

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
PLATAFORMA PARA LA ADQUISICIÓN Y MANEJO DE
DATOS DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE UTILIZANDO
TECNOLOGÍA GPS Y GPRS

FREDDY ALEXANDER BERMÚDEZ RIVERA
YESID JHAIR BARRERA TORRES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2011

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA PARA LA ADQUISICIÓN Y MANEJO DE DATOS DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPS Y GPRS

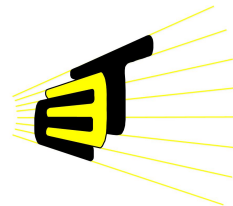


FREDDY ALEXANDER BERMÚDEZ RIVERA
YESID JHAIR BARRERA TORRES

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero
Electrónico

Director

Msc. Jorge Hernando Ramón



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2011

*A DIOS por que siempre me ha acompañado
en cada paso que doy.*

*A mi Familia por todo su amor, comprensión y apoyo.
Son una parte fundamental en mi Vida.*

*Al Grupo ERA por que se convirtió por mucho tiempo en
un segundo hogar a lo largo de mi carrera.*

*A Todos mis amigos, por que cada uno, ha aportado su grano de arena
en la construcción de mi vida y en este triunfo.*

Yesid Jhair Barrera Torres

*A DIOS por permitirme cumplir este logro, por acompañarme
en cada instante de mi vida.*

*A mis padres por el cariño que me han brindado, por el apoyo incondicional en mis
decisiones y proyectos y por acompañarme en este camino
para ser hoy la persona que soy.*

A mis hermanos por ser ese ejemplo a seguir y por el cariño brindado.

*A Diana y mi hijo Nicolás David por ser parte fundamental en mi vida y por ser
fuente de inspiración en la culminación de esta tesis.*

*A todas aquellas personas que fueron parte de mi aprendizaje a lo largo de esta
carrera brindándome la posibilidad de compartir con ellos.*

*Al Grupo ERA por permitirme ampliar los conocimientos adquiridos y brindarme los
elementos necesarios para aplicarlos.*

Freddy Alexander Bermúdez Rivera

Índice general

1. PRELIMINARES	16
1.1. Introducción	16
1.2. Objetivos	17
1.3. Justificación	18
1.4. Planteamiento del Problema	18
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Sistema de Posicionamiento Global	20
2.1.1. Protocolo NMEA	22
2.2. Arquitectura de la red GSM GPRS	23
2.2.1. Red GSM	24
2.2.1.1. Estación Móvil <i>MS</i>	24
2.2.1.2. Subsistema de estación Base <i>BSS</i>	24
2.2.1.2.1. Estación Base <i>BTS</i>	25
2.2.1.2.2. Controlador de estación base <i>BSC</i>	26
2.2.1.3. Subsistema de Red y Conmutación <i>NSS</i>	27
2.2.1.4. Subsistema de operación y mantenimiento <i>OSS</i>	28
2.2.2. Servicio General de paquetes vía Radio <i>GPRS</i>	28
2.2.2.1. <i>SGSN Serving GPRS Support Node</i>	30
2.2.2.2. <i>GGSN Gateway GPRS Support Node</i>	30
2.3. Sistema Embebido	32
2.4. Dispositivos de Almacenamiento de Información	35
2.4.1. SD	35

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	10
2.4.2. Bases de Datos	37
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	38
3.1. Características del Sistema	39
3.1.1. Microcontrolador	39
3.1.2. Modem GSM/GPRS	45
3.1.2.1. Mensajes de Texto SMS	47
3.1.2.2. Comandos AT	48
3.1.3. GPS	49
3.1.4. SD	51
3.2. Diseño	53
3.2.1. Hardware	53
3.2.2. Firmware	59
3.2.3. Software	71
4. PRUEBAS Y RESULTADOS	77
A. Lista de comandos AT	91
B. Salida de Mensajes NMEA	96
C. Esquemáticos del prototipo final	101

Índice de figuras

2.1. Satélites Orbitando alrededor de la Tierra	21
2.2. Arquitectura de la Red GSM.	25
2.3. Ejemplo de reuso de Frecuencias.	26
2.4. Arquitectura GPRS	31
2.5. Arquitectura Von Neumann	33
2.6. Arquitectura Harvard	34
2.7. Memorias SD en el mercado.	35
3.1. Diagrama de Bloques del Sistema	38
3.2. Mapa de Memoria del MCF51QE128.	40
3.3. Protocolo SPI	44
3.4. Arquitectura Interna del Wismo 228	46
3.5. Características GPS	50
3.6. Arquitectura de una memoria SD	51
3.7. Asignación de pines bus SPI en la SD	52
3.8. Rangos Máximos del Microcontrolador	53
3.9. Consumo de Potencia Wismo 228	55
3.10. Esquema de Protección SIM Card	56
3.11. Módulo GPS receptor A2100	56
3.12. Esquema de conexión GPS y Microcontrolador	57
3.13. Socket MicroSD	57
3.14. Conexión de la MicroSD con el Microcontrolador	58

3.15. Conexión SPI entre Microcontrolador y MicroSD	59
3.16. Configuración SCI mediante el Device Initialization	61
3.17. Configuración de tramas GPS	62
3.18. Asignación de tramas	62
3.19. Ejemplo de la salida de datos	64
3.20. Estructura de un comando para la Tarjeta SD	66
3.21. Respuesta a un comando por parte de la SD	66
3.22. Gráfico de la inicialización de una SD	68
3.23. Diagrama de tiempos de la inicialización de la SD	68
3.24. Diagrama de tiempos de la escritura en una SD	69
3.25. Estado de la escritura	70
3.26. Instalación base de datos	72
3.27. Recopilación de datos exitosa	73
3.28. Instalación finalizada	74
3.29. Modelo de la Base de Datos	75
3.30. Visualización de la interfaz Web	75
3.31. Consulta de datos	76
3.32. Gráfico de datos de altura	76
4.1. GPS A2100 con antena	78
4.2. Tiempo entre Tramas de GPS	78
4.3. Visualización de los datos entregados por el GPS	79
4.4. Tiempo en el que se puede configurar GPS	80
4.5. Interfaz para la visualización de datos GPS	81
4.6. Visualización de los datos GPS	81
4.7. Información enviada.	82
4.8. Ejemplo de un envío de SMS mediante comandos AT	82
4.9. Recepción de Mensajes en un Celular	83
4.10. Llegada de datos enviados por el prototipo.	84

4.11. Archivo en blanco con extensión txt	84
4.12. Datos almacenados en la tarjeta SD	85
4.13. Prototipo Final	85
4.14. Visualización de datos almacenados en la web	86
B.1. Salida de datos NMEA	96
B.2. GGA- Posicionamiento global de datos	97
B.3. Indicador de ajuste de posición	97
B.4. GLL Posición Geográfica Latitud/Longitud	97
B.5. GSA GNSS DOP y satélites activos	98
B.6. Mode 1	98
B.7. Mode 2	98
B.8. GSV GNSS satélites en vista	99
B.9. RMC Datos mínimos específicos GNSS Recomendados	99
B.10.VTG Curso y velocidad sobre tierra	100
C.1. Microcontrolador MCF51QE128	101
C.2. Memoria SD	102
C.3. Modem Wismo 228	103
C.4. Conexion SIM card	104
C.5. Conexión para el GPS	104
C.6. Acelerometro	105
C.7. Entrada de Sensores	105
C.8. Etapa de Regulación	106
C.9. Circuito impreso vista cara superior	107
C.10.Circuito impreso vista cara inferior	108

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA PARA LA ADQUISICIÓN Y MANEJO DE DATOS DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPS Y GPRS ¹

AUTORES: FREDDY ALEXANDER BERMÚDEZ RIVERA ²

YESID JHAIR BARRERA TORRES²

PALABRAS CLAVE: *GPS, GPRS, Telemetría, Microcontrolador.*

CONTENIDO:

En este Trabajo se presenta el desarrollo de un sistema para la adquisición y monitoreo de parámetros de un vehículo a través de un sistema de telemetría basado en la red celular. El Diseño presentado hace uso de la tecnología GPRS como forma de comunicación. La plataforma se basa en un microcontrolador para el muestreo de datos proveniente de distintos sensores entre los que se encuentra un módulo receptor GPS que se encarga de capturar datos de posición como: latitud, longitud y altitud. Además se muestran 2 formas de almacenamiento de información: una mediante el uso de un dispositivo de almacenamiento portable, y la segunda mediante el registro de la información en una base de datos con el cual el usuario puede tener una supervisión total de los datos en el instante que desee.

Debido a las grandes ventajas de la transmisión inalámbrica, el sistema desarrollado cuenta con una amplia zona de cobertura, ya que la infraestructura de la red GPRS está presente alrededor de todo el territorio nacional, gracias a esto el cliente puede visualizar la información en su dispositivo celular en cualquier lugar.

A través de todo el libro se muestra paso a paso la construcción y la implementación de este prototipo funcional de gestión y monitoreo de vehículos. Finalmente se muestran pruebas realizadas para la comprobación y validación de la plataforma.

¹Proyecto de Grado.

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director MSc. Jorge Hernando Ramón Suárez.

ABSTRACT

TITLE:

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PLATFORM FOR DATA ACQUISITION AND MANAGEMENT OF VEHICLES USING GPS AND GPRS TECHNOLOGY ³

AUTHORS: FREDDY ALEXANDER BERMUDEZ RIVERA ⁴
YESID JHAIR BARRERA TORRES⁴

KEY WORDS: *GPS*, *GPRS*, Telemetry, Microcontrolador.

CONTENT:

This work presents the development of a system for acquiring and monitoring parameters of a vehicle, through a telemetry system that is based on the cellular network. The design presented uses GPRS technology as a way of communication. The platform is based on a microcontroller for sampling data from various sensors including a GPS receiver module with which position data are captured: latitude, longitude and altitude.

Also shown two forms of data storage: one using a SD Flash memory, which is a portable storage device and the second by recording information in a database, whereby the user can have full supervision of the data on the moment you want.

Due to the great advantages of wireless transmission, the system developed has a wide coverage area, since the infrastructure of the GPRS network is present around the country, and so the customer can view the information of the car on your cellphone mobile device anywhere.

A key point in the evolution on the automotive industry has been the continuous Integration of new electronic systems vehicles to have offered comfort and safety features. Through it all the book shows step by step construction and implementation of this functional prototype management and monitoring of vehicles. Finally tests are displayed for verification and validation of the complete platform.

³Final Graduate Project.

⁴Physical- Mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronic and of Telecommunications Engineering School.

Director: MSc. Jorge Hernando Ramón Suárez

Capítulo 1

PRELIMINARES

1.1. Introducción

Actualmente la telemetría es una industria en rápido crecimiento. El desarrollo tecnológico de estos últimos años está habilitando numerosas posibilidades para el monitoreo, control de máquinas y procesos en la mayoría de los segmentos industriales, productivo y de servicios. Existen distintas opciones tecnológicas para implementar un sistema remoto sin cables, pero, ha sido sin duda la estandarización y el éxito a nivel mundial de las redes de comunicaciones GSM/GPRS lo que ha permitido disponer de una nueva generación de sistemas, capaces de dar solución de una manera eficaz a las necesidades de automatización y control en todos los ámbitos, concretamente, en aquellos procesos que se encuentran dispersos en extensión geográfica.

El escenario actual, donde la mayor parte de los actores se han puesto de acuerdo: operadores móviles interesados en optimizar el tráfico de sus redes con los servicios de datos, los fabricantes de equipos industriales y de teléfonos móviles, en los cuales el término M2M (Machine to Machine [1]) ya está encabezando líneas de producto, los ingenieros y desarrolladores que ven en GPRS un estándar de comunicaciones potente y práctico, Finalmente, los usuarios que siempre están a la espera de la evolución, estandarización y comercialización de un sistema competitivo en precio y prestaciones.

¿Qué posibilidades ofrece la telemetría GPRS en los proyectos presentes y futuros? La aparición en el mercado de equipos orientados al desarrollo eficiente en calidad,

tiempo y costo, permite mejorar los procesos con telemetría y telecontrol, así como visualizar nuevas aplicaciones, que sin la existencia de GPRS ni de los nuevos equipos específicos resultarían prohibitivas en costo, tanto en el desarrollo como de mantenimiento y tráfico de datos.

SISTEMAS DE AUTOMOCIÓN

Actualmente la electrónica automotriz es una de las especialidades de la ingeniería que más se ha beneficiado de la revolución producida a finales del siglo XX en materia de desarrollo de circuitos electrónicos. Desde su nacimiento la industria automotriz ha sufrido una constante evolución en cuanto a sus procesos de fabricación de piezas y de sistemas propios de los vehículos, basándose en mejoras de diseños, nuevos materiales. Pero un punto clave en la evolución de esta industria ha sido sin duda una continua integración de nuevos sistemas electrónicos a los automóviles que han ofrecido prestaciones en confort y seguridad, que hace que la misma industria dedique recursos a la investigación y el desarrollo, haciendo este sector más especializado y competitivo.

1.2. Objetivos

Objetivo General

Diseñar una plataforma para la adquisición y manejo de datos utilizando tecnología GPS y GPRS, que permita adquirir señales relevantes de la forma de conducción y estado del vehículo, que garantice la seguridad vial, estos datos son almacenados en una memoria SD y enviados a una estación central o celular.

Objetivos Específicos

- Diseñar y construir un dispositivo que permita capturar datos de un vehículo tales

como velocidad, aceleración, posición, nivel de combustible.

- Desarrollar un algoritmo que permita el manejo de datos que se reciben de los sensores, dando un respectivo tratamiento y extracción para el almacenamiento en una memoria SD.
- Transmitir la información recolectada a un celular o a un servidor.
- Crear una interfaz con un computador para visualizar la información proveniente de los sensores y permitir el acceso en tiempo real a una base de datos.

1.3. Justificación

Hoy en día los sistemas de transporte son de las industrias más desarrolladas y activas alrededor del mundo, por esta razón aplica los últimos avances tecnológicos, siendo cada vez más exigente e invirtiendo grandes cantidades de dinero en el mejoramiento, evolución de las plataformas y logística del transporte. Por ende se han creado diversos sistemas de monitoreo y navegación para toda clase de vehículos automóviles, aviones, trenes, barcos, etc. En la actualidad algunos sistemas utilizados sólo miden la posición, velocidad y tiempo, pero son pocos los que en realidad prestan el servicio de chequeo constante de la verdadera condición del vehículo. Por esta razón este proyecto se enfoca en incrementar la protección de los conductores, pasajeros, mercancías, detectando posibles fallas mecánicas y mejorando la seguridad en las carreteras.

1.4. Planteamiento del Problema

La inseguridad en las vías dada por las condiciones de la geografía colombiana y el alto índice de accidentalidad, hace necesario un sistema de posicionamiento confiable y efectivo, que nos permita identificar el estado de un vehículo realizando un monitoreo constante de las variables más importantes para el automotor.

En la actualidad existen diversos sistemas empleados para la seguridad y el chequeo de los vehículos ya sean particulares o de empresas de transporte. Este proyecto se basa

en el diseño de una plataforma que se encargue de tomar los datos de los respectivos sensores del vehículo para almacenarlos en una memoria flash que puede ser leída en cualquier computador. Adicional a esto el sistema posee un modulo GPS con el cual se puede detectar la ubicación del vehículo en caso de accidente o de presentar fallas mecánicas. En la parte de comunicación de datos posee un módulo GPRS con el que el sistema envía un listado con el comportamiento de los respectivos sensores que posee el vehículo hacia la central cada determinado tiempo.

Todo esto conlleva a proponer soluciones de diseño y construcción de sistemas electrónicos con el fin de mejorar el rendimiento, reducir costos y tamaño de productos que hay disponibles en el mercado. A nivel mundial esta tendencia se complementa con los proyectos desarrollados en grupos de investigación de distintas universidades dirigidos a diseñar e implementar tales dispositivos.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de Posicionamiento Global

El sistema de posicionamiento global mediante satélites GPS *Global Positioning System* supone uno de los más importantes avances tecnológicos de las últimas décadas. Diseñado inicialmente como herramienta militar para la estimación precisa de posición, velocidad y tiempo, se ha utilizado también en múltiples aplicaciones civiles. Por razones de seguridad, las señales GPS generadas para uso civil se someten a una degradación deliberada, al tiempo que su emisión se restringe a una determinada frecuencia. A pesar de ello, las aplicaciones civiles siguen proliferando a un ritmo exponencial.

El Sistema de Posicionamiento Global *GPS* Originalmente creado por el Departamento de Defensa de EE.UU. para aplicaciones militares, se puso a disposición sin cargo alguno a los civiles en la década de 1980. Este sistema consiste en una constelación de 24 satélites los cuales orbitan alrededor de la tierra a cerca de 12.000 millas náuticas de altura(20000 Km aprox.), distribuidos en seis planos orbitales inclinados 55° con cuatro satélites cada uno.

El GPS tiene como objetivo estimar la posición de un punto cualquiera partiendo del cálculo de las distancias de al menos tres satélites. El receptor calcula por triangulación la latitud, longitud y altitud de forma continua. El GPS mide distancias multiplicando el tiempo de viaje de las señales de radio por la velocidad a la cual viajan dichas señales

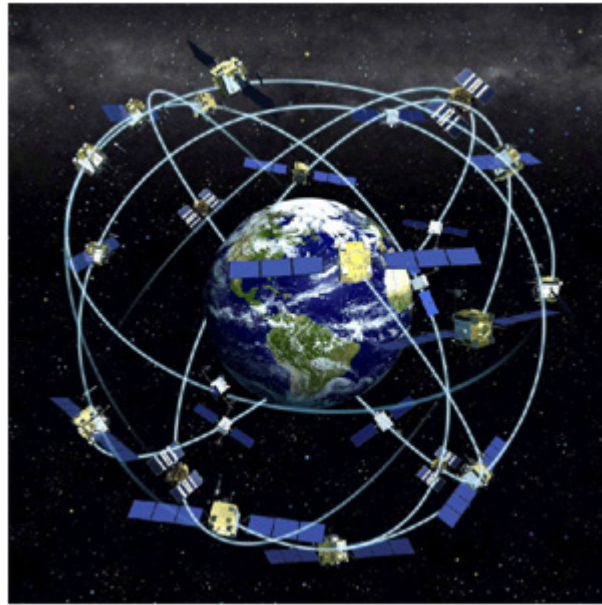


Figura 2.1: Satélites Orbitando alrededor de la Tierra

Fuente de la imagen: www.gizmodo.es/2010/05/24/la-red-de-satelites-gps-esta-en-proceso-de-mejora.html

que es aproximada a la velocidad de la luz. Ahora para medir el tiempo de vuelo de la señal es necesario que los relojes del satélite y el receptor estén sincronizados. Puesto que los relojes de los receptores no son tan precisos como el de los satélites, lo que se hace comúnmente es realizar la medida de otro satélite adicional, es decir para calcular la posición se necesitan 4 satélites [2]. En la práctica los GPS acceden a más de 8 satélites simultáneamente por lo que no debería haber dificultad para obtener la posición, dado que con mayor número de satélites se incrementa la exactitud de la medida.

Son múltiples los campos de aplicación de los sistemas GPS, pero una de las más importantes es el empleo en planificación de trayectorias y control de flotas de vehículos. La policía, los servicios de socorro (bomberos, ambulancias), las centrales de taxis, los servicios de mensajería, empresas de reparto, etc. organizan sus tareas optimizando los recorridos de las flotas desde una estación central. Algunas compañías ferroviarias utilizan ya el sistema GPS para localizar sus trenes, máquinas locomotoras o vagones, supervisando el cumplimiento de las señalizaciones.

Existen algunas fuentes de error que pueden llegar a afectar la medidas que se realizan con el GPS como los fenómenos metereológicos que se presentan en la troposfera y la ionosfera, donde diversos fenómenos afectan la velocidad de las señales de radio. Otra fuente de error es la imprecisión de los relojes de los receptores [3].

2.1.1. Protocolo NMEA

NMEA *National Marine Electronics Association* es una organización de los Estados Unidos cuya misión es la de crear estándares para todo tipo de dispositivos electrónicos marinos para la navegación, en el cual se incluyen los receptores GPS. Estos estándares permiten recibir y enviar información, así como la comunicación entre los diversos equipos marinos.

<i>Salida NMEA</i>	<i>Descripción</i>
GGA	Global Positioning System Fixed Data
GLL	Geographic Position Latitude/Longitude
GSA	Active Satellites
GSV	Satellites in View
RMC	Recomended Minimum Specific Data
VTG	Course Over Ground and Ground Speed

Tabla 2.1: Salida mensajes NMEA

El protocolo NMEA 0183 emplea datos en código ASCII para el control y la comunicación del dispositivo. Este protocolo es un estándar mundial para todos los receptores GPS. El formato del protocolo NMEA 0183 comienza con el carácter \$ y termina con el carácter *. Todos los campos en el mensaje están separados por una coma y al final están seguidos de un valor *checksum*. Este *checksum* se calcula mediante una función lógica XOR a todos los caracteres, el resultado es expresado en 2 dígitos ASCII del número Hexadecimal resultado de la operación lógica realizada a los dígitos.

La idea es recibir o enviar una línea de datos llamada sentencia o trama, la cual contiene toda la información necesaria que proporciona el GPS. Existen varios tipos de sentencias en el protocolo NMEA 0183, algunos de ellos mostrados en el recuadro

2.1 de acuerdo a esto se reciben distintos datos como latitud, longitud, altitud, hora, velocidad, etc.

A continuación en el cuadro B.2 se muestra un ejemplo de una típica trama de salida que existe en el protocolo NMEA.

\$GPGGA, 161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,950,M,,,,,0000*18

<i>NOMBRE</i>	<i>EJEMPLO</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
Mensaje ID	\$GPGGA		GGA protocolo cabecera
Posición UTC	161229.487		hhmmss.sss
Latitud	3723.2475		ddmm.mmmm
Indicador N/S	N		N= norte S= sur
Longitud	12158.3416		dddmm.mmmm
Indicador E/W	N		E= Este W= oeste
Indicador de Posición fija	1		0= dato inválido 1= dato válido
Satélites Usados	07		rango de 0 a 12
HDOP	1		Dispersión de la Presición
Altitud	950	Metros	
Unidades	M	Metros	
Separacion Geoid		Metros	
Unidades	M	Metros	
Diff Corr		Segundos	nulo cuando no se usa DGPS
Diff. Ref. Estation ID	0000		
Checksum	*18		

Tabla 2.2: Formato de datos GGA

2.2. Arquitectura de la red GSM GPRS

La arquitectura de las redes GSM y consecuentemente las redes GPRS está basada en unidades fundamentales llamadas celdas, con el fin de tener un área de cobertura. Cada Celda tiene una estación base y un número determinado de canales, cada uno de los cuales está asociado a una frecuencia diferente. El tamaño de las celdas es un parámetro que se calcula en base al promedio de usuarios y al porcentaje de utilización de la

estación base, cuanto menor sea el radio de la celda, mayor número de usuarios puede soportar el sistema [4], pero esto implica a su vez mayor costo en la infraestructura.

2.2.1. Red GSM

La red GSM fue diseñada exclusivamente para la conmutación de circuitos. con el paso del tiempo y el auge que tuvo este sistema, fue necesario replantear el diseño para que fuera adecuado para la demanda de trafico de datos y que a su vez fuera un sistema mas eficiente. [5]

El sistema GSM esta constituido por 4 subsistema principales:

- *Estación Móvil*
- *Subsistema de estación Base*
- *Subsistema de Red y conmutación*
- *Subsistema de operación y mantenimiento*

2.2.1.1. Estación Móvil *MS*

La estación móvil corresponde a un teléfono móvil corriente o a cualquier dispositivo de comunicación GSM. La estación móvil se divide a su vez en *MT* que es la terminal móvil o teléfono celular, y *SIM*(*subscriber Identify Module*) el cual es una tarjeta que se inserta al equipo móvil y que es necesaria para conectarse a la red GSM ya que contiene el número telefónico junto con toda la información relativa al operador móvil.

2.2.1.2. Subsistema de estación Base *BSS*

Es el encargado de realizar la interfaz entre la parte de radio y la parte de red. La interfaz de radio UM permite la Comunicación entre la estación móvil *MT* y la estación Base *BS* disponiendo de canales físicos o radio frecuencias. Estos canales fisicos se dividen en los canales de tráfico que son los que llevan la señales de voz y datos, y los canales de control los cuales son señales de control y señalización.

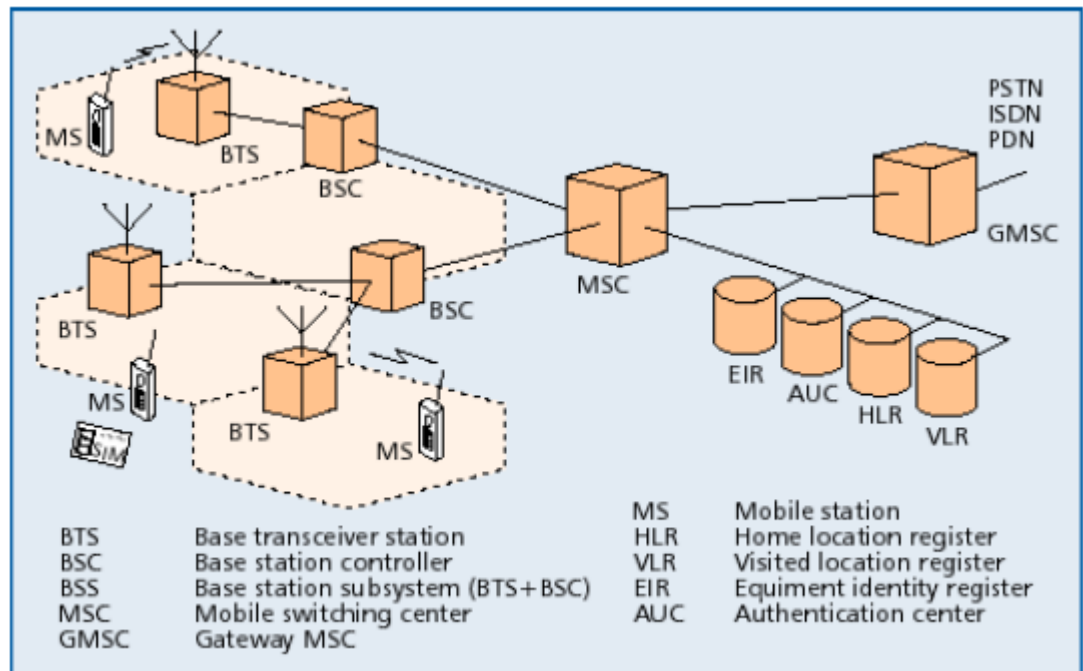


Figura 2.2: Arquitectura de la Red GSM.

Fuente: GSM phase 2 General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocols and Air interface.

2.2.1.2.1. Estación Base BTS La estación base BTS (*Base Transceiver Station*) se encuentra en el centro geográfico de la celda y se encarga del envío y recepción de señales de radio. Se encarga de procesado digital de la señal, codificación del canal, es decir, son los encargados de la transmisión y la recepción. Una característica muy importante de la red celular es el reuso eficiente de frecuencias utilizando para tal fin estas estaciones base. Como el usuario de la red cuenta con un dispositivo de poca potencia (MS), el rango de señal será limitada, entonces para satisfacer la necesidad de una amplia cobertura se debe considerar una infraestructura con una cantidad significativa de estaciones base que conforman la denominada red celular. A la cobertura de cada estación base se le conoce como celda o célula, y a cada una de estas células se le asigna una parte del espectro de frecuencia como se puede observar en la Figura 2.3.

Cada estación base esta limitada en un rango de alcance. Para que dos células puedan hacer uso de la misma frecuencia, necesitan estar separadas por una o mas células con el fin de evitar interferencias. Este reuso eficiente de frecuencias es una característica



Figura 2.3: Ejemplo de reuso de Frecuencias.

muy importante ya que el espectro de frecuencias es un recurso muy limitado [6].

2.2.1.2.2. Controlador de estación base BSC La red debe estar pendiente de la posición de la estación móvil MS, incluso cuando no hay una llamada en progreso, El controlador de estación base (BSC) es el encargado de controlar, como su nombre lo indica, las estaciones base administran los recursos de radio, liberando y asignando canales. Otra de sus funciones es el manejo y la gestión de llamadas cuando una estación móvil traspasa de una célula a otra, que es a lo que se denomina *handover*. *Handover* o *Handoff* es el sistema utilizado en las comunicaciones móviles con el objetivo de transferir el servicio de la comunicación de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente. Este mecanismo garantiza que un móvil cuando se traslada de un lugar a otro no pierda la conexión con alguna de las estaciones base, y por tanto, no pierda la cobertura.

2.2.1.3. Subsistema de Red y Conmutación *NSS*

El subsistema de red y conmutación *NSS* (Network Switching Subsystem) permite la conmutación y el encaminamiento de las llamadas entre los diferentes usuarios de la red, gestiona la movilidad y base de datos del suscriptor, permite también la interconexión con otros operadores de telefonía. Para realizar este trabajo la *NSS* se divide en varios sistemas, cada uno con una misión dentro de la red.

- *MSC* (*Mobil Services Switching Center*) Es el encargado de la conmutación interna de llamadas dentro de la red GSM.
- *GMSC* (*Gateway Mobil Service Switching Center*) Un gateway es un dispositivo traductor, ya sea por software o hardware que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones se entiendan. Permite la interconexión con otras redes como: PSPDN, CSPDN, PSTN, ISDN.

La gestión de base datos la realizan:

- *HLR* (*Home Location Register*) Es una base de datos que contiene información de los usuarios conectados a un determinado MSC.
- *VLR* (*Visitor Location Register*) Contiene toda la información sobre un usuario necesaria para que pueda acceder a los servicios de la red. Forma parte del HLR con quien comparte funcionalidad. El VLR es un registro de localización de usuarios visitantes, y sólo cuando el suscriptor se encuentra en un área de cobertura ajena a su área local o cuando el suscriptor abandona la red, el HLR realiza una petición para borrar la información del suscriptor visitante del VLR.
- *EIR* (*Equipment Identify Register*) Es una base de datos que contiene las identidades de los equipos IMEI, de modo que si un determinado móvil trata de hacer uso de la red y su IMEI no se encuentra localizado en la base de datos del EIR, no podrá hacer uso de la red.

- *AuC (Authentication Center)* Este elemento gestiona parámetros relacionados con la seguridad y privacidad en las comunicaciones.

2.2.1.4. Subsistema de operación y mantenimiento *OSS*

Este subsistema soluciona problemas y fallos mejorando el rendimiento en los equipos con el fin de obtener un buen funcionamiento de la red. Un elemento importante dentro del OSS es el centro de administración NMC (*Network Management Center*) que contiene toda la información de la red. Desde el NMC se controlan los procesos de acceso remoto. Entre las funciones mas importantes están: presentar el estado de todas las redes y proporcionar una gestión del tráfico en toda la extensión de la red.

2.2.2. Servicio General de paquetes vía Radio *GPRS*

GPRS es un servicio que mejora la red GSM y simplifica el acceso inalámbrico a redes de paquetes de datos, por ejemplo Internet. Se aplica en principio la transferencia de paquetes de datos vía radio de manera eficiente entre las estaciones móviles y las redes externas [7].

El sistema GSM fue diseñado para comunicaciones de voz, es por esta razón que la transmisión esta basada en conmutación de circuitos, al realizar la transmisión de esta manera los recursos quedan ocupados durante la comunicación y la tarificación es por tiempo; Además la red GSM presenta algunas limitaciones para la transmisión de datos como la baja velocidad de transferencia y un largo tiempo de establecimiento de la conexión, lo que impide una navegación cómoda por Internet.

GSM es un sistema de comunicación digital de segunda generación, que fue diseñada para la transmisión de voz por lo que se basaba en conmutación de circuitos y la tarificación por tiempo. Estas redes GSM no se adaptaban adecuadamente a las necesidades de transmisión de datos, por ello surge GPRS para unificar el mundo de la telefonía con Internet. GPRS supone una evolución de esta tecnología, convirtiéndose en 2.5G. GPRS es una nueva tecnología que comparte el rango de frecuencia de la red, utiliza paquetes para la transmisión de los datos, donde los canales de comunicación se com-

parten de una manera dinámica, tal que al usuario se le asigna un canal solo cuando está transmitiendo datos, de esta manera el cobro se realiza por los datos transmitidos y no por el tiempo de conexión.

En GPRS el tráfico de datos se transmite en la modalidad de paquete, lo que significa que la información es fraccionada y transmitida en pequeños bloques, siendo reagrupada posteriormente en el destino. Esto permite compartir los recursos de red de forma más eficiente gracias a la utilización de diferentes canales de transporte (*slots*) en paralelo y a que no se reserva la línea como en las llamadas de voz, lo que supone una mayor capacidad de transmisión y mejores rendimientos. Esto permite a los usuarios de datos utilizar más de un canal en sus transmisiones, lo que supone un sensible aumento de la velocidad de transmisión de datos con respecto a GSM y emplear recursos sólo cuando se está transmitiendo o recibiendo información, por lo que al cliente se le factura en función del volumen de datos transmitidos y/o recibidos y no por tiempo de conexión.

La utilización de un canal dedicado en GSM permite alcanzar velocidades de hasta 9,6 Kbps, tasa de transferencia que es insuficiente comparada con las velocidades que ofrece GPRS mediante el uso de canales compartidos, que van desde 22 Kbps hasta 115 Kbps, esta velocidad se puede alcanzar teóricamente si se asignan las 8 ranuras de tiempo simultáneamente; en promedio la tasa de transferencia está alrededor de los 50 Kbps. Durante una conexión, al usuario se le asigna un canal físico, formando un bloque temporal en una portadora concreta. Este canal será de subida o bajada si el usuario va a enviar o recibir datos. Los paquetes tienen longitud constante, correspondiente a la ranura de tiempo GSM. GPRS utiliza una modulación GMSK y un ancho de banda por canal que es de 200 kHz, este radio canal transporta un flujo de 271 Kbps que, para llamadas de voz está dividido en 8 flujos de datos separados cada uno de 34 Kbps y para transferencia de datos a un flujo de 22.8 Kbps por cada uno. [8]

La aceptación de este sistema ha hecho que cuente con una cobertura casi total a nivel mundial, de esta forma los usuarios pueden tener acceso a su información en cualquier lugar. Otra ventaja de este servicio es que la conexión de los usuarios es permanente de modo que pueden acceder a los servicios de manera instantánea.

Para la implementación del servicio GPRS en la red GSM no es necesario realizar una inversión muy grande por parte de las compañías proveedoras del servicio, ya que GPRS fue diseñado para coexistir con la red . El servicio GPRS se ofrece en varias bandas de frecuencia utilizada por GSM: 850, 900, 1800, 1900 MHz.

Existen nuevos elementos que hacen posible adaptar la red GPRS con la infraestructura GSM como son los nodos de soporte : SGSN GGSN. Además nuevo hardware en el control de estación (BSC), PCU, que es la unidad de control de paquetes, la cual se encarga de manejar la comunicación entre paquetes, la segmentación de la unidad de protocolo de datos, la detección de errores de transmisión y la retransmisión automática selectiva.

2.2.2.1. *SGSN Serving GPRS Support Node*

Es el encargado de entregar los paquetes de datos desde y hacia las estaciones móviles dentro de las áreas de servicio. Estas tareas incluyen la transferencia y el enrutamiento de la ruta de los paquetes, gestión de movilidad, seguridad en el acceso de radio como el cifrado y autenticación, control de acceso, tarificación y comunicación con nodos GSM como MSC, HLR, BSC, SMS-C.

2.2.2.2. *GGSN Gateway GPRS Support Node*

Es una interfaz hacia las redes de paquetes de datos externas IP que traduce los paquetes que recibe desde el SGSN al formato de la red externa, traduce las direcciones IP en la dirección del móvil destino. Cumple también funciones de autenticación y seguridad hacia redes externas, maneja la capacidad de todos los SGSN conectados.

En la arquitectura que se muestra en la Figura 2.4 para transmitir información a través de la red GPRS, la información surge desde los distintos teléfonos móviles que transmiten hacia la estación base de la celda en que se encuentran, que luego se juntan en las BSC (controlador de estación base) direccionando toda la información hasta el SGSN que encapsula los paquetes transmitidos por las estaciones móviles y los encami-

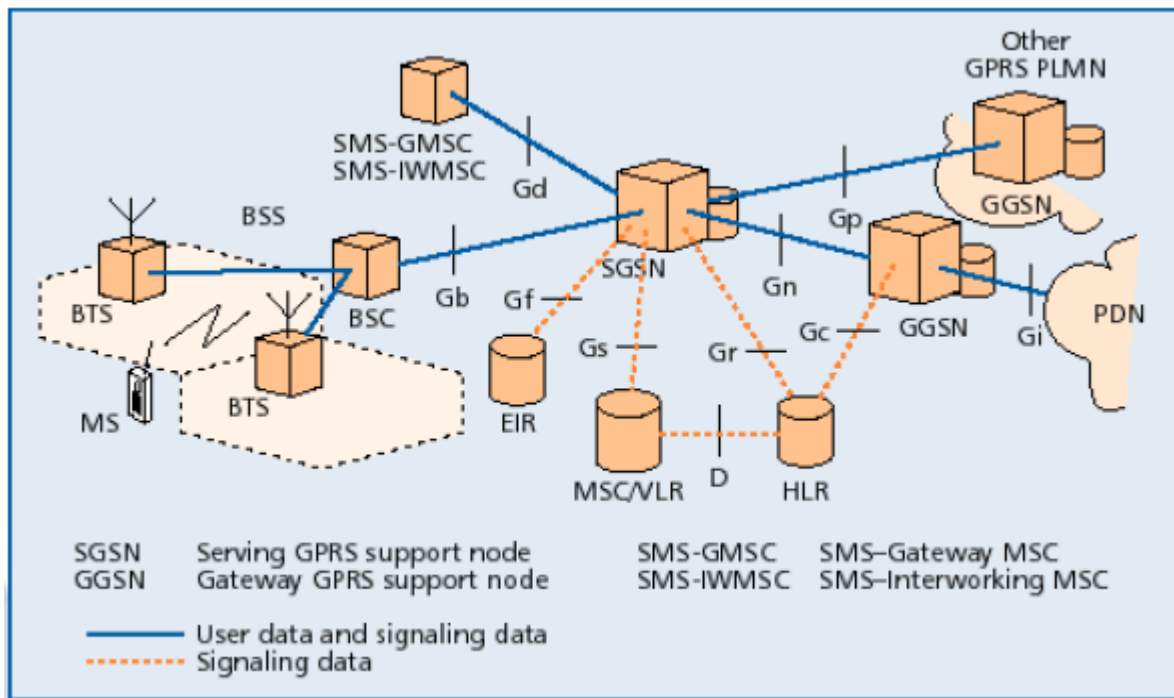


Figura 2.4: Arquitectura GPRS

Fuente: GSM phase 2 General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocols and Air interface.

na al GGSN, basándose en la dirección de destino, los paquetes son dirigidos hacia este punto en Internet.

En la Figura 2.4 también se observan nuevas interfaces entre los nodos de la nueva red y la red GSM :

- Interfaz Gn: Se encarga de la transmisión de información entre el SGSN y el GGSN. Datos y señalización sobre IP
- Interfaz Gb: Entre el subsistema de radio y el nodo SGSN. Con esta interfaz se establece todo el diálogo con la terminal móvil.
- Interfaz Gi: Comunica a la red GPRS con redes externas.
- Interfaz Gp: Entre diferentes redes GPRS. Permite el cambio de cobertura manteniendo las conexiones establecidas.

- Interfaz Gr: Con el HRL para autenticación y obtención de perfiles de usuario.
- Interfaz Gd: Recibe y envía mensajes de texto SMS mediante canales de radio GPRS.
- Interfaz Gs: Se utiliza entre el MSC/VLR y el SGSN para coordinar el envío de señales para terminales móviles capaces de manejar datos de conmutación de circuitos y por paquetes.

2.3. Sistema Embebido

Se conoce como un *sistema Embebido* o *Sistema Empotrado* a un circuito electrónico computarizado que está diseñado para cumplir una labor específica en un producto. Los algoritmos de control y las secuencias lógicas, están alojadas en la memoria de una pequeña computadora denominada microcontrolador [9].

A diferencia de los sistemas computacionales tradicionales de oficina como los PC o laptops, estos sistemas solucionan un problema específico. Es común encontrar sistemas embebidos en los vehículos por ejemplo controlando el sistema de inyección de combustible, en el sistema de frenos ABS, en los sistemas de protección contra impactos *Airbag*, alarmas contra robos y en sistemas de ubicación. Lo anterior apunta a tener una aplicación final de tamaño reducido, bajo costo y robusta. Esta característica se debe al gran rango de aplicaciones que un microcontrolador puede tener: sector industrial, automotriz, domótica, donde el microcontrolador va estar sometido a situaciones muy exigentes como pueden ser el polvo, la humedad, la vibración, y situaciones extremas de temperatura y presión.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable de alta escala de integración, que contiene todos los componentes de una computadora, que se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y debido a su tamaño reducido, suele ir incorporado en el propio sistema que gobierna. El microcontrolador es un dispositivo dedicado. En su memoria solo reside un programa destinado a gobernar

una aplicación determinada; una vez configurado y programado solamente sirve para realizar la tarea que le fue asignada.

Cada vez existen más productos que incorporan uno o varios microcontroladores con el fin de aumentar sustancialmente sus beneficios, reducir su tamaño, reducir costos y mejorar su fiabilidad. Algunos fabricantes de microcontroladores superan los millones de unidades producidos en una semana. Este dato puede dar una idea de lo masivo que es el uso del microcontrolador en la actualidad.

Un microcontrolador es un circuito integrado que incluye en su interior tres unidades funcionales: una unidad central de procesamiento, una memoria y periféricos de entrada y salida.

Básicamente existen dos tipos de arquitecturas de microcontroladores: Von Neumann y Harvard. Ambas se diferencian en la forma de conexión de la memoria al procesador y en los buses que cada una necesita.

En la arquitectura Von Neumann la unidad central de procesamiento esta conectada a una memoria única donde se guardan las instrucciones del programa y los datos.

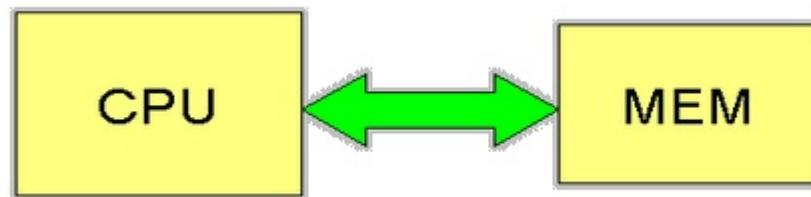


Figura 2.5: Arquitectura Von Neumann
Fuente: <http://usuarios.multimania.es/sfriswolker/pic/uno.htm>

La arquitectura Harvard tiene la Unidad central de proceso conectada a dos memorias, una con las instrucciones y otra con los datos por medio de dos buses diferentes, como se puede apreciar en la Figura 2.6.

La Unidad central de Procesamiento es la unidad de control donde recae la lógica

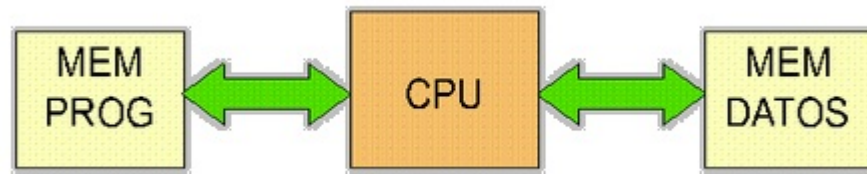


Figura 2.6: Arquitectura Harvard
Fuente: <http://usuarios.multimania.es/sfrisolker/pic/uno.htm>

necesaria para la decodificación y ejecución de las instrucciones, el control de los registros, la ALU, los buses, entre otros. La unidad de control es uno de los elementos fundamentales que determinan las prestaciones del procesador, ya que su tipo y estructura, determina parámetros tales como el tipo de conjunto de instrucciones, velocidad de ejecución, tiempo del ciclo de máquina, tipo de buses que puede tener el sistema, y manejo de interrupciones.

En los microcontroladores existen dos tipos de memorias bien definidas: la memoria RAM, que es una memoria de datos y la memoria de programas que puede ser ROM, EEPROM, Flash u otro tipo de memoria no volátil. Típicamente en los microcontroladores la memoria RAM no es abundante, tan solo es del orden de los Kbytes. En el espacio de direcciones de memoria RAM se ubican además los registros de trabajo del procesador y los de configuración y trabajo de los distintos periféricos del microcontrolador.

La memoria Flash es la memoria de programa que está destinada a contener el programa con instrucciones que gobiernan la aplicación y se le puede escribir y borrar varias veces de forma eléctrica. Esta memoria tipo FLASH es de dos ciclos de acceso y de bajo consumo de potencia. La Memoria de Datos es utilizada para el almacenamiento de variables y datos contenidos en el código de la aplicación. Este tipo de memoria es volátil y se le conoce como memoria RAM, la información que reside en ella es temporal y puede ser modificada en el transcurso de la aplicación. La RAM que posee este microcontrolador está implementada sobre un bus de alta velocidad ocupando solo

un ciclo de acceso.

Dentro de los periféricos que con mayor frecuencia se encuentran en los microcontroladores están las entradas/salidas de propósito general, que permiten leer datos desde el exterior o escribir en ellos desde el interior del dispositivo. otros periféricos son los temporizadores y contadores, que son circuitos sincrónicos para el conteo de pulsos. Dentro de los periféricos más importantes están los conversores analógico/digital y los puertos de comunicación, ya que son los que permiten capturar y transmitir información con el mundo exterior.

2.4. Dispositivos de Almacenamiento de Información

2.4.1. SD

Una tarjeta de almacenamiento masivo (microSD) es un dispositivo que ha revolucionado el entorno de los sistemas embebidos dado que es una memoria flash diseñada para cumplir con los requerimientos de seguridad y desempeño en la constante evolución del mercado de dispositivos electrónicos de consumo.



Figura 2.7: Memorias SD en el mercado.

Imagen tomada de: http://electrohome.es/category.php?id_category=650

En muchas aplicaciones de sistemas empujados es necesario almacenar grandes cantidades de datos en donde las memorias EEPROM son insuficientes, además de que no son portables y leerlas en una computadora requiere de un hardware adicional. En

este caso el uso de memorias Flash SD nos brinda una gran ventaja, otorgándonos gran capacidad de almacenamiento, una interfaz física y eléctrica sencilla con la ventaja que este tipo de memorias son de fácil adquisición en el mercado a precios económicos.

La microSD tiene diversas aplicaciones en el ámbito industrial tales como datalogger, almacenamiento de audio y vídeo. En el presente proyecto utiliza como datalogger, en el cual se almacenan datos provenientes de sensores con el fin de tener un soporte para verificación de datos.

La comunicación con la MicroSD se basa en una interfaz de 8 pines, que soporta dos modalidades de bus: SD y SPI.

BUS SD: Este bus consta de:

- Señal de reloj (1).
- Señal de comandos (1).
- Canales de datos (4).
- Señales de alimentación (2).

BUS SPI:

- Señales de alimentación (2).
- Señal de reloj (1).
- Señales de datos (2).
- Señal de control (1).

2.4.2. Bases de Datos

Las bases de datos son estructuras en las que se almacena información siguiendo unas pautas de disposición y ordenación para el posterior procesamiento de los datos. Como sistemas de almacenamiento de datos, las bases de datos son mucho más eficientes que los archivos de texto por varias razones, pero principalmente porque nos permiten un acceso directo al dato que se necesita sin que sea necesario recorrer todo un fichero para encontrarlo, además con una base de datos se pueden establecer relaciones entre las distintas informaciones que la componen.

Los motores de base de datos actuales están basados en el lenguaje SQL (Structured Query Language) o lenguaje estructurado de consultas. En una base de datos la información se almacena en tablas. Cada tabla está formada por filas, llamadas también registros. Cada registro está dividido en campos, que forman columnas. Cada campo contiene un dato y todos los campos de una columna tienen la misma estructura, es decir, que en todos ellos se almacena un dato del mismo tipo, tamaño, etc. [10]

Capítulo 3

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

A continuación se muestra el desarrollo de un sistema de adquisición y transmisión de datos de vehículos. En este sistema se hace uso de un modem GSM/GPRS para establecer la comunicación con un dispositivo celular remoto o una base de datos. Un esquema general del sistema se muestra en la Figura 3.1

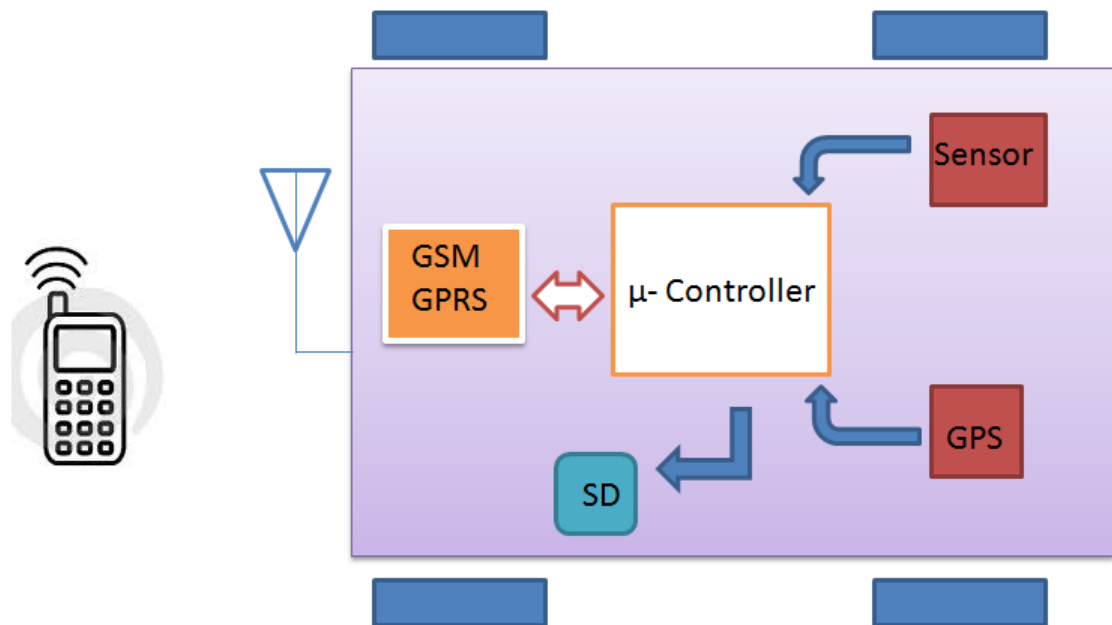


Figura 3.1: Diagrama de Bloques del Sistema

En este trabajo se opta por el uso de un microcontrolador como unidad de procesamiento de los datos provenientes de los sensores del automóvil, con el fin de medir variables físicas como aceleración, temperatura, velocidad y la posición misma del vehículo utilizando para esto un módulo GPS. Una vez procesada la información, estos datos se envían por puerto serial hacia el modem GPRS y por el puerto SPI hacia una memoria SD con el fin de tener un registro periódico de datos.

3.1. Características del Sistema

3.1.1. Microcontrolador

El microcontrolador seleccionado es el MCF51QE128 [11] que se caracteriza por su bajo costo, bajo consumo de potencia y alto desempeño. El microcontrolador utiliza un núcleo mejorado V1 Coldfire, que es una versión simplificada del V2 Coldfire cuya arquitectura esta basada en el M68000 de Motorola.

Estos microcontroladores aplican la técnica de segmentación, la cual permite al procesador realizar simultáneamente la ejecución de una instrucción y la búsqueda de código de la siguiente instrucción, optimizando así la velocidad y el consumo de ciclos necesarios para realizar una instrucción. Este tipo de segmentación es conocido también como *Pipeline*.

El reloj de la CPU puede alcanzar hasta 50.33 MHz y sus periféricos operan a la mitad de esta frecuencia, es decir, 25.165 MHz.

La memoria interna del MCF51QE128 se encuentra dividida en cuatro regiones: una región para memoria de programa flash con capacidad de 128 KB, otra región para memoria de datos RAM con capacidad de 8 KB, región de memoria reservada para registros de periféricos y región de registros de periféricos de acceso rápido. La arquitectura Coldfire V1 cuenta con un bus de 24 bits lo que permite acceder a un rango importante de direcciones comprendido entre 0x(00)00 0000 y 0x(00)FF FFFF. La Figura 3.2 muestra el mapa de memoria del microcontrolador MCF51QE128 [11].

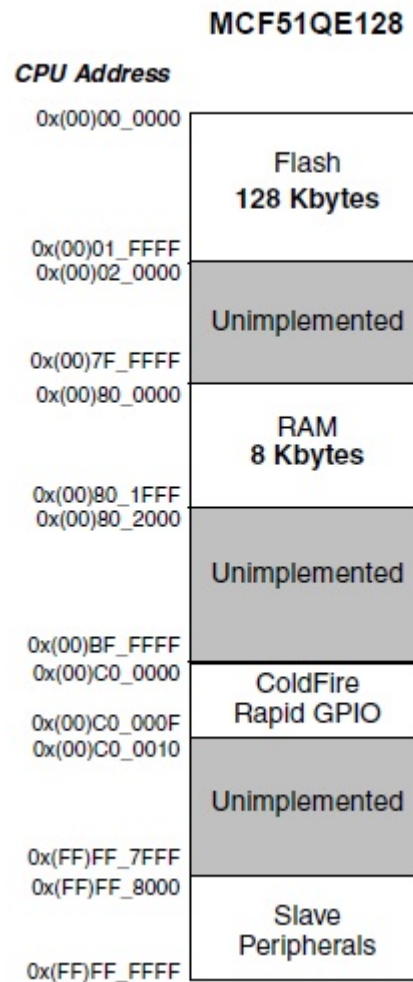


Figura 3.2: Mapa de Memoria del MCF51QE128.
Imagen tomada de datasheet MCF51QE128 Reference Manual

Además este Microcontrolador forma parte de la familia Flexis, la cual ofrece microcontroladores de 8 y 32 bits compatibles en pines, periféricos y herramientas. Lo anterior significa que las aplicaciones desarrolladas para un dispositivo S08QE128 de 8 bits pueden ser migradas al microcontrolador de 32 bits con el fin de agregar mayor velocidad y desempeño contando además con una memoria flash de 128 Kbytes y una memoria RAM de 8 Kbytes.

Los periféricos embebidos en este sistema constituyen otra importante razón para su elección. Entre ellos se encuentran: módulos de comunicación SCI (Serial Communication

Interface), módulos SPI (Serial Peripheral Interface), un ADC (Convertidor Analógico Digital), módulos de Timer, módulos para comunicación IIC (Inter Integrated Circuit I2C), reloj de tiempo real, entre otros [11].

Las características más importantes de este microcontrolador que se consideraron para el desarrollo de este sistema se encuentran a continuación:

- Núcleo 50MHz Coldfire V1.
- Memoria no volátil tipo FLASH de 128KB para almacenamiento de programa.
- Memoria RAM de lectura y escritura con capacidad de 8KB para almacenamiento de datos.
- Oscilador interno.
- Función perro-guardián y modos de ahorro de energía.
- 2 módulos Timer.
- Convertidor análogo digital *ADC* con 24 canales y hasta 12 bits de resolución.
- 2 Interfaces de comunicación serial *SCI* asíncrona configurables de protocolo UART.
- 2 Interfaces de comunicación serial de periféricos *SPI* de doble búfer de memoria.
- 2 Interfaces de comunicación I2C.
- Soporta hasta 56 líneas de propósito general, configurables como entrada/salida.

Líneas de Entrada y Salida- Conocidos como puertos o pines de entrada y salida, su dirección es programable por código. Se utilizan como buses paralelos entre el microcontrolador y los dispositivos que éste gobierna. El MCF51QE128 soporta hasta 72 líneas de entrada/salida en su empaquetado de 80 pines y 56 líneas de entrada/salida en su empaquetado de 64 pines, entre los cuales se encuentran 16 líneas RGPIO que

funcionan de la misma manera, pero con respuesta a cambios de estado mucho más rápidos que en las líneas tradicionales. Las líneas RGPIO se utilizan para establecer buses paralelos con dispositivos que requieren la información durante tiempos muy cortos.

Oscilador Interno- El microcontrolador dispone de un circuito oscilador interno que genera una señal cuadrada de alta frecuencia de 31.25kHz a 38kHz o de 1MHz hasta 16MHz. Dicha frecuencia es configurable por software y hardware, permitiendo controlar la sincronización y velocidad de operación de las funciones del microcontrolador.

Perro guardián y modos de ahorro de energía- El perro guardián en código es conocido como *Watchdog* y se encarga de producir una re-inicialización del código y todo el hardware del microcontrolador si existe un fallo en algún temporizador. Los modos de ahorro de energía en el microcontrolador permiten ahorrar energía y aumentar la vida de operación del mismo. Los modos de ahorro de energía en la mayoría de los microcontroladores de Freescale, permiten llevarlo hasta un mínimo de consumo cercano a los 6 mA.

Temporizadores- Se utilizan para controlar eventos en tiempos precisos, bien sea que se utilicen reloj disparador de la función o como contador que permita que la operación se realice durante un tiempo establecido. Son comúnmente utilizados para sincronizar señales y procesos entre dispositivos.

Convertidor Analógico Digital ADC- Como su nombre lo indica son convertidores incorporados al microcontrolador para la transformación de señales analógicas de voltaje continuo a señales de voltaje discreto.

Es sabido que los conversores analógico a digital ADC son usados en aplicaciones donde se requiere realizar algún tipo de procesamiento de manera digital. En este módulo ADC se toman muestras de una señal analógica, luego dichas muestras son procesadas en el

microcontrolador para ser enviadas después por el puerto serial. Entre las características más importantes del ADC están su algoritmo de aproximaciones sucesivas de 12 bits de resolución, 24 entradas analógicas disponibles, selector de datos de salida entre 8, 10 o 12 bits, conversión simple o continua, banderas de interrupción y conversión completa.

El módulo ADC requiere algunas conexiones externas como son los canales de entradas analógicos, voltajes de referencia y voltajes de alimentación. Los voltajes de referencia alto y bajo son conectados internamente en el microcontrolador a la fuente de alimentación y a tierra respectivamente. Dado que el voltaje típico de alimentación del microcontrolador es 3.3 V, cualquier señal que se requiera conectar a través del ADC no debe superar este voltaje de alimentación.

Interfaz de comunicación serial (SCI) asíncrona- La interfaz SCI puede ser configurada para transmitir en full dúplex, donde la transferencia de información se realiza sobre dos líneas: TX (Transmisión) y RX (Recepción) y donde los datos se trasladan al ritmo de una frecuencia controlada internamente por el mismo controlador. La frecuencia a la que se realiza la transmisión suele ser un valor normalizado en bits por segundo (ej. 2400, 9600, 38000, 115200, etc). Si el receptor no está sincronizado con el transmisor, este desconoce cuando se van a recibir los datos. Por lo tanto el transmisor y el receptor deberán tener los mismos parámetros de velocidad, paridad, número de bits del dato transmitido y de BIT de parada.

El dato que requiere ser enviado a través del puerto serie, debe almacenarse en el registro de datos del SCI. El módulo SCI también cuenta con un registro de corrimiento de transmisión, cuando el SCI está configurado para transmitir datos de 8 bits, el registro de corrimiento contendrá un bit de inicio, los ocho bits de datos y un bit de parada. Cuando el registro de corrimiento está listo para transmitir un dato, transfiere el dato del registro SCIxD de forma sincronizada con la tasa de baudios predefinida en la configuración del Microcontrolador y con la bandera de estado TDRE en nivel lógico 1 que indica que se puede escribir datos al registro de transmisión SCIxD.

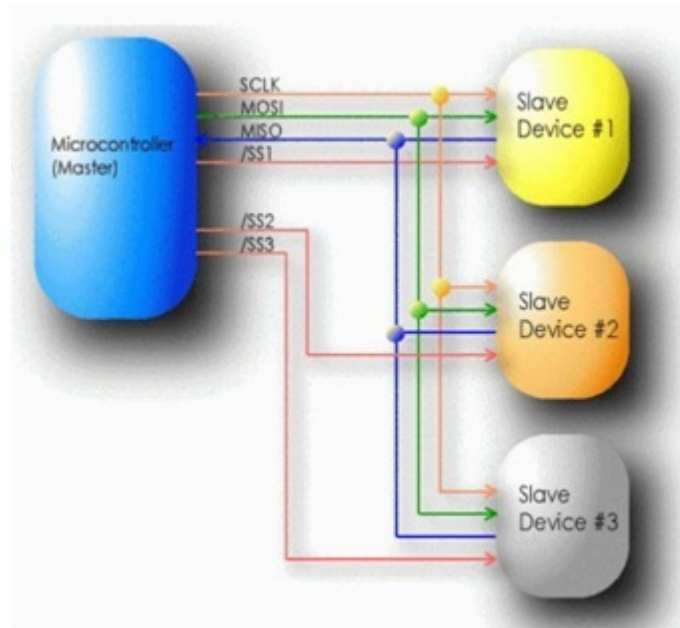


Figura 3.3: Protocolo SPI

Fuente de la imagen: Curso de Redes de Microcontroladores, Protocolo Spi, Eric López Pérez.

Interfaz de comunicación de periféricos (SPI)- La interfaz SPI incluye una línea de reloj, una línea de dato entrante, línea de dato saliente y un pin para la selección del chip. El pin *chip select* permite conectar o desconectar la operación del dispositivo con el que uno desea comunicarse. De esta forma, se logra cambiar el orden de esclavo a maestro o viceversa. Este tipo de comunicación es síncrona, es decir, requiere de una señal de reloj compartida para sincronizar los periodos de transmisión.

SPI es un bus de tres líneas, sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits. Cada una de estas tres líneas porta información entre los diferentes dispositivos conectados al bus. Cada dispositivo conectado al bus puede actuar como transmisor y receptor al mismo tiempo, por lo que este tipo de comunicación es serial full duplex. Dos de estas líneas transfieren los datos (una en cada dirección) y la tercer línea es la de reloj.

Algunos dispositivos solo pueden ser transmisores o receptores aunque, generalmente un dispositivo que tramite datos también los puede recibir. Los dispositivos conectados

al bus son definidos como maestros y esclavos. Un maestro es aquel que inicia la transferencia de información sobre el bus y genera las señales de reloj y control. Un esclavo es un dispositivo controlado por el maestro. Cada esclavo es controlado sobre el bus a través de una línea selectora *Chip Select* o *Select Slave*. Esta señal funciona con lógica negativa, lo que significa habilitar al esclavo con un nivel lógico 0. Generalmente una línea de selección es dedicada para cada esclavo [12].

En la Figura 3.3 se puede observar un diagrama de comunicación SPI entre un maestro y varios esclavos.

3.1.2. Modem GSM/GPRS

Toda la información adquirida por los sensores y procesada por el microcontrolador, se transmite a algún cliente quien necesite dicha información remotamente. El dispositivo encargado de enviar estos datos a través de la red celular es el Modem GSM/GPRS Wismo 228.

El Wismo 228 es un modem GSM que tiene cuatro bandas de trabajo 850/900/1800/1900 MHz y es un módulo que está diseñado para sistemas de comunicación M2M (máquina a máquina) utilizado ampliamente alrededor del mundo.

Cualquier tipo de señal obtenida mediante sensores (analógicos o digitales), ya sea de temperatura, humedad, presión, caudal, nivel de producto en tanques, apertura de válvulas, arranque de motores, etc. Así como el registro de datos en general, puede ser objeto de transmisión vía GPRS.

Estos modem tienen la capacidad de realizar llamadas de voz y transmisión de datos, y al igual que los teléfonos móviles también es posible comunicarse mediante mensajes de texto.

Los modem son más específicos que los dispositivos celulares en lo que respecta a su funcionamiento a las instrucciones que aceptan; su configuración y pruebas se realizan a través de un microcontrolador ya que estos modem no poseen ni teclado ni pantalla, solo poseen puerto serial.

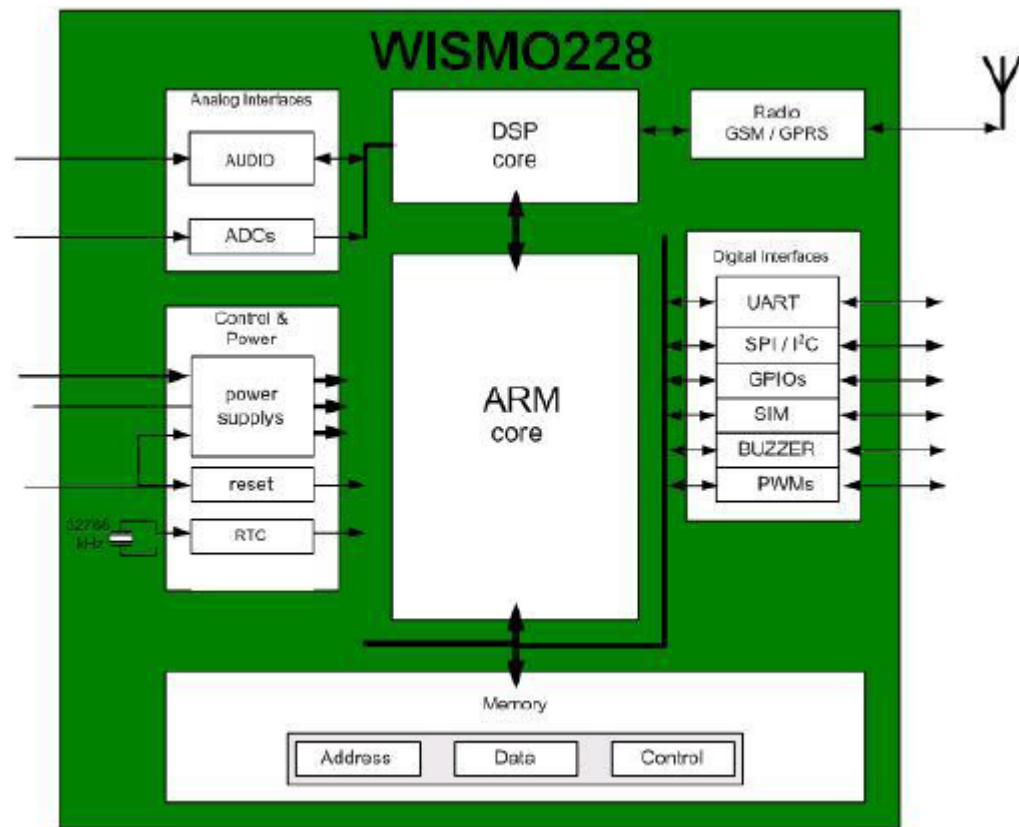


Figura 3.4: Arquitectura Interna del Wismo 228

Fuente de la imagen: WISMO228 Product Technical Specification and Customer Design Guideline

Este equipo está basado en un procesador ARM9, un DSP y una parte analógica (señales audio, ADC). La fuente de alimentación del núcleo es de 1.2 V y genera señales digitales de 2.8 V.

Las características principales de este dispositivo son las siguientes [14]:

- Enlace Serial UART
- Entradas Analógicas de Audio
- Conversor Analógico a Digital ADC
- Puerto serial síncrono SPI
- PWM

- Buzzer
- Pines para on-off y reset
- Interface para SIM
- Pines de propósito general GPIO.

En Colombia la telefonía Móvil esta repartida en diferentes frecuencias como se puede observar en la tabla 3.1:

<i>OPERADOR CELULAR</i>	<i>FRECUENCIA</i>
COMCEL	850 MHz
TIGO	850 MHz
MOVISTAR	1900MHz

Tabla 3.1: Frecuencia de Operación Telefonía Móvil en Colombia
Imagen Tomada: <http://>.

De gran importancia en este tipo de sistemas de comunicación inalámbrica es la seguridad respecto a las intrusiones externas. En este aspecto la red GPRS ofrece: seguridad, confidencialidad de la identidad del usuario, autenticación del usuario y confidencialidad de sus datos.

3.1.2.1. Mensajes de Texto SMS

SMS o *Short Messaging Service* es un protocolo de comunicación que permite a los usuarios enviar y recibir mensajes cortos de texto desde un teléfono móvil a otro. Es la principal aplicación inalámbrica de datos utilizada por los dispositivos móviles y permite enviar hasta 160 caracteres (incluidos espacios) por mensaje. SMS es una forma rápida, fácil y barata de enviar y recibir información desde un teléfono móvil. Este método será el principal protocolo para la comunicación entre el sistema y el dispositivo móvil de un usuario para este proyecto. La tecnología SMS es muy útil porque se puede utilizar en todos los teléfonos celulares sin ningún tipo de configuración especial o ajustes, no existe ninguna dirección especial para los SMS, solo el número de teléfono del destinatario.

En este proyecto se ha dado una nueva aplicación al servicio de mensajes de texto, un enfoque práctico aplicado a la industria automotriz y a la telemetría a través de este servicio.

3.1.2.2. Comandos AT

Los comandos AT son un conjunto de instrucciones codificadas que fueron creadas por Dennys Hayes en 1977 con el objetivo de enviar instrucciones a un terminal modem para poder configurarlo y realizar otro tipo de operaciones como establecer una llamada.

Mas adelante compañías como Microcomm y US Robotics continuaron desarrollando y expandiendo estos comandos AT. Estos nuevos comandos se denominaron AT extendidos y comienzan con los caracteres AT+.

Los comandos AT estan compuestos por cadenas de caracteres ASCII a excepción de los comandos de pause y de comando anterior donde no se requieren. El prefijo AT deriva de la palabra *ATention* que solicita al modem atención a la solicitud de comando actual.

Para enviar comandos AT a un modem se debe seguir la siguiente estructura [13]:

$$\text{AT+ CMGR=1 <CR >} \\ \text{PREFIJO COMANDO SUFIJO}$$

Los comandos pueden escribirse con letras mayúsculas o minúsculas, pues para el modem es transparente la escritura. El prefijo de los comandos AT debe ser la cadena de caracteres *AT*, el signo “+” también se coloca después de estos caracteres.

El sufijo <CR > es el equivalente al ENTER, este sufijo siempre tiene que ir para que de este modo el modem sepa que se ha escrito la instrucción completa.

Cuando se coloca un símbolo “=” en una instrucción quiere decir que se está configurando un parámetro; cuando se coloca un signo de interrogación “?” se está pidiendo información; la expresión “=?” se usa para obtener todo el rango de valores posibles que se pueden configurar.

La respuesta del modem ante un comando es un “OK ” cuando se ha realizado una operación exitosa, por otro lado si aparece “ERROR ” corresponde a una operación fallida.

3.1.3. GPS

El sistema de posicionamiento global GPS permite obtener datos de posicionamiento como las coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar de cualquier vehículo que lo posea. Teniendo en cuenta su practicidad en la implementación ya que no requiere acondicionamiento local y que se pretende darle uso en zonas relativamente extensas, el modulo de GPS permitirá registrar las coordenadas de posición en grados respecto a latitud y longitud terrestre, además de la altura sobre el nivel del mar a la cual se encuentra el móvil.

Comercialmente para aplicaciones civiles está limitada la precisión del GPS de manera que se debe tener en cuenta una incertidumbre en los datos obtenidos, que puede variar entre los 3 y 15 metros.

El módulo GPS A2100 opera típicamente con un voltaje de alimentación de 3.3V con un consumo de corriente de 32 mA. Este módulo se caracteriza por que tiene la capacidad de recibir la señal de hasta 20 satélites simultáneamente. La frecuencia de este dispositivo es la típica asignada para uso civil (1575 MHz).

Otra característica muy importante es que este GPS tiene una antena integrada con sensibilidad -157 dBm, y tiene la posibilidad de conectar una antena activa externa, con lo que la sensibilidad puede llegar hasta -163 dBm, haciendo posible su uso en lugares cerrados.

En la Figura 3.5 se muestran algunas características del GPS A2100 de la empresa Maestro Wireless [15].

En el mercado existe mucha variedad de sistemas de posicionamiento global GPS, que comercialmente son presentados en tres tipos de dispositivos:

Channels		48, parallel tracking
Correlators		~ 400,000
Frequency		L1 (= 1,575 MHz)
Tracking Sensitivity ⁽¹⁾		-163 dBm
Horizontal Position Accuracy	Stand alone	< 2.5 m CEP (SA off)
Time To First Fix – TTFF (theoretical minimum values; values in real world may differ)	Obscuration recovery ⁽²⁾	0.1 s
	Hot start ⁽³⁾	< 1 s
	Warm ⁽⁴⁾	< 32 s
	Cold ⁽⁵⁾	< 35 s

Figura 3.5: Características GPS
Imagen tomada del datasheet GPS Receivers A2100 User's Manual

- Los de mano, con sistema de visualización integrado
- Los dispositivos para conexión al PC que permiten visualización de mapas mediante la implementación de software
- Los dispositivos encapsulados diseñados para propósito general

Se eligió un GPS en encapsulado para la implementación en la plataforma de este proyecto, ya que permite tener un contacto más directo con el funcionamiento y características fundamentales de un receptor de GPS, además no se consideró necesario tener un sistema de visualización integrado, ni un empaquetado para conexión al PC, debido a que el receptor se conectará a un dispositivo de control embebido que obtendrá las coordenadas de ubicación para alimentar el algoritmo de programación.

Para la selección del dispositivo GPS se tuvieron en cuenta algunos discriminantes: alimentación de 3.3V por practicidad ya que todo el sistema electrónico manejará este nivel de tensión; puerto de salida de datos compatible con protocolos y normas de comunicación presentes en módulos de dispositivos embebidos como microcontroladores; y precio módico. Por otra parte, al tratarse de una implementación en un vehículo es conveniente que el receptor posea una antena externa de tamaño reducido.

Dentro de las características que permitió seleccionar a este GPS, se encuentran su buena precisión (alrededor de los 3 metros), superando a muchos otros dispositivos existentes

en el mercado.

Otra ventaja del A2100 es su reducido tiempo TTFB (Time to Fix First), es decir el tiempo que gasta el módulo en adquirir la primera señal desde que es encendido, que es de aproximadamente 35 segundos.

3.1.4. SD

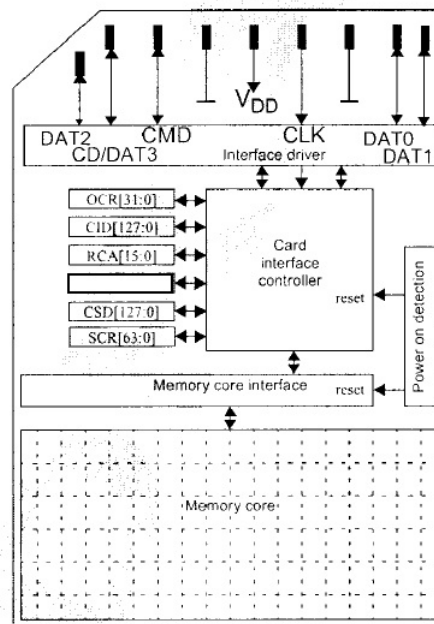


Figura 3.6: Arquitectura de una memoria SD
Imagen tomada de: Secure Digital Card, Product Manual, Version 1.9, SanDisk

Una de los principales beneficios de trabajar con microSD es su fácil portabilidad, al momento de diseñar el hardware dado a su tamaño reduce las dimensiones de la tarjeta. Por otra parte, su capacidad de almacenamiento de información es la función principal que cumple la tarjeta microSD en nuestro trabajo, dado que los datos provenientes de los sensores serán almacenados en ella por un largo periodo de tiempo. En nuestro caso se utilizará una tarjeta de memoria microSD con capacidad de almacenamiento de 2 Giga bytes. En la Figura 3.6 se muestra la arquitectura interna de una tarjeta de almacenamiento masivo SD.

En la Figura 3.7 se puede observar la distribución de los pines del bus SPI en la tarjeta SD

Pin No.	Name	Type	SPI Description
1	\overline{CS}	I	Chip Select (Active Low)
2	DataIn	I	Host-to-Card Commands and Data
3	V _{SS1}	S	Supply Voltage Ground
4	V _{DD}	S	Supply Voltage
5	CLK	I	Clock
6	V _{SS2}	S	Supply Voltage Ground
7	DataOut	O	Card-to-Host Data and Status
8	RSV ₍₂₎	I	Reserved
9	RSV ₍₂₎	I	Reserved

Figura 3.7: Asignación de pines bus SPI en la SD
Imagen tomada de: Sandisk Secure Digital Card, Product Manual, Version 1.9

3.2. Diseño

3.2.1. Hardware

El diseño del sistema y demás componentes que integran este trabajo, está orientado a la obtención de un prototipo funcional tanto en su plataforma física como en su *firmware* de control de información. Esto implica que cada uno de sus componentes posea resistencia adecuada para ser durable ante manipulación constante. De igual manera, al plantearlo como un sistema móvil los campos de acción serán exteriores, lo cual implica un nivel de resistencia y flexibilidad frente al desplazamiento en terrenos irregulares, con desniveles y objetos de diversas composiciones en condiciones climáticas difíciles.

MICROCONTROLADOR

El microcontrolador utilizado en el desarrollo del proyecto es el MCF51QE128CLH de 32 bits con un núcleo ColdFire versión 1 de Freescale Semiconductor [11] que maneja los siguientes rangos de entrada:

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply voltage	V_{DD}	-0.3 to +3.8	V
Maximum current into V_{DD}	I_{DD}	120	mA
Digital input voltage	V_{In}	-0.3 to $V_{DD} + 0.3$	V
Instantaneous maximum current Single pin limit (applies to all port pins) ^{1, 2, 3}	I_D	± 25	mA
Storage temperature range	T_{stg}	-55 to 150	°C

Figura 3.8: Rangos Máximos del Microcontrolador
Imagen tomada del datasheet del Microcontrolador MCF51QE128 Reference Manual

En el Microcontrolador nos interesan los periféricos de comunicación *SCI* y *SPI*, que serán parte fundamental para la transmisión de datos desde el GPS, el módem GSM y la memoria SD.

Mediante el protocolo SCI se realiza la comunicación con el GPS utilizando los pines RXD1 y TXD1, para recepción y transmisión de datos respectivamente. También me-

diante este protocolo es posible comunicarse con el modem WISMO 228, para transmitirle los datos que el microcontrolador procesa al módem y de esta forma poder comunicarlos a un dispositivo celular.

WISMO 228

Este módem GSM/GPRS funciona de forma remota a través de grandes territorios geográficos, incluso a través de fronteras internacionales, en cualquier país del mundo donde existe una red GSM. Constituye una solución extremadamente eficiente, en cuanto permite transmitir información a diferentes receptores que se encuentran muy distantes del transmisor sin requerir hilos de transmisión.

En cuanto al consumo, el modulo WISMO228 está desarrollado para trabajar con una fuente mínima de 3.2V y máxima de 4,8V, con valores típicos de 3,6 V y dependiendo de la banda de frecuencia a la cual se va a trabajar, el celular tendrá un consumo diferente. En la Figura 3.9 observamos el consumo de potencia para este módem:

Debido a que nuestro dispositivo maneja información proveniente de una SIM card, es necesario adaptar el modem para sustraer información de manera digital protegiendo la tarjeta de posibles picos de voltaje de alimentación. Para esto el fabricante del módem nos sugiere una alternativa para la conexión, como se muestra en la Figura 3.10 [14].

El Wismo228 posee una interfaz de comunicación serial, ofreciendo la posibilidad de establecer comunicación con 8, 5, 4 o 2 hilos. Los principales pines de esta interfaz serial son:

- TX data (CT103/TXD): Línea por donde se transmite un bit a la vez.
- RX data (CT104/RXD): Línea por donde se recibe un bit a la vez.
- Request To Send (CT105/RTS): se envía del microcontrolador al módem para indicar que se quieren transmitir datos.
- Clear To Send (CT106/CTS): indica que el computador está listo para transmitir.

WISMO228 Power Consumption							
Operating Mode	Parameters	I_{MIN} average VBATT= 4.8V	I_{NOM} average VBATT= 3.6V	I_{MAX} average VBATT= 3.2V	I_{MAX} peak	Unit	
Off Mode*		32	35	43	--	μ A	
Alarm Mode		32	35	43	--	μ A	
Idle Mode**	Paging 2 (Rx burst occurrence ~0.5s)	1.86	1.90	1.93	587	mA	
	Paging 9 (Rx burst occurrence ~2s)	1.19	1.22	1.23	581	mA	
Connected Mode	850 MHz	PCL5 (TX power 33dBm)	213	216	218	1400	mA
		PCL19 (TX power 5dBm)	78	81	82	200	mA
	900 MHz	PCL5 (TX power 33dBm)	205	208	207	1400	mA
		PCL19 (TX power 5dBm)	78	81	83	200	mA
	1800 MHz	PCL0 (TX power 30dBm)	166	169	173	1000	mA
		PCL15 (TX power 0dBm)	76	79	80	200	mA
	1900 MHz	PCL0 (TX power 30dBm)	153	156	156	1000	mA
		PCL15 (TX power 0dBm)	75	78	80	200	mA

Figura 3.9: Consumo de Potencia Wismo 228

Fuente: WISMO228 Product Technical Specification and Customer Design Guideline

- Data Terminal Ready (CT108/DTR): indica que está listo para recibir datos.
- Data Set Ready (CT107/DSR): indica que se ha establecido conexión.
- Data Carrier Detect (CT109/DCD): detecta una portadora en la línea.
- Ring Indicator (CT125/RI): detecta una llamada.

MÓDULO GPS:

El módulo receptor A2100 [15] está basado en el chip de sus predecesores (A1084 y A1035H). El módulo esta en la capacidad de recibir la señal de hasta 20 satélites y

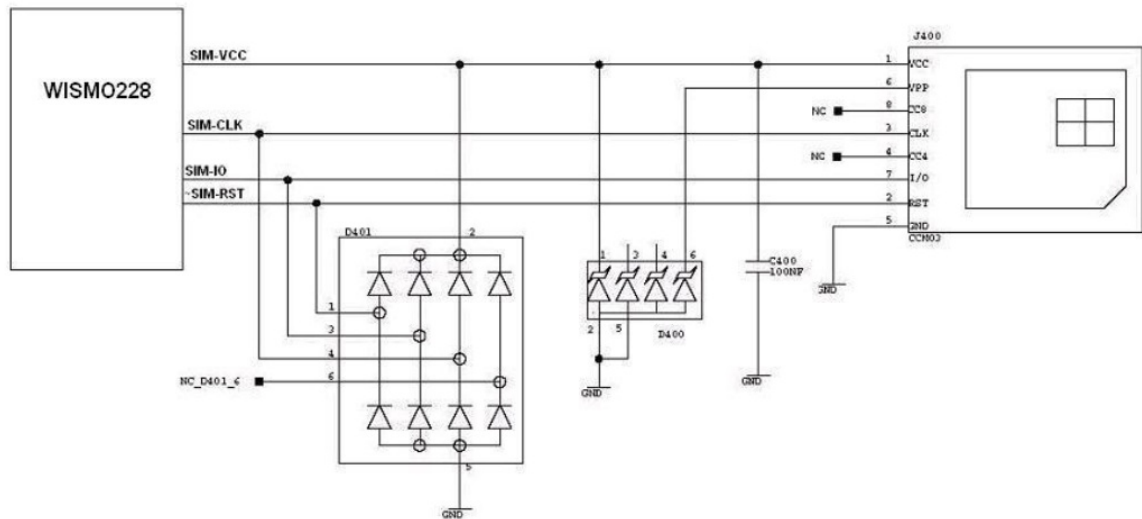


Figura 3.10: Esquema de Protección SIM Card

Imagen tomada de: WISMO228 Product Technical Specification and Customer Design Guideline

transmitir información a un puerto serie. Su bajo consumo de potencia y alta funcionalidad hacen de este dispositivo óptimo para utilizarlo en diseños de sistemas empotrados. Las dimensiones físicas del GPS son 15.24 mm x 15.24 mm, su tamaño reducido constituye una gran utilidad para incorporarlo en nuestro prototipo [15].

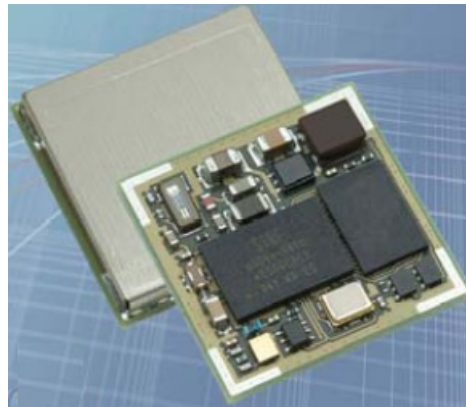


Figura 3.11: Módulo GPS receptor A2100

Tomado del datasheet GPS receivers Module A2100-A User Manual

En la Figura 3.12 se observa el esquema de conexión entre el GPS y el microcontrolador, donde intervienen 3 hilos para la conexión: los pines Tx y Rx más otro pin denominado *On-off*, que enciende o apaga el GPS.

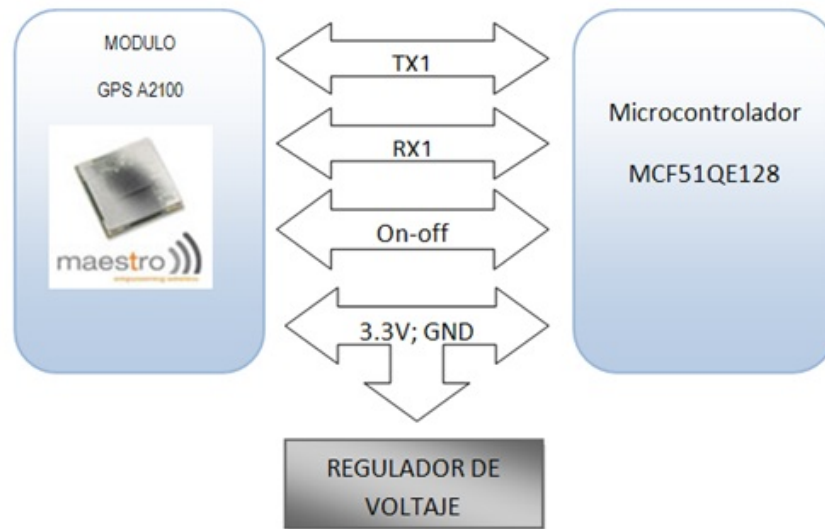


Figura 3.12: Esquema de conexión GPS y Microcontrolador

MÓDULO SD:

El socket microSD debe proporcionar un fácil acceso a la tarjeta microSD y a los 8 pines de la misma. En la Figura 3.13, se muestra el socket utilizado en este proyecto.

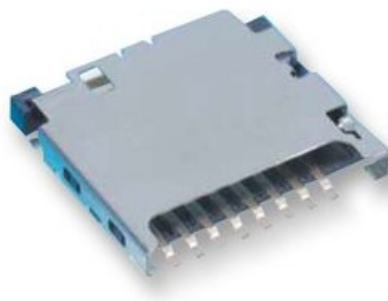


Figura 3.13: Socket MicroSD

Imagen Tomada de: <http://www.mouser.com/Search/ProductDetail.aspx?qs=nSryOFbzj8L3f0GFYlvXkw%3D%3D>

Para la integración de la tarjeta microSD en la placa base, se selecciona un *socket* metálico que consta de 8 pines: 4 del bus SPI, 2 de alimentación y 2 pines libres. En la

Figura 3.15 se muestra el diagrama de conexión del hardware microSD.

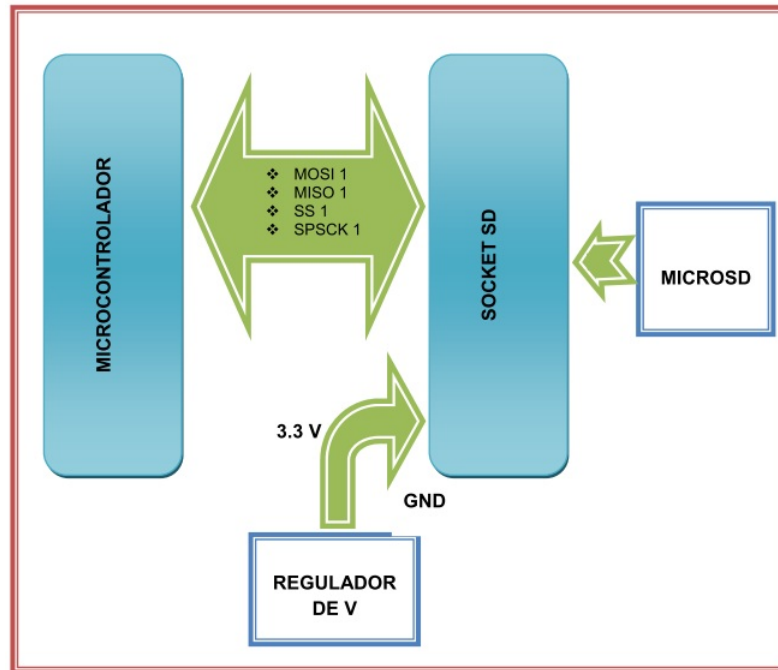


Figura 3.14: Conexión de la MicroSD con el Microcontrolador

La alimentación para la tarjeta de memoria microSD es proporcionada por el regulador de tensión que suministra la alimentación para todo el circuito, el cual arroja a su salida 3.3 VDC y proporciona los 70 [mA] que es la corriente necesaria para el modo escritura. Por esta razón no se alimenta con un pin del microcontrolador dado que este solo proporciona 25 [mA].

Gracias al uso del protocolo SPI en los microcontroladores y su fácil manejo, fue seleccionado dado que el microcontrolador MCF51QE128 lo soporta, haciendo que el tiempo de desarrollo disminuya considerablemente y dando mejor utilidad al hardware dedicado del microcontrolador, ya que la implementación con un bus SD demandaría una excesiva recarga de procesamiento del microcontrolador que no utilizaría periféricos integrados (bus SPI).

La estructura interna de la tarjeta SD agrupa los datos en bloques de 512 bytes.

Toda transmisión, ya sea de lectura o escritura, está sujeta a este tamaño de bloque por lo que finalmente para ocultar las restricciones del hardware, se crean librerías de entrada/salida, para manejar la comunicación desde el microcontrolador como si se tratara de un archivo.

La Figura 3.15 muestra el modo de conexión maestro-esclavo entre el microcontrolador y la tarjeta MicroSD implementado en este trabajo.

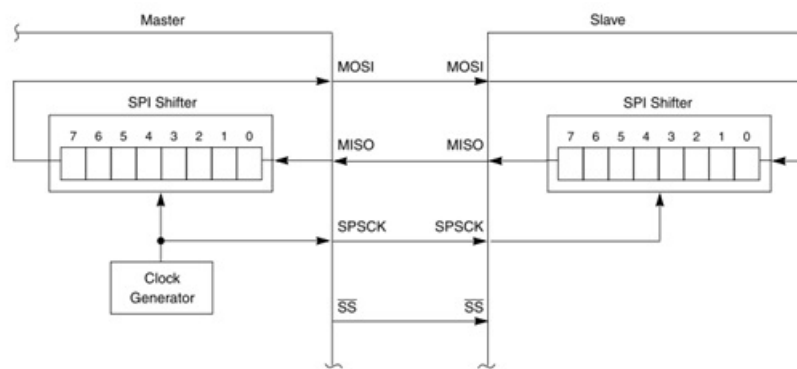


Figura 3.15: Conexión SPI entre Microcontrolador y MicroSD

la señal CS o SS (chip select) conectada al puerto PTE3 (salida SS1 del bus SPI). El SS1 es el encargado de habilitar la memoria para las funciones de lectura y escritura. Para la comunicación con la SD se debe configurar el reloj del bus SPI. Para esta aplicación trabajaremos con 4 MHz. La señal de salida del módulo SPI del microcontrolador, se tomará del pin PTE0. La entrada de datos se tomará del pin PTE1, que se nombra en el módulo como MOSI1 y la salida será tomada del pin PTE2, llamada en el módulo MISO1. Los pines de salida son digitales.

3.2.2. Firmware

FUNCION GPS

Para lograr la captura de las tramas arrojadas por el GPS acoplamos la salida del

puerto serial del GPS al microcontrolador MCF51QE128.

Para que pueda existir comunicación entre el GPS y el microcontrolador, es necesario configurar algunos parámetros como la tasa de baudios, paridad, bits de parada y control de flujo. Para nuestro diseño el GPS tiene por defecto una velocidad de transmisión de 4800 Kbps. Entonces es necesario configurar el microcontrolador a esta misma tasa de baudios para evitar pérdida y error en la transmisión de datos.

El Microcontrolador posee 2 salidas seriales y por defecto cada salida posee las señales TX, RX y GND. Esta configuración implica que las salidas no poseen control de flujo.

La configuración del MCF51QE128 se realiza mediante la herramienta de programación CODEWARIOR que ofrece el fabricante para la configuración y programación de sus dispositivos.

En la Figura 3.16 se muestra la herramienta *Device Initialization* Del entorno de programación Codewarior donde se listan las características mas importantes de configuración del modulo SCI1.

- Se configura el divisor de la rata de baudios en 54, lo cual ajusta una tasa de 4854 baudios, la cual cumple con las especificaciones del GPS A2100.
- Formato de datos de 8 bits
- Paridad : Ninguna
- Se configuran los pines PTB0 (RXD), PTB1(TXD) como salidas para el puerto SCI1 del microcontrolador.

Una vez configurados los registros del puerto SCI1 procedemos a procesar las tramas arrojadas por el GPS.

El GPS por defecto envía información por puerto serial cada segundo. El GPS utiliza

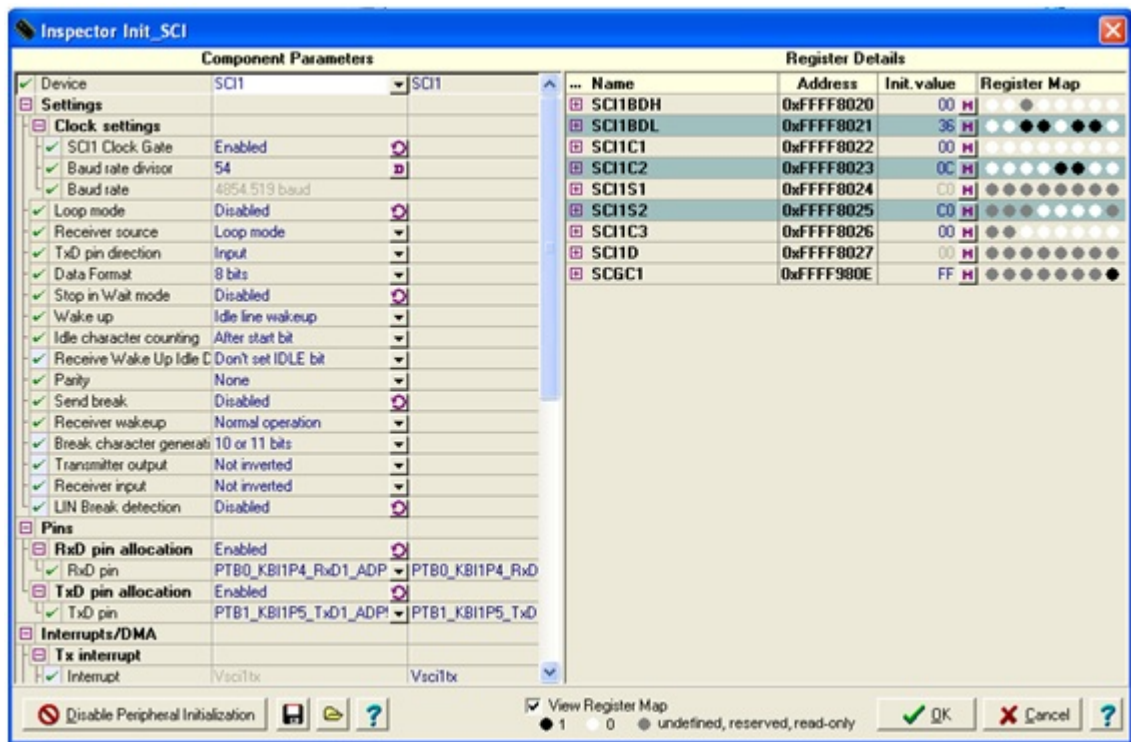


Figura 3.16: Configuración SCI mediante el Device Initialization

el protocolo NMEA y entrega por defecto seis tramas, GGA, RMC, GSA, GSV, VTG, GLL, luego se hace necesario configurar las tramas que serán de utilidad para el proyecto. Estas tramas corresponden con las tramas GGA y RMC de las cuales obtendremos la información de las variables requeridas como: latitud, longitud, altura y velocidad.

Una característica importante del GPS es la configuración de tramas de salida, lo cual indica qué tramas se desean visualizar. Para la configuración se tomó como referencia la información ofrecida por el manual SiRF NMEA [16], el cual indica que se debe enviar al GPS una trama con datos específicos para deshabilitar una trama en particular. La forma del mensaje de configuración es \$PSRF103,00,01,00,01*25. La estructura de cada uno de los datos se presenta en la Figura 3.17.

La selección de la trama se realiza en el espacio denominado “Msg”, donde cada trama tiene asignado un número como en la Figura 3.18

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$PSRF103		PSRF103 protocol header
Msg	00		
Mode	01		0=SetRate, 1=Query
Rate	00	seconds	Output -off=0, max=255
CksumEnable	01		0=Disable Checksum, 1=Enable Checksum
Checksum	*25		
<CR> <LF>			End of message termination

Figura 3.17: Configuración de tramas GPS

Value	Description
0	GGA
1	GLL
2	GSA
3	GSV
4	RMC
5	VTG

Figura 3.18: Asignación de tramas

Al momento de configurar tramas de salida es importante tener en cuenta que si se envía un mensaje de configuración al GPS para deshabilitar una trama, en el mismo instante en que está transmitiendo las tramas, la configuración no tendrá éxito, se requiere por tanto que la trama de configuración sea enviada justo después de que el GPS envía una trama al microcontrolador .

Una vez obtenida esta información se procede a configurar el GPS a través del microcontrolador. Para ello es necesario observar el estado del SCI. Si está recibiendo debe esperar que el GPS deje de transmitir, verificando el estado del bit RDRF del registro de estado SCI1S1 del SCI1. Este bit RDRF es una bandera que indica cuando el buffer de recepción está lleno, si el estado de RDRF es 0 indica que el registro esta vacío. Una

vez identificado que el GPS dejó de transmitir, se envía el comando de configuración de las tramas. Para nuestro caso se dejarán habilitadas las tramas GGA y RMC.

A continuación se presentan los mensajes de configuración utilizados:

- \$PSRF103,00,00,01,01*25, habilita la trama GGA.
- \$PSRF103,01,00,00,01*25, deshabilita la trama GLL.
- \$PSRF103,02,00,00,01*26, deshabilita la trama GSA.
- \$PSRF103,03,00,00,01*27, deshabilita la trama GSV.
- \$PSRF103,04,00,01,01*21, habilita la trama RMC.
- \$PSRF103,05,00,00,01*21, deshabilita la trama VTG.

Si se desea cambiar la tasa de baudios del GPS también es posible mediante el envío de comandos. Para ello el protocolo NMEA tiene asignado el siguiente comando:

\$PSRF100,1,9600,8,1,0*0D, donde se está configurando el GPS a una tasa de 9600 baudios.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información proveniente del GPS el programa debe reconocer el carácter con el cual inicia la trama “\$”, el carácter con el cual se finaliza “*”. Una vez identificadas las tramas, se almacenan en un vector de 80 bits llamado “trama”. La trama es almacenada cada vez que el programa reconoce el carácter “\$”. para identificar el tamaño de la cadena de caracteres se utiliza el comando “strlen”.

DECODIFICACION DE LA TRAMA

Para la decodificación de la trama, una vez almacenada en la cadena de caracteres se procede a identificar GGA ó RMC.

Dado que la trama es guardada en un vector de 80 bits, para seleccionar la trama que se desea trabajar se toma la posición trama[2] del vector, ya que el encabezado de la trama es GPGGA para la GGA y GPRMC para la RMC. Una vez seleccionada la trama que se va a decodificar y en vista que los datos vienen separados por comas (,) el paso siguiente es identificar el carácter (.). Ya que el tamaño de la información entre los caracteres presentes en la trama depende de su significado, es necesario guardar estos datos en un vector específico para cada sección de la trama. De forma secuencial se va recorriendo todo el vector hasta llegar al carácter (*) que indica la finalización de la trama.

FUNCIÓN DE ENVÍO DE DATOS

Una vez el microcontrolador adquiere los datos del GPS, es necesario realizar una codificación. Para esta labor se crean vectores que etiquetan los sectores donde se encuentra almacenada la información. La sintaxis de salida de los datos queda entonces de esta manera:

Nombre de la variable *simbolo(=)* *Dato obtenido por el GPS*

En la Figura 3.19 se ilustra un ejemplo.

LATITUD=0708.4742N

Figura 3.19: Ejemplo de la salida de datos

Para enviar cualquier tipo de información a través de la red GSM, es necesario configurar el modem Wismo 288 para la acción que se requiera mediante el uso de comandos AT. En este caso se desea enviar datos a través de mensajes de texto *SMS*, entonces se recurre a los comandos AT que gestionan mensajería de texto (apéndice A).

De forma preventiva se comprueba que el modem esté funcionando correctamente enviando algunos comandos de comprobación. Por esta razón antes del envío de cada mensaje de texto, se envían comandos AT como ATI y ATZ, para establecer la comunicación entre microcontrolador y el GPRS.

Como la información se envía por medio de un mensaje de texto, se necesita el número telefónico del destinatario el cual se almacena en un vector.

Para enviar un mensaje de texto con el Wismo 228 se necesita enviar el comando AT+CMGS, seguido del número del destinatario, luego se tecléa “enter” y se espera la confirmación por parte del GPRS con el símbolo “>” que habilita la escritura del mensaje.

Dicho mensaje son datos provenientes del GPS y cualquier otro sensor que se disponga y que el microcontrolador procesa. Así el destinatario del mensaje puede entender a que obedece cada dato en su celular.

FUNCION DE ESCRITURA EN LA MICROS D

Para lograr la comunicación con el microcontrolador encargado de procesar información y enviársela a la memoria, es necesario hacer uso de las siguientes librerías.

LIBRERÍA SD:

Una vez implementado el socket microSD en la placa base, se procede a configurar el microcontrolador para obtener un buen desempeño respecto a la comunicación con la tarjeta microSD. La documentación sobre el funcionamiento de las tarjetas SD es limitada puesto que la *SD card Association* se lucra con el protocolo. Afortunadamente existen fabricantes que tienen disponible información necesaria para diseñar un Host que controle sus productos. El driver desarrollado se basa en la documentación proporcionada por *SanDisk* [17].

Los datos son agrupados en un vector de 512 bytes. Aunque el bloque de datos puede variar, el fabricante indica que nos es conveniente dado que induce errores en la

escritura. Por esta razón y tomando como referencia las especificaciones de fabricante, para este desarrollo el vector se mantiene fijo.

ENVÍO DE COMANDOS

Los comandos son siempre enviados por el microcontrolador a la tarjeta y tienen un tamaño de 6 bytes. El primer byte corresponde con el comando a enviar. Los siguientes 4 bytes son para el argumento del comando. El último byte se utiliza para enviar el CRC. La Figura 3.20 muestra la estructura de un comando SD.

Byte 1				Bytes 2–5				Byte 6		
7	6	5	0	31			0	7	0	
0	1	Command		Command Argument				CRC		1

Figura 3.20: Estructura de un comando para la Tarjeta SD
 Imagen tomada de: Sandisk Secure Digital Card, Product Manual, Version 1.9

RESPUESTA DE LA MICROSD

Al momento de inicializar la microSD se le envían comandos de configuración tales como el tiempo de comunicación que se tendrá entre el microcontrolador y la tarjeta. Una vez realizado el envío de los comandos, la tarjeta responde con 1 byte en el cual se indica el estado de la configuración. En la Figura 3.21 puede verse la estructura de la respuesta.

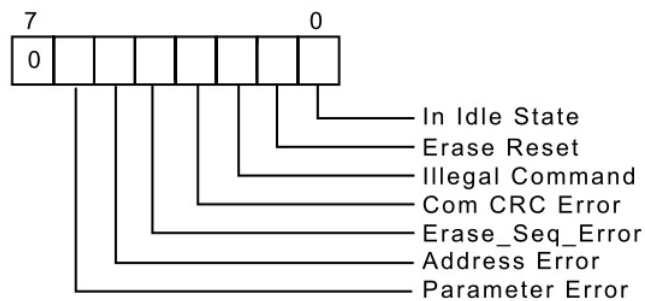


Figura 3.21: Respuesta a un comando por parte de la SD
 Imagen tomada de: Sandisk Secure Digital Card, Product Manual, Version 1.9

BLOQUE INICIALIZACION DE LA TARJETA SD_ Init()

Para la inicialización de la tarjeta se deben cumplir una serie de procesos especificados en el manual de fabricante [17]. En primera instancia se requiere que la tarjeta logre el nivel de tensión mínimo requerido para el correcto funcionamiento de los estados de escritura y lectura en la comunicación con el microcontrolador. Para lograr este objetivo se envía una trama de ciclos de reloj con lo cual se logrará además de establecer el umbral mínimo de tensión, la sincronización de la rata de transmisión en baudios del reloj que envía el microcontrolador a la microSD, el fabricante especifica un envío de 74 ciclos de reloj, pero dado que la rata de transmisión por parte del módulo SPI del microcontrolador está configurada para enviar 8 ciclos de reloj, se envían 80 ciclos de reloj configurando de esta manera la comunicación.

Para la configuración del reloj, se trabaja con una frecuencia del SPI establecida entre 100 kHz a 400kHz. Una vez hecho esto, la tarjeta se encuentra en modo de trabajo SD (bus SD), pero como desea configurar la microSD para trabajar con el modulo SPI del microcontrolador se envía la señal SS1 en lógica negativa. Una vez realizado este procedimiento, la tarjeta queda configurada en modo SPI en estado “idle”. Para lograr que la tarjeta salga de este estado se envía un comando con las condiciones de operación, obteniendo como respuesta un byte que contiene el bit estado.

La Figura 3.22 muestra la inicialización desde que se alimenta la tarjeta SD hasta que se encuentra lista para transferencia de datos.

En resumen, el proceso de inicialización consiste en:

- alimentar Vcc de la tarjeta SD con 3.3 [V].
- enviar 80 ciclos de reloj.
- fijar la señal CS en 0.
- enviar el comando reset.

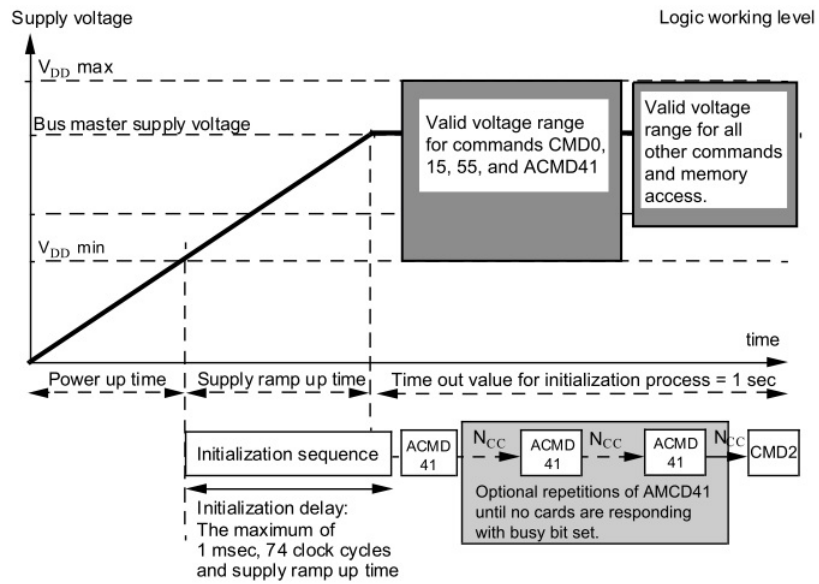


Figura 3.22: Gráfico de la inicialización de una SD
 Imagen tomada de: Sandisk Secure Digital Card, Product Manual, Version 1.9

- esperar respuesta.
- enviar el comando de inicialización.
- esperar respuesta

La Figura 3.23 muestra el esquema de tiempos de los comandos de inicialización.

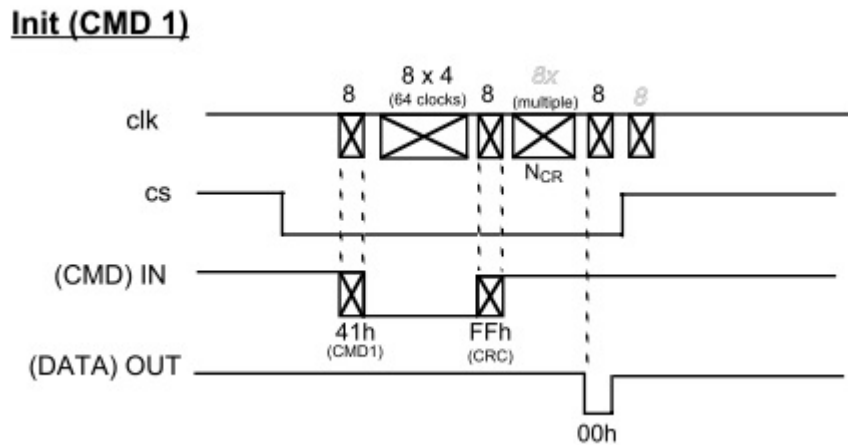


Figura 3.23: Diagrama de tiempos de la inicialización de la SD

ESCRITURA DE DATOS

La escritura es similar a la lectura, los pasos a seguir son:

- fijar el valor de la señal CS en 0.
- enviar el comando de escritura.
- esperar la respuesta.
- enviar 512 bytes de datos.
- enviar 2 bytes de CRC.
- recibir la respuesta.
- esperar que la tarjeta finalice la escritura internamente.
- fijar el valor de la señal CS en 1.

Un esquema temporal para la escritura de datos se presenta en la Figura 3.24.

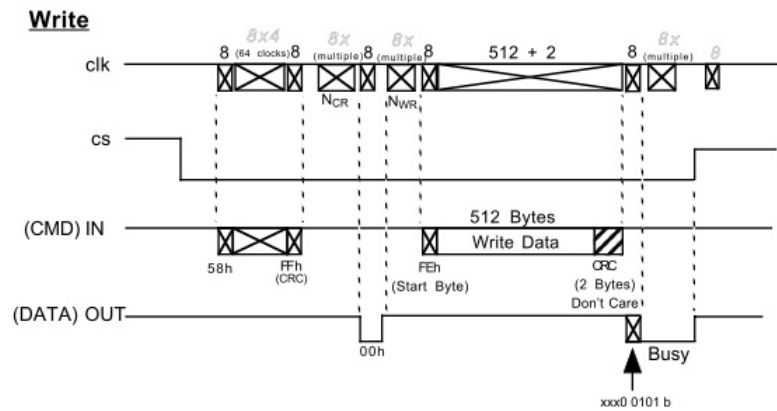


Figura 3.24: Diagrama de tiempos de la escritura en una SD

En el proceso de escritura, los datos son almacenados en un buffer de 512 bytes. Una vez finalizada la transferencia del microcontrolador a la tarjeta de memoria, es necesario esperar un tiempo en el cual se guardan los datos. Una vez enviados los datos

a la tarjeta, ésta envía una respuesta con el estado de la escritura, la cual se presenta en la Figura 3.25.

	7	6				0
x	x	x	0	Status		1

Figura 3.25: Estado de la escritura

Si el registro de la Figura 3.25 tiene un valor 010 , el dato ha sido aceptado; si tiene un valor de 101 , el dato ha sido rechazado por un error de CRC; o si por el contrario el registro tiene un valor de 110 entonces el dato ha sido rechazado por un error de escritura.

Finalmente para realizar el diseño de la tarjeta de circuito impreso utilizando la herramienta informática Eagle.

Criterios para el diseño de las tarjetas de circuito impreso:

- los circuitos analógico y digital estarán separados.
- la tierra o nodo común estará alrededor de todo el circuito.
- el espaciamiento entre señales será mayor a 0,3 mm.
- los ángulos de los caminos serán de 45° en lo posible.
- el ancho de los caminos será en lo posible proporcional a la corriente que sopor-
tarán.
- el ancho mínimo para los caminos de señal será de 0,3 mm.
- el ancho mínimo para los caminos de polarización será de 0,5 mm.
- el espaciamiento entre señal y tierra será de 0.6mm.

3.2.3. Software

MODELO DE VISUALIZACION DE DATOS

A continuación se presentará un modelo de base de datos para toda la información proveniente del GPS y otros sensores. Se indican los requisitos que debe tener el PC donde se desee almacenar la base de datos, los pasos para la instalación y una breve explicación del modelo de base de datos.

REQUISITOS

Para el correcto funcionamiento de la plataforma el servidor de alojamiento debe contar con los siguientes servicios:

- Plataforma de Bases de Datos Mysql 4.x.x
- Plataforma PHP 5.x.x

De igual manera el usuario debe disponer de lo siguientes:

- 1 Base de Datos Mysql.
- Usuario con derechos extendidos (Borra, Insertar, Crear, Modificar) a la Base de Datos Mysql.
- Espacio de alojamiento de al menos 100kb.

INSTALACIÓN

Se desarrolló un protocolo de instalación que permitirá al webmaster realizar los procedimientos de adecuación sobre el servidor de manera fácil. A continuación se muestran los pasos de instalación:

1. Copie la carpeta gps, sobre la carpeta raíz de su servidor apache (en la gran mayoría de servidores esta carpeta es denominada *www*).
2. Lance una ventana del navegador en su equipo, y diríjase *http://suservidor/gps*.



INIST Bienvenido al Modulo de Instalación

Para Instalar Necesita:

- MySQL 4.x.x
- PHP 5.x.x
- Espacio de Disco de 100k

INIST Datos de Instalación

POR FAVOR ASIGNE LOS DATOS SOLICITADOS Y DE CLIC EN CONTINUAR.

Servidor:

Usuario de la BD:

Contraseña de la BD:

Nombre de la BD:

Usuario (ID del Administrador):

Contraseña (ID del Administrador):

Figura 3.26: Instalación base de datos

La Figura 3.26, nos muestra la presentación del módulo de instalación.

3. Diligencie el formulario y haga clic en continuar. Si el proceso se ha llevado con éxito debe obtener en pantalla los resultados de la Figura 3.27; si esto es cierto ejecute clic en *Clic para continuar e instalar Sistema*. Si no se obtuvo éxito en la recopilación debe revisar los datos de conexión con el servidor.

Finalmente el sistema debe mostrar que las tablas se han creado con éxito, como se observa en la Figura 3.28.

4. Haga clic en el botón *Ir a la página principal*.

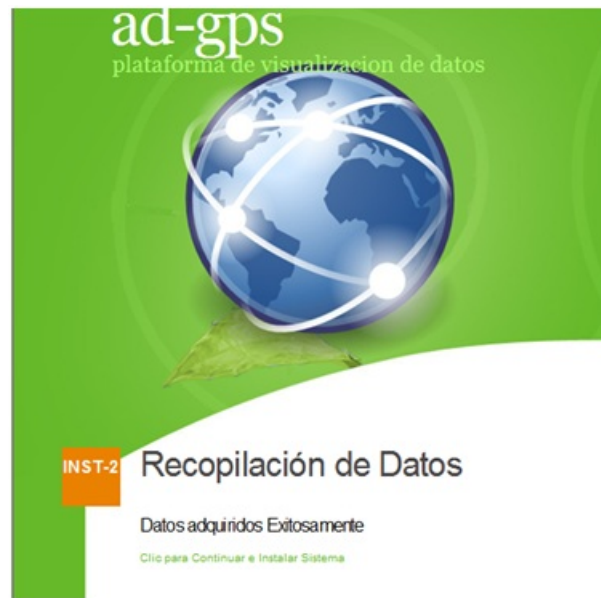


Figura 3.27: Recopilación de datos exitosa

MODELO DE BASES DE DATOS

Se diseñó una base de datos que consta de dos tablas, teniendo en cuenta que se necesitan un motor de identificación y uno de gestión de datos. La tabla 1, denominada “*as_user*” se encargará de la identificación del usuario y se relaciona con la tabla 2 “*as_data*” teniendo en cuenta el código del usuario y la placa de vehículo. Esta última gestionará los datos entrantes. Para una comprensión más adecuada del modelo se recomienda ver la figura 3.29.

INTERFAZ WEB DE VISUALIZACIÓN

La figura 3.30 muestra la vista general de la interfaz web; en la Figura 3.31 se pueden apreciar con más detalle los criterios de búsqueda y entrada para la visualización de los datos en una fecha en particular. Para ingresar el usuario (propietario) del vehículo deberá ingresar el número de placa, el usuario asignado, la contraseña y el día del cual requiere visualizar la información.

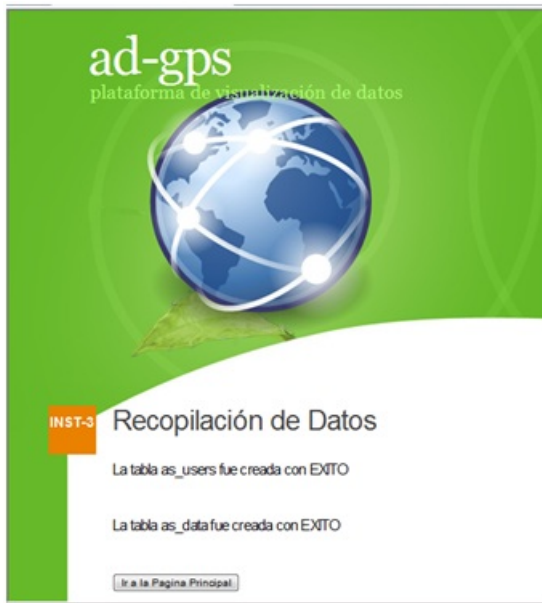


Figura 3.28: Instalación finalizada

Cuando el sistema verifica los datos de entrada del usuario da acceso a un panel donde podrá seleccionar que tipos de datos desea visualizar (hora, altitud, longitud, latitud, satélites velocidad, aceleración, nivel de combustible y la placa del vehículo); datos que se muestran a través de una gráfica en relación a la hora en que se tomó la muestra.

La Figura 3.32 muestra un ejemplo gráfico de datos de altura.

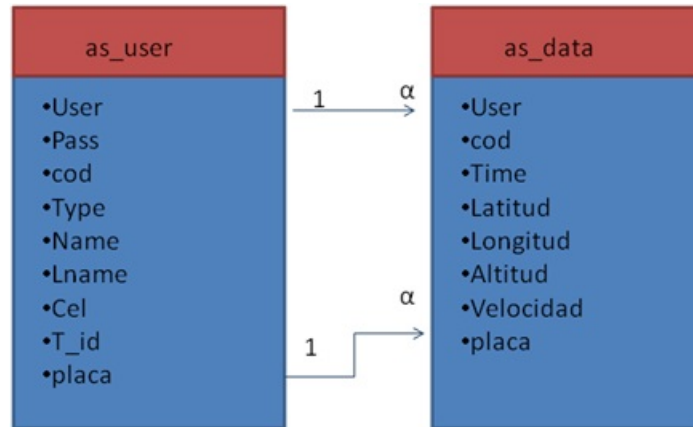


Figura 3.29: Modelo de la Base de Datos



Figura 3.30: Visualización de la interfaz Web



Figura 3.31: Consulta de datos

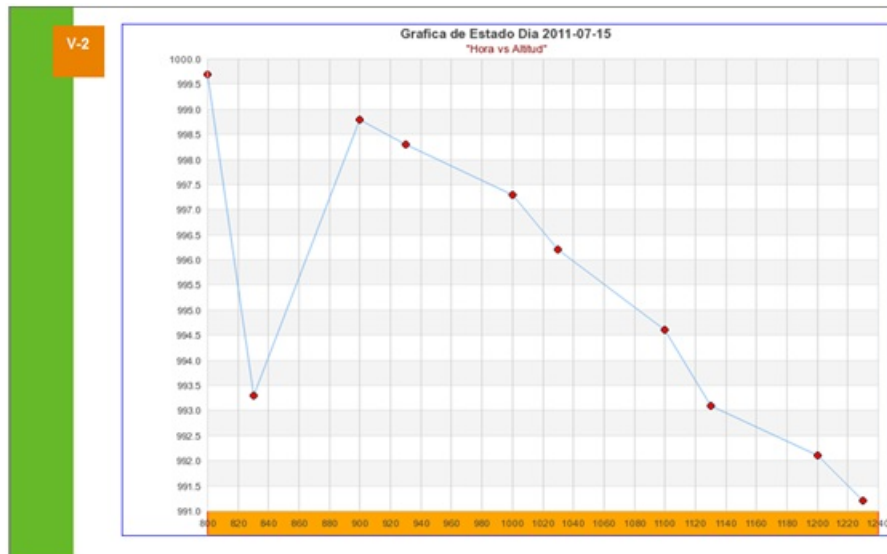


Figura 3.32: Gráfico de datos de altura

Capítulo 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas que se realizaron en el laboratorio consistieron en la caracterización y funcionamiento de cada uno de los módulos adquiridos para el diseño del prototipo. Verificar el comportamiento individual de cada uno de estos componentes, es de vital importancia para el proyecto y reduce posibles causas de fallos en el funcionamiento del prototipo final.

GPS:

Para iniciar se corroboró la información suministrada por el datasheet del GPS, el cual indicaba que la tasa de baudios por defecto venía ajustada a 4800 baudios.

Dado que el GPS es un módulo discreto, fue necesario elaborar un circuito impreso para realizar las respectivas pruebas, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante. En la Figura 4.1 se muestra el modulo GPS A2100 integrado en el circuito impreso.

Una vez integrado el GPS al circuito impreso, se realizaron al A2100 para tiempos de transmisión.

Esta medida fue realizada con un osciloscopio. En la Figura 4.2 se verifica que la frecuencia con que son enviadas las tramas es la indicada por el la hoja de datos del fabricante del GPS [15].



Figura 4.1: GPS A2100 con antena

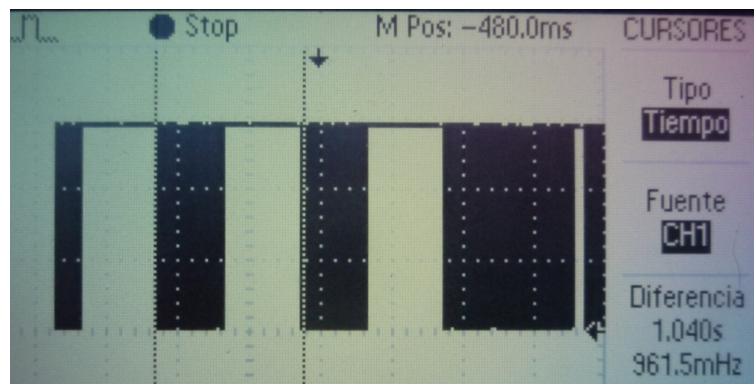


Figura 4.2: Tiempo entre Tramas de GPS

Luego se realizó una prueba con HyperTerminal para observar las tramas entregadas por el GPS.

Analizando la información que se puede visualizar en la Figura 4.3, se puede encontrar que todas las tramas del GPS están activas. Es necesario entonces enviar comandos para configurar sólo las tramas de interés: GGA y RMC.

```

gpsinside1 - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
$GPRMC,005133.000,A,0708.4719,N,07307.3894,W,1.06,1.1,1006.0,M,-4.4,M,0000.67
$GPGSA,A,3,04,08,17,02,20,27,2.3,1.1,2.0,3E
$GPRMC,005133.000,A,0708.4719,N,07307.3894,W,0.85,178.45,130711,0,A=7E
$GPGGA,005134.000,0708.4719,N,07307.3894,W,1.06,1.1,1005.7,M,-4.4,M,0000.69
$GPGSA,A,3,04,08,17,02,20,27,2.3,1.1,2.0,3E
$GPGSV,3,1,12,04,52,300,30,08,30,184,16,17,30,357,21,02,26,254,35=7E
$GPGSV,3,2,12,20,21,047,15,27,05,303,21,05,04,208,16,28,74,052,=7C
$GPGSV,3,3,12,01,56,343,10,46,183,07,12,164,13,08,12
$GPRMC,005134.000,A,0708.4719,N,07307.3894,W,0.47,153.20,130711,0,A=70
$GPGGA,005135.000,0708.4720,N,07307.3900,W,1.06,1.1,1005.3,M,-4.4,M,0000.67
$GPGSA,A,3,04,08,17,02,20,27,2.3,1.1,2.0,3E
$GPRMC,005135.000,A,0708.4720,N,07307.3900,W,1.03,99.72,130711,0,A=4B5
$GPGGA,005136.000,0708.4722,N,07307.3900,W,1.06,1.1,1005.0,M,-4.4,M,0000.6568
$GPGSA,A,3,04,08,17,02,20,27,2.3,1.1,2.0,3E3E
$GPRMC,005136.000,A,0708.4722,N,07307.3900,W,1.68,41.72,130711,0,A=42=76
$GPGGA,005137.000,0708.4724,N,07307.3902,W,1.06,1.1,1
$GPGSA,A,3,04,08,17,02,20,27,2.3,1.1,2.0,3E
$GPRMC,005137.000,A,0708.4724,N,07307.3902,W,0.69,306.40,130711,0,A=76
$GP
$GPGGA,005138.000,0708.4727,N,07307.3906,W,1.06,1.1,1004.6,M,-4.4,M,0000.6F
$GPGSV,3,3,12,01,56,343
$GPGSA,A,3,04,08,17,02,20,27,2.3,1.1,2.0,3E
$
$GPRMC,005138.000,A,0708.4727,N,07307.3906,W,0.94,353.38,130711,0,A=73
$GPGSV,3,2,12,20,21,047,15,27,05,303,20,05,04,208,16,28,74,052,=7DM,0000.6D
$GPGSV,3,3,12,01,56,343,10,46,183,07,12,164,13,08,126,=7D.1,2.0,3E
Desconectado Autodetect. 4800 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir

```

Figura 4.3: Visualización de los datos entregados por el GPS

En la Figura 4.4 se muestra la salida de las tramas y el tiempo entre ellas, tomada en un osciloscopio. Este tiempo es fundamental para las tramas. Este mismo procedimiento puede ser utilizado si se desea habilitar una trama. Para enviar una trama, es necesario esperar el instante justo después a que el GPS halla enviado una trama. Este tiempo entre trama es de aproximadamente de 930ms.

Una vez verificado el estado del GPS, procedemos a visualizar los datos con la herramienta de visualización GPS Cockpit que es proporcionada por el fabricante del modulo GPS, en la cual se puede observar el estado de las tramas, indicando el estado de la recepción por parte del GPS como se puede observar en la Figura 4.5.

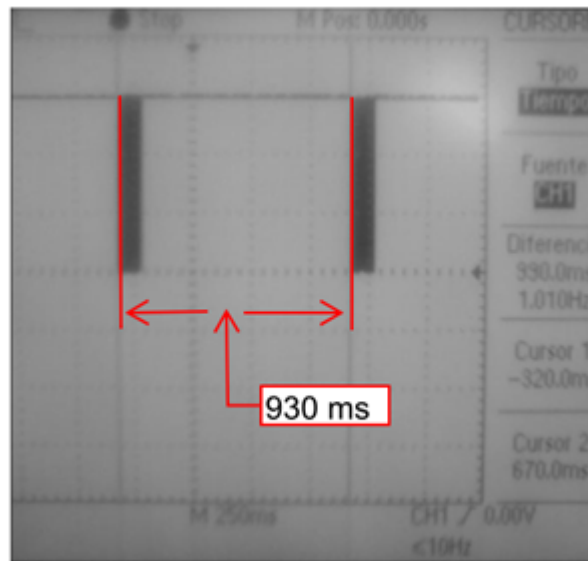


Figura 4.4: Tiempo en el que se puede configurar GPS

SALIDA DE DATOS DEL MICROCONTROLADOR

Luego que la información del GPS es procesada en el microcontrolador, se realizó la visualización de los datos mediante el uso de HyperTerminal, con el fin de comprobar la distribución de la información. En la Figura 4.7 se muestra la salida de datos en el puerto serial 2 del microcontrolador, ya que es en este punto donde los datos se envían al módem GPRS.

Después de verificar que el microcontrolador está decodificando y codificando la información de manera correcta, se procede a transmitirlos al módem GPRS para enviárselos a un teléfono celular ó a la base de datos.

Para probar el correcto funcionamiento del módem GPRS, se decidió enviar datos desde un computador al módem de forma serial por el HyperTerminal comprobando que el módem responda a comandos AT simples. Luego se decidió probar la interfaz del módem con la *Sim Card* enviando un mensaje de texto de prueba desde HyperTerminal. Por tanto, se inserta la Sim Card en su respectivo socket y se envía un mensaje de texto

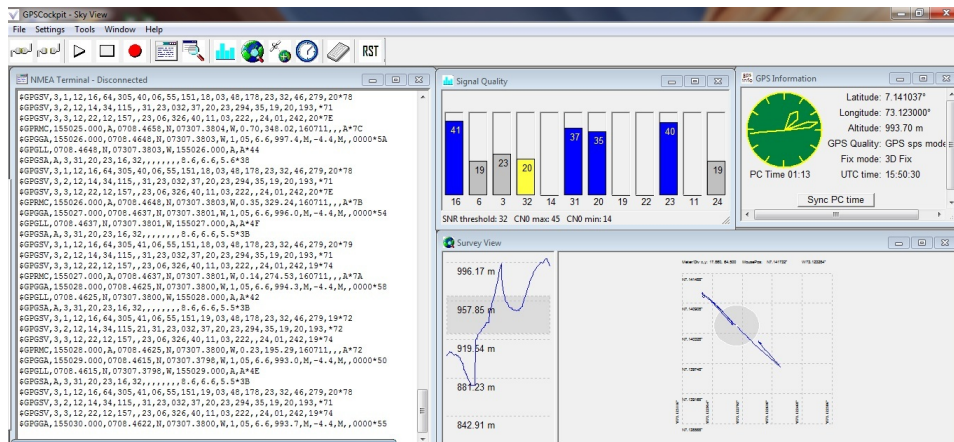


Figura 4.5: Interfaz para la visualización de datos GPS

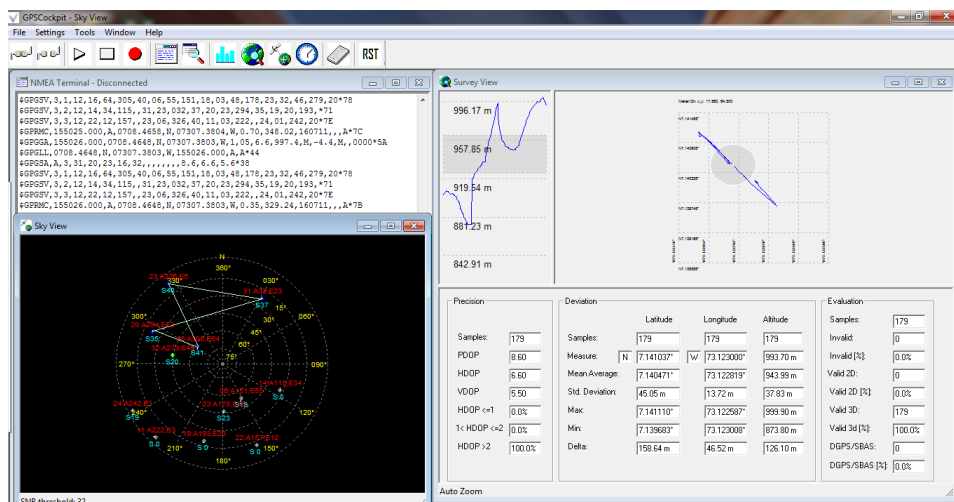


Figura 4.6: Visualización de los datos GPS

mediante comandos AT.

En la Figura 4.8 se muestra la sintaxis del comando AT para enviar mensajes de texto.

Para enviar un mensaje en modo texto, se utiliza el comando AT+CMGS. Primero se especifica el número de teléfono, seguido de un carácter de retorno carro (CR). El modem responde enviando el carácter “>” que indica que se puede escribir el mensaje que se requiere enviar.

Para delimitar el mensaje hay que enviar el carácter “control-z”(ASCII 26).

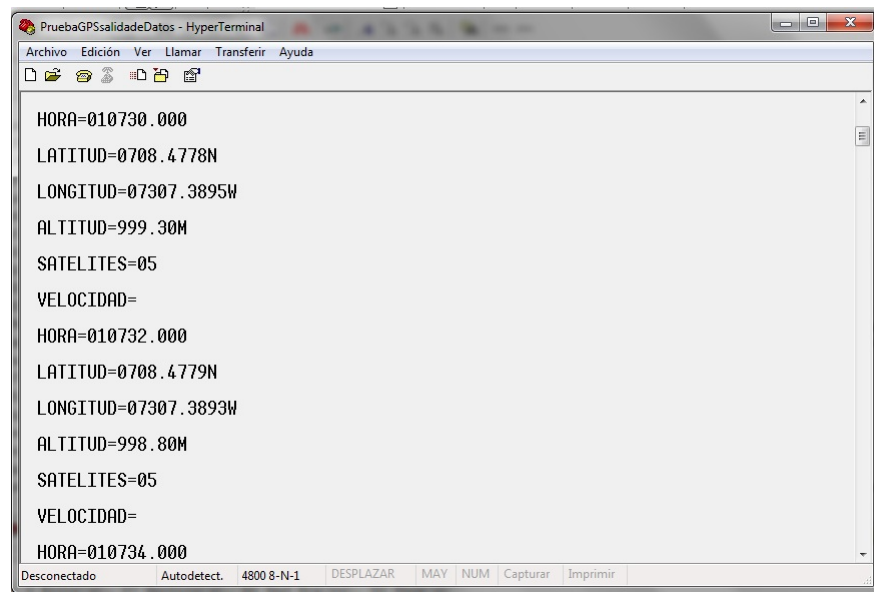


Figura 4.7: Información enviada.

```
AT+CMGS="630672901"<CR>
>Mensaje de prueba <control-z>
+CMGS: 2
OK
```

Figura 4.8: Ejemplo de un envío de SMS mediante comandos AT

Se hicieron pruebas de envío de mensajes de texto a un teléfono celular mediante el Wismo 228, inicialmente sin utilizar microcontrolador, mediante comandos a través de HyperTerminal. El resultado es mostrado en la Figura 4.9.

Luego se probó el sistema microcontrolador - modem GPRS. Esta prueba consistió en el envío de datos adquiridos por parte del microcontrolador hacia el modem Wismo 228, enviando un mensaje de texto corto. En la Figura 4.10 se muestra como llegan datos de altitud, longitud, latitud, hora y velocidad a un número de celular predeterminado.

Memoria SD:

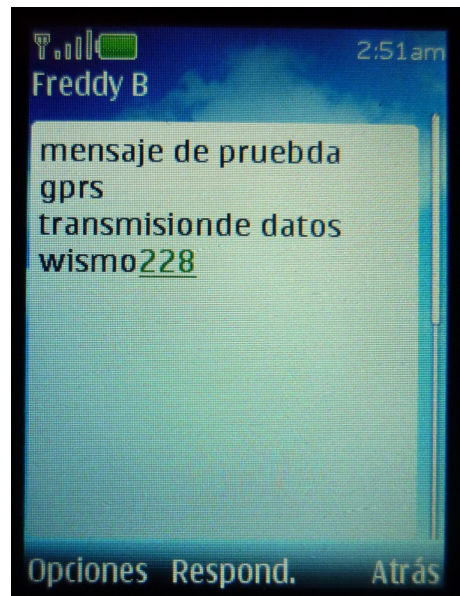


Figura 4.9: Recepción de Mensajes en un Celular

En esta parte se presentaran las pruebas realizadas a la tarjeta de memoria, en la cual se validará la respectiva programación. Se verificará la escritura ya que es uno de los objetivos de este trabajo. A continuación se presentan las pruebas realizadas al sistema.

Formato de la tarjeta de memoria:

En primera instancia se requirió de una tarjeta de memoria, para lo cual se utilizó una microSD marca *Sandisk*, fabricante que ofrece mayor información sobre estos dispositivos [17].

Para las pruebas se debe dar formato FAT16 a la tarjeta de memoria. Esta librería FAT es proporcionada por *Freescale*.

FAT16 es el formato de archivos otorgado por Microsoft para dar soporte a los archivos de 16 bits. Una de las limitaciones más importantes de este formato es que solo soporta un límite máximo de partición de 2GB. Tampoco admite nombres largos de archivos, estando limitado al formato 8+3 lo que indica que los archivos deben tener 8 dígitos de nombre y tres de extensión.

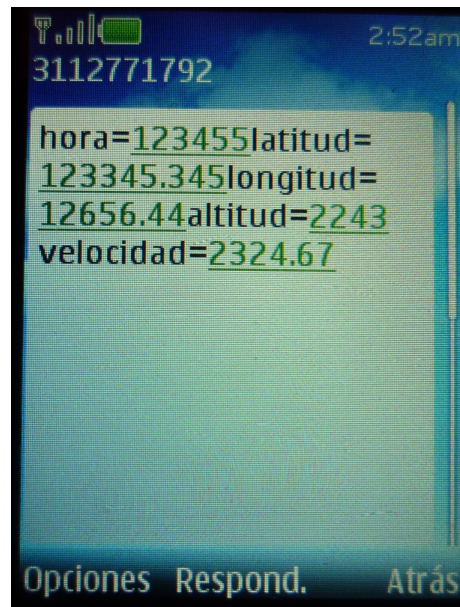


Figura 4.10: Llegada de datos enviados por el prototipo.

Se debe crear un archivo log.txt en blanco, en el cual se almacenarán los datos procesados por el microcontrolador, entre los cuales están: latitud, altitud, longitud, velocidad, aceleración, hora y nivel de combustible. En la Figura 4.11 se presenta un archivo con contenido de 0 bytes de información.



Figura 4.11: Archivo en blanco con extensión txt

Una vez dado formato a la tarjeta, se verifica que el voltaje de alimentación de la tarjeta no sobrepase el nivel permitido 3.2V lo cual está en el rango establecido en la hoja de datos del fabricante. Verificado el nivel de tensión se inserta la tarjeta en el socket y se escribe el mensaje “*HOLA MUNDO, ALMACENANDO DATOS EN LA MicroSD*”. Para la prueba el mensaje es escrito 10 veces, con el fin de validar la programación.

A continuación en la Figura 4.12 se muestra el resultado obtenido en la validación del programa para escritura en la microSD. Como se observa los datos no presentan errores y son almacenados correctamente en la tarjeta de memoria, dándose por concluida la prueba realizada a la microSD.

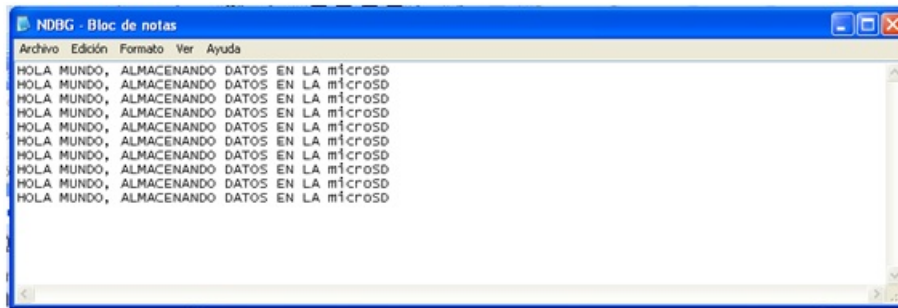


Figura 4.12: Datos almacenados en la tarjeta SD

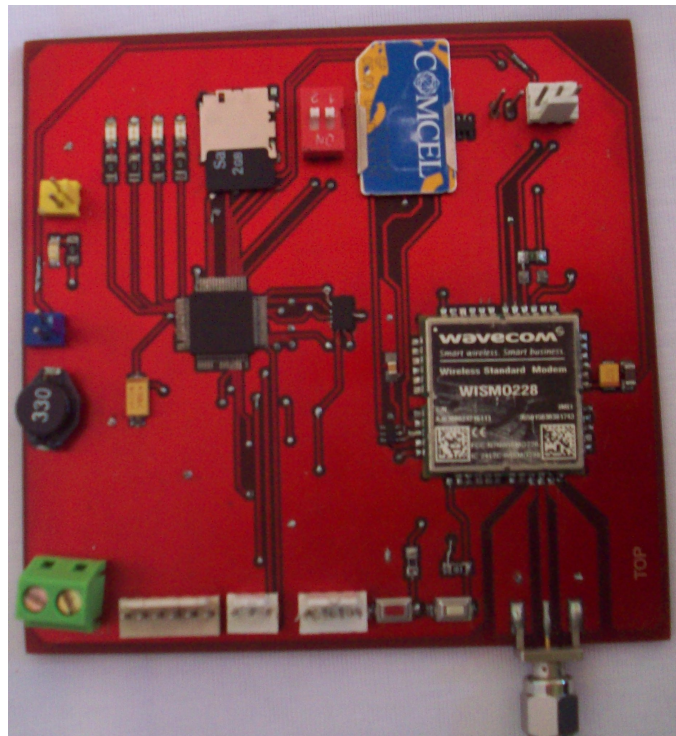


Figura 4.13: Prototipo Final

V-2

Seleccione Datos a Consultar

- [Altitud](#)
- [Longitud y Latitud](#)
- [Velocidad](#)
- [Aceleración](#)
- [Satélite](#)
- [Combustible](#)

Fecha	Hora	Placa	Latitud	Longitud	Ver Mapa
2011-08-21	204859.000	DDB81B	703.09290	7304.915	Ver Mapa
2011-08-21	204933.000	DDB81B	703.35030	7304.957	Ver Mapa
2011-08-21	205008.000	DDB81B	703.47260	7305.197	Ver Mapa
2011-08-21	205042.000	DDB81B	703.60980	7305.427	Ver Mapa
2011-08-21	205116.000	DDB81B	703.76720	7305.638	Ver Mapa
2011-08-21	205150.000	DDB81B	703.92940	7305.871	Ver Mapa
2011-08-21	205224.000	DDB81B	704.08130	7306.087	Ver Mapa
2011-08-21	205258.000	DDB81B	704.22690	7306.269	Ver Mapa
2011-08-21	205332.000	DDB81B	704.37740	7306.441	Ver Mapa
2011-08-21	205406.000	DDB81B	704.55820	7306.486	Ver Mapa
2011-08-21	205441.000	DDB81B	704.76860	7306.477	Ver Mapa
2011-08-21	205515.000	DDB81B	704.97190	7306.471	Ver Mapa
2011-08-21	205549.000	DDB81B	705.19640	7306.464	Ver Mapa
2011-08-21	205623.000	DDB81B	705.42430	7306.531	Ver Mapa
2011-08-21	205657.000	DDB81B	705.64180	7306.608	Ver Mapa
2011-08-21	205731.000	DDB81B	705.84890	7306.660	Ver Mapa
2011-08-21	205805.000	DDB81B	706.06910	7306.701	Ver Mapa
2011-08-21	205839.000	DDB81B	706.25320	7306.645	Ver Mapa
2011-08-21	205914.000	DDB81B	706.37180	7306.823	Ver Mapa

Figura 4.14: Visualización de datos almacenados en la web

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se construyó la interfaz física para lograr integrar el sensor GPS y el modem GPRS con el microcontrolador MCF51QE128. La integración de estos dispositivos, permite al microcontrolador adquirir los datos del módulo GPS y luego transmitirlos a través del modem GPRS utilizando la red de telefonía celular, lo cual hace al dispositivo diseñado un sistema con posibilidades de competir con otros existentes en el mercado.

Con el aprovechamiento de la infraestructura de la telefonía móvil como forma de comunicación se logra obtener un rango de cobertura nacional, superando en rango de alcance a cualquier otro sistema de comunicación inalámbrica. Lo cual permite que nuestro sistema se aplique a cualquier vehículo que se desplace por las carreteras del país.

Se elaboró un algoritmo capaz de decodificar los datos que entrega un GPS, procesar dicha información y empaquetarla para que pueda ser transmitida mediante un mensaje de texto a cualquier teléfono celular.

Dado que el GPRS y GPS son tecnologías en constante desarrollo, es de notar que al existirán nuevos dispositivos más eficientes y de menor tamaño, los cuales pueden mejorar aun mas la eficiencia y el desempeño del prototipo.

Se dispone de una interfaz de comunicación que permite el almacenamiento de los datos en una memoria SD, la cual soporta tarjetas de memoria compatibles con formatos FAT16 con una capacidad de almacenamiento de 2GB de información. La tarjeta de

memoria microSD puede ser leída en cualquier computador.

En el desarrollo de este proyecto se cumplieron parcialmente tres premisas fundamentales: economía, autonomía y desempeño, con el objetivo de cubrir las necesidades del problema abordado. Es necesario encontrar un equilibrio entre ellas , dado que es posible diseñar un sistema económico pero quizá menos eficiente; o bien un diseño muy eficiente que cumpla con la mayoría de requisitos de hardware pero al momento de validar la autonomía sea muy deficiente.

Para la implementación de la tarjeta en un automóvil se recomienda una carcasa metálica debido a las condiciones que se presentan dentro del vehículo, por otra parte prevenir el contacto con componentes que afecten el buen funcionamiento del dispositivo.

Bibliografía

- [1] TZU-MING LIN, *M2M : Machine to Machine Communication From ETSI/3GPP Aspect*
- [2] POZO-RUZ, A. RIBEIRO,A. GARCÍA-ALEGRE,M. GARCÍA,L. GUINEA,D. SANDOVAL,F. *Sistema de Posicioanmiento Global: Descrpción, análisis de errores, aplicaciones y futuro*. Instituto de Automática Industrial Consejo Superior de Investigaciones Científicas 28500 Arganda. Madrid; Dpto. de Tecnología Electrónica E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación. Universidad de Málaga.
- [3] ZIDECK,Kamil.SALOKY, Tomás Saloky. POLANECKÁ,Ivana. *Usability of GPS Systems for Mobile Robots Navigation*
- [4] GONZÁLEZ GÓMEZ, Juan. *El servicio SMS: Un enfoque practico, Trabajo de Doctorado UAM*.
- [5] FORERO CALA, César Iván. *Evaluación del desempeño de la Tecnología GPRS para la implementacion del Sistema Metropolitano de Monitoreo de los parámetros Eléctricos en la Redes de Distribucion de Media y Baja Tensión*
- [6] MÍNGUEZ, Daniel Isaías. *Monitoreo de Parámetros a través de un sistema de Telemetría*.
- [7] BETTSTETTER, Christian. VOGEL,Hans-Jorg. EBERSPACHER,Jorg . *GSM phase 2+ General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocols and Air interface*.

- [8] USHA Communicatios Technology, *GPRS General Packet Radio Service*.
- [9] GALEANO, Gustavo. *Programación de Sistemas embebidos en C*, Alfaomega.
- [10] QUIJADO López, José. *Domine PHP y MySQL Programación Dinámica en el lado del Servidor*, Alfaomega.
- [11] FREESCALE semiconductors. MCF51QE128 Datasheet Reference Manual.
Disponible en: <http://www.freescale.com/>
- [12] LÓPEZ Pérez, Eric. Curso de Redes de Microcontroladores, Protocolo Spi.
- [13] SIERRA wireless. AT command manual WISMO 228 Wireless Standard modem .
Diponible en : http://www.sierrawireless.com/productsandservices/AirPrime/Wireless_Module
- [14] SIERRA wireless. Airprime WISMO228 Product Technical Specification and Customer Design Guideline.
Diponible en : http://www.sierrawireless.com/productsandservices/AirPrime/Wireless_Module
- [15] MAESTRO wireless. GPS receiver Module A2100-A Datasheet V11. Disponible en: <http://www.maestro-wireless.com/a-2100-a-b>
- [16] LEADTECK Research Inc. *GPS Protocol Reference Manual*. Rev 1.3.
- [17] SANDISK *Secure Digital Card, Product Manual*, Version 1.9.

Apéndice A

Lista de comandos AT

GSM AT COMMAND SET

Call control	
ATA	Answer Command
ATD	Dial Command
ATH	Hang Up Call
ATL	Monitor Speaker Loudness
ATM	Monitor Speaker Mode
ATO	Go On-Line
ATP	Set Pulse Dial as Default
ATT	Set Tone Dial as Default
AT+CSTA	Select Type of Address
AT+CRC	Cellular Result Codes

Data Card Control Commands	
ATI	Identification
ATS	Select an S-register
ATZ	Recall Stored Profile
AT&F	Restore Factory Settings
AT&V	View Active Configuration
AT&W	Store Parameters in Given Profile
AT&Y	Select Set as s Powerup Option
AT+CLCK	Facility Lock Command
AT+COLP	Connected Line Identification Presentation
AT+GCAP	Request Complete Capabilities List
AT+GMI	Request Manufacturer Identification
AT+GMM	Request Model Identification
AT+GMR	Request Revision Identification
AT+GSN	Request Product Serial Number Identification

Phone Control Commands	
AT+CBC	Battery Charge
AT+CGMI	Request Manufacturer Identification
AT+CGMM	Request Model Identification
AT+CGMR	Request Revision Identification
AT+CGSN	Request Product Serial Number Identification
AT+CMEE	Report Mobile Equipment Error
AT+CPAS	Phone Activity Status
AT+CPBF	Find Phone Book Entries
AT+CPBR	Read Phone Book Entry
AT+CPBS	Select Phone Book Memory Storage
AT+CPBW	Write Phone Book Entry
AT+CSCS	Select TE Character Set
AT+CSQ	Signal Quality

SMS PDU Mode	
AT+CMGL	List Messages
AT+CMGR	Read Message
AT+CMGS	Send Message
AT+CMGW	Write Message to Memory

Computer Data Card Interface Commands	
ATE	Command Echo
ATQ	Result Code Suppression
ATV	Define Response Format
ATX	Response Range Selection
AT&C	Define DCD Usage
AT&D	Define DTR Usage
AT&K	Select Flow Control
AT&Q	Define Communications Mode Option
AT&S	Define DSR Option
AT+ICF	DTE-DCE Character Framing
AT+IFC	DTE-DCE Local Flow Control
AT+IPR	Fixed DTE Rate

ServiceAT+CLIP Calling Line Identification Presentation	
AT+CR	Service Reporting Control
AT+DR	Data Compression Reporting
AT+ILRR	DTE-DCE Local Rate Reporting

Network Communication Parameter Commands	
ATB	Communications Standard Option
AT+CBST	Select Bearer Service Type
AT+CEER	Extended Error Report
AT+CRLP	Radio Link Protocol
AT+DS	Data Compression

Miscellaneous Commands	
A/	Re-Execute Command Line
AT?	Command Help
AT*C	Start SMS Interpreter
AT*T	Enter SMS Block Mode Protocol
AT*V	Activate V.25bis Mode
AT*NOKIATEST	Test Command
AT+CESP	Enter SMS Block Mode Protocol

SMS Commands SMS Text Mode	
AT+CSMS	Select Message Service
AT+CPMS	Preferred Message Storage
AT+CMGF	Message Format
AT+CSCA	Service Centre Address
AT+CSMP	Set Text Mode Parameters
AT+CSDH	Show Text Mode Parameters
AT+CSCB	Select Cell Broadcast Message Types
AT+CSAS	Save Settings
AT+CRES	Restore Settings
AT+CNMI	New Message Indications to TE
AT+CMGL	List Messages
AT+CMGR	Read Message
AT+CMGS	Send Message
AT+CMSS	Send Message from Storage
AT+CMGW	Write Message to Memory
AT+CMGD	Delete Message

Apéndice B

Salida de Mensajes NMEA

NMEA Record	Description
GGA	Global positioning system fixed data
GLL	Geographic position – latitude/longitude
GSA	GNSS DOP and active satellites
GSV	GNSS satellites in view
RMC	Recommended minimum specific GNSS data
VTG	Course over ground and ground speed

Figura B.1: Salida de datos NMEA

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGGA		GGA protocol header
UTC Time	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		See Table B-3
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude ¹	9.0	meters	
Units	M	meters	
Geoid Separation ¹		meters	
Units	M	meters	
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR><LF>			End of message termination

Figura B.2: GGA- Posicionamiento global de datos

Value	Description
0	Fix not available or invalid
1	GPS SPS Mode, fix valid
2	Differential GPS, SPS Mode, fix valid
3	GPS PPS Mode, fix valid

Figura B.3: Indicador de ajuste de posición

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGLL		GLL protocol header
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmmm
N/S Indicator	n		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A=data valid or V=data not valid
Checksum	*2C		
<CR><LF>			End of message termination

Figura B.4: GLL Posición Geográfica Latitud/Longitud

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGSA		GSA protocol header
Mode1	A		See Table B-6
Mode2	3		See Table B-7
Satellite Used ¹	07		Sv on Channel 1
Satellite Used ¹	02		Sv on Channel 2
? .			
Satellite Used ¹			Sv on Channel 12
PDOP	1.8		Position dilution of Precision
HDOP	1.0		Horizontal dilution of Precision
VDOP	1.5		Vertical dilution of Precision
Checksum	*33		
<CR><LF>			End of message termination

1. Satellite used in solution.

Figura B.5: GSA GNSS DOP y satélites activos

Value	Description
M	Manual-forced to operate in 2D or 3D mode
A	2Dautomatic-allowed to automatically switch 2D/3D

Figura B.6: Mode 1

Value	Description
1	Fix Not Available
2	2D
3	3D

Figura B.7: Mode 2

Name	Example		Description
Message ID	\$GPGSV		GSV protocol header
Number of Messages ¹	2		Range 1 to 3
Message Number ¹	1		Range 1 to 3
Satellites in View	07		
Satellite ID	07		Channel 1(Range 1 to 32)
Elevation	79	degrees	Channel 1(Maximum90)
Azimuth	048	degrees	Channel 1(True. Range 0 to 359)
SNR(C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99.null when not tracking
? .			? .
Satellite ID	27		Channel 4 (Range 1 to 32)
Elevation	27	Degrees	Channel 4(Maximum90)
Azimuth	138	Degrees	Channel 4(True. Range 0 to 359)
SNR(C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99.null when not tracking
Checksum	*71		
<CR><LF>			End of message termination

Depending on the number of satellites tracked multiple messages of GSV data may be required.

Figura B.8: GSV GNSS satélites en vista

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPRMC		RMC protocol header
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A=data valid or V=data not valid
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmn
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmn
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Speed Over Ground	0.13	Knots	
Course Over Ground	309.62	degrees	True
Date	120598		ddmmyy
Magnetic Variation ¹		degrees	E=east or W=west
Checksum	*10		
<CR> <LF>			End of message termination

¹ SiRF does not support magnetic declination. All “course over ground” data are geodetic WGS-84 directions.

Figura B.9: RMC Datos mínimos específicos GNSS Recomendados

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPVTG		VTG protocol header
Course	309.62	degrees	Measured heading
Reference	T		True
Course		degrees	Measured heading
Reference	M		Magnetic
Speed	0.13	knots	Measured horizontal speed
Units	N		Knots
Speed	0.2	Km/hr	Measured horizontal speed
Units	K		Kilometers per hour
Checksum	*6E		
<CR><LF>			End of message termination

Figura B.10: VTG Curso y velocidad sobre tierra

Apéndice C

Esquemáticos del prototipo final

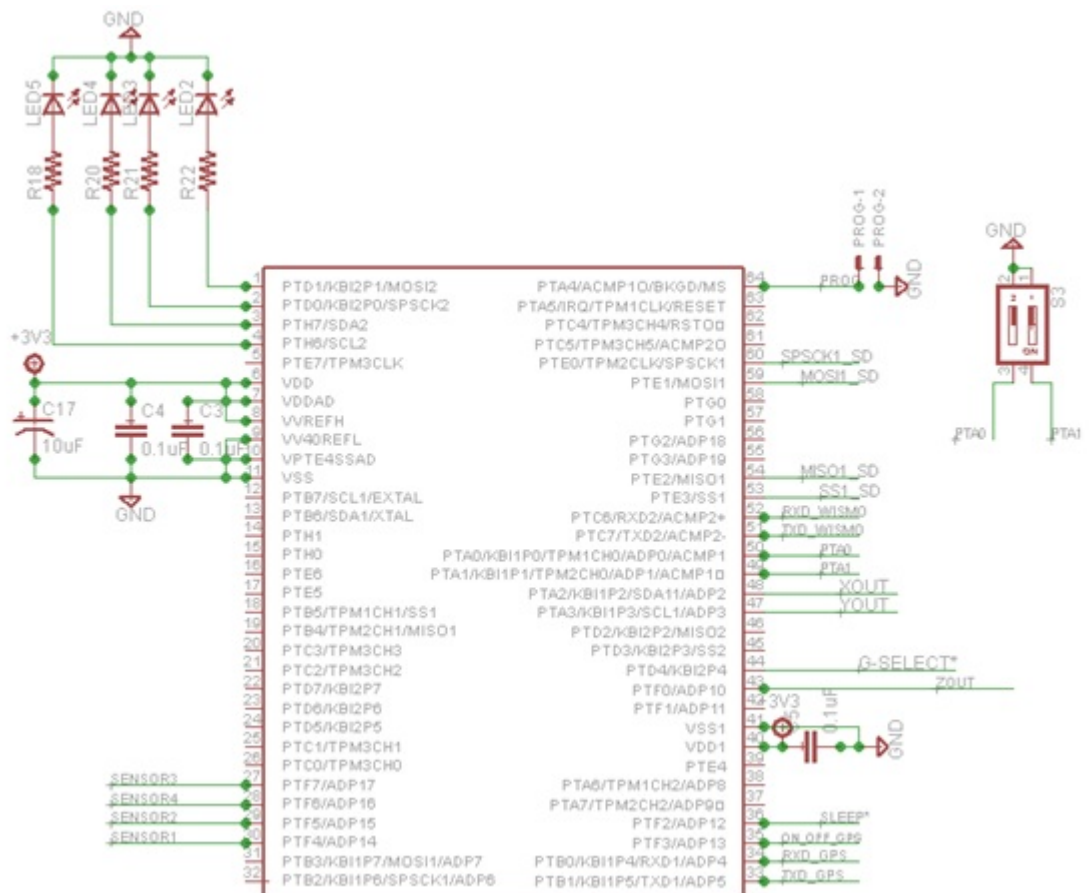


Figura C.1: Microcontrolador MCF51QE128

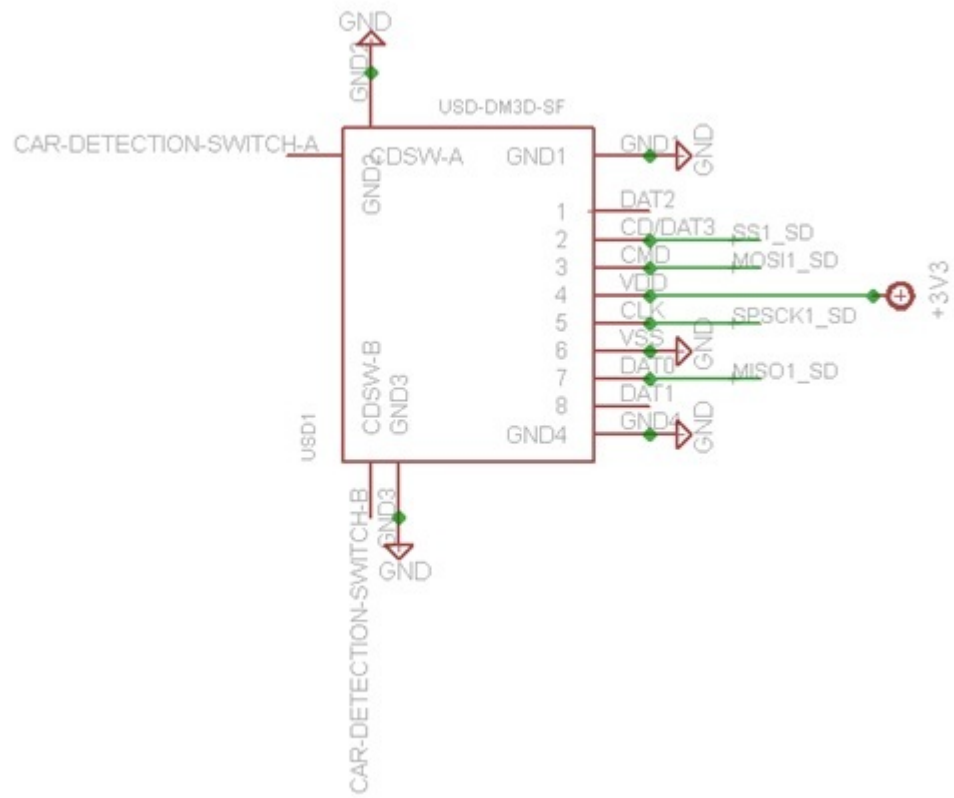


Figura C.2: Memoria SD

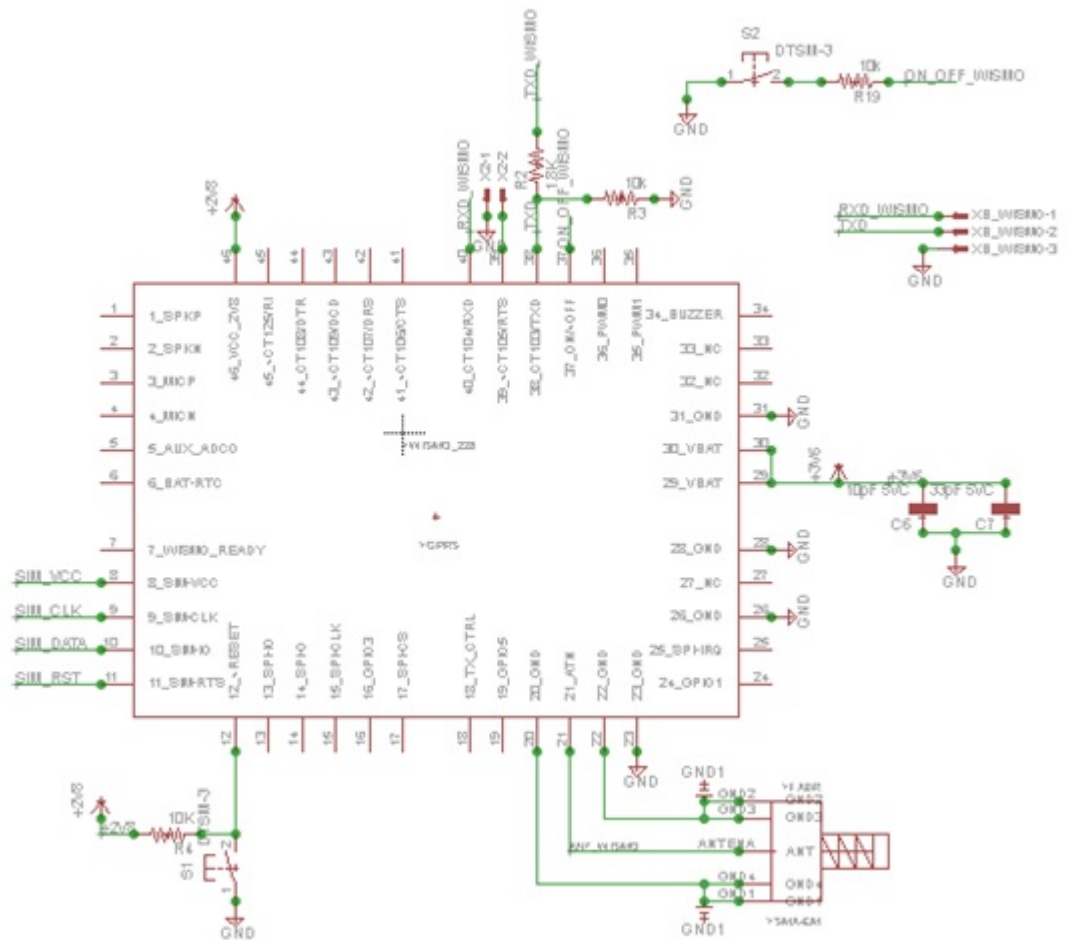


Figura C.3: Modem Wismo 228

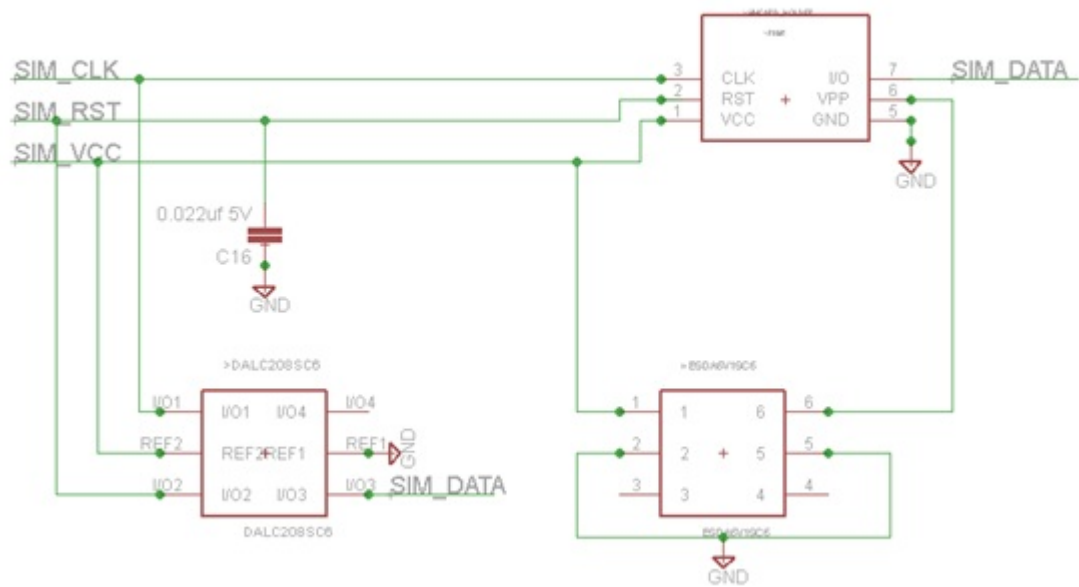


Figura C.4: Conexión SIM card

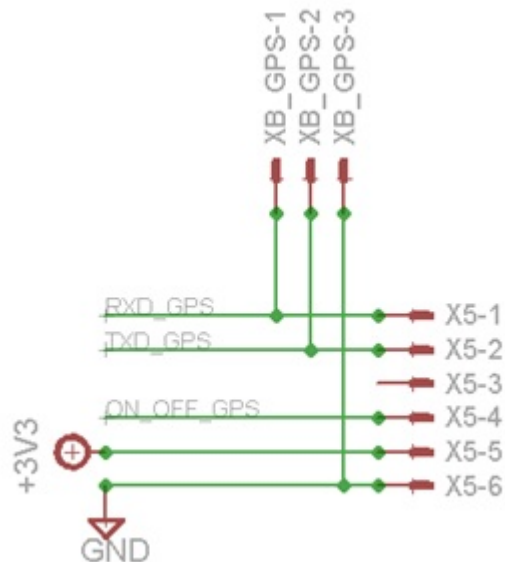


Figura C.5: Conexión para el GPS

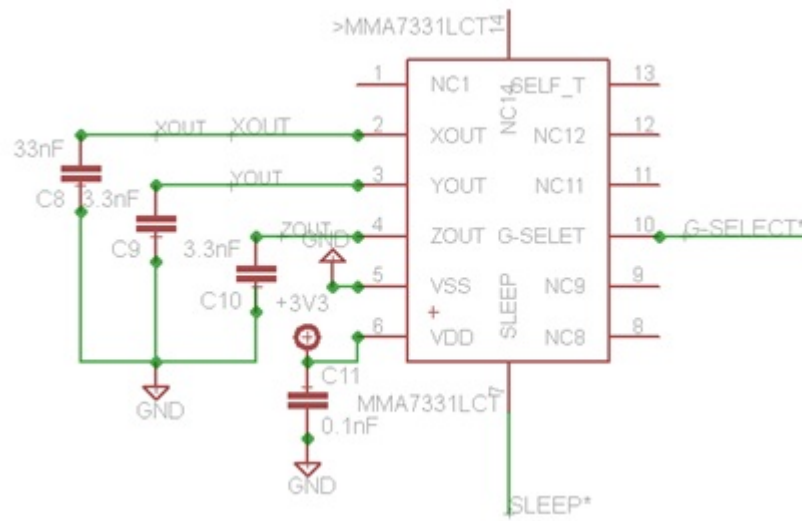


Figura C.6: Acelerometro

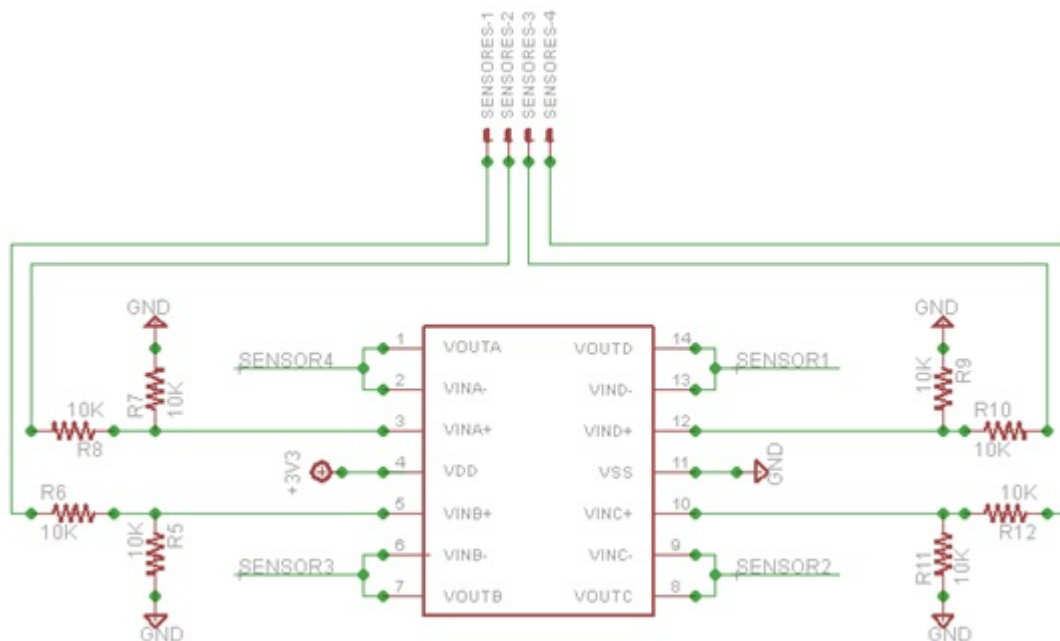


Figura C.7: Entrada de Sensores

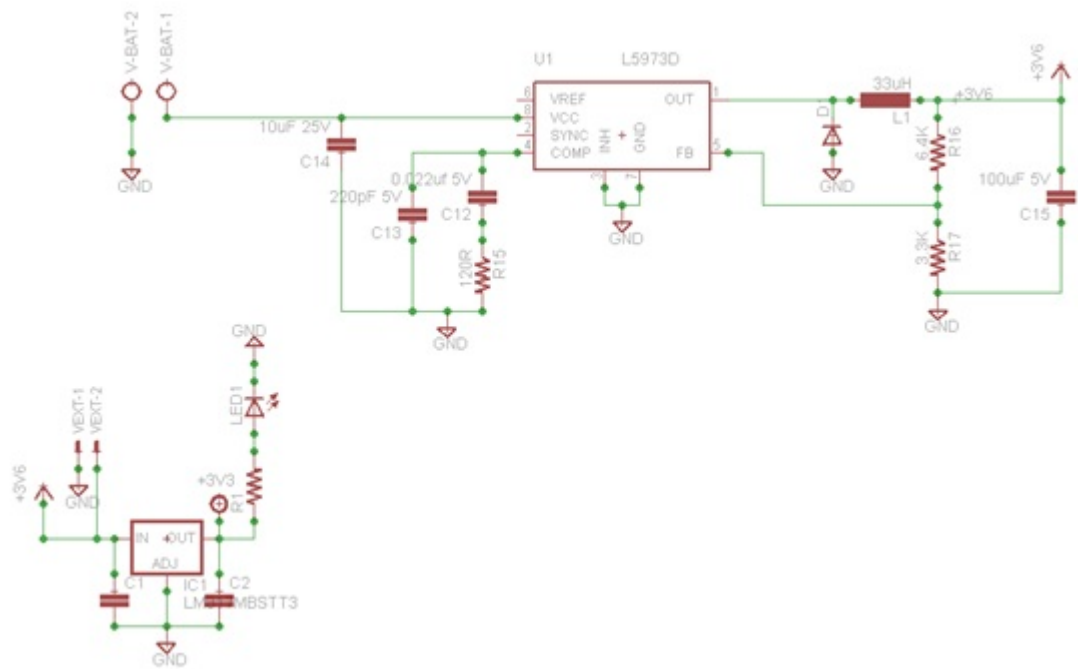


Figura C.8: Etapa de Regulación

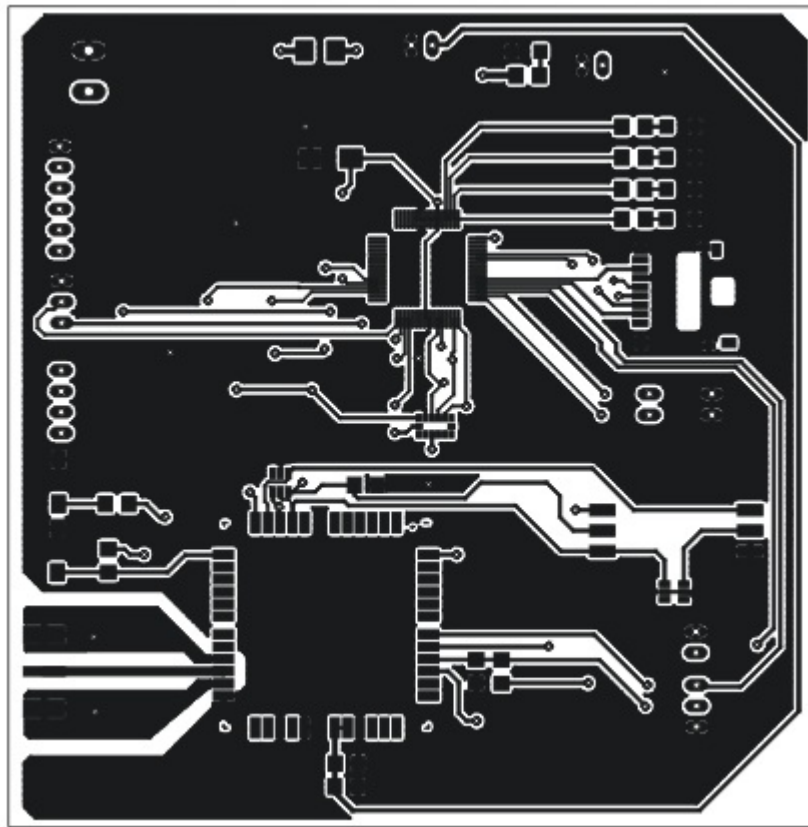


Figura C.9: Circuito impreso vista cara superior

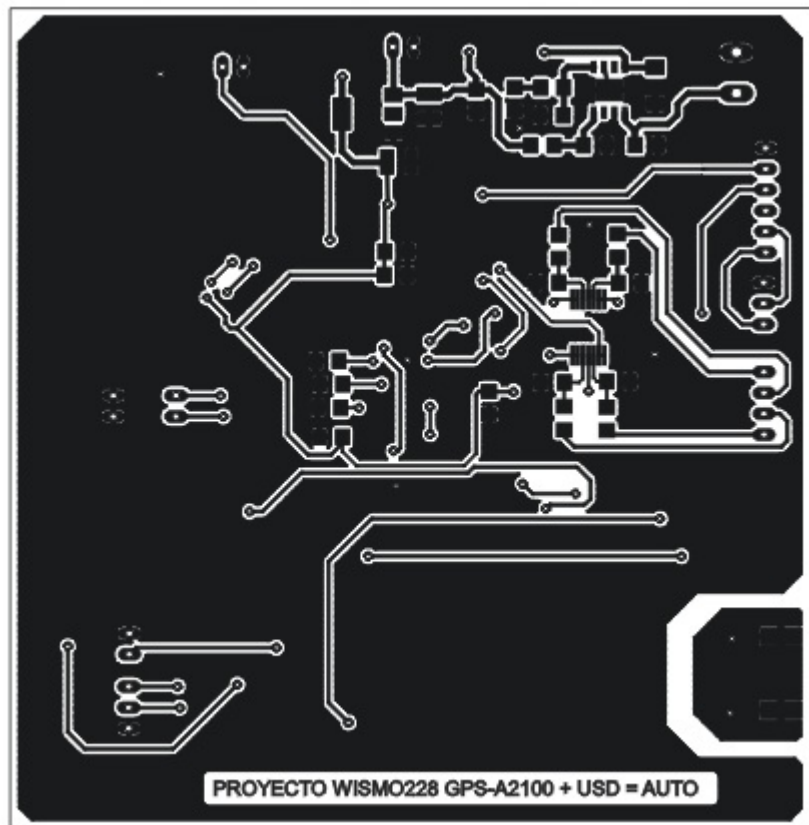


Figura C.10: Circuito impreso vista cara inferior