esencial para el desarrollo de PCB y como muchos de estos softwares tienen una gran cantidad de bibliotecas de componentes y en caso de no poder encontrar algún componente se puede diseñar los componentes (como fue el caso del transmisor y el GPS), como se puede observar en la Figura 23.

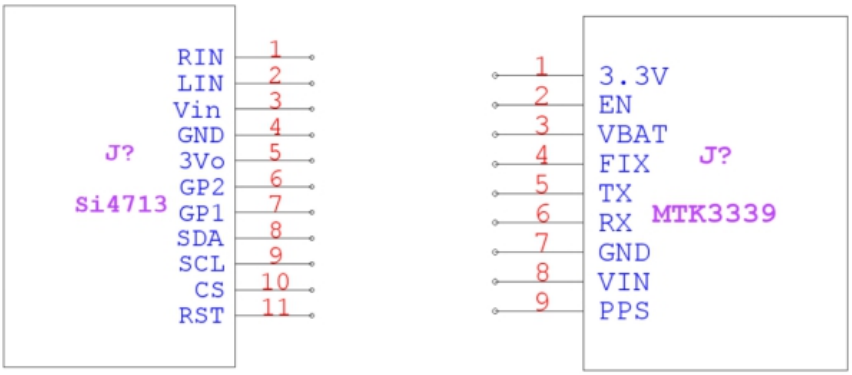

Figura 23. Resultado de SI4713 y MTK3339.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Un factor esencial para que un componente electrónico funcione es la energía eléctrica por lo tanto se requiere una fuente de alimentación. Afortunadamente las sonoboyas tienen una un fuente de alimentación para todo su sistema electrónico.

No obstante la fuente de alimentación de las sonoboyas son de 24 V y todos los componentes que serán montados para el desarrollo del nuestro transmisor funcionan con 5 V. Así que es necesario hacer un cambio de nivel de 24 V a 5 V.

PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS DE COMPONENTES

Teniendo el desarrollo electrónico de los componentes a usar y una planeación de a trabajar el siguiente paso es programar y hacer pruebas para poder cumplir con la función requerida de cada módulo.

Afortunadamente Arduino tiene un gran catálogo de proyectos y una comunidad muy activa. Adafruit proporciona al software de Arduino bibliotecas, información y

ejemplos de sus módulos. En este caso los pasos para desarrollar las pruebas fueron del orden siguiente:

- Temperatura y humedad.
- GPS.
- Transmisor.

PROGRAMACIÓN

Mucha gente de la comunidad de Arduino desarrolla muchos proyectos y los comparten a toda la comunidad. Gracias a esto se puede usar muchos ejemplos para poder entender como funciona el módulo en cuestión y entender la estructura que debe tener su programación.

RESERVADO

En la Figura 24 se puede observar la programación del sensor DHT22.

Prueba_dht22.ino | ReadMe.adoc

```
1
2  #include "DHT.h" //libreria
3
4  const int DHTPin = 5;     // pin 5
5
6  DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);
7
8  void setup() {
9     Serial.begin(9600);
10    Serial.println("DHT22 prueba!");
11
12    dht.begin();
13 }
14
15 void loop() {
16    // Wait a few seconds between measurements.
17    delay(2000);
18
19    // La lectura de humedad y temperatura es de 250 milisegundos!
20    float h = dht.readHumidity();
21    float t = dht.readTemperature();
22
23    if (isnan(h) || isnan(t)) {
24       Serial.println("Fallo la lectura del sensor DHT22");
25       return;
26    }
27
28
29    Serial.print("Humedad: ");
30    Serial.print(h);
31    Serial.print(" %\t");
32    Serial.print("Temperatura: ");
33    Serial.print(t);
34    Serial.print(" *C ");
35 }
```

Figura 24. Programación del módulo DHT22.

En la Figura 25 se encuentra la programación de prueba para el módulo SI4713.

adaradio_copy.ino

```
#include <Adafruit_Si4713.h>
#define _BV(n) (1 << n)

#define RESETPIN 12

#define FMSTATION 10230      // 10230 == 102.30 MHz

Adafruit_Si4713 radio = Adafruit_Si4713(RESETPIN);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Adafruit Radio - Si4713 Test");

  if (! radio.begin()) {  // begin with address 0x63 (CS high default)
    Serial.println("Couldn't find radio?");
    while (1);
  }

  // Uncomment to scan power of entire range from 87.5 to 108.0 MHz
  /*
  for (uint16_t f  = 8750; f<10800; f+=10) {
   radio.readTuneMeasure(f);
   Serial.print("Measuring "); Serial.print(f); Serial.print("...");
   radio.readTuneStatus();
   Serial.println(radio.currNoiseLevel);
   }
   */

  Serial.print("\nSet TX power");
  radio.setTXpower(115);  // dBuV, 88-115 max

  Serial.print("\nTuning into ");
  Serial.print(FMSTATION/100);
  Serial.print('.');
  Serial.println(FMSTATION % 100);
  radio.tuneFM(FMSTATION); // 102.3 mhz

  // This will tell you the status in case you want to read it from the chip
  radio.readTuneStatus();
  Serial.print("\tCurr freq: ");
  Serial.println(radio.currFreq);
  Serial.print("\tCurr freqdBuV:");
  Serial.println(radio.currdBuV);
  Serial.print("\tCurr ANTcap:");
  Serial.println(radio.currAntCap);

  // begin the RDS/RDBS transmission
  radio.beginRDS();
  radio.setRDSstation("AdaRadio");
  radio.setRDSbuffer( "Adafruit g0th Radio!");

  Serial.println("RDS on!");

  radio.setGPIOctrl(_BV(1) | _BV(2));  // set GP1 and GP2 to output
}



void loop() {
  radio.readASQ();
  Serial.print("\tCurr ASQ: 0x");
  Serial.println(radio.currASQ, HEX);
  Serial.print("\tCurr InLevel:");
  Serial.println(radio.currInLevel);
  // toggle GPO1 and GPO2
  radio.setGPIO(_BV(1));
  delay(500);
  radio.setGPIO(_BV(2));
  delay(500);
}
```

Figura 25. Programación de prueba del módulo SI4713.

Por ultimo en la Figura 26 se muestra la programación con la que se elaboraron las pruebas del módulo MTK3339.

GPS_SPI_EchoTest.ino

```
#include <Adafruit_GPS.h>

// Connect to the GPS on the hardware SPI port
// with CS on pin #10
Adafruit_GPS GPS(&SPI, 10);
#define RESET_PIN 9

void setup() {
  // wait for hardware serial to appear
  while (!Serial);

  // make this baud rate fast enough to we aren't waiting on it
  Serial.begin(115200);

  Serial.println("Adafruit GPS library basic SPI test!");
  pinMode(RESET_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(RESET_PIN, LOW);
  delay(10);
  digitalWrite(RESET_PIN, HIGH);
  delay(100);
  GPS.begin(100000);  // use 100kHz for SPI data rate
}


void loop() {
  if (Serial.available()) {
    char c = Serial.read();
    GPS.write(c);
  }
  if (GPS.available()) {
    char c = GPS.read();
    Serial.write(c);
  }
}
```

Figura 26. Programación usado para las pruebas del módulo MTK3339.

PRUEBAS

El orden de instalación es dispensable para poder desarrollar las pruebas y se requiere la programación de los módulos para que funcionen hasta poder lograr cumplir su trabajo en conjunto. Cabe mencionar que para comprobar la ubicación del GPS es necesario una pagina web que se llama GPRMC & GPGGA decoder.

En la Figura 27 se muestra la prueba e instalación del sensor DHT22 con el Arduino.

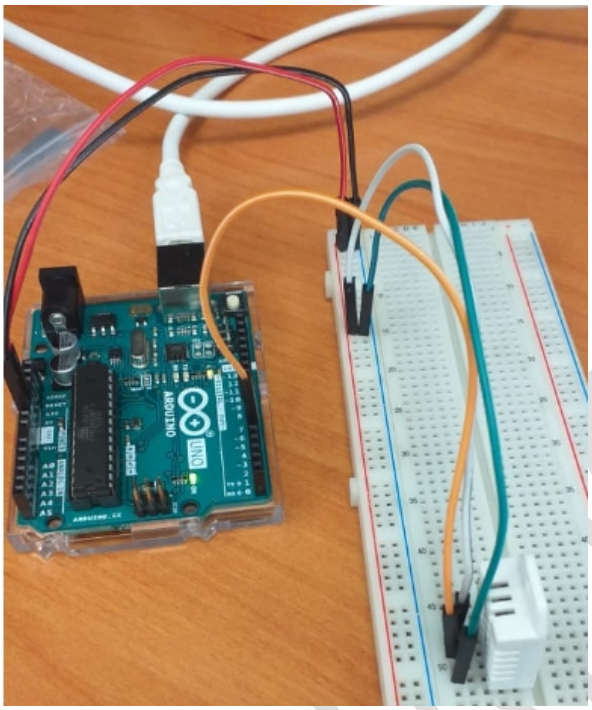

Figura 27. Prueba DHT22.

En la Figura 28 se observa la prueba e instalación del sensor DHT22 y el MTK3339 con el Arduino.

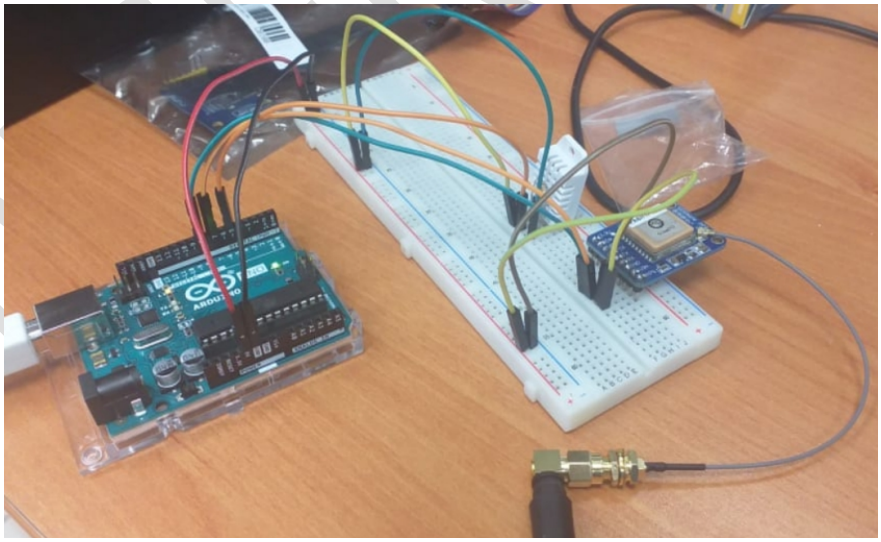

Figura 28. Prueba DHT22 más MTK3339.

RESERVADO

En la Figura 29 se aprecia la prueba e instalación de los componentes DHT22, MTK3339, SI4713 y SI4703 con el Arduino, Se implemento el SI4703 (receptor) solo para verificar su funcionamiento aunque el módulo es externo al sistema principal.

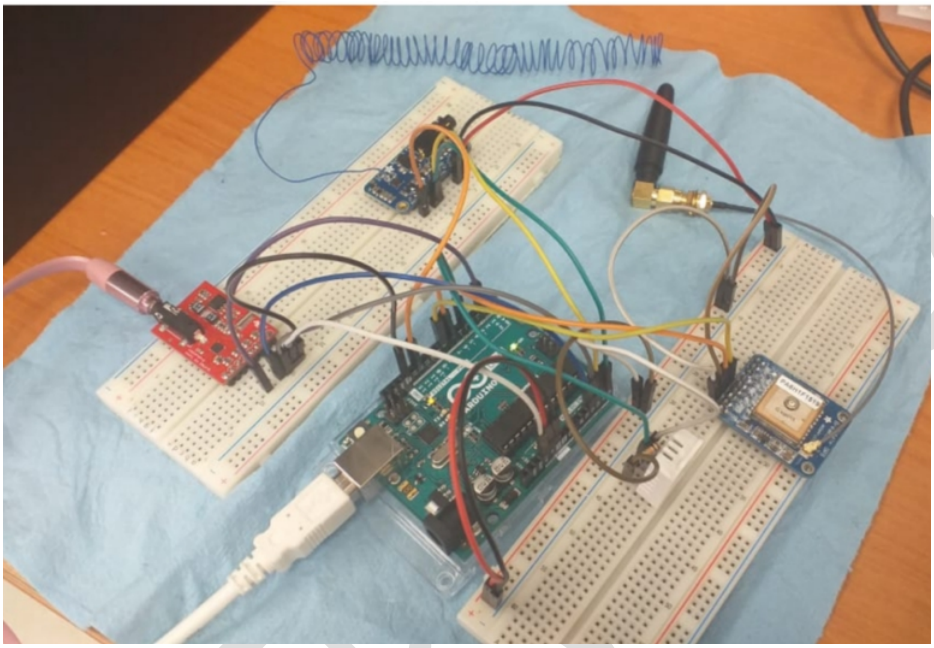

Figura 29. Prueba DHT22, MTK3339, SI4713 y SI4703.

RESERVADO

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

DIVISOR DE VOLTAJE

Usando la ecuación del divisor de voltaje se pudo obtener las resistencias necesarias para poder hacer el cambio de nivel de 24 V a 5 V, en la Figura 30 se observa los resultados del divisor de voltaje.

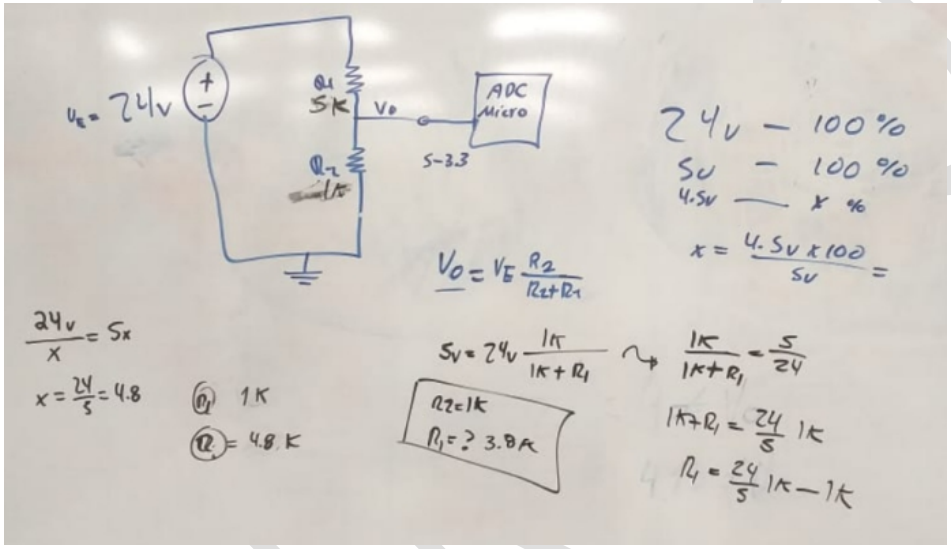

Figura 30. Resultados del divisor de voltaje.

SIMULACIÓN

La simulación es necesaria para poder hacer un proceso en el cual se sustituyen las situaciones reales y así tener una referencia a trabajar.

Teniendo los valores de las resistencias se comprobó el cambio de nivel mediante el software Proteus (véase la Figura 31).

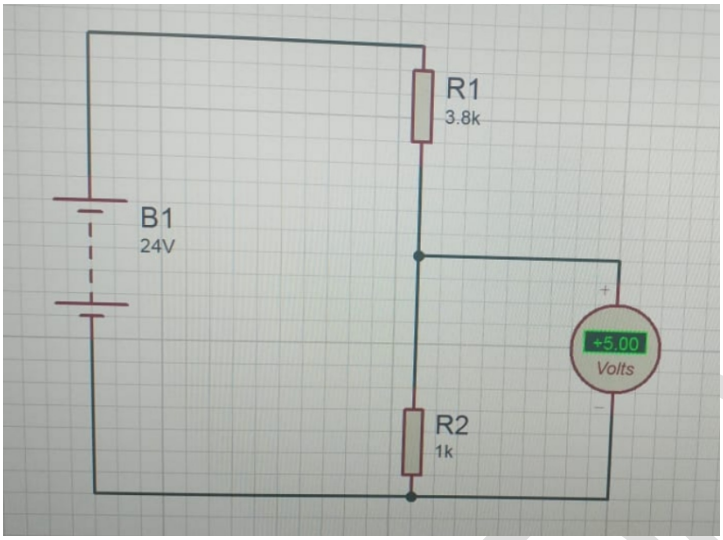

Figura 31. Simulación de Proteus.

Usando el diagrama de conexiones en KiCad se desarrollo la simulación para poder observar el PCB, en la Figura 32 se observa la simulación obtenida por KiCad.

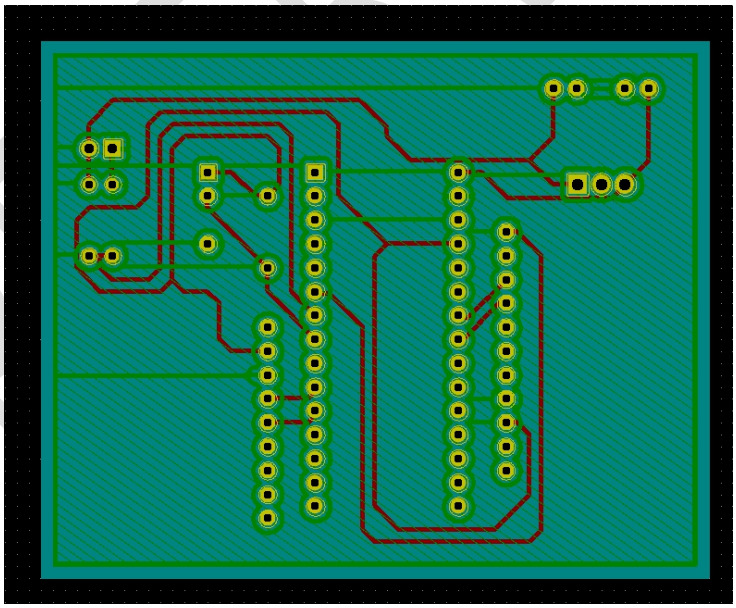

Figura 32. Simulación del PCB.

RESERVADO

La Figura 33 se muestra la simulación con solo las conexiones VCC, GNR e INPUT.

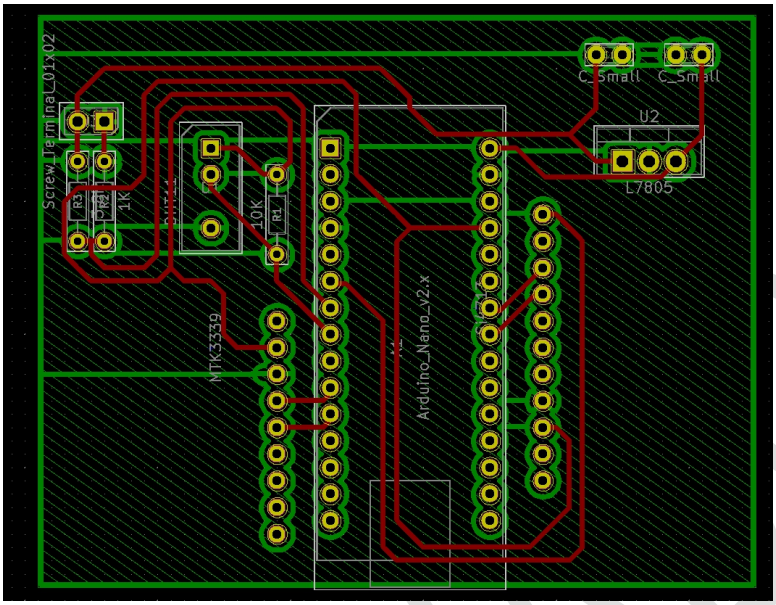

Figura 33. Conexiones de VCC,GNR e INPUT.

En la Figura 34 se expone la simulación de la ubicación de los componentes en el PCB.

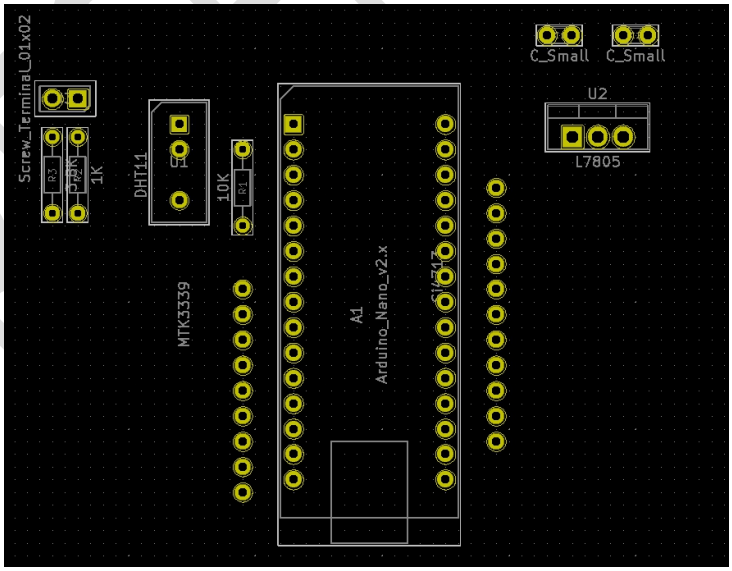

Figura 34. Ubicación de los componentes.

RESERVADO

PROGRAMACIÓN

Como resultados no solo se desarrollo la parte física (hardware) con sus respectivos diagramas, sino que también existen resultados de la programación de los módulos (obsérvese la Figura 35).

```
Hora: 19:42:16.32832
Fecha: 19/2/2020
Humedad: 40.00 %        Temperatura: 23.00 *C
Fix: 1
Localización: 1902.6423N 9558.3027W
Velocidad (Nudo): 1.01
Angulo: 6.92
Altitud: 161.30
Satelites: 4
$PGTOP,11,2*6E
$GPGGA,194217.000,1902.6413,N,09558.3023,W,1,04,46.19,161.3,M,-9.3,M,,*53
$GPRMC,194217.000,A,1902.6413,N,09558.3023,W,0.89,8.15,190220,,,A*78

Hora: 19:42:17.33824
Fecha: 19/2/2020
Humedad: 40.00 %        Temperatura: 23.00 *C
Fix: 1
Localización: 1902.6413N 9558.3027W
Velocidad (Nudo): 0.89
Angulo: 8.15
Altitud: 161.30
Satelites: 4
$PGTOP,11,2*6E
$GPGGA,194218.000,1902.6399,N,09558.3025,W,1,04,46.25,161.4,M,-9.3,M,,*57
$GPRMC,194218.000,A,1902.6399,N,09558.3025,W,0.71,3.80,190220,,,A*74
```

Figura 35. Datos obtenidos.

Usando la pagina web GPRMC & GPGGA decoderse se pudo obtener satisfactoriamente la ubicación a tiempo real, como se muestra en la Figura 36.

Como comentario, se opto por ignorar las pruebas para calculador la batería del dispositivo debido a que era necesario la batería misma. En pocas palabras esas pruebas eran solo necesarias montándolo a la sonoboya.

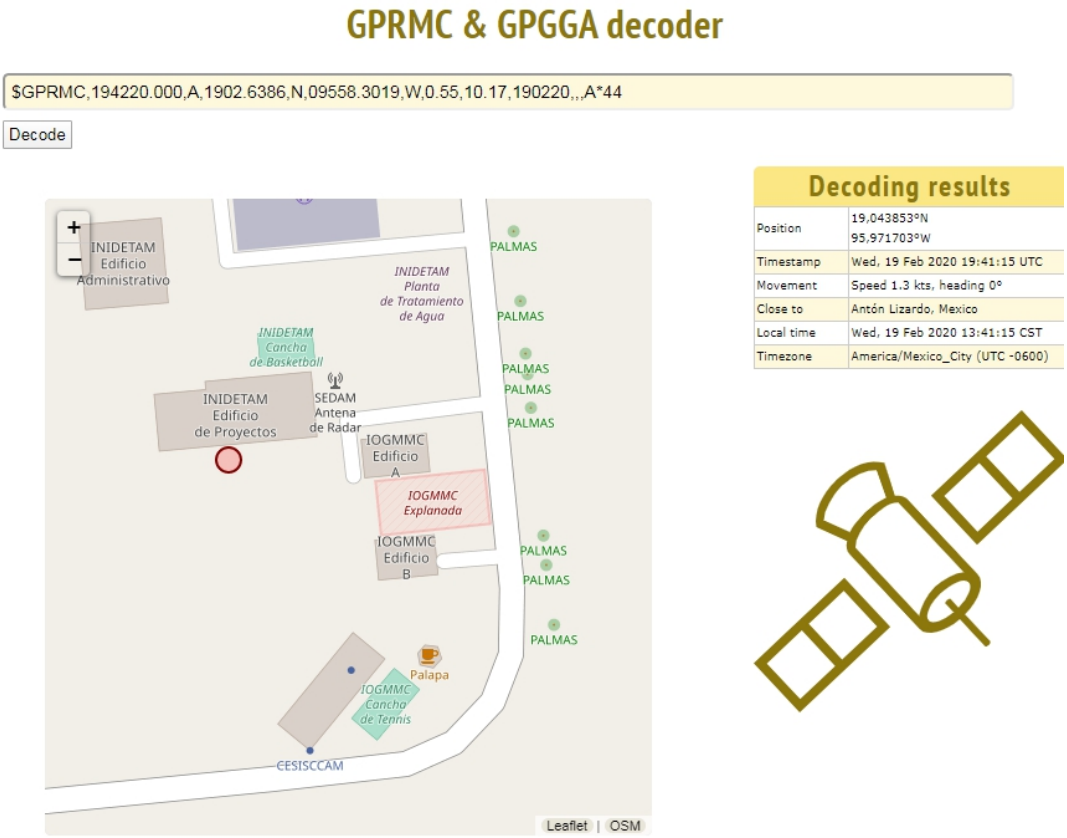

Figura 36. Comprobación de los valores del GPS.

RESER

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES DE PROYECTO, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA PERSONAL PROFESIONAL ADQUIRIDA

Este proyecto fue realizado con el fin de saber el estado en la que se encuentran las sonoboyas en la intemperie después de su despliegue. Con esto no es necesario tener un registro de su ubicación desplegada, una estimación del consumo de su batería y no andar consultando el estado climático alrededor.

El desarrollo del proyecto resultó ser una experiencia muy enriquecedora no sólo en el ámbito estudiantil y profesional, sino también en la ámbito personal. Esto permitió mejorar las habilidades y conocimientos en las áreas de electrónica y programación. Al igual de poder ver las cosas de manera objetiva y que no es necesario una solución compleja para alguna problemática.

Al mismo tiempo, esta experiencia permite poder interactuar con los jefes de diferentes departamentos, lo que proporciona conocimientos en diferentes áreas durante las estancias y que te forman en el futuro como ingeniero.

En el proyecto existieron algunos puntos que no se pudieron completar y otros que se ignoraron. Un ejemplo el receptor se ignoró ya que podemos obtener esta información usando una radio cualquiera (incluso el del celular).

Como comentario para la futura persona a cargo del proyecto, es necesario hacer más pruebas con el módulo transmisor y cuando éstas sean las requeridas optar por la instalación de los componentes en el PCB. Por último teniendo todo incorporado es necesario desarrollar una caja donde todo el circuito estará incorporado para después montarlo en la sonoboya. Al igual que desarrollar las pruebas para la lectura de la batería.

RESERVADO

CAPÍTULO 6. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

1. Interpretación y diseño de diagramas electrónicos. Fue necesaria la investigación de cómo realizar la instalaciones y simulaciones en el software de KiCad.

2. Pensamiento crítico y analítico. Para obtener una solución del problema, fue necesario observar y analizar todos los pasos del proceso para encontrar la forma más eficiente de llevar a cabo la programación y las pruebas.

3. Programación. Es dispensable entender la lógica de programación. Fue necesario entender los diferentes módulos ya que requieren un análisis individual para después complementarse. El lenguaje utilizado en este proyecto fue C++ en el software de arduino el cual es el elemento principal para poder realizar el proyecto.

COMPETENCIAS APLICADAS

- Responsabilidad.
- Compromiso.
- Puntualidad.
- Trabajo en equipo.
- Autodidactismo.

RESERVADO

CAPÍTULO 7. FUENTES DE INFORMACION

Miguel Pareja Aparicio. (2010). *Diseño y desarrollo de circuitos impresos con KICAD*. España. RC Libros.

Brian W. Evans. (2007). *Arduino Programming NOtebbok (EDICIÓN ESPAÑOLA).* España. Autoedición.

Lady Ada, Tony DiCola & Kattni Rembor. (Marzo de 2020). *Adafruit*. Obtenido de: https://learn.adafruit.com/adafruit-si4713-fm-radio-transmitter-with-rds-rdbs-support/test-and-usage

Adafruit. (Marzo de 2020). *Adafruit*. Obtenido de: https://www.adafruit.com/product/385

Mouser Electronics. (Febrero de 2020). *Mouser Electronics.* Obtenido de: https://www.mouser.mx/ProductDetail/Arduino/A000093?qs=%2Fha2pyFaduiWnARry29OW0ljycIITXDM38fXUFa0%252B8AEkbJbUeLB7g%3D%3D

Sparkfun. (Febrero de 2020). *SparkFun Electronics.* Obtenido de: https://www.sparkfun.com/products/12938

Adafruit. (Marzo de 2020). *Adafruit.* Obtenido de: https://www.adafruit.com/product/746

Antony García González. (Marzo 2020). *Panamahitek.* Obtenido de: http://panamahitek.com/dht22-sensor-de-humedadtemperatura-de-precision-para-arduino/

Arduino. (Febrero de 2020). *Arduino*. Obtenido de: https://www.arduino.cc/

David Jahshan, Phil Hutchinson, Fabrizio Tappero, Christina Jarron, Melroy van den Berg, Antonio Morales. (16 de Mayo de 2015). *Guía Esencial y concisa para dominar KiCad en el desarrollo exitoso de sofisticadas placas de circuito impreso.* Obteniedo de: https://docs.kicad-pcb.org/master/es/getting_started_in_kicad/getting_started_in_kicad.html

RESERVADO