

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSION LATACUNGA



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO
ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO VEHICULAR PASIVO
EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, UTILIZANDO
TECNOLOGÍA GPS”

CRISTIAN FERNANDO HIDALGO CASTRO

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO EN INSTRUMENTACIÓN

2012

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Cristian Fernando Hidalgo Castro

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO VEHICULAR PASIVO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPS”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 22 de Mayo del 2012

Cristian Fernando Hidalgo Castro
C.C: 0502350697

CERTIFICADO

Ing. César Naranjo (DIRECTOR DE TESIS)

Ing. Julio Cuji (CODIRECTOR DE TESIS)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO VEHICULAR PASIVO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPS”, realizado por el Sr. Cristian Fernando Hidalgo Castro, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que; el GPS es uno de los avances tecnológicos más importantes de la humanidad y que ayuda a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Se autoriza al Sr. Cristian Fernando Hidalgo Castro que lo entregue a Ing. Eddie Galarza, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, 22 de Mayo del 2012

Ing. César Naranjo
DIRECTOR

Ing. Julio Cuji
CODIRECTOR

AUTORIZACIÓN

Yo, Cristian Fernando Hidalgo Castro

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO VEHICULAR PASIVO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPS“, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 22 de Mayo del 2012

Cristian Fernando Hidalgo Castro
C.C: 0502350697

DEDICATORIA

A mis padres: Marco e Inés quienes siempre con gran amor, sacrificio y dedicación, lograron guiarme en toda mi vida, enseñándome lo mejor de ellos, sus principios y valores.

A mis hermanos: Vinicio y Verito por ser fuente de fuerza y aliento en los momentos difíciles, así también en los instantes de grandes alegrías gracias por compartir conmigo sus sueños y anhelos.

A mi gran amor Ale: por ser parte esencial de mi vida y estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos, por enseñarme el respeto la confianza y el amor.

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios, por brindarme la salud y darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A mis queridos padres quienes me han dado su apoyo incondicional y moral en cada momento de mi vida.

A todas aquellas personas que de una u otra manera me brindaron sus palabras de aliento y sinceridad e hicieron posible la realización de este proyecto de grado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINA
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	i
CERTIFICADO.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xix
ABSTRACT.....	xx

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS BÁSICOS

1.1 Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).....	1
1.2 Historia del GPS	1
1.2.1 Sistema TRANSIT y NAVSTAR.....	3
1.3 Descripción del Sistema GPS.....	4
1.3.1 Sector Espacial.....	5
1.3.2 Sector de Control.....	6
1.3.3 Selector de Usuario.....	7

1.4 Tipos de Servicios y Códigos del Sistema GPS.....	7
1.5 Funcionamiento del GPS.....	9
1.5.1 Triangulación Espacial.....	9
1.5.2 El Cuarto Satélite.....	11
1.6 Fuentes de Error en el Sistema GPS.....	13
1.6.1 Error del Reloj en el Satélite.....	14
1.6.2 Refracción Ionosférica.....	15
1.6.3 Refracción Troposférica.....	15
1.6.4 Pérdidas de Ciclos.....	15
1.6.5 Efecto Multipath.....	16
1.6.6 Error del Reloj Receptor.....	16
1.6.7 Disponibilidad Selectiva.....	17
1.7 Aplicaciones de los GPS.....	18
1.7.1 Estudio de Fenómenos Atmosféricos.....	18
1.7.2 Localización y Navegación en Regiones Inhóspitas.....	18
1.7.3 Modelos Geológicos y Topográficos.....	18
1.7.4 Ingeniería Civil.....	19
1.7.5 Sistemas de Alarma Automática.....	19
1.7.6 Sincronización de Señales.....	19
1.7.7 Guía para Personas Invidentes.....	19
1.7.8 Navegación y Control de Flotas de Vehículos.....	19
1.7.9 Sistemas de Aviación Civil.....	20
1.7.10 Navegación Desasistida de Vehículos.....	20

1.8 GPS Diferencial (DGPS).....	21
1.9 Protocolo de Comunicación NMEA.....	23
1.9.1 NMEA.....	23
1.9.2 Sentencias NMEA.....	24
1.9.3 Formato de las Sentencias NMEA.....	25
1.9.4 Análisis de las Tramas más Importantes.....	25
1.10 Coordenadas Geográficas.....	28
1.10.1 Latitud.....	29
1.10.2 Longitud.....	29
1.11 Receptor GPS.....	30
1.11.1 GPS U-BLOX LEA 5S.....	30
1.11.2 Características Principales Smart GPS.....	31
1.11.3 Limitaciones.....	32
1.12 Microcontroladores.....	33
1.12.1 Generalidades.....	33
1.12.2 Arquitectura Básica de un Microcontrolador.....	33
1.12.3 Componentes de un Microcontrolador.....	34
1.12.4 Puertos de Comunicación.....	35
1.12.5 Microcontroladores Comerciales.....	35
1.12.6 Tipos de Microcontroladores AVR.....	36
1.13 Microcontroladores ATMEL.....	37
1.13.1 ATMEGA 164P.....	37
1.13.2 Características de ATMEGA 164P.....	38

1.13.3 Descripción de Pines de ATMEGA 164P.....	42
1.13.4 Arquitectura Interna.....	44
1.14 Tarjetas de Memoria MMC / SD.....	45
1.14.1 Memoria SD.....	45
1.14.2 Estructura Interna.....	47
1.14.3 Estructura de las Memorias SD.....	49
1.14.4 Características Principales.....	50
1.15 Módulo uALFAT_SD.....	52
1.15.1 Descripción.....	52
1.15.2 Aplicaciones.....	53
1.16 Reloj en Tiempo Real (RTC).....	53
1.16.1 Selección del Temporizador RTC.....	54
1.17 Pantalla de Cristal Líquido (LCD).....	56
1.17.1 Descripción de Pines del LCD.....	56
1.18 Sistema de Información Geográfica (GIS).....	58
1.18.1 Sistema GIS Aplicados a la Navegación GPS.....	59
1.18.2 Componentes de un GIS.....	60
1.18.3 Técnicas Utilizadas en los GIS.....	61
1.18.4 Representación de Datos.....	61
1.18.5 Google Earth.....	62

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

2.1 INTRODUCCIÓN.....	65
2.2 Diseño del Prototipo Electrónico.....	65
2.3 Sistema de Energización.....	67
2.3.1 Alimentación Principal.....	67
2.3.2 Módulo Regulador y Distribuidor de Voltaje.....	68
2.3.3 Alimentación Auxiliar.....	69
2.4 Reloj en Tiempo Real (RTC).....	70
2.4.1 Conexión del Módulo DS1307.....	70
2.4.2 Descripción de Protocolo I2C.....	71
2.5 Sistema de Visualización.....	72
2.6 Smart GPS.....	73
2.6.1 Conexión del Dispositivo.....	73
2.6.2 Comunicación con el GPS.....	74
2.7 Periféricos de Entrada.....	74
2.8 Sistema de Almacenamiento.....	75
2.8.1 Conexión del Módulo UALFAT_SD.....	75
2.8.2 UART Interface.....	77
2.9 Sistema de Control (ATMEGA 164P).....	78
2.9.1 Conexión del Microcontrolador.....	78
2.10 Circuito para Comunicación Serial RS 232.....	79
2.11 Diagrama General del Prototipo.....	81

2.12 Implementación del Sistema.....	82
2.12.1 Diagrama Circuital.....	82
2.12.2 Montaje de los Componentes.....	82
2.12.3 Ensamblado del Prototipo.....	83
2.12.4 Presentación del Prototipo.....	83
2.13 Montaje del Prototipo.....	84
2.14 Lista de Materiales y Costo del Prototipo.....	86
2.14.1 Análisis de Soluciones Existentes en el Mercado.....	87
2.14.2 Selección de Microcontroladores.....	87

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SOFTWARE

3.1 INTRODUCCIÓN.....	90
3.1.1 Bascom AVR.....	90
3.1.2 Progisp.....	91
3.2 Programa del Microcontrolador.....	92
3.3 Elección de Pines por Software.....	93
3.4 Configuraciones Internas para el Microcontrolador.....	94
3.4.1 Configuración del Microcontrolador	94
3.4.2 Configuración de Puertos.....	94
3.4.3 Configuración del LCD.....	95
3.4.4 Configuración del Timer1.....	95
3.4.5 Configuración del RTC	96
3.4.6 Configuración Entradas / Salidas	96

3.4.7	Variables a ser Usadas.....	97
3.4.8	Configuración de la EEPROM del Micro.....	98
3.4.9	Configuración de Librerías uALFAT-SD.....	98
3.5	Inicio de Programa.....	98
3.5.1	Lazo Principal.....	99
3.5.2	Programa Principal.....	100
3.6	Subrutina Principal.....	100
3.7	Subrutina de Fecha y Hora.....	102
3.8	Comunicación Mediante el Puerto RS 232.....	103

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO

4.1	GENERALIDADES.....	105
4.2	Pruebas en el prototipo.....	105
4.2.1	Pruebas de Recepción de Datos del GPS.....	105
4.2.2	Pruebas de Distribución de Energía Primaria y Auxiliar.....	106
4.2.3	Prueba de Reconocimiento de la Memoria SD.....	107
4.2.4	Prueba de Igualación de Fecha y Hora.....	107
4.3	Pruebas de Funcionamiento.....	108
4.3.1	Pruebas y Verificación de datos en el GIS.....	108
4.3.2	Pruebas de Error de Posición.....	114
4.4	Análisis de Resultados.....	115

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	117
5.2 RECOMENDACIONES.....	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS BÁSICOS

Figura 1.1 Satélite Artificial de Geoposicionamiento (NAVSTAR).....	3
Figura 1.2 Sectores Constitutivos del Sistema GPS.....	4
Figura 1.3 Sector Espacial.....	5
Figura 1.4 Principales Estaciones de Control.....	6
Figura 1.5 Triangulación Espacial.....	10
Figura 1.6 Código Pseudoaleatorio (Δt).....	13
Figura 1.7 Efecto Multipath	16
Figura 1.8 Coordenadas Geográficas en la Superficie Terrestre.....	28
Figura 1.9 Chip U-blox 5S.....	30
Figura 1.10 Tarjeta de Desarrollo Smart GPS.....	32
Figura 1.11 Arquitectura Harvard.....	34
Figura 1.12 Microcontrolador ATMEGA 164P.....	38
Figura 1.13 Descripción de Pines del ATMEGA 164P.....	42
Figura 1.14 Estructura Interna del Microcontrolador ATMEGA 164P.....	44
Figura 1.15 Arquitectura del CPU de los AVR.....	45

Figura 1.16 Tarjeta de Memoria SD.....	46
Figura 1.17 Distintos tipos de tarjetas de memoria Flash.....	46
Figura 1.18 Estructura Interna de la Tarjeta SD.....	48
Figura 1.19 Módulo uALFAT_SD.....	52
Figura 1.20 Temporizador RTC (DS 1307).....	53
Figura 1.21 Distribución de Pines (DS1307).....	55
Figura 1.22 Pantalla de Cristal Liquido – LCD 16x2.....	56
Figura 1.23 Tipos de representación de datos.....	62
Figura 1.24 Pantalla principal de Google Earth.....	63
Figura 1.25 Coordenadas Geográficas de la ESPE_L.....	64

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

Figura 2.1 Diagrama de Bloques General del Hardware.....	65
Figura 2.2 Diagrama de Bloques del Módulo Electrónico.....	66
Figura 2.3 Diagrama Eléctrico de la Alimentación Principal.....	68
Figura 2.4 Diagrama Electrónico del Distribuidor de Voltaje.....	69
Figura 2.5 Esquema del Circuito de la Fuente Auxiliar.....	69
Figura 2.6 Diagrama del Sistema de Temporización Real.....	70
Figura 2.7 Diagrama Eléctrico del Sistema de Visualización.....	73
Figura 2.8 Diagrama Eléctrico para Conexión de GPS.....	74
Figura 2.9 Diagrama eléctrico de los Periféricos de Entrada.....	75
Figura 2.10 Diagrama eléctrico de conexión del modulo UALFAT-SD....	76
Figura 2.11 Conexiones Principales del Microcontrolador.....	79
Figura 2.12 Comunicación Serial RS232.....	80

Figura 2.13 Diagrama Completo del Prototipo Electrónico.....	81
Figura 2.14 Circuito Impreso.....	82
Figura 2.15 Placa principal con componentes montados.....	83
Figura 2.16 Prototipo Ensamblado en Caja.....	83
Figura 2.17 Presentación del Prototipo Visto de la Parte Superior.....	84
Figura 2.18 Presentación del Prototipo Visto de la Parte Lateral.....	84
Figura 2.19 Ubicación del Módulo en el Vehículo.....	85
Figura 2.20 Conexión del Módulo hacia la Batería Principal.....	85

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SOFTWARE

Figura 3.1 Entorno de Programación Bascom AVR.....	90
Figura 3.2 Programador para Microcontroladores de ATMEL.....	91
Figura 3.3 Diagrama de Flujo del Microcontrolador.....	92
Figura 3.4 Diagrama de Flujo del Lazo Principal.....	99
Figura 3.5 Diagrama de Flujo de la Subrutina Principal.....	101
Figura 3.6 Subrutina de Fecha y Hora.....	102
Figura 3.7 Nueva Conexión HyperTerminal.....	103
Figura 3.8 Selección del Puerto.....	104
Figura 3.9 Configuración del HyperTerminal.....	104

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO

Figura 4.1 Recepción de Sentencias NMEA con HyperTerminal.....	106
Figura 4.2 Prueba de Energización Primaria y Auxiliar.....	106
Figura 4.3 Reconocimiento de Memoria SD al Prototipo.....	107

Figura 4.4 Igualar Fecha y Hora.....	107
Figura 4.5 Setear Datos.....	108
Figura 4.6 Coordenadas del Punto de Prueba N°1.....	109
Figura 4.7 Punto de Prueba N°1 en Google Earth.....	109
Figura 4.8 Coordenadas del Punto de Prueba N°2	110
Figura 4.9 Punto de Prueba N°2 en Google Earth.....	111
Figura 4.10 Coordenadas del Punto de Prueba N°3	112
Figura 4.11 Punto de Prueba N°3 en Google Earth.....	112
Figura 4.12 Coordenadas del Punto de Prueba N°4.....	113
Figura 4.13 Punto de Prueba N°4 en Google Earth.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS BÁSICOS

Tabla 1.1 Clasificación de los Errores.....	14
Tabla 1.2 Corrección de Errores GPS vs DGPS.....	22
Tabla 1.3 Características de la Trama del Estándar NMEA.....	23
Tabla 1.4 Sentencias de los Dispositivos GPS.....	25
Tabla 1.5 Descripción de la Sentencia GGA.....	26
Tabla 1.6 Características Principales de la Tarjeta de Desarrollo	31
Tabla 1.7 Comparación SD vs MMC.....	47
Tabla 1.8 Pines de memoria SD.....	48
Tabla 1.9 Características físicas de los tipos de memoria flash SD.....	50
Tabla 1.10 Configuración para establecer comunicación.....	52
Tabla 1.11 Características del DS 1307.....	55
Tabla 1.12 Descripción de pines del LCD.....	57

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

Tabla 2.1 Parámetros Permitidos para la Interface UART	74
Tabla 2.2 Conexión externa del módulo uALFAT.....	77
Tabla 2.3 Entradas y Salidas del Sistema de Control (ATMEGA 164P)..	78
Tabla 2.4 Análisis de Costos del Prototipo.....	86
Tabla 2.5 Modelos de Tarjetas GPS.....	87

Tabla 2.6 Cuadro Comparativo ATMEL vs. PIC.....	89
---	----

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SOFTWARE

Tabla 3.1 Variables Presentes en el Lenguaje BASIC.....	93
---	----

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO

Tabla 4.1 Datos Existentes en la Memoria SD.....	108
Tabla 4.2 Datos Existentes en la Memoria SD.....	110
Tabla 4.3 Datos Existentes en la Memoria SD.....	111
Tabla 4.4 Datos Existentes en la Memoria SD.....	113
Tabla 4.5 Error de posición de los puntos de referencia.....	114
Tabla 4.6 Error máximo existente en cada punto de prueba.....	115

ANEXOS

ANEXO A: Regulador de Tensión 78XX

ANEXO B: Regulador de Tensión LM1117-XX

ANEXO C: Reloj en Tiempo Real (DS 1307)

ANEXO D: Hoja de datos técnicos ATMEGA 164P

ANEXO E: Hoja de datos técnicos módulo uALFAT SD

ANEXO F: Diagrama de Flujo Completo

ANEXO G: Programa Principal

ANEXO H: Manual de Usuario

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito de este proyecto radica, en un prototipo electrónico que almacena cada cierto intervalo de tiempo la ubicación geográfica de un vehículo o persona y cuando haya terminado su viaje los datos adquiridos durante toda la trayectoria, permitan observar la ruta recorrida en un mapa digital, técnicamente a lo que se conoce como monitoreo vehicular pasivo.

Este sistema es capaz de realizar almacenamiento masivo de sentencias NMEA (Nacional Marine Electronics Association) provenientes de un módulo receptor GPS. El prototipo utiliza como herramientas funcionales una Tarjeta de Desarrollo Smart GPS , un módulo uALFAT MMC/SD, un microcontrolador ATMEGA 164P, un Reloj en Tiempo Real (RTC) y una memoria SD de 1G de capacidad. El módulo receptor GPS determina su ubicación mediante la información de satélites, esta información es simultáneamente entregada al microcontrolador, el mismo que recopila los datos, los procesa y ordena las tramas con sus respectivos argumentos. Su almacenamiento en la tarjeta SD se lo realiza a través del módulo uALFAT MMC/SD el cual permite a la memoria desplazar el archivo FAT16 y FAT 32 para facilitar la recolección de información. Además para la visualización de la ruta recorrida en la ciudad de Latacunga, se cuenta con una Mapa Digital (Google Earth) para su mejor apreciación.

ABSTRACT

The purpose of this project consists of an electronic prototype that at a certain interval of time stores the geographic location of a vehicle or person. When the trip is over, the information recorded during the entire period will allow the route traveled to be observe don a digital map. Technically speaking this is known as a passive vehicular monitor.

This system is capable of storing massive judgements of the NMEA (National Marine Electronics Association) that are recieved from a GPS receptor module. The prototype uses as functional instruments a Smart_GPS development Card, a uALFAT MMC/SD module, an ATMEGA 164P microcontroller, a Real Time Clock (RTC) and a 1G memory. The GPS receptor module determines its location by means of satelite information and this information is simultaneously delivered to the microcontroller where the information is recorded, processed and the codes are organized with their respective arguments. Storage on the SD card is carried out by means of a UALFAT MMC/SD module which allows the memory to recognize the FAT 16 and FAT 32 files to make the collecting of the information easier. Also, to visualize the rout traveled in Latacunga, a Digital Map (Google Earth) is available to appreciate it better.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS BÁSICOS

1.19 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

El sistema de posicionamiento global mediante satélites (GPS: Global Positioning System) es un sistema de navegación que 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 ciertas limitaciones de exactitud, al tiempo que su emisión se restringe a una determinada frecuencia. A pesar de ello, las aplicaciones civiles siguen proliferando a un ritmo exponencial gracias a la incorporación de las técnicas diferenciales (DGPS). Funciona continuamente en todas partes del mundo y es disponible a todos, libre de cargos. GPS se ha convertido en parte de la vida cotidiana.

1.20 Historia del GPS ¹

El sistema de GPS nace en 1973 y queda oficialmente declarado como funcional en 1995. Es un sistema que inicialmente se desarrolló con enfoque de estrategia bélica pero a través de los años el gobierno de Estados Unidos decidió permitir el uso al público en general con ciertas limitaciones de exactitud. A comienzos de los años '60 el Departamento de Defensa, Transporte y la Agencia Espacial Norteamericanas (DoD, DoT y NASA) se interesaron en desarrollar un sistema para determinar el posicionamiento global basado en satélites.

¹ <https://www.sites.google.com/site/hostoriadelosgps/>

El sistema debía abarcar toda la superficie terrestre y debía tener un funcionamiento continuo sin verse afectado por las condiciones atmosféricas. También se requería que el sistema fuera dinámico, para posibilitar su uso en aviación militar.

Los primeros intentos de determinación de posición se denominaron Timation y Sistema 621B y fueron efectuados en algunos desiertos Norteamericanos. Ambos sistemas utilizaban el efecto Doppler para la obtención del posicionamiento. Con el tiempo estos dos sistemas se reformaron en el sistema TRANSIT², el cual todavía estaba concebido bajo el efecto Doppler (relojes atómicos y secuencias de pseudo-ruido). El objetivo inicial era la consecución de un sistema exclusivamente militar, pero el excesivo coste obligó a que se permitiera el uso civil del sistema para que fuera aprobado el presupuesto por el Congreso de los EE.UU. El sistema NAVSTAR/GPS³ fue desarrollado para sustituir el sistema TRANSIT.

Existen actualmente varios sistemas de posicionamiento global similares al GPS, por ejemplo la contraparte Rusa GLONASS⁴ que fue puesto en operación en Diciembre de 1995. Utiliza también una flota de 24 satélites y es ligeramente más preciso que el GPS, pero en los años posteriores con la crisis Rusa, la constelación no fue actualizada ni reemplazada, con lo que gradualmente ha ido perdiendo efectividad.

GALILEO (Sistema de posicionamiento por satélite de la Unión Europea), fue desarrollado para no depender del sistema de Estados Unidos (GPS). GALILEO proveerá de mucha mayor exactitud que el GPS, su primer satélite fue lanzado en 1995 y su flota constará eventualmente de 30 satélites orbitando la tierra a 23.600 Km de altura.

² TRANSIT: (Transito) Experimento Estadounidense de navegación por satélite.

³ NAVSTAR/GPS: Navegación por satélite en tiempo y distancia / Sistema de posicionamiento global

⁴ GLONASS: Sistema de Navegación Global por Satélite Orbitante

COMPASS (Proyecto GPS Chino), consiste de 30 satélites a 21550Km de altura. Se utilizan 4 portadoras para transmitir las señales.

1.2.1 Sistema TRANSIT y NAVSTAR

En 1964 TRANSIT quedó operativo y estaba constituido por una constelación de seis satélites en órbita polar baja, a una altura de 1074 Km. TRANSIT trabajaba con dos señales en dos frecuencias, para evitar los errores debidos a la perturbación ionosférica. El cálculo de la posición se lo realiza en base a la medida continua de la desviación de frecuencia doppler de la señal recibida y su posterior comparación con tablas y gráficos. El error de TRANSIT era entorno a los 250m, su gran aplicación fue la navegación de submarinos y de barcos. TRANSIT era de uso limitado debido a la insuficiencia de satélites y fue entre 1990 y 1995 cuando un sistema con una mayor red satelital llamado NAVSTAR quedó finalmente funcionado al 100% con una red de 24 satélites. En la Figura 1.1 se muestra uno de los satélites artificiales de NAVSTAR.



Figura 1.1 Satélite Artificial de Geoposicionamiento (NAVSTAR)

El sistema de “NAVSTAR/GPS” nace en 1973 y queda oficialmente declarado como funcional en 1995, utiliza conjuntamente una red de ordenadores para determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre durante 24 horas al día.

El sistema funciona midiendo el desplazamiento o corrimiento Doppler, que es la variación aparente en el valor de la frecuencia en función de la velocidad de acercamiento o alejamiento de la fuente emisora. El efecto Doppler fue descubierto en el siglo XIX. Cuando la fuente emisora de un tren de ondas, sean ópticas, acústicas o radioeléctricas, disminuye su distancia a un observador, la frecuencia recibida es aparentemente mayor que la real. Si la fuente se aleja, la frecuencia es menor, y si la distancia permanece constante, la frecuencia coincide.

1.3 Descripción del Sistema GPS⁵

Las generalidades del sistema GPS y sus características más importantes son divididas en tres sectores fundamentales y dependientes entre sí, el sector espacial, el sector de control y el sector de usuarios. En el sistema NAVSTAR-GPS puede distinguirse varios "segmentos" que agrupan a los elementos con características comunes. Cada uno de los segmentos tiene responsabilidades y objetivos claramente distintos. En la Figura 1.2 se muestra los segmentos con los que funciona NAVSTAR-GPS.

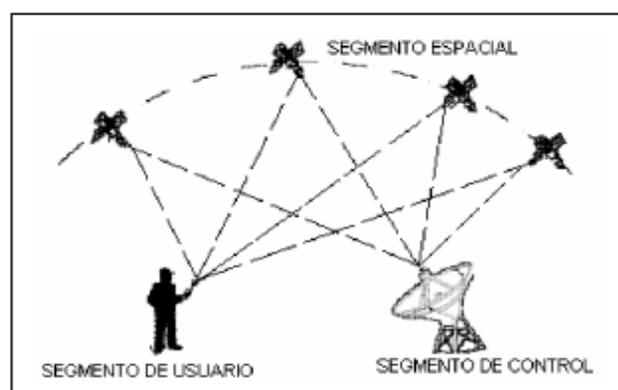


Figura 1.2 Sectores Constitutivos del Sistema GPS

⁵ T. A. Herring, "The Global Positioning System", *Scientific American*, 1996, pág. 32-38.

1.3.1 Sector Espacial

Tiene por objetivo que a partir de las instrucciones que reciben del segmento de control: proporciona una referencia de tiempo atómico, genera secuencias de códigos, almacena y reenvía el mensaje de navegación.

El segmento espacial está formado por una constelación de 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo) que giran alrededor de la tierra en 6 planos orbitales a 60° entre sí, con un mínimo de 4 satélites en cada plano. Los satélites están situados a 20180 Km de altura con un periodo orbital de 12 horas completando de esta forma dos orbitas diarias a una velocidad de 14500 Km/h, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la tierra. En la Figura 1.3 se muestra los planos orbitales del sector espacial.



Figura 1.3 Sector Espacial

Están equipados con 4 relojes atómicos (dos de Cesio y dos de Rubidio) de gran precisión (el retardo de sincronización es del orden de una milmillonésima de segundo), un ordenador a bordo y un sistema de comunicación en muy alta frecuencia, lo que determina la precisión de la señal del sistema de satélite.

1.3.2 Sector de Control

Este sector está formado por estaciones de tierra que se encargan de rastrear los satélites y proveerlos de corrección orbital. También es el encargado de predecir el comportamiento de los relojes de los satélites, mantener la escala de tiempo GPS, y actualizar periódicamente el mensaje de navegación de cada uno de los satélites. El segmento está formado por 3 componentes físicos diferentes:

- *Master Control Station (MCS)* ó Estación de Control Master.
- *Monitor Stations* ó Estaciones de Monitoreo.
- *Ground Control Stations* ó Estaciones de Control de Tierra.

El control desde tierra se efectúa con un sistema llamado OCS (Operational Control System), formado por una emisora MCS (Master Control Station) y una serie de estaciones de control y antenas dispuestas a lo largo de la línea ecuatorial como se muestra en la Figura 1.4.



Figura 1.4 Principales Estaciones de Control

La MCS se ocupa de la sincronización de los relojes, del control de las orbitas y del diagnóstico del sistema. El procesador controla la exacta decodificación de la señal y el cálculo trigonométrico que permite determinar la posición. Los satélites transmiten en SSM (Spread Spectrum Modulation) o Modulación de Espectro Difuso que hace que la señal

resulte casi imposible de interceptar o interferir, ya que se confunde con el ruido electromagnético de fondo.

1.3.3 Selector de Usuario

Simplemente es un receptor de GPS que despliega su posición en una forma conocida y fácil de interpretar. Lo componen los instrumentos de recepción que utiliza el usuario para realizar la acción de posicionamiento y navegación. Los elementos que forman el equipo de observación lo constituyen: la antena, el receptor, y el controlador que contiene el software para realizar el cálculo de los parámetros GPS.

El equipo de usuario es un dispositivo pasivo en el sentido de que sólo recibe información de los satélites, cuya misión es obtener la señal de los satélites, la demodula y extraen la información de los satélites, da correcciones, etc. Presentando la información al usuario final.

1.4 Tipos de Servicios y Códigos del Sistema GPS ⁶

El sistema GPS se encuentra disponible en dos tipos de servicios, el primero conocido por sus iniciales SPS (Standard Positioning Service) ó Servicio de Posicionamiento Estándar y el segundo por la sigla PPS (Precise Positioning Service) ó Servicio de Posicionamiento Preciso.

Los satélites radian dos códigos con diferentes grados de exactitud, el primero, denominada estándar C/A (coarse-acquisition / adquisición tosca) está diseñado para uso civil y el segundo P (preciso) diseñado para uso militar. El código civil estaba sujeto hasta el 1 de mayo del 2000 a la Disponibilidad Selectiva (SA, por sus siglas en inglés); esta era una degradación intencional en la calidad de la señal que radiaba el satélite ocasionada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos por razones de seguridad nacional.

⁶ http://www.mapealo.com/Costaricageodigital/Documentos/alfabetizacion/gps_teoría_nov10.pdf

Señal RF (Frecuencia portador)

- Civil – 1575,42 MHz (L1). Utiliza el Código de Adquisición Aproximativa (C/A).
- Militar – 1227,60 MHz (L2). Utiliza el Código de Precisión (P).

Estas frecuencias son generadas a partir de un reloj atómico muy preciso en los satélites. Para tomar en consideración el efecto relativista debido a las velocidades en cuestión, dicha frecuencia es ligeramente menor (aproximadamente 10.229999995433MHz). Los receptores GPS reciben esta señal pero con un cambio debido al efecto *doppler* que se produce por el movimiento del satélite y del receptor en tierra. Las desviaciones de frecuencia son de alrededor de +/- 5Khz y producirán variaciones en la señal recibida.

En términos muy generales para establecer la distancia de un satélite al usuario, el receptor genera la misma señal que envía el satélite con un mismo código conocido, retardando la señal hasta que coincida con la recibida y de esta manera se mide el retraso de la señal en tiempo, que multiplicado por la velocidad de la luz se obtiene una pseudodistancia.

Se denomina pseudodistancia debido a que no es una distancia verdadera, sino que está afectada por errores de distinta naturaleza como: precisión del reloj del receptor, cambio de medio de la señal electromagnética por las distintas capas de la atmósfera, multipath, etc.

Para que coexistan varias señales de satélite en una misma frecuencia y en un mismo lugar, y para proteger la integridad de los datos transmitidos, la aplicación de un código es necesaria. Por esto se han ideado los códigos C/A y P en la transmisión de datos de satélite GPS.

1.5 Funcionamiento del GPS ⁷

Aunque pueda parecer improbable, la idea general detrás del GPS es utilizar los satélites en el espacio como puntos de referencia para posicionarnos aquí en la tierra. Esto se logra mediante una muy exacta, medición de nuestra distancia hacia al menos tres satélites, lo que permite "triangular" la posición en cualquier parte de la tierra.

1.5.1 Triangulación Espacial

Cada satélite envía una serie de señales codificadas que los receptores en tierra pueden decodificar y de esta manera estimar el tiempo que tardó la señal en viajar desde el satélite Navstar-GPS (emisor) hasta el receptor. Posteriormente el receptor determina la diferencia en tiempo y finalmente utilizando la velocidad de la luz determina la distancia.

$$\text{Distancia} = (T1-T2)*300.000 \text{ km/s} \quad \text{Ec. 1.1}$$

T1: Tiempo en que es emitida la señal por el satélite

T2: Tiempo en que es recibida la señal por el receptor en tierra

El receptor en tierra utiliza el tiempo de viaje de la señal enviada por el satélite para determinar su distancia. Veamos porqué se requieren al menos tres satélites para determinar la posición de un punto sobre la superficie de la Tierra. En la Figura 1.5 se muestra la triangulación espacial.

Un satélite

Cuando se recibe la señal de un satélite se sabe que dentro de una esfera imaginaria se encuentra un radio de 26.560Km.

⁷ TAURASO,C. Localizador GPS. BARCELONA. In Electronics, 2005. pág. 1-8.

Esto permite la ubicación en algún sector del Sistema Solar; sin embargo no es lo suficientemente exacto como para resolver la necesidad de saber el punto exacto sobre la Tierra.

Dos satélites

A partir de la lectura de distancia de dos satélites es posible definir dos esferas cuya área común define a su vez un tercer círculo. Este círculo define el lugar donde posiblemente se encuentre el punto a ser ubicado. Aún cuando se ha reducido la incertidumbre con respecto a la posible ubicación, todavía no es lo suficientemente exacta como para resolver la necesidad de saber donde se ubica el punto.

Tres satélites

La adición de un tercer satélite creará una tercera esfera que a su vez interceptará a las dos primeras en dos puntos. De esta manera el receptor ha reducido su posible ubicación a dos puntos en la Tierra. Para definir cuál de los dos puntos es el apropiado se requiere de un cuarto satélite, el cual formará otra esfera cuya circunferencia tocará sólo uno de los dos puntos ya definidos. En la práctica, el cuarto satélite se utiliza para sincronizar el tiempo del receptor con el tiempo del reloj atómico. De esta manera es posible utilizar relojes de bajo costo y menor precisión en los receptores manuales.

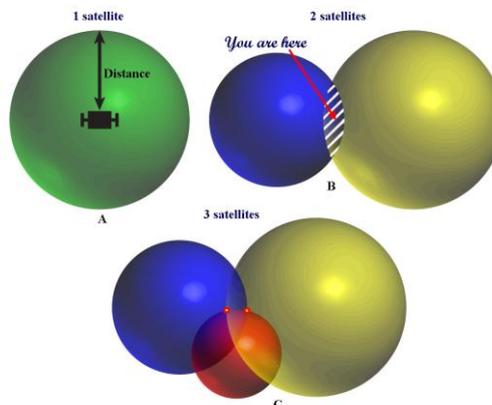


Figura 1.5 Triangulación Espacial

1.5.2 El Cuarto Satélite

Los tiempos en tránsito de satélites a receptores son extremadamente pequeños y se necesitan dispositivos de cronometraje extremadamente precisos para medirlos con exactitud, por lo cual surge la necesidad de llevar relojes atómicos⁸ en los satélites.

Si los relojes de los receptores GPS no son tan precisos como los que tienen los satélites. Lo que se hace para compensar esta imprecisión debido al error de sincronización entre los relojes del GPS, es realizar una cuarta medición. El propósito de esta cuarta medición será obtener una medida que permitirá tomar una decisión eliminando cualquier discrepancia que se de con respecto a la hora universal, esta afectará a las cuatro mediciones y el receptor buscará un factor de corrección único, que siendo aplicado a sus mediciones de tiempo hará que los rangos coincidan en un solo punto.

Dicha corrección permitirá al reloj del receptor ajustarse nuevamente a la hora universal y de esta manera tenemos un reloj atómico que hará que las demás mediciones del receptor GPS den un posicionamiento preciso. Ya con esta medida de tiempo asegurada, tenemos todo lo necesario para medir la distancia a un satélite en el espacio, además de determinar la altura del usuario respecto al nivel del mar.

Los receptores GPS utilizan relojes convencionales de cuarzo para la sincronización, puesto que si incorporaran relojes atómicos como en los satélites, la navegación GPS no sería accesible por el costo que implicara. El problema es que el método para estimar la distancia hasta un satélite depende en extremo de la calidad de los relojes empleados para medir el tiempo.

⁸ Reloj Atómico: (Transito) Experimento Estadounidense de navegación por satélite.

Los factores que afectan a la medida de la distancia son:

- El desfase en el reloj del receptor (que suele ser de calidad media) puede provocar un apreciable error de distancia.
- Los errores en el reloj del satélite suelen ser despreciables, pero también hay que considerarlos.
- La propagación a través de la atmósfera produce un retardo variable debido a que la refracción que provoca varía de forma poco predecible.

Por estas razones lo que un receptor mide a partir de las señales recibidas son pseudodistancias, en las que se incluye un error provocado por las derivas de reloj del usuario, los retardos variables de la ionosfera, etc. Para el receptor hay 4 incógnitas a resolver: las tres coordenadas de su posición, y la diferencia entre su reloj local y el tiempo universal GPS. La medición de las distancias entre el receptor GPS y el satélite se mide multiplicando el tiempo de vuelo de la señal emitida y la velocidad de propagación. Además, la sincronización de los satélites con los receptores se los realiza mediante un código pseudoaleatorio, el cual es una secuencia o código digital complejo muy parecido al ruido eléctrico y permite:

- Asegurar que el receptor GPS no se sintonice con otra señal.
- Cada satélite tiene su propio y único código pseudoaleatorio, con la finalidad de que el receptor no se confunda de satélite, con esto es posible que todos los satélites transmitan a la misma frecuencia sin interferirse mutuamente.
- Permite la utilización de antenas pequeñas para la recepción de señales muy débiles.

Por tanto, el código pseudoaleatorio es generado tanto por el receptor como por el satélite, sincronizando las dos señales y comparando la una con la otra, el desfase " Δt " es el tiempo que se demora en viajar la señal, como se muestra en la Figura 1.6, este es el factor de corrección entre el receptor y el satélite, el cual modifica las cuatro señales de los satélites convergiendo la posición de un solo punto.



Figura 1.6 Código Pseudoaleatorio (Δt)

1.6 Fuentes de Error en el Sistema GPS ⁹

Al igual que cualquier observación de topografía clásica, una observación GPS está sometida a varias fuentes de error que se pueden minimizar o modelar según los equipos y metodología de observación que se utilice. Un receptor determina la distancia que hay entre su antena y las antenas de los satélites desde los cuales está recibiendo la señal. Basándose en estas distancias y en el conocimiento de las posiciones de los satélites, el receptor puede calcular su posición. Sin embargo, diversos errores afectan a la medida de la distancia y por consiguiente se propagan al cálculo de la posición del receptor.

Las medidas de código y las medidas de fase se ven afectadas por errores sistemáticos y por ruido aleatorio. La precisión en posicionamiento absoluto que un usuario puede alcanzar con un receptor depende principalmente de cómo sus sistemas de hardware y software puedan tener en cuenta los diversos errores que afectan a la medición.

⁹ J.A. Fernández Rubio, G.Seco Granados, "Sistemas de posicionamiento: de GPS a GNSS", *Mundo Electrónico*, 1997, 280, pág. 46- 52.

Estos errores son clasificados en tres grupos: los errores relativos al satélite, los errores relativos a la propagación de la señal en el medio, y los errores relativos al receptor. En la Tabla 1.1 se muestran los errores y su clasificación.

Tabla 1.1 Clasificación de los Errores

ELEMENTO	FUENTE DE ERROR
Satélite	Error en el oscilador
	Error o variación en los parámetros orbitales
Propagación de la Señal	Refracción ionosférica
	Refracción troposférica
	Disponibilidad selectiva
	Pérdidas de ciclos
	Multipath, ondas reflejadas
Receptor	Error en el oscilador
	Error en las coordenadas
	Error en el estacionamiento
	Error en la manipulación del equipo
	Variación y desfase del centro de la antena

1.6.1 Error del Reloj en el Satélite

La sincronización de los relojes y la de las frecuencias del sistema GPS se realizan desde el Segmento Terrestre del sistema. Todas las frecuencias de los satélites están sincronizadas con los relojes de los satélites, y la mayor desviación diaria permitida de la frecuencia de reloj es de 10-12 MHz (o lo que es lo mismo: una millonésima de Hz). Dada la extrema exactitud, como se cito anteriormente, hay que considerar los efectos relativistas provocados por la gran velocidad de los satélites y por la diferente gravedad existente a 20169 Km de la Tierra.

Este error es el desfase que tiene el reloj del satélite respecto al tiempo. Los satélites llevan relojes atómicos con osciladores de cesio y de rubidio, sin embargo ningún reloj, incluso el atómico es perfecto.

1.6.2 Refracción Ionosférica

Una de las principales causas de error es la refracción provocada por la ionosfera y la troposfera. Las diferencias de tiempo son variables y poco previsibles, y pueden ser tan costosas en distancia como 100 metros (con un valor de 20-30 metros de día y 3-6 metros de noche), pero si se utilizan dos frecuencias distintas se puede estimar el efecto real.

1.6.3 Refracción Troposférica

La tropósfera es la última zona o capa de la atmósfera (hasta unos 80 Km, pero sólo en los últimos 40 se producen retardos significativos), donde se produce retardo y donde las temperaturas decrecen con el incremento de altura. El espesor de la tropósfera no es el mismo en todas las zonas. La presencia de átomos y moléculas neutros en la tropósfera afecta a las señales de propagación electromagnética.

1.6.4 Pérdidas de Ciclos

Las pérdidas de ciclos (cycle slips), suponen un salto en el registro de las medidas de fase, producido por alguna interrupción o pérdida de la señal enviada por el satélite. Estas pérdidas de ciclos pueden ser causadas por la obstrucción de la señal del satélite debido a la presencia de árboles, edificios, puentes, montañas, etc. Esta causa es la más frecuente, pero también pueden ser debidas a una baja calidad señal-ruido, debido a unas malas condiciones ionosféricas, efecto multipath, receptores en movimiento o baja elevación del satélite.

1.6.5 Efecto Multipath

En la Figura 1.7 se puede observar el efecto multipath o multicamino, este es causado principalmente por múltiples reflexiones de la señal emitida por el satélite en superficies cercanas al receptor.

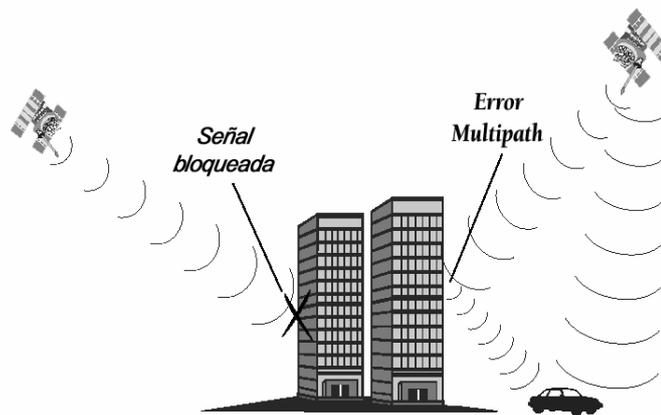


Figura 1.7 Efecto Multipath

Estas señales reflejadas que se superponen a la señal directa son siempre más largas, ya que tienen un tiempo de propagación más largo y pueden distorsionar significativamente la amplitud y forma de la onda. Este efecto puede ser considerablemente reducido eligiendo puntos de estación protegidos de reflexiones (edificios, vehículos, árboles, etc.), es decir, evitar las superficies reflectantes en las proximidades del receptor; y por un apropiado diseño de la antena, como es la utilización de planos de tierra, que reducen las interferencias de señales con baja elevación o incluso con elevación negativa, que son las que provocan el multipath, en otras palabras, se intenta reducir la intensidad de las señales secundarias y aislar a la señal directa

1.6.6 Error del Reloj Receptor

Dado que la información que llega de los satélites, permite transmitir el tiempo exacto en el que empezaron a emitir su mensaje codificado, y que los receptores miden, también, el tiempo exacto en el que recibieron

cada señal, se puede calcular una medida de distancia entre el receptor y el satélite, conociendo la velocidad de propagación de la onda y el tiempo transcurrido desde que se emitió la señal hasta que fue recibida.

El problema surgirá cuando los relojes del satélite y el receptor no marquen el mismo tiempo. Nótese lo importante que es cuando un microsegundo de desfase se traduce en un error de 300 metros en la medición de la distancia. Cuando un receptor recibe una señal de un satélite, en ese momento su reloj interno tendrá un desfase o error con respecto a la Escala de Tiempo. Este error afectará a todas las medidas de pseudodistancias realizadas para cada época.

Los errores en los osciladores de los receptores se los puede eliminar trabajando con posicionamiento relativo por medidas de fase, planteando las ecuaciones de dobles diferencias.

1.6.7 Disponibilidad Selectiva

La Disponibilidad Selectiva supone una alteración o manipulación de la información que los satélites de la constelación GPS envían a los usuarios en su mensaje de navegación, manipulación que realiza el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD). Se actúa sobre los estados de los relojes y parámetros orbitales que podía variar de los 15 a los 100 m. La llamada disponibilidad selectiva (SA) fue eliminada el 2 de mayo de 2000. Trabajando con posicionamiento relativo o diferencial se puede eliminar este error.

1.7 Aplicaciones de los GPS ¹⁰

Son múltiples los campos de aplicación de los sistemas de posicionamiento tanto como sistemas de ayuda a la navegación, como en modelización del espacio atmosférico y terrestres o aplicaciones con requerimientos de alta precisión en la medida del tiempo. A continuación se detallan algunos de los campos civiles donde se utilizan en la actualidad sistemas GPS:

1.7.1 Estudio de Fenómenos Atmosféricos

Cuando la señal GPS atraviesa la tropósfera el vapor de agua, principal causante de los distintos fenómenos meteorológicos, modifica su velocidad de propagación. El posterior análisis de la señal GPS es de gran utilidad en la elaboración de modelos de predicción meteorológica.

1.7.2 Localización y Navegación en Regiones Inhóspitas

El sistema GPS se utiliza como ayuda en expediciones de investigación en regiones de difícil acceso y en escenarios caracterizados por la ausencia de marcas u obstáculos. Un ejemplo son los sistemas guiados por GPS para profundizar en el conocimiento de las regiones polares o desérticas.

1.7.3 Modelos Geológicos y Topográficos

Los geólogos comenzaron a aplicar el sistema GPS en los 80 para estudiar el movimiento lento y constante de las placas tectónicas, para la predicción de terremotos en regiones geológicamente activas. En topografía, el sistema GPS constituye una herramienta básica y fundamental para realizar el levantamiento de terrenos y los inventarios forestales y agrarios.

¹⁰ *Understanding GPS: Principles and Applications*, Editor Elliot D. Kaplan, Artech House, 1996, pág. 86-104.

1.7.4 Ingeniería Civil

En este campo se utiliza la alta precisión del sistema GPS para monitorizar en tiempo real las deformaciones de grandes estructuras metálicas o de cemento sometidas a cargas.

1.7.5 Sistemas de Alarma Automática

Existen sistemas de alarma conectados a sensores dotados de un receptor GPS para supervisión del transporte de mercancías tanto contaminantes de alto riesgo como productos alimentarios frescos y congelados. En este caso la generación de una alarma permite una rápida asistencia al vehículo.

1.7.6 Sincronización de Señales

La industria eléctrica utiliza el GPS para sincronizar los relojes de sus estaciones monitoras a fin de localizar posibles fallos en el servicio eléctrico. La localización del origen del fallo se realiza por triangulación, conociendo el tiempo de ocurrencia desde tres estaciones con relojes sincronizados.

1.7.7 Guía para Personas Invidentes

Se están desarrollando sistemas GPS para ayuda en la navegación de invidentes por la ciudad. En esta misma línea, la industria turística estudia la incorporación del sistema de localización en guiado de visitas turísticas a fin de optimizar los recorridos entre los distintos lugares de una ruta.

1.7.8 Navegación y Control de Flotas de Vehículos

El sistema GPS se emplea 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.

1.7.9 Sistemas de Aviación Civil

En 1983 el derribo del vuelo 007 de la compañía aérea coreana al invadir cielo soviético, por problemas de navegación, acentuó la necesidad de contar con la ayuda de un sistema preciso de localización en la navegación aérea. Hoy en día el sistema GPS se emplea en la aviación civil tanto en vuelos domésticos, transoceánicos, como en la operación de aterrizaje. La importancia del empleo de los GPS en este campo ha impulsado, como se verá en la siguiente sección, el desarrollo en Europa, Estados Unidos y Japón de sistemas orientados a mejorar la precisión de los GPS.

1.7.10 Navegación Desasistida de Vehículos

Se están incorporando sistemas DGPS como ayuda en barcos para maniobrar de forma precisa en zonas de intenso tráfico, en vehículos autónomos terrestres que realizan su actividad en entornos abiertos en tareas repetitivas, de vigilancia en medios hostiles (fuego, granadas, contaminación de cualquier tipo) y en todos aquellos móviles que realizan transporte de carga, tanto en agricultura como en minería o construcción. La alta precisión de las medidas ha permitido importantes avances en el espacio en órbitas bajas y así tareas de alto riesgo de inspección, mantenimiento y ensamblaje de satélites artificiales pueden ahora realizarse mediante robots autónomos.

1.8 GPS Diferencial (DGPS) ¹¹

El sistema DGPS o GPS diferencial es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones de los datos recibidos de los satélites GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada. Se concibió fundamentalmente debido a la introducción de la disponibilidad selectiva (SA).

Una estación DGPS consiste en un receptor GPS fijo en tierra (referencia) que conoce exactamente su posición basándose en otras técnicas, recibe la posición dada por el sistema GPS, y puede calcular los errores producidos por el sistema GPS. Este receptor transmite la corrección de errores a los receptores próximos a él, y así estos pueden, a su vez, corregir también los errores producidos por el sistema dentro del área de cobertura de transmisión de señales del equipo GPS de referencia. Existen varias formas de obtener las correcciones DGPS. Las más usadas son:

- Recibidas por radio, a través de algún canal preparado para ello, como el RDS en una emisora de FM.
- Descargadas de Internet, o con una conexión inalámbrica.
- Proporcionadas por algún sistema de satélites diseñado para tal efecto.

Con el DGPS se pueden corregir en parte los errores debidos a:

- Disponibilidad selectiva (eliminada a partir del año 2000)
- Propagación por la ionosfera - troposfera
- Errores en la posición del satélite
- Errores producidos por problemas en el reloj del satélite

¹¹ http://gutovnik.com/como_func_sist_gps.htm

En la Tabla 1.2 se muestra un cuadro comparativo sobre la corrección de errores entre el GPS y el DGPS.

Tabla 1.2 Corrección de Errores GPS vs DGPS

FUENTES DE ERROR	GPS Standard (m)	GPS Diferencial (m)
Reloj del Satélite	1.5	0
Errores Orbitales	2.5	0
Ionósfera	5.0	0.4
Tropósfera	0.5	0.2
Ruido en el Receptor	0.3	0.3
Señal Fantasma	0.6	0.6
Disponibilidad Selectiva	30	0
Exactitud Promedio de Posición		
Horizontal	50	1.3
Vertical	78	2.0
3-D	93	2.8

Para que las correcciones DGPS sean válidas, el receptor tiene que estar relativamente cerca de alguna estación DGPS; generalmente, a menos de 1.000 km. La precisión lograda puede ser de unos dos metros en latitud y longitud, y unos tres metros en altitud. Este sistema no es aplicable en nuestro medio puesto que no existe una estación DGPS cercana.

1.9 Protocolo de Comunicación NMEA ¹²

1.9.1 NMEA

NMEA (Nacional Marine Electronics Association) es una asociación sin fines de lucro de fabricantes, distribuidores, instituciones u otros organismos, interesados en equipos periféricos. La definición estándar de un NMEA – 0183 es una interfaz eléctrica y un protocolo de datos para la comunicación entre instrumentos marinos. Este protocolo se lanza por primera vez en marzo de 1983.

Es utilizado para la comunicación entre dispositivos de uso marino para transmitir datos. La salida NMEA es EIA-422A, aunque para la mayoría de los propósitos se puede considerar RS-232 compatible. La mayor parte de programas de computación que proporcionan información en tiempo real esperan que los datos estén en el formato del estándar NMEA. Estos datos incluyen el PVT (posición, velocidad, tiempo) que es una solución calculada por el receptor GPS. Según este estándar, los datos se transmiten de manera serial asincrónica en bloques de información que contienen caracteres ASCII imprimibles y tienen las siguientes características como se muestra en la Tabla 1.3 .

Tabla 1.3 Características de la Trama del Estándar NMEA

PARAMETROS DE COMUNICACIÓN	
Velocidad de Transmisión	4800 a 9600 bps
Bit de Inicio	1 bit
Bits de datos	8 bits
Bit de parada	1 bit
Bit de paridad	1 bit

¹² <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2639/1/T-ESPE-030150.PDF>

1.9.2 Sentencias NMEA

Cada sentencia transmite diferente información, desde la más básica como longitud y latitud, hasta datos utilizados por expertos como la inclinación de los satélites con respecto a la horizontal. La idea de NMEA es enviar una línea de datos llamada sentencia, que es totalmente independiente de otra sentencia. Hay sentencias estándar por cada tipo de dispositivo así como hay la capacidad de definir sentencias propietarias para el empleo específico. Todas las sentencias estándar tienen dos letras como prefijo, que define el dispositivo que usa aquella sentencia. (Para receptores GPS el prefijo es GP), que son seguidas por tres letras que definen el contenido de la sentencia.

Cada sentencia comienza con '\$' y termina con un <CR><LF> CR:Carriage Ret (Retorno de Carro), LF:Line Feed (Linea de Alimentación), que son caracteres no imprimibles. La cantidad de datos contenida no puede ser mayor a 80 caracteres de texto visible, más el retorno de carro. Los datos contenidos dentro de esta línea están separados por comas. Los datos recibidos son texto ASCII y pueden ser parte de varias sentencias de longitud variable. Los tres tipos de sentencias NMEA que existen son:

- Envío (Talker Sentences)
- Origen de Equipo (Proprietary Sentences)
- Consulta (Query Sentences)

Los datos están delimitados por ',' (coma), por lo que deben incluirse todas las comas porque actúan como marcas. Al final de cada sentencia existe un campo de checksum que es precedido por '**' que contienen 2 dígitos hexadecimales que representan una OR exclusivo entre todos los caracteres sin incluir el '\$' y '**'. El checksum es requerido en algunas sentencias.

El estándar NMEA no define órdenes para indicar al GPS algún cambio en su funcionamiento, en cambio cada receptor envía todos los datos y espera que la mayor parte de ellos sean utilizados. Algunos receptores tienen la posibilidad de seleccionar un subconjunto de todas las sentencias o en algunos casos, hasta sentencias individuales para enviar. No hay ningún modo de pedir retransmisión de las sentencias, cuando no son leídas correctamente o pedir una de las sentencias ya leídas. Con el campo del checksum se realiza la verificación, si es incorrecta se espera a las siguientes sentencias para tener datos válidos.

1.9.3 Formato de las Sentencias NMEA

En la Tabla 1.4 se muestran algunas sentencias interesantes e importantes que vienen definidas en el estándar de los dispositivos GPS y se pone a consideración:

Tabla 1.4 Sentencias de los Dispositivos GPS

FORMATO	NOMBRE
\$GPGGA	Arreglo de datos del GPS
\$GPGSA	Datos del satélite global
\$GPGSV	Datos del satélite detallados
\$GPRMB	Datos de navegación recomendados para GPS
\$GPRMC	Datos mínimos recomendados para GPS
\$GPVTG	Curso y Velocidad
\$GPZDA	Fecha y Tiempo

1.9.4 Análisis de las Tramas más Importantes

Las tramas NMEA más importantes incluyen la GGA la cual provee datos fijos corrientes, la RMC la cual provee las tramas de información mínima GPS, y la GSA la cual provee el dato de estado del Satélite. Las variables a utilizarse son latitud , longitud y altitud.

GGA – Datos fijos esenciales los cuales proveen ubicación 3D y datos exactos. En la Tabla 1.5 se muestra la descripción de la sentencia GPGGA.

\$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,*47

Tabla 1.5 Descripción de la Sentencia GGA

ARGUMENTOS	DESCRIPCIÓN
\$GP	Título del protocolo
GGA	Datos Fijos
123519	Hora en 12:35:19 UTC
4807.038,	Latitud 48 grados 07.038'
N/S	Norte / Sur
01131.000,	Longitud 11 grados 31.000'
E/O	Este / Oeste
1 Calidad fija	0 = Invalido 1 = GPS fijo (SPS) 2 = DGPS fijo
08	Número de satélites siendo rastreados
0.9	Dilución horizontal de posición
545.4,M	Altitud, Metros, sobre el nivel del mar
46.9,M	Altura de la geoide (nivel del mar)
*47	Datos de Checksum (verificación)

Hora UTC (hhmmss.sss)

Corresponde a la hora del tiempo universal coordinado (UTC), también conocido como tiempo civil, que es el tiempo de la zona horaria de referencia respecto a la cual se calculan todas las otras zonas del mundo. Es el sucesor del GMT (Greenwich Mean Time: tiempo promedio del Observatorio de Greenwich, en Londres). Los datos tienen una precisión de 1 milisegundo.

Estado (V ó A)

Se refiere al estado del receptor en cuanto a datos disponibles. La letra "A" significa que el receptor se encuentra en alerta, no se ha completado la información para calcular la posición, aunque existen disponibles la fecha y hora. Si el receptor se encuentra en "V" significa que todos los datos de posicionamiento y navegación se encuentran disponibles.

Latitud (N o S)

Corresponde a la latitud actual que puede variar entre 0 y 90 grados. El dato (N o S) corresponde al hemisferio Norte o Sur.

Longitud (E o W)

Corresponde a la longitud actual que puede variar entre 0 y 180 grados. El dato (E ó W) corresponde al hemisferio Este u Oeste.

Variación magnética, grados (E o W)

La variación ó declinación magnética en un punto de la tierra es el ángulo comprendido entre el norte magnético local y el norte verdadero. En otras palabras, es la diferencia entre el norte geográfico y el indicado por una brújula (el denominado también norte magnético). La declinación puede ser hacia el este o al oeste. En el presente proyecto no se hace uso de este parámetro.

Suma de Verificación (Checksum)

Corresponde a la suma exclusiva lógica de todos los miembros de la sentencia exceptuando las comas, y sirve para identificar la existencia de un error en la sentencia generada por el GPS al compararla con la *checksum* calculada por un controlador.

1.10 Coordenadas Geográficas

En relación con la red geográfica que forman los paralelos y meridianos se definen las coordenadas geográficas que permiten ubicar con precisión la ubicación de un punto cualquiera de la superficie terrestre como se indica en la Figura 1.8. Estas dos coordenadas se miden como la distancia desde el punto en cuestión hasta las líneas de base del sistema y reciben el nombre de:

Latitud: su línea de base es el Ecuador.

Longitud: su línea de base es el Meridiano de Greenwich.

Los ángulos se miden en grados, minutos de arco y segundos de arco. Estos se señalan con los símbolos (° , ' , "). Por ejemplo, 35° 43' 9" significa un ángulo de 35 grados, 43 minutos y 9 segundos (no confundir estas comillas con la notación (' , ") que se usa para pies y pulgadas). Un grado contiene 60 minutos de arco, y un minuto contiene 60 segundos de arco, por lo tanto no son unidades de tiempo.

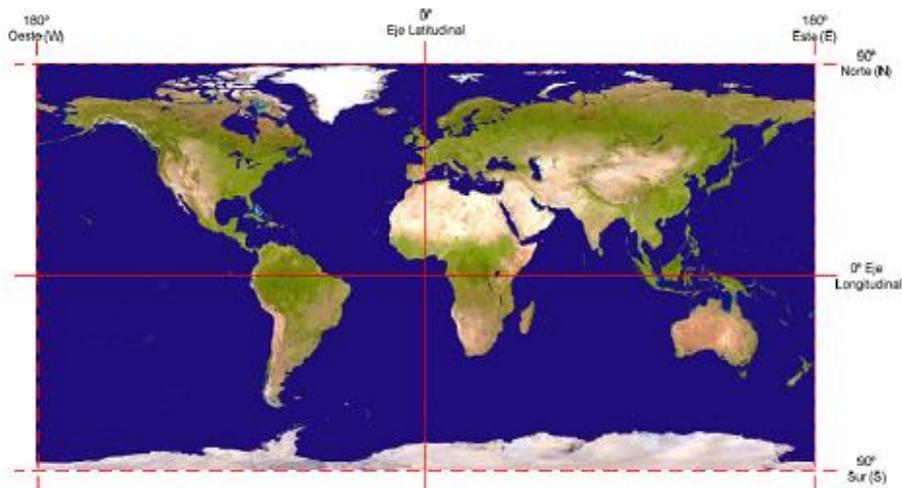


Figura 1.8 Coordenadas Geográficas en la Superficie Terrestre

Estas coordenadas se expresan en grados sexagesimales:

- Para los paralelos, sabiendo que la circunferencia que corresponde al Ecuador mide 40.076 km, 1° equivale a 113,3 km.
- Para los meridianos, sabiendo que junto con sus correspondientes antimeridianos se forman circunferencias de 40.007 km de longitud, 1° equivale a 111,11 km.

1.10.1 Latitud

Corresponde a la distancia, medida en grados, que hay entre cualquier paralelo y la línea ecuatorial. Como hay 90 paralelos en cada hemisferio, norte y sur, la mayor latitud que se puede medir en cada uno es de 90°, ya sea hacia el Sur o hacia el Norte.

La latitud establece las distancias entre los paralelos.

Se miden en grados a partir del círculo del ecuador.

Siempre se mide hacia el Norte o hacia el Sur.

1.10.2 Longitud

Es la distancia en grados, entre cualquier meridiano y el Meridiano de Greenwich, que es un punto universal de referencia. En la esfera terrestre, los meridianos se han trazado a intervalos de 10°. La longitud se mide exclusivamente hacia el Este o hacia el Oeste. Como hay 180 meridianos en cada hemisferio, la mayor longitud que se puede medir en cada uno es de 180°, tanto en dirección este como en dirección oeste. Cualquier punto ubicado en la superficie de nuestro planeta se encuentra ubicado en el cruce de un paralelo (latitud) y un meridiano (longitud). Si se indica la latitud y la longitud de un lugar, se puede obtener su localización exacta.

1.11 Receptor GPS ¹³

1.11.1 GPS U-BLOX LEA 5S

La tarjeta de desarrollo Smart GPS contiene su principal elemento y núcleo del sistema que se basa en la quinta generación de motor de posicionamiento de u-blox, llamado u-blox 5S, que asegura un rendimiento de adquisición de menos de un segundo.

Estos versátiles y autónomos receptores GPS combinan múltiples funcionalidades con opciones de conexión flexibles. Su fácil integración resulta en una entrada en el mercado acelerada para una amplia gama de aplicaciones automotoras, industriales y de consumo con requisitos estrictos a nivel de tamaños y costos. En la Figura 1.9 se muestra el Chip del GPS U_blox LEA 5s



Figura 1.9 Chip U-blox 5S

U-blox 5S ofrece una adquisición ultra rápida gracias a su arquitectura GPS de 50 canales con más de 1 millón de correladores y motores de adquisición separados, capaces de gigantescas búsquedas en paralelo. No sólo ofrece 50 canales, sino que aseguran que al combinarlo con el AssistNow A-GPS (GPS Asistido) necesita sólo un segundo en adquirir la señal. Estos receptores de quinta generación tienen un diseño LEA estandarizado, lo que permitirá que su instalación en automóviles, aparatos industriales y de consumo sea muy sencilla.

¹³ http://www.morninghan.com/pdf/LEA-5x_Data_Sheet%28GPS.G5-MS5-07026%29.pdf

Al contrario de lo que sucede con dispositivos antiguos, el firmware puede ser actualizado, lo que permitirá incorporar mejoras sin mayor problema. Este receptor no tienen plomo y su temperatura industrial oscila entre los -40 y 85 °C. Su pequeño factor de forma y la tecnología de montaje superficial permiten un proceso de montaje completamente automático con equipamiento estándar "pick-and-place" y un método de soldadura por horno de modo que hace posible una producción rentable y de gran volumen.

Las tarjetas de desarrollo Smart GPS U-blox LEA-5S son muy rápidas y ofrecen una impresionante sensibilidad de adquisición y localización de -160 dBm. Estas características, junto con el pequeño tamaño del módulo y su bajo costo hacen que estos módulos resulten ideales para aplicaciones de consumo de masa con capacidades GPS.

1.11.2 Características Principales Smart GPS

En la Tabla 1.6 se describen las principales características del módulo Smart GPS.

Tabla 1.6 Características Principales de la Tarjeta de Desarrollo

PARAMETROS	DESCRIPCIÓN
Receptor de Canal	50 canales
Sensibilidad	-160dBm
Interface	UART, USB, DDC, I2C
Arranque en frío	29 seg.
Tiempo A Primero Apuro (TTFF)	<1 seg.
Antena	Activa y Pasiva
Nivel de tensión	4 Hz
Alimentación	120mW , 3.3 V
Temperatura de operación	-40° C a 85° C

En la Figura 1.10 se muestra un módulo GPS montado en una tarjeta de desarrollo, la cual puede interactuar con otros dispositivos,

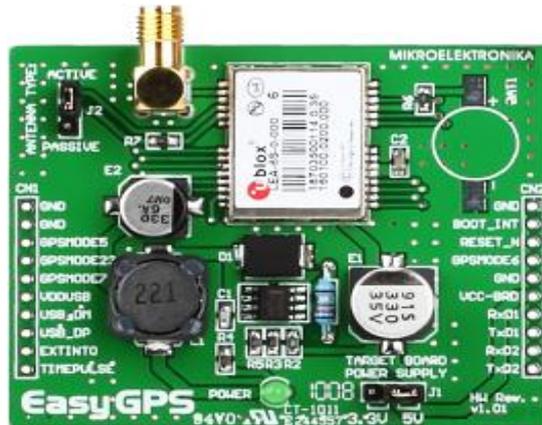


Figura 1.10 Tarjeta de Desarrollo Smart GPS

1.11.3 Limitaciones

- Tiene poca capacidad de recepción de señales del módulo GPS dentro de espacios cerrados. No funciona muy bien en instalaciones cuyas paredes sean gruesas o que no tengan ventanas.
- La tarjeta de desarrollo requiere de una alimentación superior a los 5 voltios de corriente directa y puede soportar hasta 25 voltios de corriente directa
- La precisión de este dispositivo es de aproximadamente 5 a 10 metros, en menores distancias la lectura no representa variaciones.

1.12 Microcontroladores ¹⁴

1.12.1 Generalidades

Los microcontroladores son dispositivos que al ser programados son capaces del gobierno o control de uno o varios procesos que requieran el procesamiento de datos digitales o análogos, de control y comunicación. Los microcontroladores poseen una memoria interna, la cual permite grabar el programa que registra y ejecuta diferentes instrucciones planteadas y la respuesta se obtendrá en los respectivos pórtilos del microcontrolador. Este dispositivo posee principalmente una ALU (Unidad Lógica Aritmética), Memoria de programa, Memoria de registro, Pines I/O.

En la memoria del Microcontrolador sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada según el algoritmo que le sea designado a seguir, sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de sensores y actuadores del dispositivo a controlar, una vez grabado el software y configurado el Microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada previamente.

1.12.2 Arquitectura Básica de un Microcontrolador

Inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann pero en la actualidad se impone la arquitectura Harvard. La diferencia principal entre estas dos arquitecturas consiste en que Von Neumann dispone de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta; mientras que Harvard, dispone de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. En la Figura 1.11 se muestra la arquitectura Harvard.

¹⁴ <http://www.monografias.com/indice/microcontroladores.html>

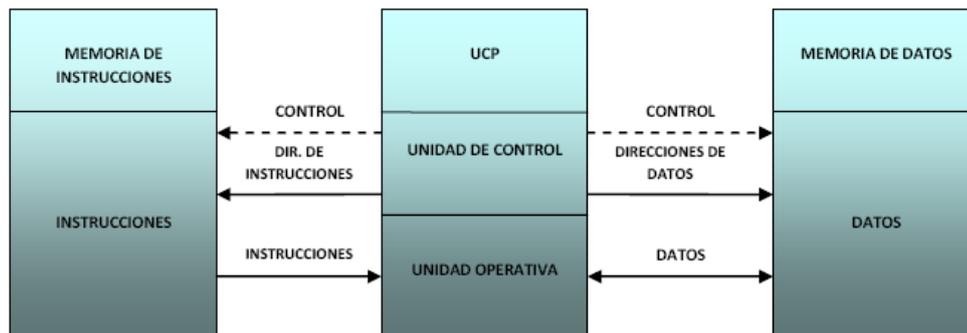


Figura 1.11 Arquitectura Harvard

1.12.3 Componentes de un Microcontrolador

Un microcontrolador al ser un dispositivo de alta integración dispone de varios componentes entre los cuales se puede citar a:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso)
- Memoria RAM
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM
- Puertos de Entrada/Salida (E/S)
- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Convertor A/D.
- Convertor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.
- Generador de impulsos de reloj.

1.12.4 Puertos de Comunicación

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microcontroladores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos. Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que se destacan:

- UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona.
- USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serial para los PC.
- Bus I2C, que es una interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.
- Puerto paralelo esclavo para poder conectarse con los buses de otros micros.

1.12.5 Microcontroladores Comerciales

En el mercado se encuentran disponibles diferentes marcas de microcontroladores cada una diseñada por su casa fabricante de acuerdo a necesidades específicas, según las aplicaciones requeridas por los usuarios. Entre las marcas más conocidas se puede citar:

- Microchip (PIC)
- Átmel
- Freescale (antes Motorola)
- Intel
- Zilog, Texas Instruments, entre otros.

1.12.6 Tipos de Microcontroladores AVR

Las familias AVR rápidamente han crecido en el mercado y se dispone de las siguientes categorías:

- TINY AVR (AT): Son microcontroladores de propósito general con memoria flash hasta 2 Kbytes y 128 bytes de memoria SRAM y EEPROM.
- AVR: Microcontroladores de propósito general con 8 Kbytes de memoria flash y 512 bytes de memoria SRAM y EEPROM.
- Mega AVR: Memoria flash hasta 256 Kbytes y 4 Kbytes de memoria SRAM y EEPROM.

Existen diferentes familias que conforman los microcontroladores y se los ha dividido de acuerdo al número de bytes que pueden procesar en la memoria de programación.

ATMEGA 48

Son microcontroladores de 28 pines con 3 puertos (B, C, D), su memoria de programa alcanza hasta 4 Kbytes (Memoria Flash), memoria no volátil EEPROM de 256 bytes, memoria interna SRAM de 512 bytes, 6 canales PWM, 6 canales ADC de 10 bits, oscilador interno RC de 128 KHz y 8 MHz y comunicación serial USART por los pines RX y TX.

ATMEGA 8

Microcontrolador de 28 pines con 3 puertos (B, C, D), su memoria de programa alcanza hasta 8 Kbytes (Memoria Flash), memoria no volátil EEPROM de 512 bytes, memoria interna SRAM de 1 Kbytes, 6 canales PWM, 6 canales ADC de 10 bits, oscilador interno RC de 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz, 8 MHz y comunicación serial USART por los pines RX y TX.

ATMEGA 16

Son microcontroladores de 40 pines con 4 puertos (A, B, C, D), en donde el puerto A posee los canales de conversión analógica a digital, su memoria de programa alcanza hasta 16 Kbytes (Memoria Flash), memoria no volátil EEPROM de 512 bytes, memoria interna SRAM de 1 Kbytes, 6 canales PWM, 8 canales ADC de 10bits, oscilador interno RC de 1 MHZ, 2 MHZ, 4 MHZ, 8 MHZ y comunicación serial USART por los pines RX y TX.

Entre los principales también existen los ATMEGA 32, ATMEGA 64, ATMEGA 164P con diferencias mínimas e internas porque tiene registros de control mucho mas avanzados.

1.13 Microcontroladores ATMEL ¹⁵

1.13.1 ATMEGA 164P

El microcontrolador ATMEGA 164P pertenece a la familia AVR, son microcontroladores RISC fabricados por ATMEL. Los AVR son CPUs con arquitectura Harvard. Los registros de entrada – salida y la memoria de datos forman un solo espacio de localidades, que se acceden mediante operaciones de carga y de almacenamiento. Las siglas AVR corresponden a los nombres de los Ingenieros creadores del microcontrolador que es fabricado por ATMEL, esta nueva tecnología proporciona todos los beneficios habituales de arquitectura HARVARD y RISC (Reduced Instruction Set Computing) o sea presentar instrucciones con complejidad reducida y memoria flash reprogramable eléctricamente a diferencia de otros que tienen tecnología CISC (Complex Instrucción Set Computing) es decir Computadora con Conjunto de Instrucciones Complejas. En la Figura 1.12 se muestra la parte física del micro.

¹⁵ <http://www.hispavila.com/3ds/atmega/indice.html>



Figura 1.12 Microcontrolador ATMEGA 164P

Sus instrucciones se ejecutan en solo un ciclo de máquina, su estructura elimina la necesidad de usar componentes externos ya que internamente tienen: osciladores, USART, SPI, resistencias Pull_up internas, modulación por ancho de pulsos (PWM), convertidor ADC, comparador analógico y cronómetros, estas solo son algunas de las características que se encuentran en este elemento.

La programación es posible realizarla en lenguaje C, Assembler, Bascom o Basic, lo que permite aumentar la eficiencia en la programación junto con un set de instrucciones mucho más poderoso que los existentes en el mercado, con instrucciones que se ejecutan en un solo ciclo de reloj. Su acelerado uso en la vida cotidiana se debe a la facilidad con la que pueden interactuar con otros periféricos, bajo costo, bajo consumo de potencia y su facilidad para ser programados.

1.13.2 Características de ATMEGA 164P

Arquitectura Avanzada RISC.

- 131 instrucciones, la mayoría de un solo ciclo de reloj de ejecución.
- 32 registros de trabajo de 8 bits para propósito general.
- Funcionamiento estático total.
- -40°C hasta 85°C.
- Multiplicador por hardware de 2 ciclos.

Voltaje de Funcionamiento

- 2.7 – 5.5V (ATmega 164P)
- 1.8 – 5.5V (ATmega 164PV)
- 200mA es la corriente máx. en los terminales VCC y GND.

Entrada para el RESET

- Para que se active cuando se polariza en cualquier instante

Terminales para el Cristal

- 0 – 20 MHz (ATmega 164P)
- 0 – 10 MHz (ATmega 164P)

Pórticos de Entrada y Salida Paralela

- Portico A (8 bits)
- Portico B (8 bits)
- Portico C (8 bits)
- Portico D (8 bits)

Comparador Analógico

- La entrada positiva es AIN0
- La negativa es AIN1

Convertor de Analógico a Digital

- 8 canales de un solo terminal
- 2 canales diferenciales con ganancia programable de x1, x10, x200
- 7 canales diferenciales solo en el encapsulado TQFP₁

Interface JTAG¹⁶ para Sistemas de Depuración

- En la depuración se tiene acceso a todos los periféricos
- Programación de la Flash, EEPROM, Fusibles y Bits de seguridad
- Depuración soportada por el AVR Studio
- Capacidad de Boundary Scan de acuerdo con el estándar JTAG.
- Soporte extendido Debug dentro del Chip.
- Programación de Flash , EEPROM, fusibles y bits de bloqueo a través de la interface JTAG.

Salida del Reloj

- Habilitación de la señal programable el fusible
- Incluye como fuente al oscilador interno RC
- Se puede utilizar el sistema pre escalable para realizar la división de la frecuencia del reloj.

Memorias de programas y de datos no volátiles de alta duración

- 16K bytes de FLASH auto programable en sistema
- 512 Bytes de EEPROM
- 1K bytes de SRAM interna
- Ciclos de escritura/borrado: 10.000 en Flash/100.000 en EEPROM
- Retención de Datos: 20 años a 85°C / 100 años a 25°C.
- Bloqueo programable para la seguridad de software.

Características de los Periféricos Internos

- Contador en Tiempo Real con Oscilador separado.
- 6 Canales para PWM.

¹⁶ JTAG (Join Test Action Group) o Boundary_Scan nombre común utilizado para la norma IEEE 1149.1 que Permiten verificar la conexión de los pines así como la funcionalidad del componente, hacer un test eléctrico d la placa buscando posibles cortos y circuitos abiertos en las pistas y soldaduras.

- Fuentes de interrupción externas e internas.
- Interface serial SPI maestro – esclavo.
- Watchdog Timer programable con oscilador independiente.
- Comparador Analógico.
- El programa de inicialización puede usar cualquier interface para descargar el programa de aplicación en la memoria flash.
- Alta flexibilidad para soluciones de control.
- Durante los llamados de interrupción y subrutinas, la dirección de regreso del contador de Programa (CP) es almacenada en la pila (stack), en la SRAM.

Temporizadores/Contadores (Timer 0-2 de 8 bits y Timer 1 de 16 bits)

- Dispone de unidades comparadoras
- Sirve como generadores de frecuencia
- Posee relojes pre escalables de 10 bits
- Permite implementar PWM

Interface Serial con Dos Líneas (TWI / I2C)

- Operación maestro / esclavo
- Puede trabajar como transmisor o como receptor
- Velocidad de transferencia hasta 400 KHz
- Longitud de la dirección de 7 bits para 127 esclavos

USART0 y USART1

- Full Duplex
- Velocidad de alta resolución
- Tramas de 5,6,7,8 o 9 bits, con 1 o 2 bits de parada
- Detector de errores de velocidad y en la trama
- Operación de maestro o esclavo en comunicaciones sincrónicas

Características Especiales del Microcontrolador

- Interrupción interna del oscilador.
- Entradas y salidas de paquetes.
- 6 modos de descanso: Idle, Reducción de ruido ADC, Power-save, Power-down, Standby y Standby extendido.
- PDIP de 40 pines.

En la Figura 1.13 se presenta una gráfica con su respectiva distribución de pines del ATMEGA 164P.

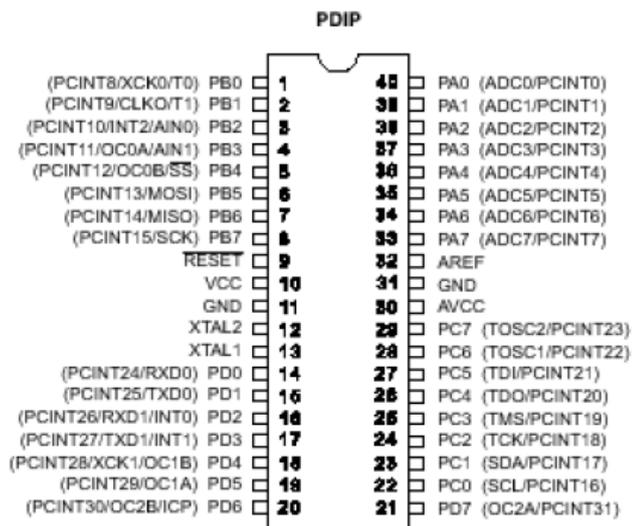


Figura 1.13 Descripción de Pines del ATMEGA 164P

1.13.3 Descripción de Pines de ATMEGA 164P

VCC – Alimentación de Voltaje principal

GND – Conexión a Tierra

Puerto A (PA0 : PA7)

El puerto A sirve como entradas analógicas para el conversor análogo digital. El puerto A también sirve como un puerto bidireccional de 8 bits con resistencia interna de pull_up (seleccionables para cada bit). El

puerto A también sirve para varias funciones especiales de ATMEGA 164P como la conversión análoga digital.

Puerto B (PB0 : PB7)

El puerto B es un puerto bidireccional de 8 bits de E/S con resistencias internas de pull_up. Este puerto sirve para varias funciones especiales como la utilización del Interface especiales como la utilización del TIMER 0 y el protocolo de comunicación USART 0 y la SPI.

Puerto C (PC0 : PC7)

El puerto C es un puerto bidireccional de 8 bits de E/S con resistencias internas de pull_up (seleccionadas por cada bit). Este puerto también sirve para las funciones de Interface del JTAG y la interface I2C.

Puerto D (PD0 : PD7)

El puerto D es un puerto bidireccional de entradas y salidas con resistencias internas pull_up (seleccionadas por cada bit). Este puerto sirve para varias funciones especiales como la utilización de los TIMERS (1,2) y la interface USART (0 , 1).

Puertos (A,B,C,D)

Estos puertos están en tri_estado cuando las condiciones de reset están activadas siempre y cuando el reloj no este corriendo. Las salidas de los buffers del puerto D tienen características simétricas controladas con sumideros de fuentes de alta capacidad.

Entrada de Reset

Un pulso de nivel bajo en este pin genera un reset, siempre y cuando el reloj no este corriendo. Pulsos cortos no son garantizados para generar un reset.

XTAL1 y XTAL2

Oscilador y para el circuito de operación del reloj interno (20 MHz).

AVCC

Alimentación de voltaje para el pin del Puerto F y el convertor análogo a digital. Este debe ser conectado externamente a Vcc, siempre y cuando el ADC no sea usado. Si el ADC es usado, este deberá ser conectado a AVCC a través de un filtro pasa bajo.

AREF: Referencia para el pin de la conversión análoga digita

1.13.4 Arquitectura Interna

En la siguiente Figura 1.14 se muestra la organización interna del microcontrolador ATMEGA 164P, expresada mediante diagramas de bloques.

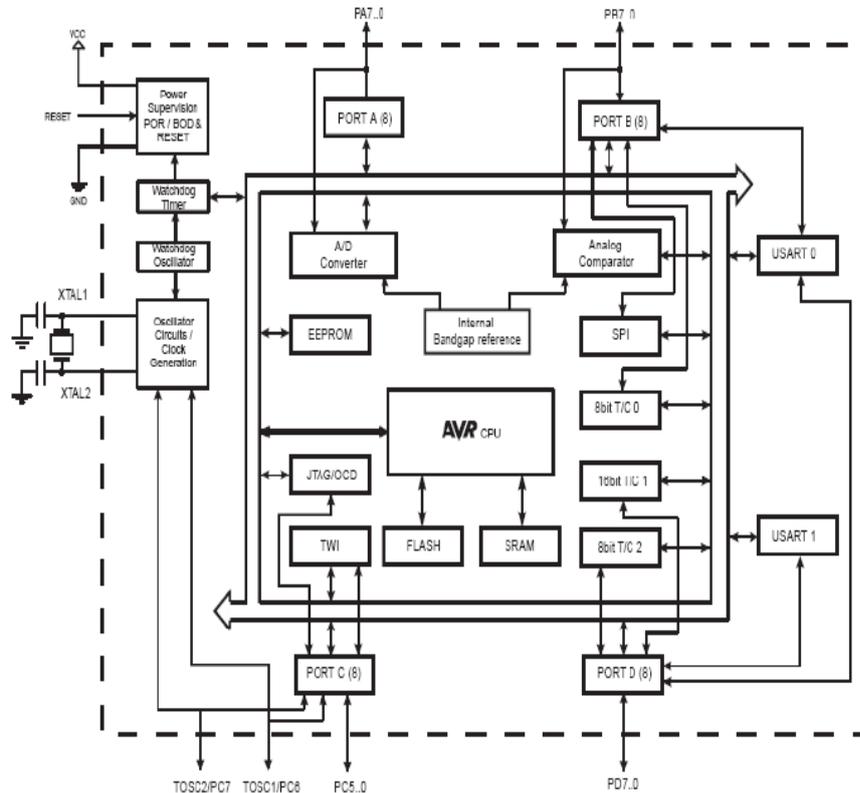


Figura 1.14 Estructura Interna del Microcontrolador ATMEGA 164P

También se muestra la parte central del CPU de los AVR detallada en la Figura 1.15.

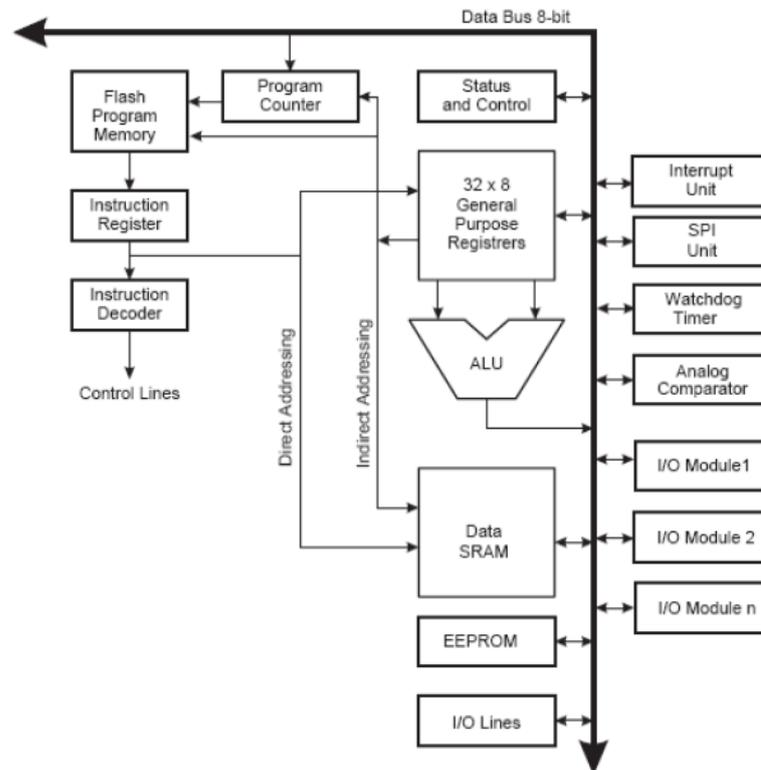


Figura 1.15 Arquitectura del CPU de los AVR

1.14 Tarjetas de Memoria MMC / SD ¹⁷

1.14.1 Memoria SD

Las memorias flash son de carácter no volátil, esto significa, que no es necesario mantener la alimentación para conservar la información, siendo una característica muy valorada para la multitud de usos en los que se emplea este tipo de memoria. Se usan principalmente en pequeños dispositivos como: teléfonos móviles, pequeños electrodomésticos, cámaras de fotos digitales, reproductores de audio, etc. En la Figura 1.16 se muestra una tarjeta de memoria SD.

¹⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Secure_Digital



Figura 1.16 Tarjeta de Memoria SD

Las capacidades de almacenamiento de estas tarjetas que integran memorias flash comenzaron en 32 MB pero actualmente se pueden encontrar en el mercado tarjetas de hasta 32 GB por parte de la empresa Panasonic en formato SD. Además, ofrecen características como gran resistencia a los golpes, bajo consumo y es muy silencioso, ya que no contiene ni actuadores mecánicos ni partes móviles. Su pequeño tamaño también es un factor determinante a la hora de escoger un dispositivo portátil, así como su ligereza y versatilidad para todos los usos hacia los que está orientado.

En la actualidad las más destacadas son las tarjetas MMC y las SD, ya que pueden usarse en la mayoría de aparatos que requieran de almacenamiento de información, pudiendo retirarse fácilmente para leerse en un PC. Sin embargo, todos los tipos de memoria flash sólo permiten un número limitado de escrituras y borrados, generalmente entre 10.000 y un millón, dependiendo de la celda, de la precisión del proceso de fabricación y del voltaje necesario para su borrado. En la Figura 1.17 se muestra memorias flash más renombradas en el mercado.



Figura 1.17 Distintos tipos de tarjetas de memoria Flash

Las tarjetas MMC y SD son compatibles en funcionamiento, siendo la única diferencia que en los dispositivos con ranuras SD se pueden utilizar tarjetas MMC ya que éstas son más finas, pero las tarjetas SD no caben en ranuras MMC. Estas tarjetas contienen chips de memoria flash diseñados especialmente para su uso como medio de almacenamiento. Además de esto, las tarjetas incluyen un controlador inteligente que administra diferentes protocolos de comunicación, algoritmos de seguridad para la protección contra copia no autorizada de la información almacenada, algoritmos de corrección de errores de código, manejo de defectos, diagnósticos, y administración de potencia.

1.14.2 Estructura Interna

Las tarjetas SD poseen 9 pines, de los cuales uno es de reloj (CLK), otro es para los comandos, cuatro son de datos y los tres restantes son de alimentación como se muestra en la Tabla 1.7 y 1.8, para la MMC son 7 pines la única diferencia respecto a la SD es que posee sólo dos pines para datos. El rango de voltaje de alimentación permitido es de 2.7 a 3.6 V.

Tabla 1.7 Comparación SD vs MMC

DISTRIBUCIÓN DE PINES SD vs MMC	
Las SD tienen una interfaz de 9 pines:	Las MMC tienen una interfaz de 7 pines:
1 línea de reloj (<i>CLK</i>)	1 línea de reloj (<i>CLK</i>)
1 de comandos(<i>COMMAND</i>)	1 de comandos (<i>COMMAND</i>)
4 líneas de datos (<i>DATA</i>)	2 líneas de datos (<i>DATA</i>)
3 líneas de alimentación	3 líneas de alimentación.

Tabla 1.8 Pines de memoria SD

PIN No	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	CD (CS)	Selección de chip
2	CMD(Data In)	Entrada de datos
3	VSS	Tierra
4	VCC	Fuente de alimentación
5	CLK	Reloj (SPI)
6	VSS	Tierra
7	DAT0 (D0)	Salida de datos
8	DAT1	Salida de datos
9	DAT2	Salida de datos

En este tipo de tarjetas se ha guardado compatibilidad donde mayormente solo son diferentes en el proceso de inicialización. Las especificaciones fueron originalmente definidas por Matsushita, Toshiba y La Corporación Sandisk.

Internamente, la tarjeta posee chips de memoria flash como medio de almacenamiento. Actualmente son controladas por La Asociación Secure Digital (SDA). En la Figura 1.18 se muestra la estructura básica e interna de la memoria SD:

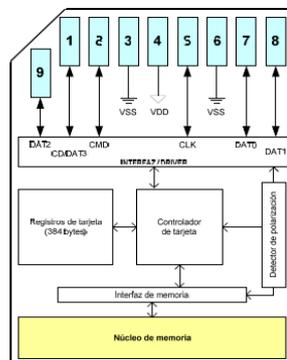


Figura 1.18 Estructura Interna de la Tarjeta SD

- **CS.** Permite al controlador seleccionar la tarjeta sobre la cual quiere operar, así cuando CD vale 0 la tarjeta se encuentra seleccionada y lista para operar.
- **CI.** Es la entrada de datos serie a la tarjeta y debe estar conectada a la salida de la interfaz SPI del controlador.
- **DO.** Es la salida de datos serie de la tarjeta y debe estar conectada al pin de la interfaz SPI del controlador.
- **CLK.** Es la señal de reloj generada por el controlador y es la que marca el ritmo de transferencia de la información serie entre ambos, así los datos se capturan o transmiten por la tarjeta dependiendo de esta señal.
- **VCC.** Es el Pin de alimentación
- **VSS1 y VSS2.** Son los pines de masa.
- **D 1 y D2.** No se utilizan en el modulo SPI

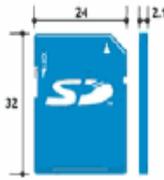
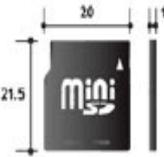
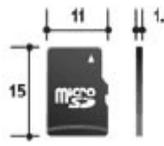
Los datos son accesibles a una velocidad de transferencia de 2Mb/s con la posibilidad de ir hasta 10 Mb/s. El tiempo de acceso a la tarjeta es de alrededor de 25us para el primer acceso y de 50ns para los ciclos posteriores

1.14.3 Estructura de las Memorias SD

Las memorias flash SD (Secure Digital), son dispositivos de almacenamiento masivo de datos digitales no volátiles implementados sobre material semiconductor.

Las tarjetas SD se dividen en dos tipos principales: Estándar y HC (High Capacity) o alta capacidad. Existen tres tipos de memorias SD diferenciadas principalmente por su tamaño físico, y se detallan en la Tabla 1.9.

Tabla 1.9 Características físicas de los tipos de memoria flash SD

Tipo	SD	miniSD	microSD
Tamaño			
Area	768 mm ²	430 mm ²	165 mm ²
Volumen	1,613 mm ³	602 mm ³	165 mm ³
Espesor	2.1 mm	1.4 mm	1.0 mm
Peso	Aprox. 2g	Aprox. 1g	Aprox. 0.5g
Número de pines	9 pines	11 pines	8 pines
Sistema de archivos	FAT16/32	FAT16/32	FAT16/32
Voltaje de operación	2.7V - 3.6V	2.7V - 3.6V	2.7V - 3.6V
Protección contra escritura	SI	NO	NO
Protección copyright	SI	SI	SI
Compatibilidad	-	SI (con adaptador)	SI (con adaptador)
Capacidad (estándar)	Hasta 2 GB	Hasta 2 GB	Hasta 2 GB
Capacidad (HC)	4 - 32GB	4 - 32GB	4 - 32GB

1.14.4 Características Principales

La familia de tarjetas SD soportan las siguientes características:

- Almacenamiento de 2GB en tarjetas estándar y hasta 32GB en HC
- Soporta protocolo SD (1bit y 4bit de transferencia)
- Soporta modalidad SPI
- Rango de voltaje:
 - Comunicación básica: 2.0 – 3.6V
 - Otros comandos y acceso a memoria: 2.7 – 3.6V
- Tasa de transferencia variable 0 – 25Mhz
- Tasa de transferencia hasta 12.5MB/sec (utilizando 4 líneas de datos)

- Máxima tasa de transferencia con hasta 10 tarjetas
- Corrección de errores de campo
- Mecanismo de protección de Copyright
- Protección con contraseña (algunas tarjetas)
- Mecanismos de protección contra escritura temporal y permanente

La especificación de durabilidad para cada sector de memoria es de 100.000 ciclos de escritura (la lectura de sector es ilimitada). Dicha capacidad excede el tiempo de vida útil de los dispositivos donde se utiliza la memoria (como celulares, multimedia players, cámaras, etc). Como ilustración se puede mencionar que para malograr un sector de memoria se tendría que reescribir datos 3 veces por hora, durante 8 horas, los 365 días del año durante 10 años.

Las tarjetas SD soportan la “Inserción en Caliente” (Hot Insertion), es decir que a diferencia de las memorias flash USB, una expulsión por medio de software no es necesaria, ya que internamente la tarjeta posee circuitería de encendido y apagado de sistema automático; así como físicamente los electrodos de alimentación en el zócalo de la tarjeta son lo suficientemente extensos como para mantener la alimentación mientras los demás pines se conectan o desconectan adecuadamente.

Existe también la modalidad de bajo consumo de energía automático (Sleep) que se pone en funcionamiento cuando ningún comando ha sido detectado desde el host luego de 5ms. El host no tiene que realizar ninguna acción para que esto ocurra, de la misma manera que para salir de esta modalidad. Estos procesos son autónomos en la memoria.

1.15 Módulo uALFAT_SD ¹⁸

1.15.1 Descripción

Este módulo es capaz de gestionar el sistema de archivos FAT16/32 de una tarjeta SD. Es una solución perfecta para realizar un datalogger o para almacenar música e imágenes (Figura 1.19).



Figura 1.19 Módulo uALFAT_SD

Este integrado incluye en un chip: un sistema de archivo FAT (FAT16/FAT32) y controladores USB/SD; por lo tanto con un mínimo de componentes externos funciona con normalidad. Para realizar la comunicación sólo es necesario un microcontrolador (PIC, AVR, etc) que pueda manejar: UART, SPI o I2C. μ ALFAT-SD usa UART, I2C o SPI para comunicarse con cualquier microcontrolador externo. Al configurar los pines SPI_SSEL y SPI_SCK me permite determinar qué interfaz a usar. En la Tabla 1.10 se describe los estados para establecer una interfaz de comunicación:

Tabla 1.10 Configuración para establecer comunicación

SPI_SSEL	SPI_SCK	INTERFAZ
0	0	UART
1	0	I2C
1	1	SPI

¹⁸ <http://www.ghielectronics.com/downloads/uALFAT/uALFAT%20Manual.pdf>

1.15.2 Aplicaciones

- Data logger
- Almacenamiento de música, fotos
- Históricos de sensores

1.16 Reloj en Tiempo Real (RTC)

El RTC acrónimo de Real Time Clock o reloj en tiempo real, se ha constituido en una herramienta de mucha utilidad para sistemas que usan aplicaciones de temporización industrial o en sistemas en los cuales se debe detectar eventos y la hora en la que ocurrieron. En la Figura 1.20 se muestra físicamente al temporizador RTC.

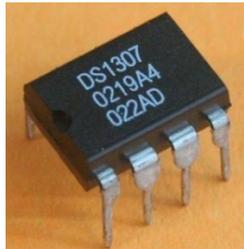


Figura 1.20 Temporizador RTC (DS 1307)

El DS1307 Real-Time-Clock Serie, es un dispositivo de bajo consumo de energía, completo con código binario decimal (BCD), reloj/calendario más 56 bytes de NV (No volátil) RAM, las direcciones y datos son transferidos a través de 2 hilos serie, bus bidireccional. El reloj/calendario provee información de segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año. El final de fecha de mes se ajusta automáticamente durante meses menores de 31 días, incluyendo correcciones para el año bisiesto. El reloj funciona en cualquiera formato de 24 horas o en 12 horas con indicador AM/PM.

El DS1307 tiene incorporado un circuito de sensor de tensión que detecta fallas de energía y cambia automáticamente al suministro de batería de respaldo.

Algunas de sus características principales son:

- El DS1307 es un RTC serial que procesa la información de los segundos, minutos, horas, día del mes, día de la semana, mes y año.
- El ajuste para la duración de los meses, incluso en los años bisiestos, es realizado por el propio circuito y es válido hasta el año 2100.
- Contiene 56 bytes de NVRAM (memoria RAM NO Volátil) para almacenamiento de datos.
- Permite la operación en modo de 24 y 12 horas.
- Al presentar fallos en la alimentación (Vcc) el DS1307 cambia automáticamente al modo de operación con batería para no perder su configuración. Su consumo en esta condición, es menor de 500nA.
- Puede generar una señal de onda cuadrada de frecuencia programable.
- Rango de temperatura Industrial Opcional: -40 ° C a +85 ° C
- Interface Serie I2C.
- Detector Automático Fallo-Energía y Circuito Conmutacional.

1.16.1 Selección del Temporizador RTC

Su funcionamiento se basa en un chip, el mismo que genera los pulsos a partir de un cristal de cuarzo, es manejado por un microcontrolador usando el protocolo I2C, y posee una fuente propia que le permite mantenerse funcionando a pesar de que el microcontrolador esté inactivo.

Existe una gran gama de integrados que cumplen la función de RTC, siendo, el DS 1307 uno de los chips más usados para esta clase de aplicaciones. En la Figura 1.21 se muestra la distribución de pines de nuestro integrado a utilizarse.

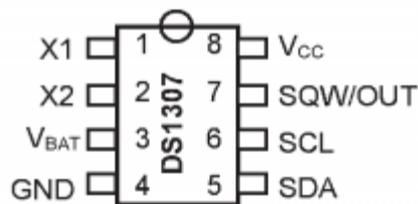


Figura 1.21 Distribución de Pines (DS1307)

El circuito integrado DS1307 tiene dos características interesantes. El pin 7 es una salida de colector abierto, que oscila a 1Hz. Esto permite la colocación de un led como indicador de segundos en aplicaciones de reloj. El circuito integrado también tiene 56 bytes de memoria RAM para propósito general, el cual puede ser usado como memoria extra.

Tabla 1.11 Características del DS 1307

PIN No	Descripción	Características
1	X1	Oscilador input
2	X2	Oscilador output
3	Vbat	Batería - 3V
4	GND	Ground
5	SDA	Serial Data Input/Output
6	SCL	Serial Clock Input
7	SQL/OUT	Square Wave / Output Driver
8	VCC	Fuente primaria - 5V

En la Tabla 1.11 se muestran las principales características del RTC a utilizarse, donde el pin 5 es el dato Input/Output para la interface I2C y el pin 6 es la entrada del reloj para el I2C y es usado para sincronizar el movimiento de datos en el puerto serie.

1.17 Pantalla de Cristal Líquido (LCD) ¹⁹

Es una pantalla de cristal líquido que visualiza unos ciertos caracteres. Para poder hacer funcionar un LCD, debe de estar conectado a un circuito impreso en el que estén integrados los controladores del display y los pines para la conexión del display. Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD en sí, rodeado por una estructura metálica que lo protege (Figura 1.22). En total se pueden visualizar 2 líneas de 16 caracteres cada una, es decir, $2 \times 16 = 32$ caracteres.



Figura 1.22 Pantalla de Cristal Liquido – LCD 16x2

A pesar de que el display sólo puede visualizar 16 caracteres por línea, puede almacenar en total 40 por línea. Es el usuario el que especifica qué 16 caracteres son los que se van a visualizar. Tiene un consumo de energía de menos de 5mA y son ideales para dispositivos que requieran una visualización pequeña o media.

1.17.1 Descripción de Pines del LCD

En la Tabla 1.12 se muestra la asignación de pines en una pantalla LCD 16x2.

¹⁹ <http://www.MikroElektronika.com/download/lcd.pdf>

Tabla 1.12 Descripción de pines del LCD

1	VSS	Nº de PIN	Símbolo	Descripción
2	VDD	1	VSS	Masc
3	VC	2	VDD	Alimentació
4	RS	3	VC	Voltaje de ajuste del contraste
5	R/W	4	RS	Selección de registrc Lectura/escriturc
6	E	5	R/W	Enable
7	D0	6	E	Bit de datos menos significativc
8	D1	7	D0	Bit de dato:
9	D2	8	D1	Bit de dato:
10	D3	9	D2	Bit de dato:
11	D4	10	D3	Bit de dato:
12	D5	11	D4	Bit de dato:
13	D6	12	D5	Bit de dato:
14	D7	13	D6	Bit de dato:
		14	D7	Bit de datos mas significativc

- Los pines 1 y 2, son los utilizados para la alimentación del módulo LCD. La tensión utilizada es de 5 voltios.
- El pin 3 se utiliza para ajustar el contraste de la pantalla LCD. Por medio de un potenciómetro regularémos la intensidad de los caracteres, a mayor tensión mayor intensidad. Se suele utilizar un potenciómetro de unos 10 o 20 k, que regulará la misma tensión que se utiliza para la alimentación.
- El pin 4 se utiliza para indicar al bus de datos si la información que le llega es una instrucción o por el contrario es un carácter. Si RS=0 indicara que en el bus de datos hay presente una instrucción, y si RD=1, indicará que tiene un carácter alfanumérico.
- El pin 5 es el de escritura o lectura. Si esta a 0 el módulo escribe en pantalla el dato que haya en el bus de datos, y si esta a 1 leeremos lo que hay en el bus de datos.
- El pin 6 es el indicado de hacer que el módulo LCD funcione, o por el contrario no acepte órdenes de funcionamiento. Cuando E=0 no se podrá utilizar el display y cuando E=1 se podrán transferir datos y realizar las demás operaciones.
- Las pines del 7 al 14 son los del bus de datos.

1.18 Sistema de Información Geográfica (GIS) ²⁰

Un Sistema de Información Geográfica (GIS, Geographic Information System) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica.

La información geográfica puede ser consultada, transferida, transformada, superpuesta, procesada y mostrada utilizando numerosas aplicaciones de software. Dentro de la industria, empresas comerciales como ESRI, Intergraph, Mapinfo, Autodesk o Smallworld ofrece un completo conjunto de aplicaciones. Aunque existen herramientas gratuitas para ver información geográfica, el acceso del público en general a los geodatos está dominado por los recursos en línea como Google Earth y otros basados en tecnología web mapping.

La información geo-referenciada, está cada vez más presente en nuestras vidas. No sólo porque la disponibilidad de mapas digitales actualizados de cualquier lugar del planeta sea cada vez mayor, sino porque tenemos ahora a nuestra disposición potentes herramientas informáticas que hacen un uso intensivo de esta información para múltiples tareas en todo tipo de entornos y dispositivos.

La gran explosión de aplicaciones cartográficas en la Web como Google Earth/Maps o Virtual Earth, el éxito de los navegadores GPS de los automóviles, servicios de localización y gestión de flotas, son algunos de los ejemplos que demuestran la gran utilidad de “estar localizado”. Algunas de ellas, como Google Maps, proporcionan incluso el API que permite a los usuarios crear sus propias aplicaciones personalizadas a

²⁰ <http://www.wikipedia-SIG/GIS.com>

partir de unas cartografías y unas imágenes aéreas o de satélite de referencia. Lo específico del GIS reside en su capacidad para almacenar grandes masas de información georeferenciada y analizarla, de modo que pueda abordar problemas de planificación y gestión de todo tipo y ayudar en la toma de decisiones. Por eso se produce cada vez con más frecuencia el error de llamar GIS a cualquier aplicación que utilice un mapa digital, como si ambos fueran conceptos equivalentes. En realidad un mapa no es más que uno de los tipos de productos que un SIG puede generar.

Un GIS contiene una colección de mapas de la misma porción del territorio, donde la localización de un punto tiene las mismas coordenadas en todos ellos. Es decir, cada dato del GIS está referido a una capa que se puede superponer a las demás.

Originalmente hasta fines de los 90, cuando los datos de GIS se localizaban principalmente en grandes ordenadores y se utilizan para mantener registros internos, el software era un protocolo independiente. Sin embargo, con el mayor acceso a Internet y a la demanda de datos geográficos distribuidos, el software GIS ha cambiado gradualmente su perspectiva hacia la distribución de datos a través de la red.

1.18.1 Sistema GIS Aplicados a la Navegación GPS

La tecnología de posicionamiento global (GPS), los sistemas de información geográfica (GIS), y el internet han revolucionado la cartografía en general. Los datos geográficos son recolectados con herramientas digitales que proveen de información exacta y variada para crear mapas digitales de todo tipo. Los mapas digitales pueden incluir distintos tipos de información dentro de una misma plataforma, como: carreteras, ríos, fotografías, rutas, censos, historia, entre otros.

1.18.2 Componentes de un GIS

Como cualquier sistema de información, un GIS no se trata sólo de un programa informático sino que debe conjugar otros elementos que hacen posible su funcionamiento. Estos son los llamados componentes de un GIS:

- **Equipos (hardware):** Computadores que operan el SIG. En la actualidad se pueden ejecutar en una gran variedad de plataformas: servidores, computadores de escritorio (desktop), portátiles, PDA, etc. en configuraciones de red o desconectados.
- **La red:** Las comunicaciones a través de la red permiten la conexión e interoperabilidad de Sistemas y equipos entre sí. La utilización de conexiones de alta velocidad para la transmisión de datos así como las nuevas arquitecturas orientadas a servicios han abierto múltiples posibilidades al mundo de los GIS.
- **Programas (software):** Los programas de GIS proveen de las herramientas y de la funcionalidad que son necesarias para el tratamiento de la información. Entre otras cosas, permiten la entrada y manipulación de datos, la administración de la base de datos, operaciones de búsqueda, análisis y visualización, etc.
- **Un conjunto de datos geográficos:** Probablemente el componente más importante del sistema. De la calidad de los mismos dependerán en gran medida los resultados obtenidos. Los datos pueden proceder de la misma organización, adquirirse o incluso utilizarlos de terceros on-line, mediante la utilización de servicios Web estandarizados.
- **Recursos humanos:** El personal adecuado que trabaje con el Sistema. Por una parte se requiere un perfil técnico que sepa utilizar las herramientas, desarrollar nuevas funcionalidades o

administrar los datos. Es preciso además tener un buen conocimiento de los datos que se manejan y su naturaleza.

- **Organización y procedimientos:** Todo GIS debería operar de acuerdo a una organización y unos métodos de funcionamiento acordados.

1.18.3 Técnicas Utilizadas en los GIS

Las modernas tecnologías GIS trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de [diseño asistido por ordenador](#) (DAO o CAD) con capacidades de georeferenciación.

Dada la amplia disponibilidad de [imágenes ortorectificadas](#) (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización.

1.18.4 Representación de Datos

Los [datos de GIS](#) son datos espaciales que hacen referencia a ubicaciones geográficas reales de la Tierra. Hay dos tipos de datos de GIS y ambos se pueden importar: datos vectoriales y datos rasterizados. Los datos vectoriales contienen puntos, líneas y polígonos que representan los objetos de un mapa. En los datos [vectoriales](#), el interés de las representaciones se centra en la [precisión](#) de localización de los elementos geográficos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Los conjuntos de datos rasterizados son rejillas regulares de datos que pueden representar

imágenes como fotografías aéreas o por satélite, superficies continuas como los modelos de elevación o clases temáticas como la cubierta terrestre o los mapas de hábitats, los datos raster se compone de filas y columnas de celdas, cada celda almacena un valor único. Los datos raster pueden ser imágenes (imágenes raster), con un valor de color en cada celda (o píxel).

Los SIG que se centran en el manejo de datos en formato vectorial son más populares en el mercado. No obstante, los SIG raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (Figura 1.23).

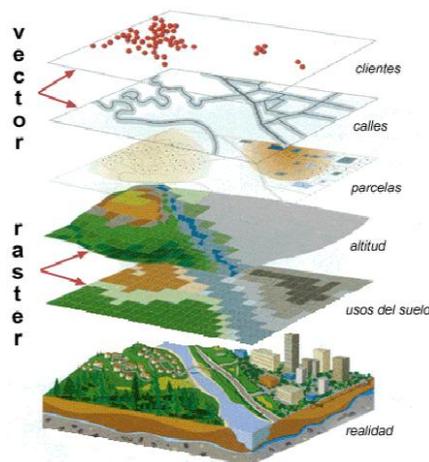


Figura 1.23 Tipos de representación de datos

1.18.5 Google Earth

El Google Earth es una aplicación de acceso gratuito (disponible solamente para el Sistema Operativo MS Windows) que permite obtener información variada acerca de una región determinada conocida como información georeferenciada (Figura 1.24), que es la información de un punto específico sobre un mapa. Google Earth provee información como,

la posición dada en latitud y longitud, el mapa de la región desde una vista satelital, información sobre nombres de ciudades y lugares naturales. También dispone de información en 3D de algunas localidades de EEUU.



Figura 1.24 Pantalla principal de Google Earth

Este programa se instala como una aplicación gratuita, que es una versión limitada, dándole la facilidad de acceder a un servidor, en calidad de cliente. Se necesita contar con una conexión a internet, con una buena velocidad de descarga, ya que los mapas de esta aplicación se descargan en tiempo real, y permite al usuario navegar por imágenes de satélite de toda la tierra y observar millones de datos geográficos.

Todas las imágenes y los datos que se muestran en las herramientas están albergados en los servidores de Google, y no se instalan en ningún momento en el ordenador del usuario. La resolución de estas imágenes de satélite varía en función de la zona donde se desee ubicar las coordenadas. Ciudades como Madrid, Barcelona, Mexico DF, Lima o Santiago de Chile están con 70 cm por pixel. Otras (todas estadounidenses) como Boston o Chicago, con 30.5 cm/pixel, y otro grupo como Washington, Nueva York o Los Angeles, con 15.2 cm/pixel.

También hay zonas, en las cuales no hay apenas poblaciones, en las que la resolución es bastante baja.

Las imágenes que muestra 'Google Earth' son obtenidas de la compañía Digital Globe, la cual dispone de un satélite llamado QuickBird (lanzado al espacio en octubre de 2001), y cuyas imágenes vende a cualquier cliente del mundo.

En la Figura 1.25 se muestra un ejemplo de cómo se puede obtener la posición de un punto seleccionado, en este caso es la ESPE sede Latacunga, asociado con sus coordenadas geográficas.

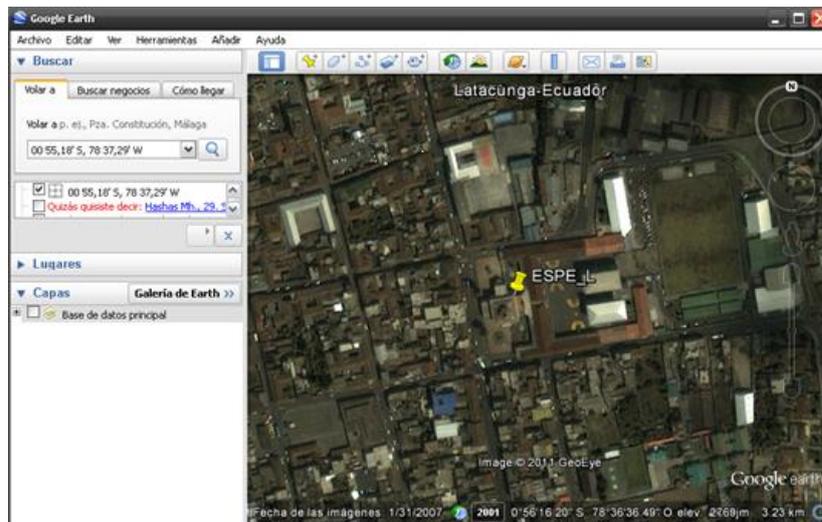


Figura 1.25 Coordenadas Geográficas de la ESPE_L

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

2.15 INTRODUCCIÓN

Una vez revisado los conceptos básicos, expuestos en el capítulo anterior se procede con el diseño y construcción del sistema, detallando las características electrónicas y explicando cada una de las partes que conforma el proyecto.

Este monitoreo vehicular pasivo lleva un registro de la ubicación geográfica, velocidad, altitud, fecha y hora en la que el vehículo haya recorrido una ruta. Luego de obtenido este registro, se desplegarán sus datos utilizando una aplicación GIS (Google Earth), en una PC. En la Figura 2.1 se muestra el diagrama de bloques general del hardware el cual posee su elemento principal que es el microcontrolador ATMEGA 164P y sus dispositivos secundarios que son la tarjeta de desarrollo Smart GPS y módulo uALFAT-SD.



Figura 2.1 Diagrama de Bloques General del Hardware

2.16 Diseño del Prototipo Electrónico

Para tener una concepción global del prototipo electrónico implementado, se lo ha dividido en varias partes otorgando una mejor visión del mismo. En la Figura 2.2 se muestra un diagrama de bloques básico del proyecto.

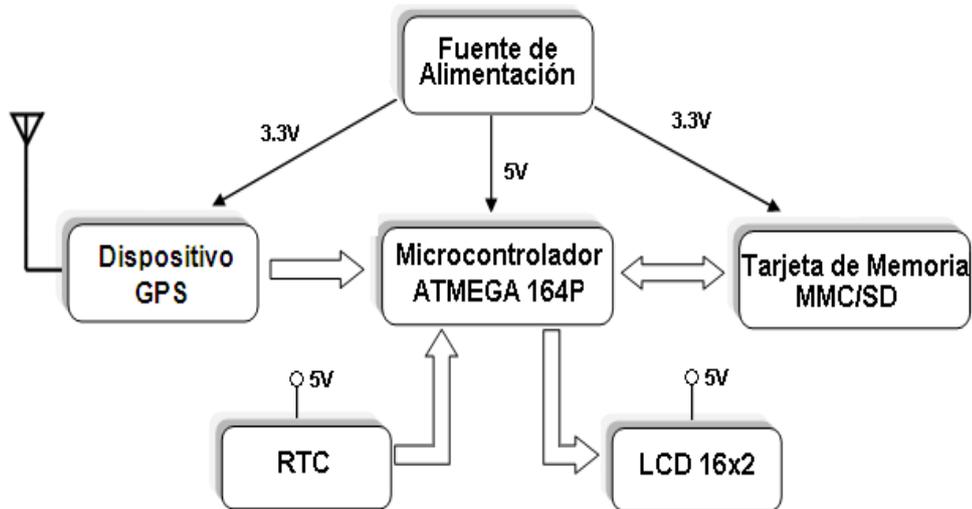


Figura 2.2 Diagrama de Bloques del Módulo Electrónico

El diseño del hardware consta de las siguientes partes fundamentales las cuales se indica a continuación:

- Fuente de alimentación.- Circuito mediante el cual se provee al módulo con los diferentes valores de voltaje para su funcionamiento.
- Tarjeta de Desarrollo Smart GPS.- Módulo encargado de recoger las tramas del espacio para el posicionamiento geográfico del vehículo.
- Módulo uALFAT–SD.- Módulo capaz de gestionar el sistema de archivos FAT16/32 de una tarjeta SD, y grabar en la misma memoria Flash, los datos geográficos recolectados.
- Microcontrolador. Elemento que realiza la lectura del GPS cada cierto intervalo (5 seg.), separa los argumentos, controla fecha y hora del RTC, envía datos a la tarjeta SD y dispone al usuario el LCD para la visualización.
- Reloj de Tiempo Real (RTC).- Integrado diseñado para dar la fecha y hora sin perder su información.

- Pantalla de Cristal Líquido (LCD).- Elemento de 32 caracteres controlado por los puertos (PB) del microcontrolador para visualizar los parámetros de funcionamiento del sistema.
- Periféricos de Entrada.- Pulsadores normalmente abiertos para el control del sistema.
- Aplicación GIS.- El sistema Google Earth nos da la posibilidad de desplegar la información, almacenado en la tarjeta SD.

2.17 Sistema de Energización

2.17.1 Alimentación Principal

La alimentación principal debe tener la capacidad de suministrar la energía necesaria hacia todo el prototipo, es decir:

- Dispositivo GPS y módulo uALFAT-SD con 3.3V
- Microcontrolador ATMEGA 164P, RTC y LCD con 5V

Tomando la batería del automóvil, los 12 Vdc que en realidad son (13.4 a 14.5)Vdc ingresa por la bornera J1 (Fuente), la misma que llega a los extremos no polarizados del puente de diodos (BR1) el cual cumple la función de rectificar el voltaje de entrada (V_s), cualquiera que sea su polaridad, para que en la salida ($V_o=12Vdc$) se obtenga un voltaje positivo ya rectificado, este pasa por un condensador $C7= 2200\mu f$, que sirve como filtro para estabilizar la señal y evitar ruidos proveniente de la fuente de alimentación, todo esto conlleva a un indicador LED ROJO (D7) y otro indicador LED VERDE (D6), que me indican que el circuito esta conectado a la fuente principal.

En la Figura 2.3 se muestra el diagrama electrónico de la Alimentación Principal.

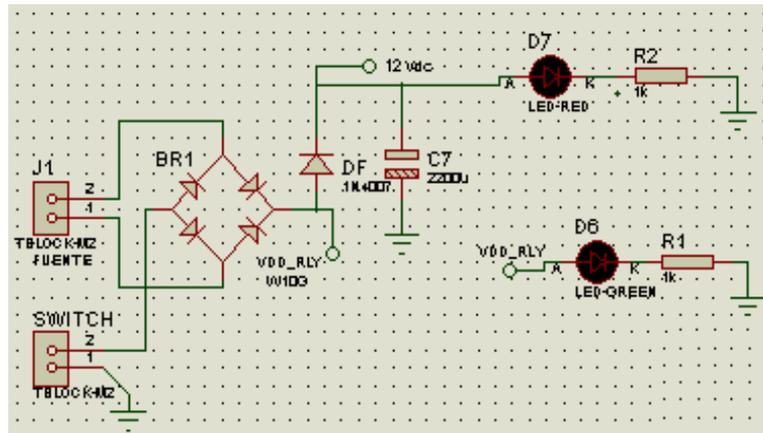


Figura 2.3 Diagrama Eléctrico de la Alimentación Principal

Adicional a esto, este circuito consta con un diodo (DF) de seguridad, en caso de conectar la alimentación auxiliar este no permite el paso de corriente hacia el puente de diodos y pueda existir algún corto.

2.3.2 Módulo Regulador y Distribuidor de Voltaje

Para obtener los requerimientos de voltaje necesarios en los módulos se ingresa la señal rectificada, a una serie de diodos (D1, D2, D3 y D4) con la finalidad de bajar el voltaje de 12Vdc a unos 9.2Vdc y luego ingresar al pin 1 del regulador de voltaje U1 (7805) el cual fija en su salida $V=5Vdc$ (pin3), un voltaje fijo que permite suministrar el voltaje necesario para el Microcontrolador ATMEL (ATMEGA 164P), LCD (16X2) y el RTC (DS 1307).

Así mismo de este punto ingresa al pin 3 del regulador de voltaje U6 (LM1117-3) el cual fija su salida $V= 3.3 Vdc$ (pin 2), este voltaje fijo servirá para la alimentación de las tarjetas de desarrollo GPS (LEA 5S) y uALFAT-SD. Los condensadores (C14, C15, C16, C17 y C18) sirven para mejorar la respuesta transitoria del regulador y estabilizar la señal.

En la Figura 2.4 se muestra el diagrama eléctrico de regulación y distribuidor de voltaje

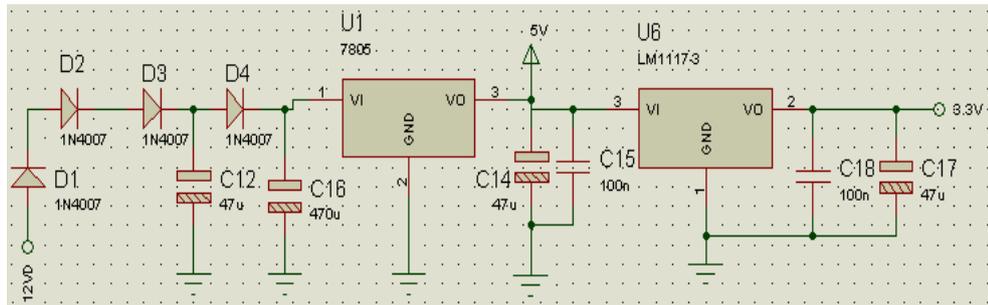


Figura 2.4 Diagrama Electrónico del Distribuidor de Voltaje

2.3.3 Alimentación Auxiliar

Como el prototipo electrónico en modo de trabajo, necesita adquirir datos en todo momento, este cuenta con una fuente auxiliar. En este diseño se adjunto una batería externa la cual permite llevar el prototipo a cualquier lugar que se desee y no estar limitados al vehículo.

Al fallar la fuente principal o desconectarla el voltaje que entra a la bobina del relé deja de energizarse por consiguiente el contacto interno regresa a su posición normal en donde, la batería auxiliar ya esta conectada prendiéndose un indicador de color rojo (D7) y así el suministro no dejara de alimentar al sistema. En la Figura 2.5 se muestra el esquema del circuito de la fuente auxiliar.

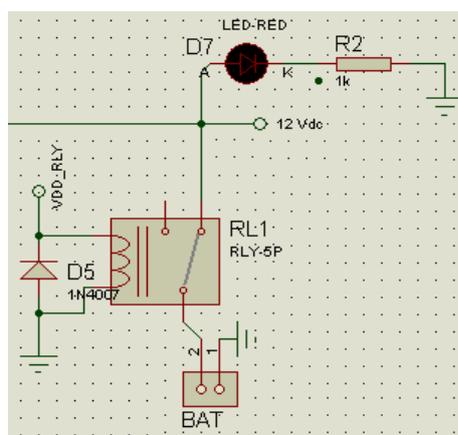


Figura 2.5 Esquema del Circuito de la Fuente Auxiliar

2.4 Reloj en Tiempo Real (RTC)

2.4.1 Conexión del Módulo DS1307

El reloj en tiempo real esta basado en un temporizador BDC de baja potencia, DS 1307, su función principal es darle al microcontrolador el tiempo real y a su vez visualizar la hora y fecha en el LCD, tiene una interface dual la cual permite enviar y recibir datos, por el pin 5 (SDA) y el pin 6 (SCL) es la entrada del reloj para el I2C que es usado para sincronizar el movimiento de datos en el puerto serie, para que se produzca el primer pulso y transmisión de reloj se necesita un $1L=5V_{cc}$ en el pin 5 y 6.

Entre los pines 1 y 2 se conecta un cristal de cuarzo, que oscila a 32.768kHz generando así un tiempo base exacto de 1 segundo, opcionalmente se le puede conectar al pin 3 una batería de respaldo de 3V, que asegura mantener el tiempo y la fecha exactos, aunque la fuente de tensión del circuito principal se encuentre desconectada.

Las resistencias R7 y R8 en el esquema se encuentran como resistencias de pull-up que colocan las líneas de SDA y SCL en alta impedancia en caso de no existir transmisión de datos y ayudan al arranque del dispositivo.

En la Figura 2.6 se muestra el diagrama eléctrico para el Reloj en Tiempo Real.

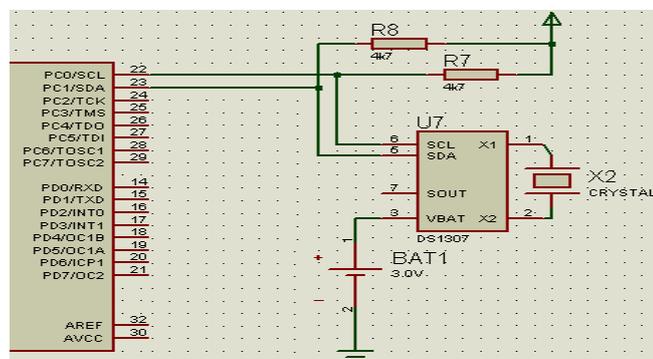


Figura 2.6 Diagrama del Sistema de Temporización Real

Los pines SCL_I2C y SDA_I2C, son los encargados de recibir del controlador la configuración del DS 1307, y enviar la fecha y hora al controlador, usando el protocolo I2C.

2.4.2 Descripción de Protocolo I2C ²¹

Se utiliza para comunicar el microcontrolador con el reloj en tiempo real (RTC). El protocolo TWI (Two Wire Interface) o I2C (Interface de dos Hilos) permite el diseño del sistema para interconectar a 128 dispositivos diferentes usando solo dos líneas del bus bidireccionales, SCL es el autobús de línea de reloj usado para la sincronización y es controlado por el maestro y SDA está conocido como el autobús de traslado de datos.

El hardware externo necesita que la implementación del bus sea con una resistencia pull_up para cada una de las líneas de los buses TWI. Todos los dispositivos conectados al bus tienen direcciones individuales y mecanismos para resolver la disputa del bus, los registros del bus TWI que utiliza son de velocidad del bit, de control, de estado, de dato, de dirección.

- Bus de comunicación síncrono: la comunicación es controlada por una señal de reloj común.
- Formado por dos hilos SDA Y SCL, además de la referencia de masa.
- Velocidad de Transmisión:
Standard: hasta 100 Kbps
Fast: hasta 400 Kbps
High speed: hasta 3.4 Mbps
- Cada dispositivo conectado al bus tiene una dirección única:
7 bits, I2C standard.
11 bits, I2C mejorado.

²¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_I2C

- Protocolo de acceso al bus es Maestro-Esclavo o I2C soporta protocolo multimaestro.
- Las salidas deben ser de colector abierto, las líneas SDA Y SCL se deben poner en estado alto (conectar a la alimentación por medio de resistores Pull-Up para construir una estructura de bus tal que se permita conectar en paralelo múltiples entradas y salidas).

2.5 Sistema de Visualización

Para la visualización de la información que llegan de la señal del GPS y para la configuración del tiempo real, se emplea un display alfanumérico de 2 líneas de 16 caracteres cada una, con lo cual se puede mostrar 32 caracteres. El modelo descrito aquí es el más utilizado en la práctica por su bajo precio y grandes capacidades.

El LCD se conecta al microcontrolador mediante un bus de cuatro bits hacia el Puerto C del microcontrolador (PC3, PC4, PC5, PC6). El pin 4 denominado "RS" trabaja paralelamente al bus de datos del módulo LCD. Este bus es utilizado en dos formas, ya sea para colocar un dato que presenta una instrucción o un carácter alfanumérico; pero para que el modulo LCD pueda entender la diferencia entre un dato o una instrucción, si esta en 0 (cero) le dirá al módulo LCD que está presente en el bus de datos una instrucción y si es 1 (uno) indica al módulo LCD que está presente un símbolo o un carácter alfanumérico.

El pin 5 se conecta a un 0L (cero) y este escribe en la pantalla el dato que esta presente en el bus y el pin 6 tiene como finalidad conectar y desconectar el módulo. Además se emplea un potenciómetro que va conectado en el pin 3 del LCD, el cual realiza la función de ajustar el contraste del mismo.

En la Figura 2.7 se muestra el diagrama electrónico del LCD y sus respectivas conexiones.

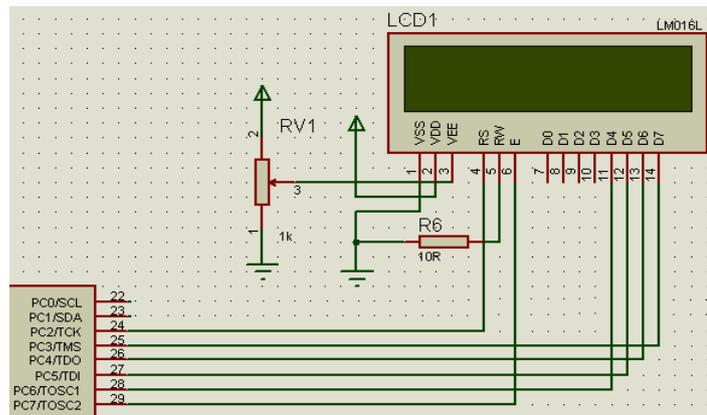


Figura 2.7 Diagrama Eléctrico del Sistema de Visualización

El LCD nos permite visualizar los mensajes y datos necesarios para la buena comprensión con el usuario final.

2.6 Smart GPS

2.6.1 Conexión del Dispositivo

El dispositivo Smart GPS posee una totalidad de 20 pines para diferentes aplicaciones (10 a cada lado del dispositivo), pero los únicos a utilizar para la recepción de las tramas son 5 de ellos.

El pin 1 y 5 son GND, por lo que se los debe cortocircuitar y conectarse a tierra. El pin 6 es la alimentación y se debe conectar al suministro de 3.3V. El pin 8 es de transmisión de datos del GPS, por lo que se conecta al pin 14 (PD0/RX) del microcontrolador que es el receptor y mediante comunicación serial asincrónica se encarga de procesar los datos provenientes del dispositivo GPS. El pin 7 (Rx_GPS) es la recepción de datos provenientes del microcontrolador pero en nuestro sistema este pin no se lo utiliza aunque si este conectado al pin 15 (PD1/Tx) del micro.

En la Figura 2.8 se muestra la conexión eléctrica del dispositivo GPS con el microcontrolador.

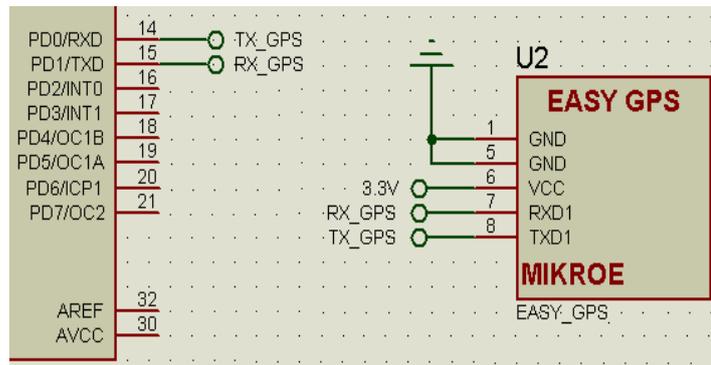


Figura 2.8 Diagrama Eléctrico para Conexión de GPS

2.6.2 Comunicación con el GPS

La transmisión de los mensajes se realizó por un canal de comunicación serial asíncrona, bajo los parámetros mostrados en la Tabla 2.1, se utiliza las instrucciones para el uso del puerto UART del AVR.

Tabla 2.1 Parámetros Permitidos para la Interface UART

PARÁMETROS	ESPECIFICACIONES
Velocidad	9600
# bits de datos	8
Bit de inicio	1
Bits de parada	1
Paridad	Ninguna

Para realizar la extracción de las coordenadas se implementa una subrutina cada 5 segundos.

2.7 Periféricos de Entrada

Estos periféricos de entrada son los encargados de controlar al sistema desde 5 pulsadores normalmente abiertos, (P1, P2, P3, P4, P5) se encuentran conectados al Puerto B del microcontrolador como se muestra en la Figura 2.9 y su configuración es interna desde software. No necesita resistencias externas ya que el microcontrolador posee un sistema pull_up interno. El pulsador Start-Stop (P1), abre un nuevo

archivo y permite grabar los datos ya procesados en el microcontrolador hacia la tarjeta SD.

El pulsador de Fecha (P2) y Hora (P3), permiten igualar y fijar (Set) los años, meses, días, horas y minutos según sea el caso. El pulsador de Subir (P4) y Bajar (P5) nos permite cambiar los números ya fijados en el software.

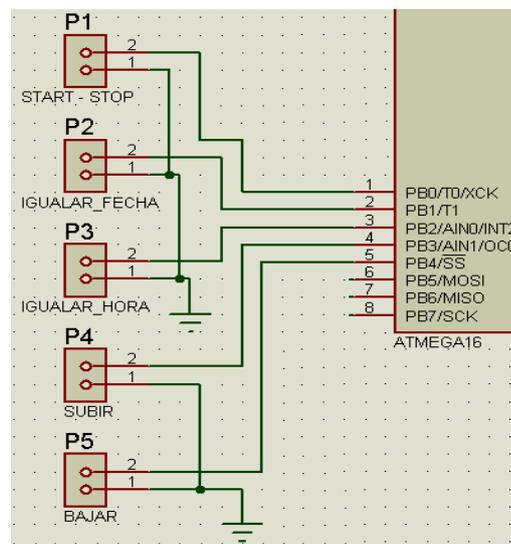


Figura 2.9 Diagrama eléctrico de los Periféricos de Entrada

2.8 Sistema de Almacenamiento

2.8.1 Conexión del Módulo UALFAT_SD

Se mencionó que luego de tomar los datos enviados por el GPS y procesarlos, se necesitan almacenar los datos en una memoria externa que permita al usuario extraerla del módulo fácilmente y colocarla en un computador, donde pueda acceder a la información almacenada.

El módulo uALFAT es capaz de gestionar el sistema de archivos FAT16/32 de una tarjeta SD. Es una solución perfecta para el almacenamiento de datos en este prototipo.

El módulo uALFAT-SD posee 16 pines con varias interfaces de comunicación como son el UART, SPI y I2C, como se muestra en la tabla 1.12 la configuración de estados para establecer la interface de comunicación UART, es colocar el pin 5 (SPI_SCK =0) y el pin 8 (SPI_SSEL=0).

El uALFAT no enviara ningún dato si el pin 7 (SPI_CTS) es alto, por consiguiente se conecta a tierra, esto se realiza para que no exista errores ni fallas en la comunicación. En la figura 2.10 se muestra la conexión para el sistema de almacenamiento. Los pines 12 y 13 son de alimentación estos se cortocircuitan y se conectan al suministro de 3.3V. El pin 15 es GND y se conecta a tierra.

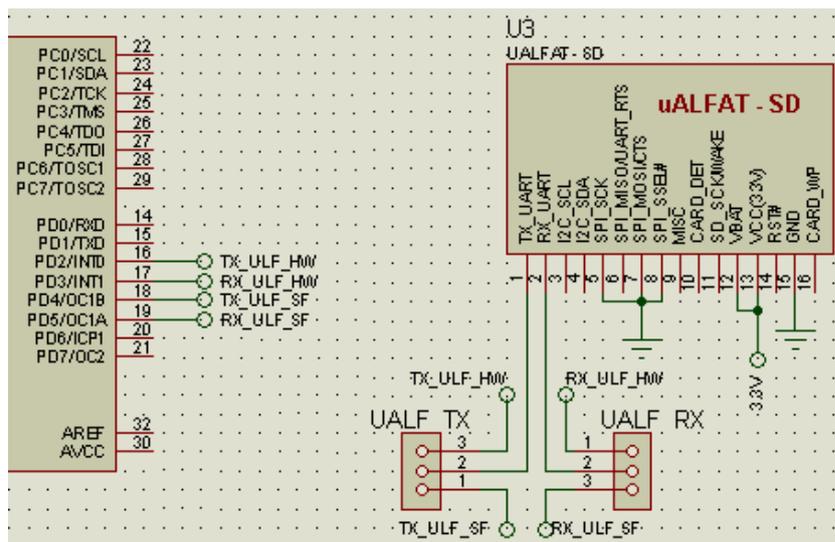


Figura 2.10 Diagrama eléctrico de conexión del módulo UALFAT-SD

El pin 2 (Rx_UART) es el medio por el cual los datos ya procesados ingresaran a la tarjeta SD y el pin 1 (Tx_UART) envía al microcontrolador algún fallo o desperfecto en se pueda producir en la comunicación.

2.8.2 UART Interface

En modo UART interface, el pin UART_TX se usa para enviar los datos a un dispositivo y el pin UART_RX recibe los datos del microcontrolador. La velocidad de transmisión en baudios predefinida para UART es 9600. La velocidad de transmisión en baudios puede cambiarse a través de los órdenes. Las líneas RTS y CTS (pin 6, 7) deben usarse o asegurarse para que no exista pérdida de información a altas velocidades. CTS debe ser bajo (0L) con tal de no reducir la velocidad uALFAT. En la Tabla 2.2 se muestra la conexión de pines utilizada para la interface de comunicación UART en el módulo uALFAT_SD

Tabla 2.2 Conexión externa del módulo uALFAT

PIN No	FUNCIÓN	CONEXIÓN
1	UART_Tx/DATA RDY	PIC PD2
2	UART_Rx/busy	PIC PD3
3	I2C_SCL	Not Connected
4	I2C_SDA	Not Connected
5	SPI_SCK	Ground
6	SPI_MISO / UART_RTS	Not Connected
7	SPI_MOSI / UART_CTS	Ground
8	SPI_SEEL	Ground
9	MISC	Not Connected
10	CARD_DET (detect)	Not Connected
11	WAKE	Not Connected
12	VBAT	Regulated 3.3V
13	3.3V power	Regulated 3.3V
14	RESET	Not Connected
15	GROUND	Ground
16	CARD WP(write protect)	Not Connected

2.9 Sistema de Control (ATMEGA 164P)

El microcontrolador es el corazón del sistema por lo que este dispositivo permite el control de entradas y salidas de sus puertos, enviando o reteniendo 0L o 1L provenientes de los sistemas descritos anteriormente.

En la Tabla 2.3 se muestra la distribución de pines del microcontrolador ATMEGA 164P.

Tabla 2.3 Entradas y Salidas del Sistema de Control (ATMEGA 164P)

Entradas	Pin	Descripción	Salidas	Pin	Descripción
XTAL2	12	Oscilador	D7	25 (PC3)	LCD
XTAL1	13	Oscilador	D6	26 (PC4)	LCD
VCC	10	5V	D5	27 (PC5)	LCD
GND	11 - 31	Tierra	D4	28 (PC6)	LCD
RST	9	Reset	E	29 (PC7)	LCD
P1	1 (PB0)	Start - Stop	RS	24 (PC2)	LCD
P2	2 (PB1)	Fecha	Computador	20 (PD6)	RS 232
P3	3 (PB2)	Hora	Rx_UART_SD	19 (PD5)	Ualfat
P4	4 (PB3)	Subir			
P5	5 (PB4)	Bajar			
Tx_GPS	14 (PD0/Rx)	GPS			
SCL_I2C	22 (PC0)	RTC			
SDA_I2C	23 (PC1)	RTC			
Tx_UART_SD	18 (PD4)	uALFAT			

2.9.1 Conexión del Microcontrolador

El microcontrolador ATMEGA 164P consta de 40 pines como ya se mencionó anteriormente, de los cuales 8 pines tienen que estar conectados como se muestra en la Figura 2.11 para su correcta inicialización y funcionamiento.

El pin 12 (XTAL2) y 13 (XTAL1), se conecta a un oscilador externo de 20MHz, el cual proporciona al micro la señal de reloj necesaria para su

funcionamiento. El Pin 10 (VCC), 30 (AVCC) y 32(AREF) son necesarios para alimentar al micro y se conecta a la fuente reguladora de 5V

Los pines 11 y 31 (GND) son cortocircuitados y enviados a tierra. El pin 9 (Reset) se lo conecta en 1L para su correcto funcionamiento y en caso de falla, mediante un pulsador se envía un 0L para permitir reiniciar las acciones del microcontrolador

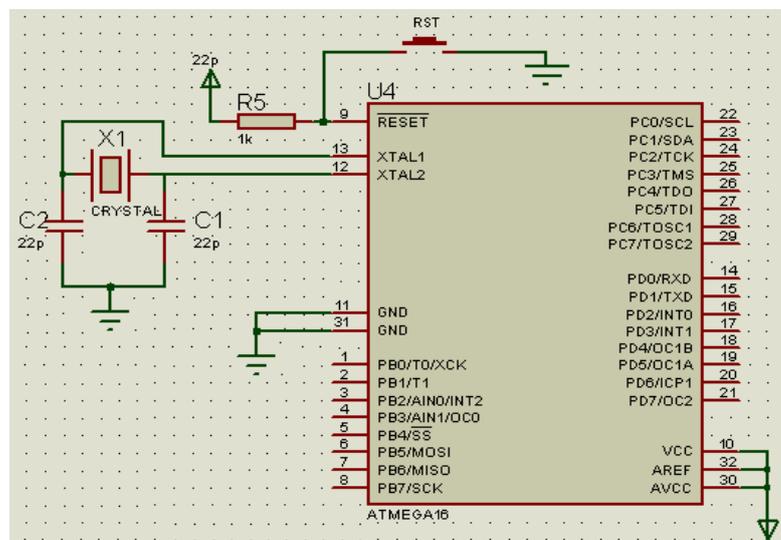


Figura 2.11 Conexiones Principales del Microcontrolador

2.10 Circuito para Comunicación Serial RS 232

Este circuito, es una interfaz de comunicación que permite conectar al prototipo electrónico con una PC mediante comunicación serial RS 232. Esta conexión permite adquirir los datos ya tratados y poderlos analizar en un computador.

Es necesario tener un HyperTerminal en nuestra PC para visualizar los datos en forma de texto que vienen por el puerto serial. Ante la gran variedad de equipos, sistemas y protocolos que existen surgió la necesidad de un acuerdo que permitiera a los equipos de varios fabricantes comunicarse entre sí. La EIA (*Electronics Industry Association*)

elaboró la norma RS-232, la cual define la interfaz mecánica, los pines, las señales y los protocolos que debe cumplir la comunicación serial.

En la Figura 2.12 se muestra la conexión para la Comunicación Serie con el RS 232. Todas las normas RS-232 cumplen con los siguientes niveles de voltaje:

Un "1" lógico es un voltaje comprendido entre -5v y -15v en el transmisor y entre -3v y -25v en el receptor.

Un "0" lógico es un voltaje comprendido entre $+5\text{v}$ y $+15\text{v}$ en el trasmisor y entre $+3\text{v}$ y $+25\text{v}$ en el receptor.

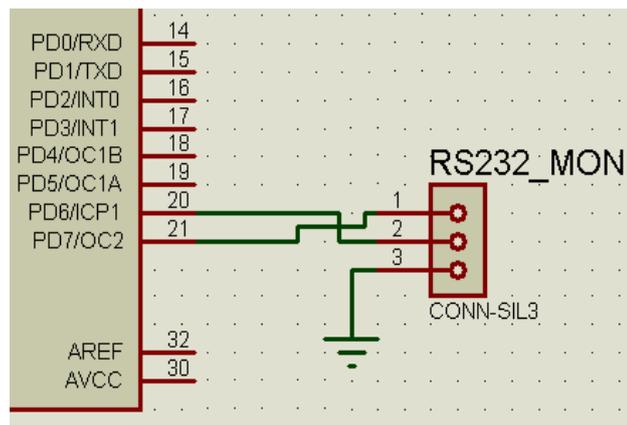


Figura 2.12 Comunicación Serial RS232

Para la transmisión de información se hace uso de tres líneas:

- Pin 20 (PD6) - La línea de Transmisión para el Master que hace las veces de receptor del Esclavo.
- Pin 21 (PD7) - La línea de Recepción del Master que hace las veces de Transmisor del Esclavo.
- La línea de Tierra (GND) es común tanto para el Master como para el Esclavo.

2.12 Implementación del Sistema

A continuación se presenta el proyecto implementado, toda la construcción del hardware, se basan en los diseños y esquemas presentados anteriormente en este capítulo.

2.12.1 Diagrama Circuitual

En la Figura 2.14 se muestra el circuito impreso (capa inferior), el cual debe ser examinada para que no exista ninguna pista en mal estado, existiendo continuidad en todo el circuito. La placa del sistema posee una dimensión de 144 mm de largo por 87 mm de ancho.

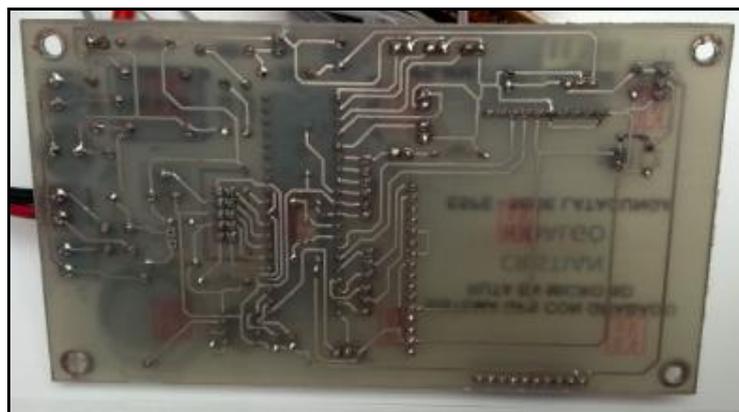


Figura 2.14 Circuito Impreso

2.12.2 Montaje de los Componentes

Con la placa del circuito impreso preparada, se procede a soldar los zócalos, regletas, resistencias, capacitores, conectores y demás elementos para posteriormente comprobar la correcta polarización de los circuitos integrados y módulos. En la Figura 2.15 se muestra los componentes ya montados sobre la placa



Figura 2.15 Placa principal con componentes montados

2.12.3 Ensamblado del Prototipo

El prototipo y sus componentes deben ser colocados en una caja que facilite su traslado y permita la seguridad contra agentes externos o la mala manipulación del mismo, es por eso que el prototipo electrónico debe estar sujeto firmemente a la estructura y aislado cada elemento como se indica en la Figura 2.16



Figura 2.16 Prototipo Ensamblado en Caja

2.12.4 Presentación del Prototipo

El módulo consta de varios elementos externos que permiten al usuario el control del mismo y visualizar eventos que se puedan presentar

durante su uso. En la Figura 2.17 se muestra la parte superior del módulo y sus respectivos componentes.

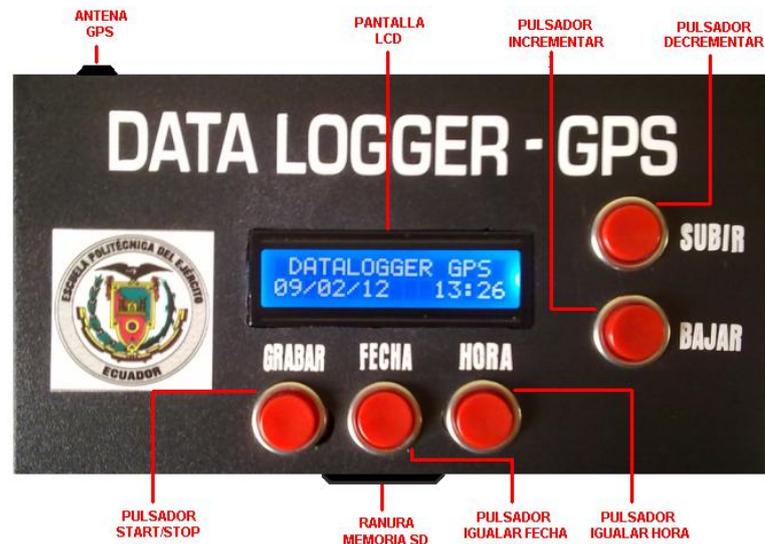


Figura 2.17 Presentación del Prototipo Visto de la Parte Superior

En la Figura 2.18 se muestra el botón de encendido del módulo con la parte de alimentación y sus respectivos indicadores.

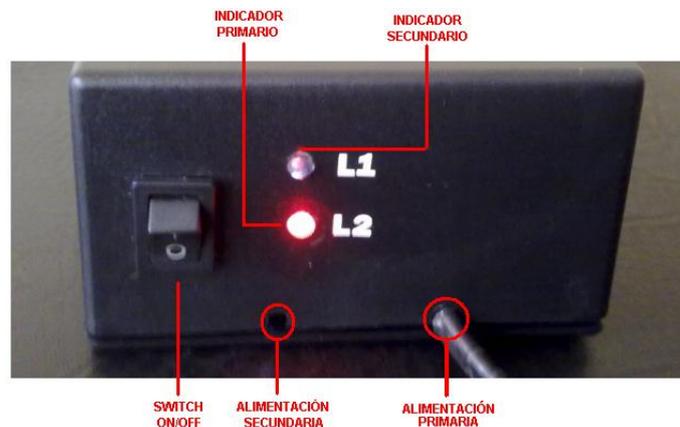


Figura 2.18 Presentación del Prototipo Visto de la Parte Lateral

2.13 Montaje del Prototipo

En la Figura 2.19 se muestra el Módulo que fue instalado en la Unidad de Transporte asignada para realizar las pruebas del sistema que se describirán más adelante; éste módulo debe ubicarse de manera que

sea visible para el conductor y que no obstruya su visión; los detalles de la manipulación y uso de éste módulo se encuentran en el Anexo H (Manual de Usuario).



Figura 2.19 Ubicación del Módulo en el Vehículo

En la Figura 2.20 se muestra la conexión del módulo hacia la batería del vehículo, esta debe hacerse de forma directa y aislando los terminales para que no exista ningún problema en el proceso.



Figura 2.20 Conexión del Módulo hacia la Batería Principal

2.14 Lista de Materiales y Costo del Prototipo

Los costos directos, hacen referencia al valor para implementar un prototipo, sin contar las implicaciones que trae el diseño, el software de gestión y la instalación del sistema. En la Tabla 2.4 se muestra el detalle de costo del prototipo electrónico para el sistema de registro pasivo.

Tabla 2.4 Análisis de Costos del Prototipo

CANT.	PRODUCTO	V. UNIT	V. TOTAL	CANT.	PRODUCTO	V. UNIT	V. TOTAL
1	GPS UBLOCK	97,5	97,5	1	LM1117 - 3.3V	1,15	1,15
1	MODULO SD CARD UALFAT	77,5	77,5	1	C1000UF / 25V	0,25	0,25
1	CABLE 10 HILOS	0,5	0,5	1	C470U / 25V	0,15	0,15
1	LCD 16X2 - V	6,96	6,96	4	C 47U /25V	0,1	0,4
1	PLACA LCD CABLE	4,5	4,5	4	1N4007	0,08	0,32
3	REGLETA SIMP	0,5	1,5	1	R120R	0,02	0,02
2	REGLETA MALE	0,5	1	1	W10G	0,35	0,35
1	CABLE 10 HILOS	0,5	0,5	1	RLY -12V - 5P	0,6	0,6
2	IDC 10P	0,4	0,8	6	1N4007	0,1	0,6
5	PULSADORES ROJOS	0,35	1,75	2	LEDS 5 R	0,08	0,16
1	METRO CABLE #22 BL	0,35	0,35		CAJA	6,75	6,75
1	METRO CABLE RN #16	0,35	0,35	1	BATERIA 12Vdc - 4A	19	19
1	DS1307	3,5	3,5	1	PLACA	18,3	18,3
1	CRY - 32768	0,8	0,8	1	POT-PREC 5K	0,5	0,5
1	PILA 3.3V	0,75	0,75	1	CRY - 20 MHZ	0,5	0,5
1	ZOC PILA 3.3V	1	1		LM317	0,65	0,65
2	R 4.7K	0,02	0,04	1	CAP. VARIOS	0,75	1,5
1	TRIMMER 1K	0,02	0,02	1	CAP. VARIOS	0,75	1,5
3	JUMPER	0,05	0,15	2	PULS - 5MM -2P	0,15	0,3
1	ZOC 40P	0,25	0,25	1	ZOC40P	0,25	0,25
1	ATMEGA164P	7,5	7,5	1	REGLETA HEMBRA	0,5	0,5
1	CRY-11,052	0,55	0,55	2	REGLETA MACHO	0,5	0,5
2	C22P	0,22	0,44	1	ZOC40P	0,25	0,25
3	R 1K	0,02	0,06	1	REGLETA HEMBRA	0,5	0,5
8	C100NF	0,08	0,64	1	REGLETA MACHO	0,5	0,5
4	BORN-2P	0,25	1	1	DISIPADOR	1,15	1,15
1	LM317	0,65	0,65				
	SUMAN		213,21		SUMAN		65,95
	TOTAL				279,16		

2.14.1 Análisis de Soluciones Existentes en el Mercado

Actualmente los GPS están presentes en muchas aplicaciones. Se ha llegado a desarrollar una interfaz tan amigable con los usuarios que es utilizada en actividades deportivas, recreacionales y de seguridad. Los dispositivos existentes en el mercado son de muy grandes prestaciones, pero han sido concebidos para un propósito desde el inicio y resulta complicado alterar su estructura. En este proyecto se ha utilizado un módulo GPS montado en una tarjeta de desarrollo, la cual puede interactuar con otros dispositivos, esto da la oportunidad de crear o modificar un controlador a la medida y necesidad del sistema que se implementa en este trabajo.

En la Tabla 2.5 se presenta un cuadro comparativo con algunos modelos de tarjetas de desarrollo basados en módulos GPS.

Tabla 2.5 Modelos de Tarjetas GPS

MODELO	FABRICANTE	COSTO	COMUNI.	ANTENA
Smart GPS LEA5S	Mikroe	\$79.50	SPI, USB, I2C	sí
V23993- EVA1035	Vincon	\$175.00	USB	sí
GPS Dataloger kit	Parallax	\$149.00	RS232, USB	no

2.14.2 Selección de Microcontroladores

Para seleccionar un microcontrolador es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación como son:

- Procesamiento de datos: puede ser necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado.

En ese caso se debe seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello.

- Entrada/Salida: para determinar las necesidades de I/O del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar
- Memoria: para detectar las necesidades de memoria de la aplicación se debe separar en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración.
- Tamaño de palabra: el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costes importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el tamaño de palabra es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado costo, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones

Existe gran variedad de microcontroladores populares, en Ecuador y en la mayor parte de América Latina se han difundido los PIC de la fábrica Microchip principalmente por su documentación, costos y accesibilidad. Sin embargo debido a que presentan mejores prestaciones que los PIC y costos similares los AVR de ATMEL, podrían reemplazarlos en gran cantidad de aplicaciones.

En la Tabla 2.6 se muestra un cuadro comparativo entre dos microcontroladores muy usados, que demuestra la superioridad de AVR de ATMEL frente a los PIC de Microchip.

Tabla 2.6 Cuadro Comparativo ATMEL vs. PIC

CUADRO COMPARATIVO			
ESPECIFICACIONES	PIC 16F877A	PIC 18F452	ATMEGA 164P/324P/644P
Frecuencia de Operación	20 MHz	20 MHz	16MHz
Osc. Interno	-----	-----	1,2,4,8 MHz
Memoria de programa (Flash)	8 Kb	32K	16/ 32/44 Kb
Memoria de datos (RAM)	368 bytes	1.5 Kb	1/ 2/ 4 Kb
Memoria de datos (EEPROM)	256 bytes	256 bytes	512 b /1 K /2K
Timers	3	4	3
Comunicación Serial	1 USART	1 USART	2 USART, SPI
Canales PWM	2	2	6
Interrupciones	10	18	22
Conversores ADC	8 (10 bits)	8 (10 bits)	8 (10 bits)
Rango de Voltaje	3.5 - 5.5 V	3.5 - 5.5 V	2.5 - 5.5 V

Para el desarrollo del prototipo se ha seleccionado el uso de los microcontroladores ATMEL, debido a que su tiempo de ejecución de instrucciones es menor que en los microcontroladores PIC, su costo es similar, tienen mayor inmunidad al ruido y además las herramientas para el desarrollo de aplicaciones ofrecen funcionalidades muy útiles para la aplicación del proyecto de tesis.

Bascom AVR genera un archivo “.bas” antes de que el programa sea compilado, este texto se lo puede observar en el visualizador de texto de Windows. Al copilar nuestro programa se obtiene un archivo “.hex”, este archivo nos sirve para cargar el programa en el microcontrolador.

3.1.2 Progisp

Este programador se utiliza para grabar el programa generado en el Bascom AVR hacia el microcontrolador ATMEGA 164P, es decir tiene la capacidad de generar archivos necesarios para comunicar el hardware con el PC por medio del programa PROGISP utilizando al hardware USBASP para comunicar el micro con la PC. En la Figura 3.2 se puede observar la ventana principal del PROGISP.

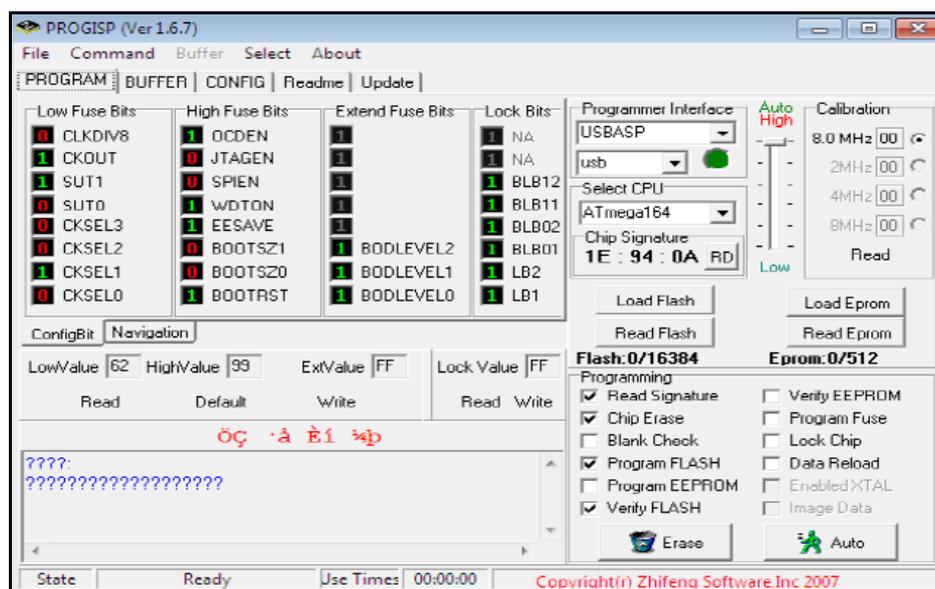


Figura 3.2 Programador para Microcontroladores de ATMEL

Cabe mencionar que el hardware para poder programar desde el PROGISP al microcontrolador es el USBASP que se lo puede adquirir en cualquier distribuidor de elementos electrónicos.

3.2 Programa del Microcontrolador

Para cumplir con el objetivo planteado, el programa del microcontrolador debe realizar las siguientes tareas:

- Por medio del puerto USART, se obtiene los datos (Tramas) que se generan en la tarjeta de desarrollo smart GPS, los mismos que son procesados y separados en argumentos para obtener la coordenadas geográfica (latitud, longitud), de un vehículo o persona según sea la utilidad. Además, debe ser capaz de generar un archivo que permite guardar la información en una memoria SD.
- Mediante la Interface de comunicación I2C permitirá al módulo uALFAT-SD y al microcontrolador ATMEGA 164P, realizar la transferencia de datos y guardar la información en la memoria SD.
- Los periféricos de entrada permiten controlar el prototipo ya sea al guardar los archivos creados o para igualar la fecha u hora actual.

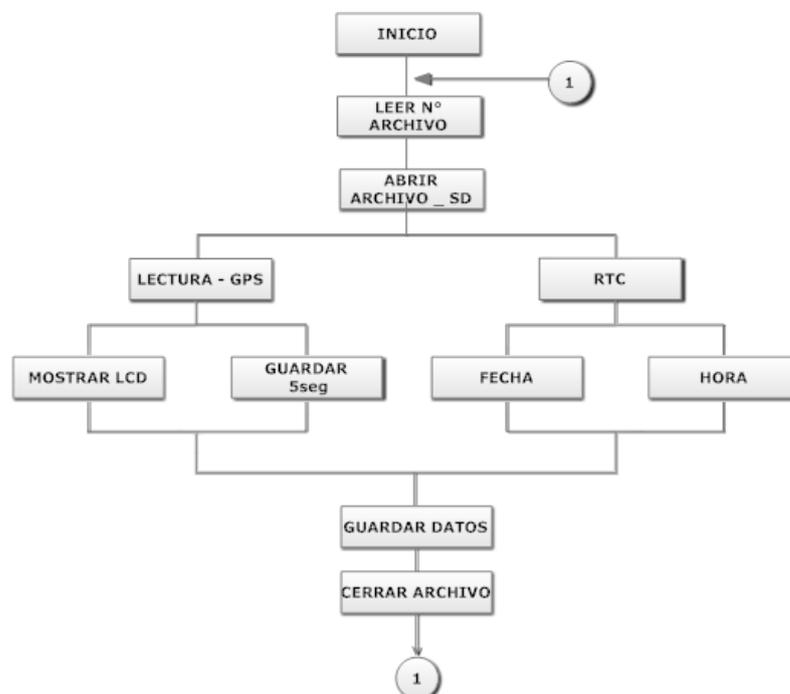


Figura 3.3 Diagrama de Flujo del Microcontrolador

3.3 Elección de Pines por Software

Para los dispositivos y módulos que se encuentran en el prototipo es necesario asignar los pines con los que se van a conectar al microcontrolador ATMEGA 164P. La definición de entradas y salidas de los pines del microcontrolador se deben seleccionar en el programa, para que el hardware funcione a la necesidad del proyecto.

- PORT – Registro de salidas de datos
- PIN – Registro de entradas de datos
- DDR – Se utiliza dependiendo de la instrucción. Los valores asignados a los puertos o registros como entradas son 0L y como salidas van hacer 1L.

“Alias” permite remplazar a dar un nombre a un registro, ya sea este un puerto de salida o puerto de entrada.

Start_Stop Alias Pinb.0

“Dim” permite dimensionar cualquier tipo de variable que se utilice en el programa, este tipos de variable se indica en la Tabla 3.1

Dim Gpslat As String

Tabla 3.1 Variables Presentes en el Lenguaje BASIC

TIPO	DIMENSIONES
Bit	0 – 1
Byte	0 a 255 (8 bits)
Word	0 a 65535 (16 bits)
Single	32 bits (flotantes)
String	Cadena de caracteres

3.4 Configuraciones Internas para el Microcontrolador

3.4.1 Configuración del Microcontrolador

Para iniciar la programación se debe definir el tipo de microcontrolador a ser usado, para este propósito se usa la instrucción “\$regfile”, esta instrucción se encarga de direccionar el microcontrolador que se va a usar, así también como la instrucción “\$crystal”, que permite señalar el tipo de cristal que el microcontrolador esta usando, la separación de memoria para direcciones de subrutinas y la velocidad de la comunicación serial que vamos a utilizar, se lo realiza mediante instrucciones determinadas como se puede apreciar a continuación.

```
'*****  
'***** CONFIG. MICROCONTROLADOR *****  
'*****  
  
$regfile = "m164Pdef.dat"      'Micro a utilizar ATMEGA164P  
$crystal = 11059200           'Frecuencia del Cristal  
$hwstack = 100                'Separar memoria para guardar  
$swstack = 100                'las direcciones de las subrutinas  
$framesize = 100  
$baud = 9600                  'velocidad de Comunicación Serial
```

Las instrucción \$hwstack, \$swstack y \$framesize permiten guardar un espacio de memoria en el microcontrolador que servirá para colocar las direcciones de subrutina.

3.4.2 Configuración de Puertos

Esta configuración permite la comunicación entre el GPS y el microcontrolador mediante las características internas del UART que son analizadas y descritas a continuación. Además la recepción por interrupción serial se guardara en un Bufferd y para la monitorización serial por el RS – 232 se abre el canal de comunicación “comD.6 y comD.7”.

```

'***** CONFIG. PUERTO CANAL GPS -> COMM1 *****
'*****
Config Com1 = 9600, Synchron = 0, Parity = None,      'Configuración para
Stopbits = 1, Databits = 8, Clockpol = 0            'Puerto Serial
Config Serialin = Buffered, Size = 100,              'Configuración para
Bytematch = 13                                       'Interrupción

'***** CANAL RS232 SERIAL *****

Open "comD.7:115200,8,n,1,inverted" For Output As #3 'Enviar Datos
Open "comD.6:115200,8,n,1,inverted" For Input As #4  'Recibir Datos |
Print #3 , "TEST GPS UBLOX LEA-5S"                  'Imprime el canal 3

```

3.4.3 Configuración del LCD

El LCD se configuró en el "Portc" del Micro cuyos pines para ser usados como habilitadores son Portc.2 y Portc.7; y los pines para los datos son el Portc.3, Portc.4, Portc.5 y Portc.6, como se muestra a continuación.

```

'***** CONFIG. -> LCD *****

Config Lcdpin = Pin ,
Db4 = Portc.6 , Db5 = Portc.5 ,      'Configuración LCD Pin a Pin
Db6 = Portc.4 , Db7 = Portc.3 ,
E = Portc.7 , Rs = Portc.2           'Modelo del LCD 16x2
Config Lcd = 16 * 2

cls                                  'Limpiar
Cursor off                           'Apagar cursor
Lcd "TEST GPS - UBLOX"               'Mostrar texto

```

3.4.4 Configuración del Timer1

El Timer1 es un registro de interrupción que permite medir intervalos de tiempo para realizar una acción, en este caso aproximadamente cada 5seg. tomara muestras de datos provenientes del GPS. Posee un pre_escalador que se selecciona mediante software y sirve para ajustar la frecuencia que se necesita en el circuito.

```

'*****
'*****          CONFIG. TIMER1 *****
'*****

Config Timer1 = Timer ,           'Configuro TIMER
Prescale = 1024                   'Pre-escalador determinado
Timer1 = 11536                    'Conteo cada 5seg.
Stop Timer1                       'Detener conteo
On Timer1 Timer1_isr              'Rutina de Interrupción

Disable Interrupts                'Apagar Interrupción

```

3.4.5 Configuración del RTC

El reloj en tiempo real posee una interface I2C que permite la comunicación con el microcontrolador mediante la asignación del “Portc.1 y Portc.0” para la manipulación de fecha u hora y la transmisión de las mismas. La instrucción “Config Date y Config Time” son usadas para la visualización en la pantalla principal del módulo.

```

'*****
'*****          CONFIG. DS1307 - RTC *****
'*****

Config Sda = Portc.1              'Protocolo I2C
Config Scl = Portc.0              'Protocolo I2C

Const Ds1307w = &HD0              'Dirección de Escritura
Const Ds1307r = &HD1              'Dirección de Lectura

Config Clock = User                'Utilizar RTC

Dim Weekday As Byte               'Variable Weekday tipo Byte

Config Date = Dmy, Separator = /  'Configurar Fecha
Config Time = hm, Separator = :   'Configurar Tiempo

```

3.4.6 Configuración Entradas / Salidas

El control del prototipo se lo realiza mediante 5 pulsadores los cuales son configurados como periféricos de entradas con la instrucción “ddr”. Además se activa los pull_up internos del microcontrolador como se muestra a continuación, y se cambian de nombres los registros para su mejor comprensión.

```

'*****
'***** CONFIG. ENTRADAS / SALIDAS *****
'*****

Ddrb.0 = 0 : Portb.0 = 1   'Conf. como entradas y activar Pull_up
Ddrb.1 = 0 : Portb.1 = 1
Ddrb.2 = 0 : Portb.2 = 1
Ddrb.3 = 0 : Portb.3 = 1
Ddrb.4 = 0 : Portb.4 = 1

Start_stop Alias Pinb.0   'Reemplazar o Cambiar Nombres
Fecha_set Alias Pinb.1
Reloj_set Alias Pinb.2
Sw_up Alias Pinb.3
Sw_down Alias Pinb.4

```

3.4.7 Variables a ser Usadas

Son nombres de referencia que se asignan a ciertas funciones que va a cumplir el programa, cada referencia es dimensionada con un tipo de variable diferente según sea su función o utilización, con su respectivo número de caracteres, todas las variables a ser usadas se muestran a continuación.

```

'*****
'***** VARIABLES A SER USADAS *****
'*****

'***** GPS VARIABLES *****
Dim Gpsline As String * 108      'Dimensionar las variables
Dim Gpsargs(16) As String * 15  '16 Argumentos con 15 Caracteres
Dim Gpslat As Single
Dim Gpslon As Single
Dim Gpsalt As Single
Dim Gpsfix As Byte
Dim Gpsstats As Byte
Dim Gpscourse As Single
Dim Gpspspeed As Single
Dim Gpspspeed_entero As Byte
Dim Gpstmp1 As Single
Dim Gps_data_flag As Byte

Dim Gpslat_str As String * 15
Dim Gpslon_str As String * 15
Dim Gpsalt_str As String * 15
Dim Gpsfix_str As String * 5
Dim Gpspspeed_str As String * 15

Dim Flag_latitud As Byte
Dim Flag_longitud As Byte

Dim Op_fecha As Byte
Dim Op_hora As Byte

```

3.4.8 Configuración de la EEPROM del Micro

Activa la memoria interna del microcontrolador "EEPROM" para almacenar el número de archivos que se siguen utilizando, empieza desde el valor 1.

```
$eeprom
  Data 1 , 0          'Guardar Nº de Archivos
$data
Dim Cont_file_eeeprom As Eram Word  'Variable EEPROM del Micro
```

3.4.9 Configuración de Librerías uALFAT-SD

Las librerías "init" y "end" permiten arrancar el módulo, creando un archivo con extensión ".bas" y finalizar el mismo, su interface se lo realiza mediante el UART que posee el microcontrolador y el módulo uALFAT-SD.

```
'*****
'***** LIBRERIA MANEJO UALFAT - SD *****
'*****

#include "ualfat_sd_init.bas"      'Incluir - Libreria init uALFAT SD
Cont_file = Cont_file_eeeprom     'Leer de EEPROM el Nº de Archivos
Print #3, "CONT_FILE: "; Cont_file 'Imprimir valor de Contador

#include "ualfat_sd_end.bas"      'Incluir - Libreria end uALFAT SD
```

3.5 Inicio de Programa

El inicio de programa se encarga de organizar el llamado a la subrutina principal del programa y al proceso de inicialización de la tarjeta SD y de apertura de archivos. Al no existir algún tipo de error, esto conllevará a la pantalla principal del sistema. La instrucción "Waitms" permite realizar una pausa en milisegundos según el usuario lo crea conveniente.

```

'*****
'***** INICIO PROGRAMA PRINCIPAL *****
'*****
Cls                               'Limpiar pantalla
Lcd " GPS STARTING "              'Mostrar texto en el LCD
Waitms 500                         'Pausa 500ms
Locate 2 , 1                       'Posicionar cursor del LCD
Lcd " GPS -> OK "                 'Mostrar texto en el LCD
Waitms 750                         'Pausa 750ms
Print #3 , "GPS OK"               'Imprimir en el Monitor

Cls                               'Limpiar pantalla
Lcd " MMC/SD CARD "              'Mostrar texto en LCD
Ualf_init                          'Inicializar uALFAT - Subrutina
Waitms 500                         'Pausa 500ms
Locate 2 , 1                       'Posicionar cursor del LCD
Lcd " CARD. READY "              'Mostrar texto en LCD
Waitms 500                         'Pausa 500ms
Print #3 , "CARD READY"          'Imprimir en el Monitor
Limpiar_ualf                       'Limpiar canal de Comunicación
                                   entre Micro y uALFAT

```

3.5.1 Lazo Principal

El lazo principal del programa es un lazo infinito, esto quiere decir que mientras no se aplique alguna interrupción o se llame a una subrutina, en este caso la igualación de hora y fecha o el inicio del grabado de ruta, este no cambiara su posición inicial y se mantendrá en la posición de pantalla principal. En la Figura 3.4 se muestra el diagrama de flujo del lazo principal.

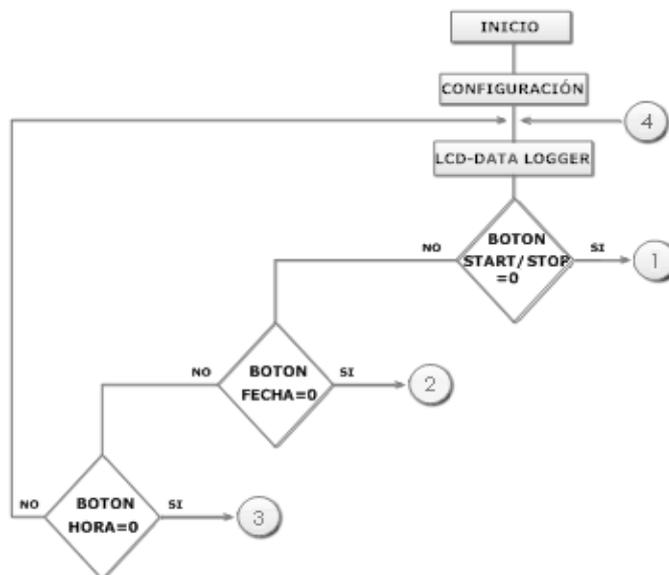


Figura 3.4 Diagrama de Flujo del Lazo Principal

3.5.2 Programa Principal

El programa principal se encarga de realizar las funciones e instrucciones necesarias para que el sistema cumpla con las exigencias del proyecto. Entre las principales acciones tenemos:

- Organizar el llamado a la “Subrutina Fecha”, “Subrutina Hora” y “Subrutina Procesogps”.
- Habilitar interrupciones “Timer1” para la recepción de tramas cada 5 segundos.
- Llama a la memoria EEPROM del microcontrolador para asignar el número de archivo creado.
- Uso de instrucciones que ayuda al proceso de inicialización de la tarjeta y de variables para la apertura de archivos.

En el Anexo G – 1 se muestra el programa principal del sistema y sus instrucciones detalladas.

3.6 Subrutina Principal

Las subrutinas son llamados que el programa principal hace, para interrumpir un lazo finito, en estas existen instrucciones para cumplir determinadas funciones, es decir es un programa pequeño dentro del programa principal. La subrutina “procesogps” permite coger la trama “GPGGA” de todo el grupo de sentencias NMEA y separarlas en argumentos las cuales son seleccionadas y guardadas en el archivo abierto en el uALFAT-SD. En la Figura 3.5 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina principal.

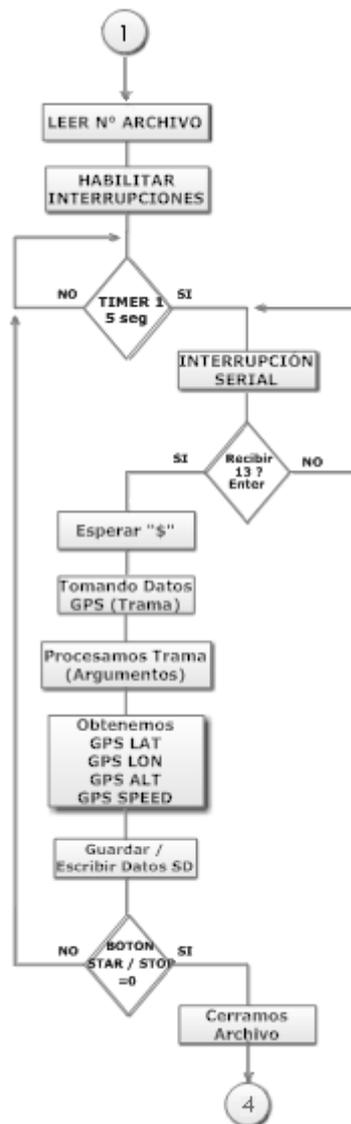


Figura 3.5 Diagrama de Flujo de la Subrutina Principal

Para capturar las tramas GPS, es necesaria una captura carácter por carácter en el puerto serial utilizando una interrupción de temporización. Con el fin de procesar una trama completa NMEA, es necesario identificar tanto el inicio como el fin de trama. Un denominador común al inicio de cada trama es el carácter "\$", que señalará el inicio de la trama, y para la identificación del final de trama el carácter es "13" que esta después del *checksum* al final de todas las tramas.

En el Anexo G – 2 se muestra el programa de subrutina “procesogps”, con sus instrucciones debidamente detalladas.

3.7 Subrutina de Fecha y Hora

La subrutina de fecha y hora permite modificar el tiempo en el “DS1307”, al presionar el pulsador fecha u hora este entra en una subrutina la cual permite modificar los valores del reloj y ser guardados.

En la Figura 3.6 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina fecha y hora.

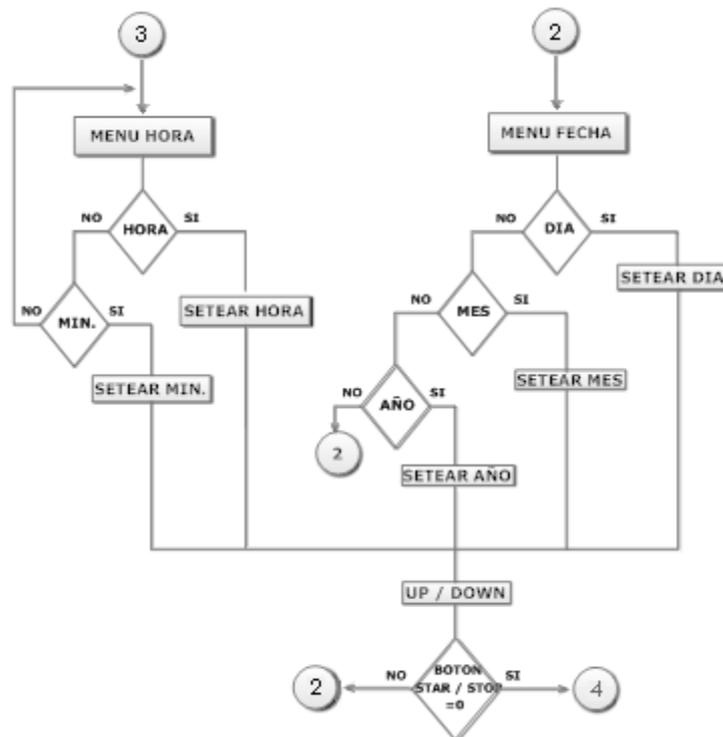


Figura 3.6 Subrutina de Fecha y Hora

En el Anexo G – 3 se muestra el programa de subrutina “fecha y hora”, con sus instrucciones debidamente detalladas.

3.8 Comunicación Mediante el Puerto RS 232

Para conocer cuales son los datos que recibe el módulo GPS mediante el computador se usa un programa de comunicación entre dispositivos como es el HyperTerminal de la PC. Lo primero que se hace es abrir el HyperTerminal, para ello hay que seguir algunos paso los cuales son; Inicio, Todos los Programas, Accesorios, Comunicaciones, HyperTerminal o si no existe este programa en la PC simplemente se puede descargar el programa del internet en un tiempo muy corto.

En la pantalla principal del HyperTerminal se realizar una conexión nueva en la cual se coloca un nombre cualquiera y se selecciona "OK", como se muestra en la Figura 3.7.



Figura 3.7 Nueva conexión HyperTerminal

En la siguiente ventana se selecciona el puerto que se va usar, donde se selecciona la opción "Connect Using" y luego "COM1". Como se muestra en la Figura 3.8.



Figura 3.8 Selección del Puerto

Dentro de las propiedades del puerto se configura la recepción de datos del GPS, los datos seleccionados son los mismos que los escritos en la programación; 115200 bps, 8 bits de datos, sin paridad y 1 bit de parada, sin control de flujo, como se muestra en la Figura 3.9.

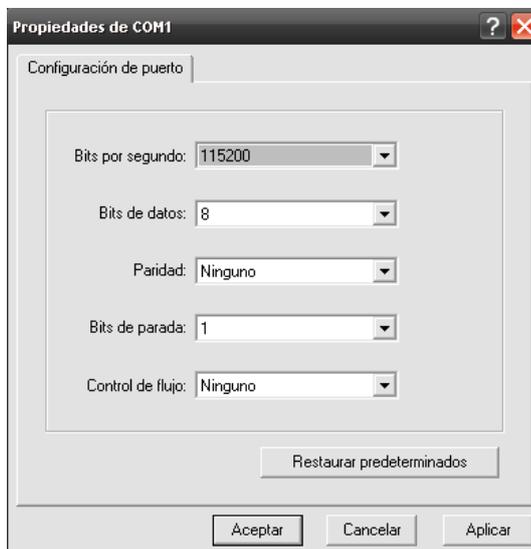


Figura 3.9 Configuración del HyperTerminal

Al terminar con la configuración del puerto serial, ese momento empezará la recepción de datos desde el módulo GPS a la ventana HyperTerminal como se muestra en la Figura 4.1.

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO

4.1 GENERALIDADES

En este capítulo se analizó el comportamiento práctico del prototipo en conjunto, en un ambiente real de funcionamiento. A continuación se presentan las pruebas básicas realizadas al prototipo y los resultados obtenidos del mismo, que ayudaran a mejorar el sistema y a la determinación de importantes conclusiones sobre el proyecto.

4.2 Pruebas en el prototipo

Las pruebas del prototipo son las siguientes:

- ✓ Pruebas de Recepción de Datos del GPS
- ✓ Pruebas de Distribución de Energía Primaria y Auxiliar
- ✓ Prueba de Reconocimiento de la Memoria SD
- ✓ Prueba de Igualación de Hora y Fecha

4.2.1 Pruebas de Recepción de Datos del GPS

En esta prueba se determinó, la eficiencia de la recepción de todas las sentencias NMEA que llegan a la tarjeta de desarrollo Smart GPS y la visualización de las mismas mediante el HyperTerminal. En la Figura 4.1 se muestra las tramas que llegan directamente de los satélites al GPS.

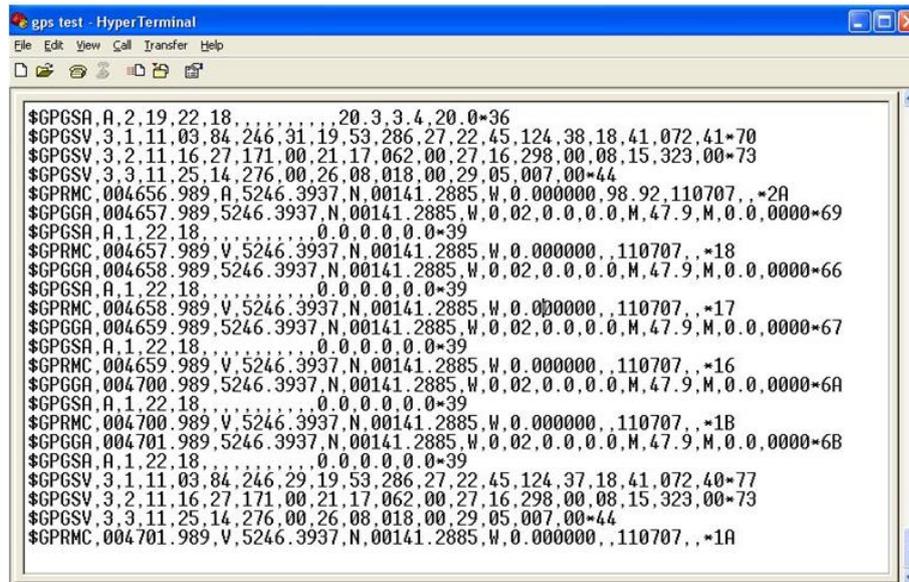


Figura 4.1 Recepción de Sentencias NMEA con HyperTerminal

4.2.2 Pruebas de Distribución de Energía Primaria y Auxiliar

La energización para el prototipo es una parte muy importante ya que el módulo debe estar funcionando el tiempo necesario que se lleve acabo la ruta escogida por el usuario. Es así que al tener la alimentación primaria conectada se enciende el indicador verde y si fallase este suministro automáticamente entra a funcionar la alimentación auxiliar preñdiéndose el indicador rojo como se muestra en la Figura 4.2



Figura 4.2 Prueba de Energización Primaria y Auxiliar

4.2.3 Prueba de Reconocimiento de la Memoria SD

La memoria SD, almacena los datos de forma que sean compatibles con Windows, ya que posee una tabla de archivos en formato FAT 16/32, compatible con DOS. Para un mejor manejo de los datos almacenados, la tarjeta los guarda en un archivo de documento de excel con extensión .xls. El reconocimiento de la memoria SD al sistema se lo realiza colocando la tarjeta SD en la ranura lateral del módulo, mientras no se coloque la memoria el sistema no puede arrancar. En la Figura 4.3 se muestra la aceptación de la memoria al sistema.



Figura 4.3 Reconocimiento de Memoria SD al Prototipo

4.2.4 Prueba de Igualación de Fecha y Hora

Al encender siempre el prototipo, la actualización de Fecha y Hora permite garantizar que los resultados grabados en la memoria SD sean correctos. Para el ajuste de datos es necesario entrar a la opción de igualación fecha o igualación hora como se muestra en la Figura 4.4 .



Figura 4.4 Igualar Fecha y Hora

En la Figura 4.5 se muestra una pantalla secundaria para el seteo de años, meses, días, horas y minutos, siendo esta configuración externa y sin verse en la necesidad de reprogramar el microcontrolador



Figura 4.5 Setear Datos

4.3 Pruebas de Funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento efectuadas sobre el prototipo son las siguientes:

- ✓ Pruebas y Verificación de datos en el GIS
- ✓ Pruebas de Error de Posición

4.3.1 Pruebas y Verificación de datos en el GIS

Para verificar las coordenadas geográficas grabadas en la tarjeta de memoria SD y comprobar la exactitud de los datos, se seleccionaron cuatro puntos de referencia, cuyos ejes fueron determinados con la ayuda del programa informático Google Earth que permitirá comparar y verificar las marcas realizadas por el GPS.

➤ Prueba Número 1

En la Tabla 4.1 se muestra datos de posicionamiento seleccionados al azar, el punto de prueba número 1 fue seleccionado de acuerdo a la Figura 4.6 donde se muestra la ubicación exacta del sitio escogido.

Tabla 4.1 Datos Existentes en la Memoria SD

17	SISTEMA DE REGISTRO DE EVENTOS EN RUTA PARA TRANSPORTACION PUBLICA					
18	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m)	VELOCIDAD (km/h)
19	12/04/2012	14:55:38	0055.17473 S	07837.16459 W	2.811.699.951.171	0
20	12/04/2012	14:55:44	0055.17478 S	07837.16457 W	2.811.300.048.827	0
21	12/04/2012	14:55:50	0055.17469 S	07837.16465 W	2.811.399.902.343	0
22	12/04/2012	14:55:57	0055.17460 S	07837.16475 W	Punto de Prueba N-1	
23	12/04/2012	14:56:03	0055.17457 S	07837.16494 W	2.811.699.951.171	0
24	12/04/2012	14:56:10	0055.17450 S	07837.16493 W	2.811.899.902.343	0
25	12/04/2012	14:56:28	0055.17461 S	07837.16467 W	2.811.699.951.171	0



Figura 4.6 Coordenadas del Punto de Prueba N°1

En la Figura 4.7 se muestra la pantalla principal de Google Earth la cual nos da una visión panorámica del área seleccionada y con un indicador de color amarillo señala el punto exacto de coordenada.

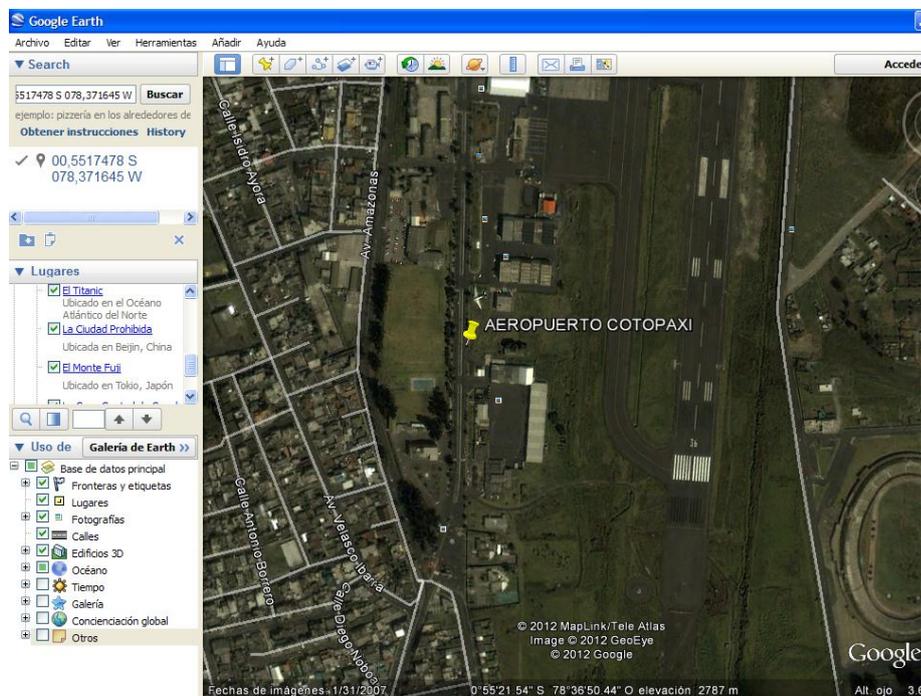


Figura 4.7 Punto de Prueba N°1 en Google Earth

➤ **Prueba Número 2**

En la Tabla 4.2 se muestra datos de posicionamiento seleccionados al azar, el punto de prueba número 2 fue seleccionado de acuerdo a la Figura 4.8 donde se muestra la ubicación exacta del sitio escogido.

Tabla 4.2 Datos Existentes en la Memoria SD

63	SISTEMA DE REGISTRO DE EVENTOS EN RUTA PARA TRANSPORTACION PUBLICA					
64	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m)	VELOCIDAD (km/h)
65	12/04/2012	15:13:39	0056.00066 S	07836.93002 W	2.792.099.853.515	0
66	12/04/2012	15:13:45	0056.00042 S	07836.93071 W	2789.5	0
67	12/04/2012	15:13:51	0056.00029 S	07836.93100 W	2.788.299.804.687	0
68	12/04/2012	15:13:58	0056.00027 S	07836.93112 W	Punto de Prueba N-2	
69	12/04/2012	15:14:04	0056.00025 S	07836.93125 W	2.787.699.951.171	0
70	12/04/2012	15:14:10	0056.00024 S	07836.93135 W	2.787.599.853.515	0
71	12/04/2012	15:14:16	0056.00023 S	07836.93133 W	2.787.699.951.171	0



Figura 4.8 Coordenadas del Punto de Prueba N°2

En la Figura 4.9 se muestra la pantalla principal de Google Earth la cual nos da una visión panorámica del área seleccionada y con un indicador de color amarillo señala el punto exacto de coordenada.

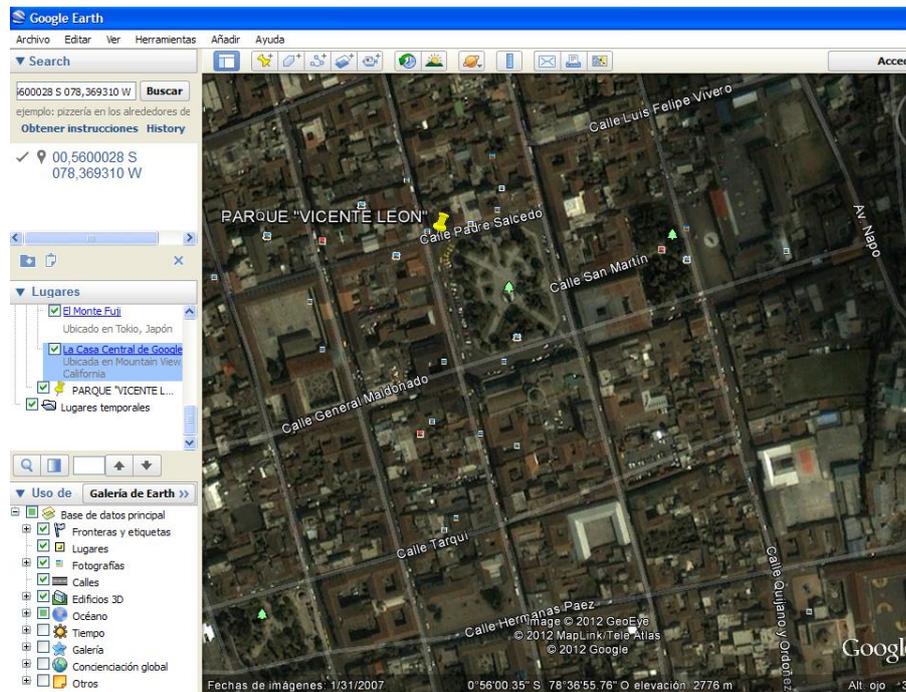


Figura 4.9 Punto de Prueba N°2 en Google Earth

➤ Prueba Número 3

En la Tabla 4.3 se muestra datos de posicionamiento seleccionados al azar, el punto de prueba número 3 fue seleccionado de acuerdo a la Figura 4.10 donde se muestra la ubicación exacta del sitio escogido.

Tabla 4.3 Datos Existentes en la Memoria SD

6	SISTEMA DE REGISTRO DE EVENTOS EN RUTA PARA TRANSPORTACION PUBLICA					
7	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m)	VELOCIDAD (km/h)
8	12/04/2012	15:23:38	0056.20077 S	07836.77590 W	2.789.799.804.687	0
9	12/04/2012	15:23:44	0056.20046 S	07836.77588 W	2.790.099.853.515	0
10	12/04/2012	15:23:50	0056.20024 S	07836.77587 W	2.790.099.853.515	0
11	12/04/2012	15:23:57	0056.20015 S	07836.77588 W	Punto de Prueba N-3	
12	12/04/2012	15:24:03	0056.19921 S	07836.77569 W	2.790.199.951.171	0
13	12/04/2012	15:24:10	0056.19467 S	07836.76044 W	2.790.599.853.515	0
14	12/04/2012	15:24:16	0056.19024 S	07836.73835 W	2790.5	0



Figura 4.10 Coordenadas del Punto de Prueba N°3

En la Figura 4.11 se muestra la pantalla principal de Google Earth la cual nos da una visión panorámica del área seleccionada y con un indicador de color amarillo señala el punto exacto de coordenada.

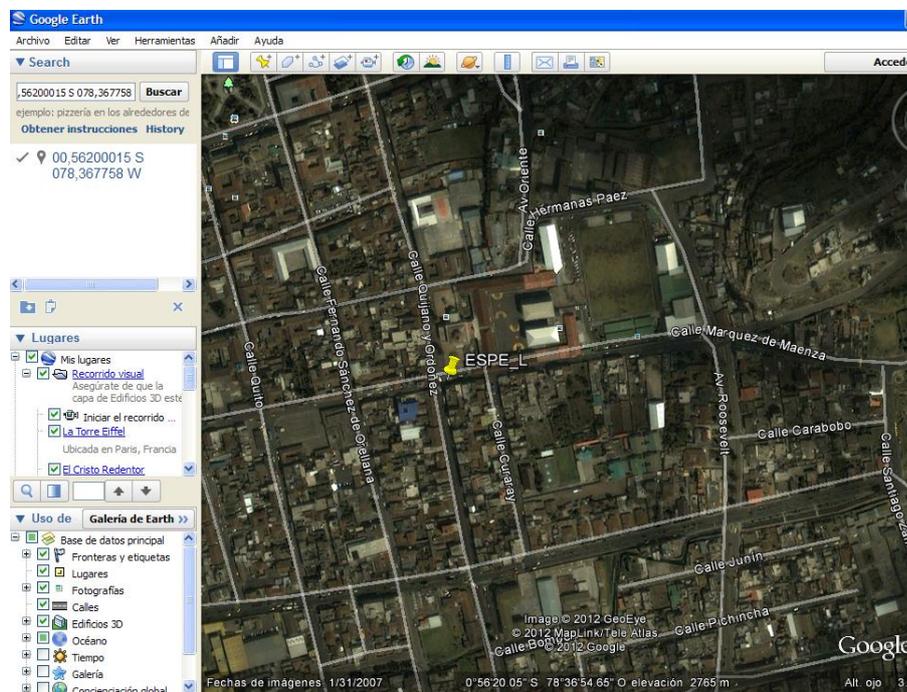


Figura 4.11 Punto de Prueba N°3 en Google Earth

➤ **Prueba Número 4**

En la Tabla 4.4 se muestra datos de posicionamiento seleccionados al azar, el punto de prueba número 4 fue seleccionado de acuerdo a la Figura 4.12 donde se muestra la ubicación exacta del sitio escogido.

Tabla 4.4 Datos Existentes en la Memoria SD

24	SISTEMA DE REGISTRO DE EVENTOS EN RUTA PARA TRANSPORTACION PUBLICA					
25	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m)	VELOCIDAD (km/h)
26	12/04/2012	15:26:16	0056.14796 S	07836.41986 W	2.793.699.951.171	0
27	12/04/2012	15:26:22	0056.14859 S	07836.42036 W	2.793.899.902.343	0
28	12/04/2012	15:26:28	0056.14888 S	07836.42066 W	2.793.899.902.343	0
29	12/04/2012	15:26:35	0056.14918 S	07836.42089 W	Punto de Prueba N-4	
30	12/04/2012	15:26:41	0056.14937 S	07836.42104 W	2.794.199.951.171	0
31	12/04/2012	15:26:47	0056.14955 S	07836.42110 W	2.794.399.902.343	0
32	12/04/2012	15:26:53	0056.14966 S	07836.42099 W	2.794.300.048.827	0



Figura 4.12 Coordenadas del Punto de Prueba N°4

En la Figura 4.13 se muestra la pantalla principal de Google Earth la cual nos da una visión panorámica del área seleccionada y con un indicador de color amarillo señala el punto exacto de coordenada.

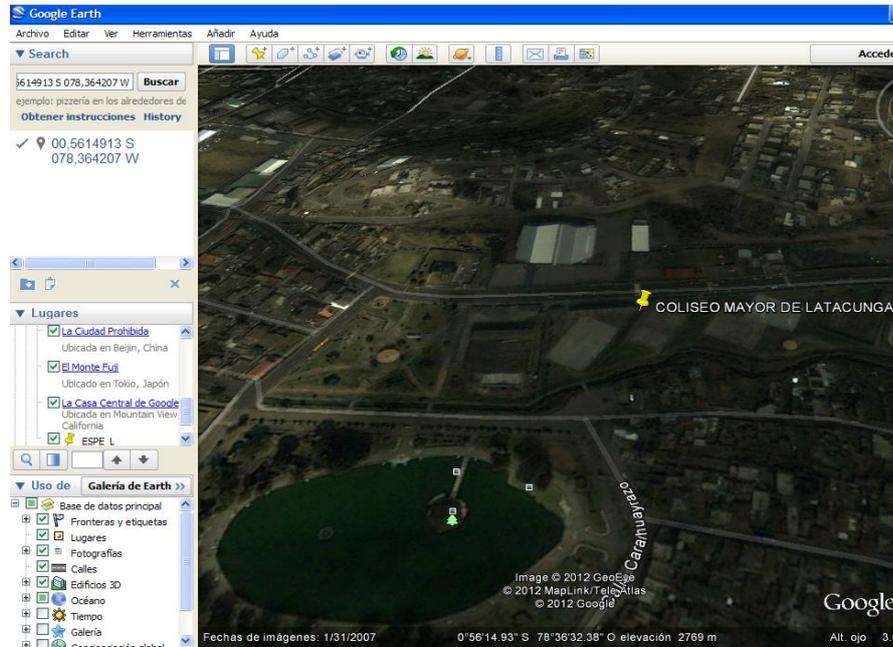


Figura 4.13 Punto de Prueba N°4 en Google Earth

4.3.2 Pruebas de Error de Posición

Esta prueba consiste en comparar las coordenadas geográficas del prototipo con los ejes determinados por Google Earth, de esta manera se pudo determinar el error de posición máximo existente.

Tabla 4.5 Error de posición de los puntos de referencia

Puntos de Prueba	Ejes de Coordenadas	Coordenadas Prototipo	Coordenadas Google Earth	Error de Posición
1	Latitud	0055.17478 S	0055.1776 S	0.000028
	Longitud	07837.1645 W	78.371640 O	0.000005
2	Latitud	0056.00028 S	0056.0086 S	0.000084
	Longitud	07836.9310 W	78.369363 O	0.000053
3	Latitud	0056.20015 S	0056.2089 S	0.000088
	Longitud	07836.7758 W	78.367797 O	0.000039
4	Latitud	0056.14913 S	0056.1488 S	0.000003
	Longitud	07836.4207 W	78.364216 O	0.000009

Se puede observar en la Tabla 4.5, los valores de latitud y longitud que presentan una variación a partir de las cienmilésimas de minuto; esta variación se debe a la tolerancia del receptor GPS utilizado en la unidad móvil. Nótese por otro lado que los valores se mantienen constantes en grados y cuatro cifras decimales. En normativas de los sistemas de referencia geográficos, se determinó que un grado ecuatorial corresponde a 100,4 Km; por lo que se puede determinar la variación de posición tomando en cuenta el mayor error a partir de las cienmilésimas de segundo de la siguiente manera:

$$d = (\text{Error de Posición}) * (\text{Grado Ecuatorial}) \quad \text{Ec. 4.1}$$

Normativas por parte del CONATEL, sugieren que el error máximo que deben presentar los receptores GPS para el cálculo de la posición es de 10 metros aproximadamente; por lo tanto, el prototipo cumple con lo establecido en el diseño conforme a los organismos reguladores de las comunicaciones.

4.4 Análisis de Resultados

En la Tabla 4.6 se muestra el error máximo existente en cada coordenada geográfica permitiendo conseguir una referencia de la exactitud del prototipo aproximada.

Tabla 4.6 Error máximo existente en cada punto de prueba

Puntos de Prueba	Eje de Coordenadas	Error de Posición	Error máximo (metros)
1	Latitud	0.000028	2.8
	Longitud	0.000005	0.5
2	Latitud	0.000084	8.4
	Longitud	0.000053	5.3
3	Latitud	0.000088	8.8
	Longitud	0.000039	3.9
4	Latitud	0.000003	0.3
	Longitud	0.000009	0.9

Después de terminar todas las pruebas realizadas en el prototipo y en el funcionamiento del mismo, se alcanzó a cumplir los objetivos y metas planteadas al inicio del proyecto, entre las principales tenemos; controlar el almacenamiento de tramas, manejar los protocolos de comunicación del microprocesador, guardar los datos en una memoria SD, disponer de un mapa digital (Google Earth). Cabe destacar que se realizó progresivamente cada una de las etapas del proyecto y por ende se cumplió con el óptimo funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La elaboración e investigación del proyecto “Diseño e Implementación de un prototipo electrónico para el monitoreo vehicular pasivo en la ciudad de Latacunga, utilizando tecnología GPS” y sus pruebas de funcionamiento generan conclusiones importantes que se presentan y analizan en el presente capítulo.

5.3 CONCLUSIONES

- El sistema de posicionamiento global mediante satélites (GPS) es uno de los avances tecnológicos más importantes de la humanidad, debido a que permiten determinar en cualquier parte del mundo la posición exacta de un vehículo, persona, u objeto. Si a este sistema se le añade otro que ayude a almacenar o enviar esta información a una central que se encargue de interpretarla usando programas computacionales especializados (GIS) se obtiene un sistema de rastreo satelital muy utilizado en gran parte en actividades de transporte.
- La tarjeta de desarrollo Smart GPS que fue utilizada en este proyecto es un dispositivo extremadamente rápido y sensible, con una capacidad de recepción de datos menor a un segundo junto con el pequeño tamaño del módulo y su bajo costo este resulta un módulo ideal para aplicaciones automotoras.

- El sistema GPS envía datos adicionalmente a los de posicionamiento como velocidad, altitud, hora, etc. del lugar donde se encuentra el punto de medición, permitiendo al usuario realizar acciones diferentes a las de rastreo, tales como la realización de modelos geológicos y topográficos, estudio de fenómenos atmosféricos, estudio de rutas turísticas, entre otras aplicaciones.
- Los microcontroladores ATMEL presentan las características óptimas que se adaptan de forma eficaz a las necesidades de diseño del prototipo. El compilador Bascom AVR es una herramienta de desarrollo que cuenta con funciones e instrucciones que facilitan la programación de los microcontroladores ATMEL y optimizan el tiempo empleado para la misma.
- Para el presente proyecto es una prioridad tener un Reloj de Tiempo Real (RTC) que mantenga su funcionamiento en todo momento, debido a que el archivo donde se registran todos los parámetros del automotor añade información de la hora y la fecha que se realizó cada lectura. El reloj en tiempo real (DS1307) implementado en el módulo electrónico permite mantener una hora calendario real en el sistema. De lo cual se puede concluir que la utilización del integrado DS1307 es la mejor opción para implementar un RTC en el módulo electrónico.
- Debido a que la tarjeta de memoria SD trabaja con la interfaz UART y que el microcontrolador ATMEGA 164P cuenta con este puerto, la comunicación entre estos dispositivos fue posible, rápida y no muy complicada.

- Al culminar el análisis y resultados del proyecto se confirmó que el error máximo que deben presentar los receptores GPS para el cálculo de posición es de 5 a 10 metros, por consiguiente el prototipo cumple con lo establecido en los organismos reguladores de las comunicaciones.
- Al culminar la elaboración de este proyecto se concluye que este dispositivo es de beneficio para las empresas que se dedican al transporte público y a su vez a los dueños de estas unidades de transporte. El control efectuado por el módulo electrónico posibilita optimizar el gasto en repuestos, combustible y tiempo de uso de cada unidad de transporte lo que conlleva a un mejor servicio hacia el usuario.

5.4 RECOMENDACIONES

- Es necesario que el usuario del módulo GPS revise primero la documentación de los componentes que forman parte de la tarjeta SmartGPS, ya que esto le ayudará en el uso de la misma y así proteger la integridad de la tarjeta. Una vez que se tenga el conocimiento de los componentes que conforman la tarjeta por separado, es importante revisar la interacción entre todos y cada uno de los componentes a utilizar.
- Se recomienda colocar el módulo electrónico del sistema en algún sitio del automotor donde no sufra maltratos como: golpes, derramamiento de líquidos, calor excesivo entre otros. El sitio donde se va a ubicar el módulo electrónico tiene que estar al alcance del usuario para poder configurar el sistema y visualizar la información del GPS.
- Para una mejor recepción de las señales satelitales, se recomienda instalar la antena receptora GPS en un lugar externo del vehículo y con línea de vista al cielo; así por ejemplo, puede estar ubicada en el capot del automóvil.
- Debido a que el proyecto hace uso de un computador para el uso del GIS, se recomienda tener una PC con un procesador robusto que ejecute el programa Google Earth sin ningún retraso de información, obliga a que su ejecución sea rápida.
- Resultaría muy interesante la difusión del conocimiento de microcontroladores ATMEL en el Departamento de Eléctrica y Electrónica, pues cuentan con herramientas de desarrollo que

facilitan la programación y optimizan el tiempo que puede ser usado para el desarrollo de mayor cantidad de aplicaciones.

- Es muy necesario leer detalladamente el manual de usuario para poder manipular el prototipo sin ningún riesgo y tener un mejor funcionamiento del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros y Direcciones Electrónicas:

[1]. Historia del GPS;

<https://www.sites.google.com/site/hostoriadelosgps/>

[5]. Descripción del Sistema GPS;

T. A. Herring, "The Global Positioning System", *Scientific American*, 1996, pág. 32-38.

[6]. Códigos del Sistema GPS;

http://www.mapealo.com/Costaricageodigital/Documentos/alfabetizacion/gps_teoría_nov10.pdf

[7]. Funcionamiento del GPS;

TAURASO,C. Localizador GPS. BARCELONA. In *Electronics*, 2005. pág. 1-8.

[9]. Fuentes de Error en el Sistema;

J.A. Fernández Rubio, G.Seco Granados, "Sistemas de posicionamiento: de GPS a GNSS", *Mundo Electrónico*, 1997, 280, pág. 46- 52.

[10]. Aplicaciones de los GPS;

Understanding GPS: Principles and Applications, Editor Elliot D. Kaplan, Artech House, 1996, pág. 86-104.

[11]. GPS Diferencial (DGPS);

http://gutovnik.com/como_func_sist_gps.htm

[12]. Sentencias NMEA;

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2639/1/T-ESPE-030150.PDF>

[13]. Smart GPS LEA 5S, Data Sheet;

http://www.morninghan.com/pdf/LEA-5x_Data_Sheet%28GPS.G5-MS5-07026%29.pdf

[14]. Microcontroladores, Introducción;

<http://www.monografias.com/indice/microcontoladores.html>

[16]. ATMEL, Data Sheet ATMEGA 164P;

<http://www.hispavila.com/3ds/atmega/indice.html>

[17]. Tarjetas de Memoria SD;

http://es.wikipedia.org/wiki/Secure_Digital

[18]. Mikroelektronica - Data Sheet, uALFAT ;

<http://www.ghielectronics.com/downloads/uALFAT/uALFAT%20Manual.pdf>

[19]. Mikroelektronica, LCD;

<http://www.MikroElektronika.com/download/lcd.pdf>

[20]. Sistema de Información Geográfica;

<http://www.wikipedia-SIG/GIS.com>

[21]. Protocolo I2C;

http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_I2C

ANEXOS

ANEXO A: Regulador de Tensión 78XX

ANEXO B: Regulador de Tensión LM1117-XX

ANEXO C: Reloj en Tiempo Real (DS 1307)

ANEXO D: Hoja de datos técnicos ATMEGA 164P

ANEXO E: Hoja de datos técnicos módulo uALFAT SD

ANEXO F: Diagrama de Flujo Completo

ANEXO G: Programa Principal

ANEXO H: Manual de Usuario

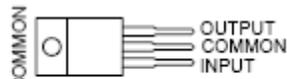
μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLV8055J - MAY 1976 - REVISED MAY 2003

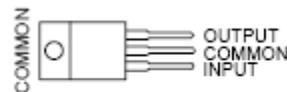
- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 1.5 A
- Internal Thermal-Overload Protection

- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation

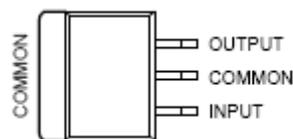
KC (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)



KCS (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)



KTE PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to 1.5 A of output current. The internal current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload. In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents, and also can be used as the power-pass element in precision regulators.

ORDERING INFORMATION

T _J	V _{O(NOM)} (V)	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 125°C	5	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7805CKTER	μA7805C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7805CKC	μA7805C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7805CKCS	
	8	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7808CKTER	μA7808C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7808CKC	μA7808C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7808CKCS	
	10	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7810CKTER	μA7810C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7810CKC	μA7810C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7810CKCS	
	12	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7812CKTER	μA7812C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7812CKC	μA7812C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7812CKCS	
	15	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7815CKTER	μA7815C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7815CKC	μA7815C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7815CKCS	
	24	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7824CKTER	μA7824C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7824CKC	μA7824C

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

μA7800 SERIES
POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

DLV0056J - MAY 1976 - REVISED MAY 2003

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT	
V_I	Input voltage	μA7805C	7	25	V
		μA7808C	10.5	25	
		μA7810C	12.5	28	
		μA7812C	14.5	30	
		μA7815C	17.5	30	
		μA7824C	27	38	
I_O	Output current		1.5	A	
T_J	Operating virtual junction temperature	μA7800C series	0	125	°C

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, $V_I = 10$ V, $I_O = 500$ mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J †	μA7805C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5$ mA to 1 A, $P_D \leq 15$ W $V_I = 7$ V to 20 V,	25°C	4.8	5	5.2	V
		0°C to 125°C	4.75		5.25	
Input voltage regulation	$V_I = 7$ V to 25 V	25°C		3	100	mV
	$V_I = 8$ V to 12 V			1	50	
Ripple rejection	$V_I = 8$ V to 18 V, $f = 120$ Hz	0°C to 125°C	62	78		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5$ mA to 1.5 A	25°C		15	100	mV
	$I_O = 250$ mA to 750 mA			5	50	
Output resistance	$f = 1$ kHz	0°C to 125°C	0.017			Ω
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5$ mA	0°C to 125°C	-1.1			mV/°C
Output noise voltage	$f = 10$ Hz to 100 kHz	25°C	40			μV
Dropout voltage	$I_O = 1$ A	25°C	2			V
Bias current		25°C	4.2		8	mA
Bias current change	$V_I = 7$ V to 25 V	0°C to 125°C			1.3	mA
	$I_O = 5$ mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C	750			mA
Peak output current		25°C	2.2			A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.



June 2004

LM1117/LM1117I

800mA Low-Dropout Linear Regulator

General Description

The LM1117 is a series of low dropout voltage regulators with a dropout of 1.2V at 800mA of load current. It has the same pin-out as National Semiconductor's industry standard LM317.

The LM1117 is available in an adjustable version, which can set the output voltage from 1.25V to 13.8V with only two external resistors. In addition, it is also available in five fixed voltages, 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V, and 5V.

The LM1117 offers current limiting and thermal shutdown. Its circuit includes a zener trimmed bandgap reference to assure output voltage accuracy to within $\pm 1\%$.

The LM1117 series is available in LLP, TO-263, SOT-223, TO-220, and TO-252 D-PAK packages. A minimum of 10 μ F tantalum capacitor is required at the output to improve the transient response and stability.

Features

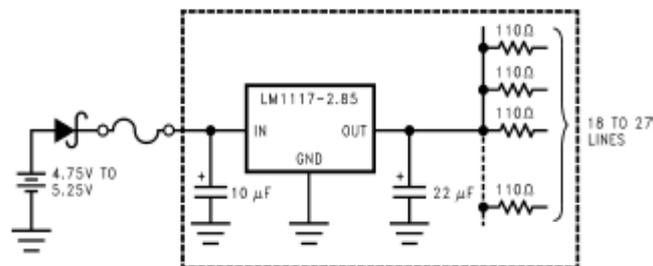
- Available in 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V, 5V, and Adjustable Versions
- Space Saving SOT-223 and LLP Packages
- Current Limiting and Thermal Protection
- Output Current 800mA
- Line Regulation 0.2% (Max)
- Load Regulation 0.4% (Max)
- Temperature Range
 - LM1117 0°C to 125°C
 - LM1117I -40°C to 125°C

Applications

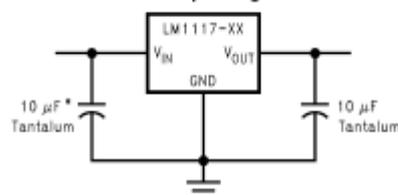
- 2.85V Model for SCSI-2 Active Termination
- Post Regulator for Switching DC/DC Converter
- High Efficiency Linear Regulators
- Battery Charger
- Battery Powered Instrumentation

Typical Application

Active Terminator for SCSI-2 Bus



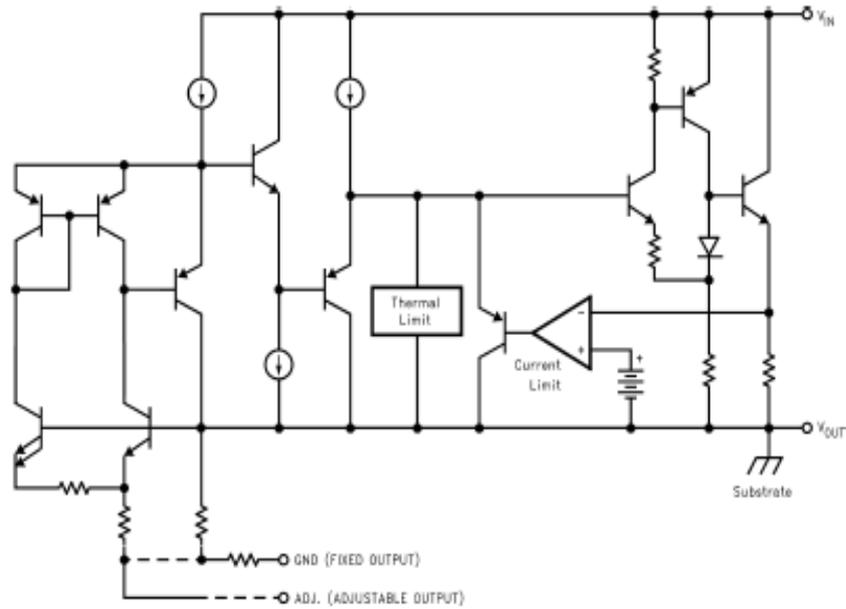
Fixed Output Regulator



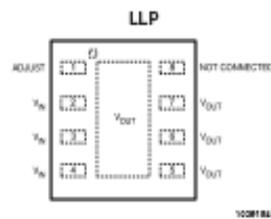
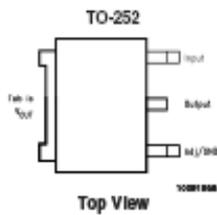
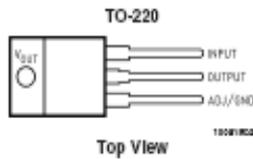
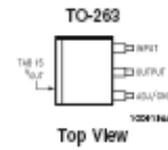
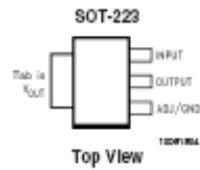
* Required if the regulator is located far from the power supply filter.

10091628

Block Diagram



Connection Diagrams



When using the LLP package
 Pins 2, 3 & 4 must be connected together and
 Pins 5, 6 & 7 must be connected together

LM1117 Electrical Characteristics (Continued)

Typicals and limits appearing in normal type apply for $T_J = 25^\circ\text{C}$. Limits appearing in **Boldface** type apply over the entire junction temperature range for operation, 0°C to 125°C .

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 5)	Typ (Note 4)	Max (Note 5)	Units
ΔV_{OUT}	Load Regulation (Note 6)	LM1117-ADJ $V_{IN}-V_{OUT} = 3V, 10 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		0.2	0.4	%
		LM1117-1.8 $V_{IN} = 3.2V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	10	mV
		LM1117-2.5 $V_{IN} = 3.9V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	10	mV
		LM1117-2.85 $V_{IN} = 4.25V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	10	mV
		LM1117-3.3 $V_{IN} = 4.75V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	10	mV
		LM1117-5.0 $V_{IN} = 6.5V, 0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$		1	15	mV
		$V_{IN}-V_{OUT}$	Dropout Voltage (Note 7)	$I_{OUT} = 100\text{mA}$		1.10
$I_{OUT} = 500\text{mA}$				1.15	1.25	V
$I_{OUT} = 800\text{mA}$				1.20	1.30	V
I_{LIMIT}	Current Limit	$V_{IN}-V_{OUT} = 5V, T_J = 25^\circ\text{C}$	800	1200	1500	mA
	Minimum Load Current (Note 8)	LM1117-ADJ $V_{IN} = 15V$		1.7	5	mA
		LM1117-1.8 $V_{IN} \leq 15V$		5	10	mA
	Quiescent Current	LM1117-2.5 $V_{IN} \leq 15V$		5	10	mA
		LM1117-2.85 $V_{IN} \leq 10V$		5	10	mA
		LM1117-3.3 $V_{IN} \leq 15V$		5	10	mA
		LM1117-5.0 $V_{IN} \leq 15V$		5	10	mA
	Thermal Regulation	$T_A = 25^\circ\text{C}, 30\text{ms Pulse}$		0.01	0.1	%/W
	Ripple Regulation	$f_{RIPPLE} = 1.20\text{Hz}, V_{IN}-V_{OUT} = 3V, V_{RIPPLE} = 1V_{PP}$	60	75		dB
	Adjust Pin Current			60	120	μA
Adjust Pin Current Change	$10 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA},$ $1.4V \leq V_{IN}-V_{OUT} \leq 10V$		0.2	5	μA	
Temperature Stability			0.5		%	

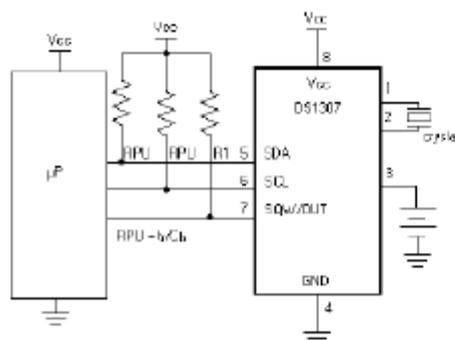
**DS1307****64 x 8 Serial Real Time Clock****DESCRIPCIÓN.**

El DS1307 Real-Time-Clock Serie, es un dispositivo de bajo consumo de energía, completo con código binario decimal (BCD), reloj/calendario más 56 bytes de NV SRAM. Dirección y datos son transferidos a través de 2 hilos serie, bus bi-direccional. El reloj/calendario provee información de, segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año. El final de fecha de mes se ajusta automáticamente durante meses menores de 31 días, incluyendo correcciones para el año bisiesto. El reloj funciona en cualquiera formato de 24 horas o en 12 horas con indicador AM/PM. El DS1307 tiene incorporado un circuito de sensor de tensión que detecta fallas de energía y cambia automáticamente al suministro de batería de respaldo.

CARACTERÍSTICAS.

- ° Reloj en tiempo real (RTC) Cuenta segundos, Minutos, horas, fecha del mes, mes, día de la semana, y año con año bisiesto Compensación Válido hasta 2100.
- ° 56-Byte, con respaldo de batería, no volátil (NV) de RAM para almacenamiento de datos
- ° Interface Serie I2C.
- ° Onda-Cuadrada programable de la señal de salida.
- ° Detector Automático Fallo-Energía y Circuito Conmutación.
- ° Consume menos de 500nA en la batería -- Modo de copia de seguridad con el oscilador funcionando.
- ° Rango de temperatura Industrial Opcional: -40 ° C a +85 ° C
- ° Disponible en 8-Pin Plástico DIP o SO
- ° Reconocido Underwriters Laboratory (UL)

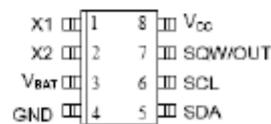
El Circuito Típico de funcionamiento y Configuraciones de pines aparecen al final de hoja de datos. Ver niveles de tensión y otras características en el propio DS.

ASIGNACION DE PINES

Circuito Típico.



DS1307 8-Pin DIP (300 mil)



DS1307Z 8-Pin SOIC (150 mil)

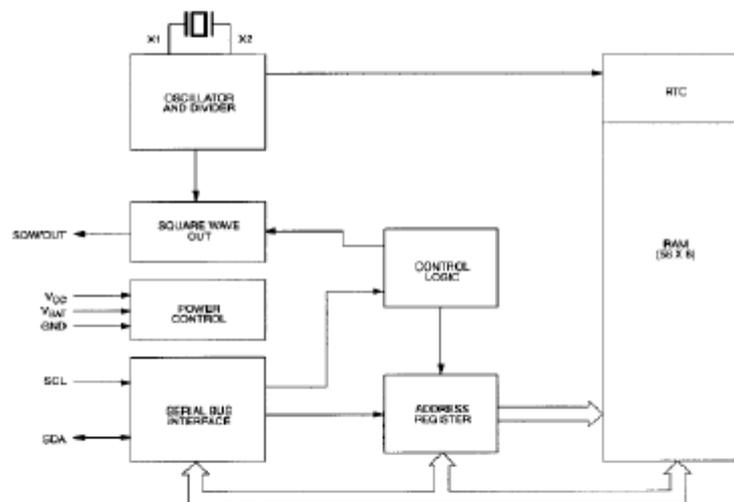
Cápsulas.

RTC DS1307

OPERACIÓN.

El DS1307 funciona como un dispositivo esclavo en el bus serie. El acceso se obtiene mediante la aplicación de una condición de START (Inicio) y la prestación de un código de identificación del dispositivo seguido de una dirección de registro. Se puede acceder a registros posteriores de forma secuencial hasta que es ejecutada una condición STOP. Cuando VCC cae por debajo de $1,25 \times V_{BAT}$ un dispositivo en curso rescinde el acceso y restablece el contador de dirección de dispositivo. En este momento, pueden no ser reconocidas entradas al dispositivo para evitar que se escriban datos erróneos en el dispositivo por fuera de tolerancia del sistema. Cuando VCC cae por debajo de VBAT el dispositivo conmuta a batería a baja corriente modo de seguridad. Tras el encendido, el dispositivo conmuta de la batería a VCC VCC cuando es mayor que $V_{BAT} + 0,2 \text{ V}$ y reconoce las entradas cuando VCC es mayor de $1,25 \times V_{BAT}$. El diagrama de bloques de la Figura 1 muestra los principales elementos del RTC serie.

DS1307 DIAGRAMA BLOQUE. Figura 1



DESCRIPCIÓN DE LA SEÑAL.

VCC, GND - La alimentación DC del dispositivo se ofrece en estos pines. VCC es entrada de +5 V. Cuando se aplican 5V dentro de límites normales, el dispositivo es totalmente accesible y los datos pueden ser escritos y leídos. Cuando una batería de 3V se conecta al dispositivo y VCC es inferior a $1,25 \times V_{BAT}$, se inhiben lectura y escritura. Sin embargo, la función de la hora normal no se ve afectada por la baja tensión de entrada. Como VCC caiga por debajo de VBAT, la RAM y el cronómetro se cambian a la fuente de energía externa (nominal 3.0V DC) en VBAT.

VBAT - Entrada de Batería para cualquier célula de litio estándar 3V u otra fuente de energía. El voltaje de la batería debe ser mantenido entre 2,0 V y 3,5 V para su correcto funcionamiento. La tensión nominal de protección de escritura punto de disparo en el cual el acceso al RTC y la memoria RAM de usuario es denegado, es fijado por el circuito interno como nominal $1,25 \times V_{BAT}$. Una batería de litio con 48mAh o mayor mantendrá

RTC DS1307

copia de seguridad del DS1307 durante más de 10 años en ausencia de energía a 25 ° C. Reconocimiento UL asegura contra inversión de corriente de carga cuando se utiliza junto con un batería de litio.

Ver "Condiciones de accesibilidad" en: <http://www.maxim-ic.com/TechSupport/QA/ntrl.htm>.

SCL (Serial Clock Input) - SCL se utiliza para sincronizar el movimiento de datos en la interfaz serie, requiere una RPA (Resistencia de Polarización a Alto externa).

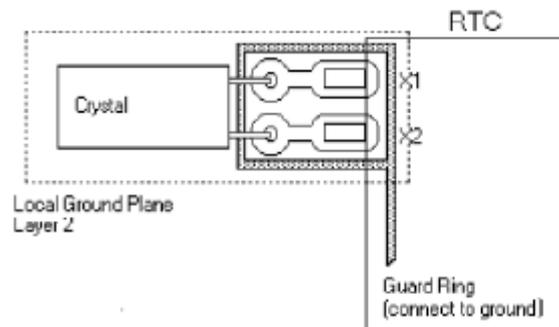
SDA (Serial Data Input/Output) - SDA es el pin entrada/salida para el interfaz 2-hilos serie. El SDA es el pin de drenaje abierto, que requiere una RPA (Resistencia de Polarización a Alto externa).

SQW/OUT (Onda Cuadrada/controlador de Salida) - Cuando se activa, el bit SQWE se establece en 1, el pin SQW/OUT es la salida de una de las cuatro frecuencias de onda cuadrada (1 Hz, 4 kHz, 8 kHz, 32 kHz). El pin SQW/OUT es de drenaje abierto y requiere una RPA (Resistencia de Polarización a Alto externa). SQW/OUT funcionará con cualquiera Vcc o Vbat aplicada.

X1, X2 - Conexiones para un cristal de cuarzo estándar 32.768kHz. El circuito oscilador interno está diseñado para funcionar con un cristal con una capacitancia de carga específica (CL) de 12.5pF.

Para obtener más información sobre la selección de cristal y las consideraciones de diseño de cristal, por favor, consulte Aplicación de Nota 58, "*Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks*." El DS1307 también puede ser impulsado por un oscilador externo de 32.768kHz. En esta configuración, el pin X1 está conectado con el oscilador externo de la señal y el pin X2 está flotando.

DISPOSICIÓN RECOMENDADA PARA CRISTAL.



Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 16/32/64K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 512B/1K/2K Bytes EEPROM
 - 1/2/4K Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/ 100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - Differential mode with selectable gain at 1x, 10x or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Two Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 1.8 - 5.5V for ATmega164P/324P/644PV
 - 2.7 - 5.5V for ATmega164P/324P/644P
- Speed Grades
 - ATmega164P/324P/644PV: 0 - 4MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V
 - ATmega164P/324P/644P: 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega164P/324P/644P
 - Active: 0.4 mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.6µA (Including 32 kHz RTC)



8-bit **AVR**[®]
Microcontroller
with 16/32/64K
Bytes In-System
Programmable
Flash

ATmega164P/V
ATmega324P/V
ATmega644P/V

Preliminary
Summary

ATMEGA 164P

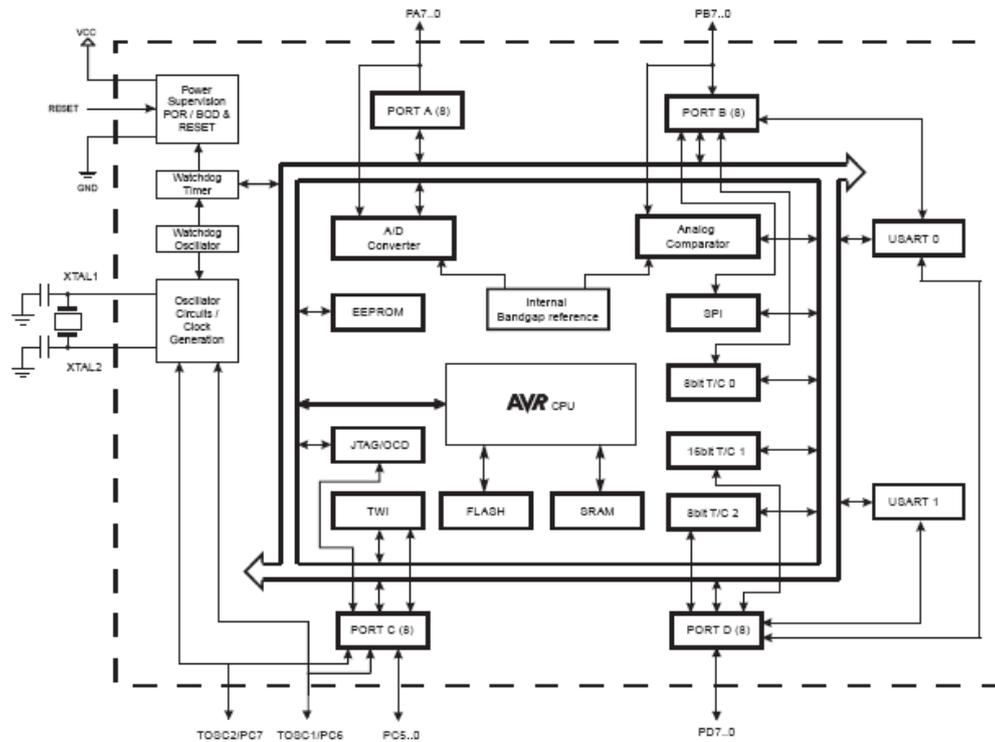


Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega164P/324P/644P

		PDIP	
(PCINT8/XCK0/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0/PCINT0)
(PCINT9/CLKO/T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1/PCINT1)
(PCINT10/INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2/PCINT2)
(PCINT11/OC0A/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3/PCINT3)
(PCINT12/OC0B/SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4/PCINT4)
(PCINT13/MISO) PB5	6	35	PA5 (ADC5/PCINT5)
(PCINT14/MOSI) PB6	7	34	PA6 (ADC6/PCINT6)
(PCINT15/SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7/PCINT7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2/PCINT23)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1/PCINT22)
(PCINT24/RXD0) PD0	14	27	PC5 (TDI/PCINT21)
(PCINT25/TXD0) PD1	15	26	PC4 (TDO/PCINT20)
(PCINT26/RXD1/INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS/PCINT19)
(PCINT27/TXD1/INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK/PCINT18)
(PCINT28/XCK1/OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA/PCINT17)
(PCINT29/OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL/PCINT16)
(PCINT30/OC2B/CP) PD6	20	21	PD7 (OC2A/PCINT31)

Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle.



Comparison Between ATmega164P, ATmega324P and ATmega644P

Table 2-1. Differences between ATmega164P and ATmega644P

Device	Flash	EEPROM	RAM
ATmega164P	16 Kbyte	512 Bytes	1 Kbyte
ATmega324P	32 Kbyte	1 Kbyte	2 Kbyte
ATmega644P	64 Kbyte	2 Kbyte	4 Kbyte

Pin Descriptions

VCC Digital supply voltage.

GND Ground.

Port A (PA7:PA0)

Port A serves as analog inputs to the Analog-to-digital Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port A pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port A also serves the functions of various special features of the ATmega164P/324P/644P as listed.

Port B (PB7:PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega164P/324P/644P as listed.

Port C (PC7:PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port C also serves the functions of the JTAG interface, along with special features of the ATmega164P/324P/644P as listed.

ANEXO D	Hoja de datos técnicos ATMEGA 164P	D - 4
----------------	---	--------------



Port D (PD7:PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega164P/324P/644P as listed.

RESET

Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running.

XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port F and the Analog-to-digital Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

AREF

This is the analog reference pin for the Analog-to-digital Converter.

1. Introduction

1.1. μALFAT General Description:

Adding a file system, such as FAT, to products requires a lot of resources, not to forget the work involved in licensing the patented technologies, such as LFN. USB Host drivers and SD memory drivers are also other challenges. Thanks to μALFAT, companies can now access files on SD cards and USB memories in a very short time with very little resources.

μALFAT chipset is a full FAT (FAT16/FAT32) file system and USB/SD drivers on-a-chip. μALFAT requires very few external components to run. For communication, a simple microcontroller (PIC, AVR, basic stamp...etc.) with UART, SPI or I2C can be used. Basically, serial commands are sent to μALFAT to perform different tasks on the targeted media. MMC and SD memory cards can be accessed directly. USB Mass Storage Devices are accessed through a USB Host Controller (MAX3421E). Also, μALFAT supports Long File Name technology and International Languages represented by UNICODE format. It is licensed by Microsoft for the use of FAT File System and LFN (Long File Name) so it can be commercially used without any worries about patents or licensing issues*.

The firmware in μALFAT is in-field upgradeable. Updates are available on GHI website and can be loaded on μALFAT by simply placing the file on a media and issuing the update command.

Example applications:

- Digital cameras
- Printers
- Digital picture viewer
- MP3 players
- Data logger
- Automated machines

Key features

- Full FAT16 and FAT32
- Files and Directories support
- Licensed Long File Name support (V3.11 and above)*
- Runs over UART, SPI or I2C
- Programmable UART (serial port) baud-rate.
- Up to 4 simultaneous file access
- Fast startup and media reconnect, about a second
- Fast file write and read. Average of 60 KBytes/Sec
- Supports Secure Digital (SD)and Multi Media Card (MMC)
- Supports SD High Capacity (SDHC) (Firmware Version 3)
- Supports USB Mass Storage Devices like thumb drives and card readers
- Field upgradeable firmware through a file on the connected media
- Very few external components required
- RTC (Real Clock Time) capable of running on external battery
- Low power consumption, 12mA
- Three power modes
- All I/O pins are 5 volt tolerant
- Small surface mount package, LQFP 48 pin
- -40°C to +85°C temperature operating range
- Lead free

Circuit Boards

μALFAT-SD



μALFAT-SD is an OEM board of μALFAT™ chip. The low cost and the ease of use, makes μALFAT-SD the ultimate solution for OEMs and hobbyists.

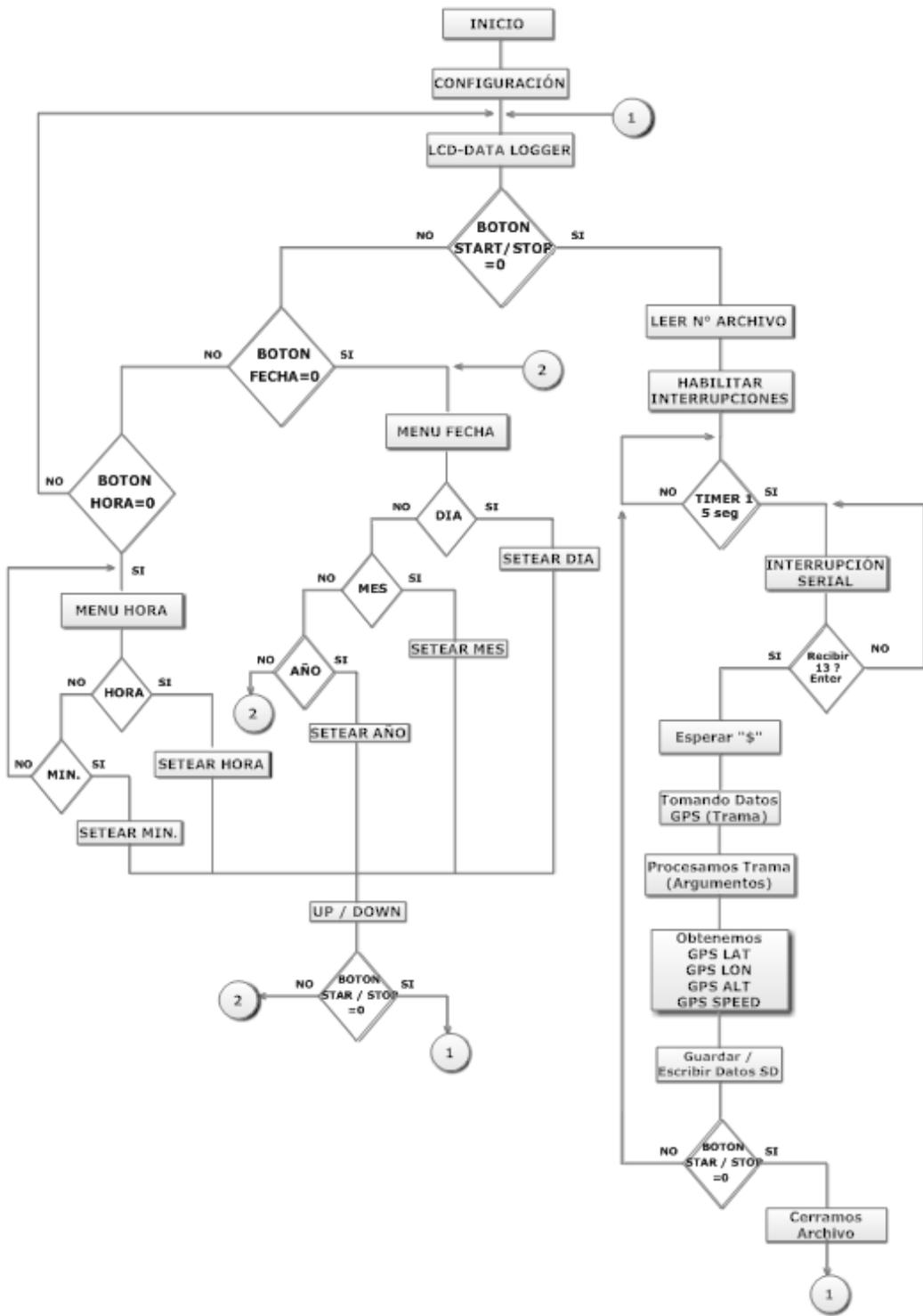
Pin-Out and Description

The following Table includes a brief description of μALFAT chipset pins.

Note: The schematics of μALFAT OEM boards should be used as a reference design. The OEM boards are μALFAT-SD, μALFAT-USB and μALFAT-TF.

Advanced details on oscillator and power tolerance can be found in the LPC2103 data sheet from NXP website.

Pin	μALFAT Name	Description
1	SD_MISO	SD card signal
2	SD_MOSI	SD card signal
4	VBAT	Power source for the internal RTC. Connect to 3V battery or VCC. Always use 2 diodes to connect a battery and VCC in case the battery runs out of power. This pin must have power, even if the internal RTC is not needed.
5	VDD 1.8V	1.8V power source
6	RESET#	Reset signal. Must be high for μALFAT to operate
7	VSS	Ground
8	TRST#	Do not connect
9	TMS	Do not connect
10	TCK	Do not connect
11	X1	Pin 1 for 10 MHz oscillator
12	X2	Pin 2 for 10 MHz oscillator
13	UART_TX	UART mode: Transmit pin of UART (output)
	SPI_DATARDY I2C_DATARDY	SPI and I2C modes: When high, it signals that μALFAT wants to send some data and the host must read it.
	UART_RX	Receive pin of UART (input)
14	SPI_BUSY I2C_BUSY	SPI and I2C: When high, it signals that μALFAT is busy and not ready for new data
15	TDI	Do not connect
16	TDO	Do not connect
17	VCC	3.3V power source



ANEXO G	Programa Principal	G - 1
<pre> Inicio_prog: Cls Lcd " DATALOGGER GPS " Cont_file = Cont_file_eeeprom Do Locate 2 , 1 Lcd Date\$ Locate 2 , 12 Lcd Time\$ Loop Until Start_stop = 0 Or Reloj_set = 0 Or Fecha_set = 0 If Fecha_set = 0 Then Gosub Menu_fecha If Reloj_set = 0 Then Gosub Menu_hora Bitwait Start_stop , Set Waitms 350 Cls Lcd "RUTA No.: " ; Cont_file Locate 2 , 1 Lcd " GRABANDO RUTA " Print #3,"HABILITAMOS RECEPCION" Disable Interrupts Waitms 500 Ualf_openfile Text_ualfat = "" Text_ualfat = "SISTEMA DE REGISTRO DE EVENTOS EN RUTA PARA TRANSPORTACION PUBLICA" Print #3 , "TXT: " ; Text_ualfat Ualf_writefile Text_ualfat Waitms 150 Text_ualfat = "" Text_ualfat = "FECHA"+Chr(9)+"HORA"+Chr(9)+"LATITUD"+Chr(9)+"LONGITUD"+ "LONGITUD"+Chr(9)+"ALTURA (m)" +Chr(9)+"VELOCIDAD (km/h)" Print #3 , "TXT: " ; Text_ualfat Ualf_writefile Text_ualfat Waitms 250 Cls Start Timer1 : Enable Timer1 Enable Interrupts Do If Gps_data_flag > 0 Then Gosub Procesogps L Lcd "LT: " ; Gpslat_str Locate 2 , 1 Lcd "LG: " ; Gpslon_str Loop Until Start_stop = 0 Bitwait Start_stop , Set Waitms 250 Ualf_closefile Incr Cont_file Cont_file_eeeprom = Cont_file Stop Timer1 : Disable Timer1 Disable Interrupts Cls Lcd " RUTA GUARDADA " Waitms 250 Goto Inicio_prog End </pre>	<pre> 'INICIO DE PROGRAMA 'Mostrar texto en LCD 'Leer el N° de Archivos 'Repetir o Hacer 'Hasta presionar condiciones 'Si presiono Fecha ir a subrutina FECHA 'Si presiono Reloj ir a subrutina HORA 'Esperar hasta que Star/Stop SET =1 RESET=0 'Mostrar en LCD el Contador de EEPROM 'Mostrar Texto en LCD 'Desabilitamos Interrupción 'Abrir Archivo en uALFAT 'Escribir linea de texto 'Escribir contenido de Text_ualfat en archivo abierto 'Escribir contenido de Text_ualfat en archivo abierto 'Prender TIMER1 y Interupción de TIMER1 'Habilitar todas las interrupción 'Repetir hasta que se presione START/STOP 'Si la variable Gps_data_flag > 0 ir a la Subrutina Procesogps 'Mostrar en LCD valores de la variable 'Mostrar en LCD valores de la variable 'Esperar hasta que Star/Stop SET =1 RESET=0 'Cerrar archivo uALFAT 'Inc. contador de Archivo 'Guardar en EEPROM Numero de Archivo 'Parar y Desabilitar Timer1 'Desabilitar Interrupciones 'Mostrar en LCD 'Ir a Inicio de Programa 'FIN </pre>	

```
'*****  
'*****  INTERRUPCIONES  *****  
'*****  
  
Timer1_isr:  
  
  Enable Interrupts          'Habilitamos Interrupción  
  
  Gpslat_str = Str (gpslat)   'Valor String  
  Gpslon_str = Str (gpslon)  
  Gpsalt_str = Str(gpsalt)  
  Gpspspeed_str = Str(gpspspeed_entero)  
  
  Print #3 , "LAT: " ; Gpslat_str  
  Print #3 , "LON: " ; Gpslon_str  
  Print #3 , "ALT: " ; Gpsalt_str  
  Print #3 , "VEL: " ; Gpspspeed_str  
  Print #3 , "TXT: " ; Text_ualfat  
  
  Ualf_writefile Text_ualfat   'Escribir en memoria  
  
  Waitms 300  
  
  Timer1 = 11536              'Contar cada 5 segundos  
  
  Disable Interrupts         'Desabilitamos interrupción  
  
Return  
  
'***** SERIAL INTERRUPT. -> GPS *****  
Serial0charmatch:           'Esperar el valor 13  
  Incr Gps_data_flag        'Incremento GPS data_flag  
Return
```

ANEXO G	Programa de "Subrutina Procesogps"	G - 3
<pre> ***** PROCESO DATOS GPS ***** Procesogps: Decr Gps_data_flag 'Decrementar variable data_flags Do Ch = Inkey() 'Recibir caracter por caracter If Ch = 0 Then Return 'Si Ch=0 regrese Loop Until Ch = "\$" 'hasta Ch="\$" Input , Gpsline Noecho 'Recibir toda la linea del GPS Xch = Split(gpsline , Gpsargs(1) , ",") 'Separar Trama en argumentos Select Case Gpsargs(1) 'Separar argumento(1) = "GPGGGA" Case "GPGGGA" 'Si es igual a "GPGGGA" hacer Case "GPGGGA" If Gpsfix > 0 Then Gpstmp1 = Val(gpsargs(3)) Gpslat = Gpstmp1 / 100 : Gpslat = Int(gpslat) Gpstmp2 = Gpslat * 100 : Gpstmp1 = Gpstmp1 - Gpstmp2 Gpstmp2 = Gpstmp1 / 60 Gpslat = Gpslat + Gpstmp2 Gpstmp1 = Val(gpsargs(5)) Gpslon = Gpstmp1 / 100 : Gpslon = Int(gpslon) Gpstmp2 = Gpslon * 100 : Gpstmp1 = Gpstmp1 - Gpstmp2 Gpstmp2 = Gpstmp1 / 60 Gpslon = Gpslon + Gpstmp2 Gpsalt = Val(gpsargs(10)) ' Altitud en metros End If Gpsspeed = Val(gpsargs(8)) ' Velocidad en km/h Gpsspeed = 1.963 * Gpsspeed Gpsspeed = Gpsspeed + 0.774 Gpsspeed_entero = Gpsspeed Case Else End Select Return 'Repetir </pre>		

```

Menu_fecha:                                'Menu Fecha

Cls                                         'Mostrar en LCD
Lcd " IGUALAR  FECHA "

Op_fecha = 0                               'Aplastar pulsador fecha
Waitms 750

Do                                          'Repetir hasta - start/stop
  Select Case Op_fecha                     'Opciones
    Case 0:
      Locate 2 , 1
      Lcd "1. DIA  "
    Case 1:
      Locate 2 , 1
      Lcd "2. MES  "
    Case 2:
      Locate 2 , 1
      Lcd "3. AÑO  "
  End Select

  If Sw_up = 0 Then                        'Si pulsamos inc.
    Waitms 250
    Incr Op_fecha                          'Incrementamos Valor
    If Op_fecha > 2 Then                   'Si Op_fecha > 2
      Op_fecha = 0                        'regresar a "Case 0"
    End If
  End If

  If Sw_down = 0 Then                     'Si pulsamos dec.
    Waitms 250
    Decr Op_fecha                          'Decrementamos Valor
    If Op_fecha < 0 Then                   'Si Op_fecha < 0
      Op_fecha = 2                        'regresar a "Case 2"
    End If
  End If

Loop Until Start_stop = 0 Or Fecha_set = 0

If Fecha_set = 0 Then                      'si aplastamos nuevamente fecha

Cls
Waitms 250

Do                                          'Repetir hasta - start/stop
  Gosub Getdatetime
  Select Case Op_fecha                     'Opciones de Seteo de Fecha
    Case 0:
      Locate 1 , 1
      Lcd "SETEAR DIA:"
      Locate 2 , 8
      Lcd _day ; "  "

```

```

        Case 1:
            Locate 1 , 1
            Lcd "SETEAR MES:"
            Locate 2 , 8
            Lcd _month ; " "
        Case 2:
            Locate 1 , 1
            Lcd "SETEAR AÑO:"
            Locate 2 , 6
            Lcd _year ; " "
    End Select

    If Sw_up = 0 Then          'Si incrementamos valor
        Waitms 250
        Select Case Op_fecha
            Case 0:
                Incr _day      'Incrementar día hasta 31
                If _day > 31 Then _day = 31
            Case 1:
                Incr _month    'Incrementar mes hasta 12
                If _month > 12 Then _month = 12
            Case 2:
                Incr _year     'Incrementar año hasta 25
                If _year > 25 Then _year = 25
        End Select
        Gosub Setdate

    End If

    If Sw_down = 0 Then      'Si decrementamos valor
        Waitms 250
        Select Case Op_fecha
            Case 0:
                Decr _day      'Decrementar día hasta 1
                If _day < 1 Then _day = 1
            Case 1:
                Decr _month    'Decrementar día hasta 1
                If _month < 1 Then _month = 1
            Case 2:
                Decr _year     'Decrementar día hasta 1
                If _year < 11 Then _year = 11
        End Select
        Gosub Setdate
    End If
    Loop Until Start_stop = 0 Or Fecha_set = 0

    If Fecha_set = 0 Then
        Bitwait Fecha_set , Set
        Goto Menu_fecha
    End If

    End If

    Bitwait Start_stop , Set

    Waitms 750

    Goto Inicio_prog          'Ir a Inicio de Programa

```

Menu_hora:

```

Cls
Lcd " IGUALAR HORA "
Op_fecha = 0
Bitwait Reloj_set , Set
Waitms 500

Do
  Select Case Op_fecha
    Case 0:
      Locate 2 , 1
      Lcd "1. HORA "
    Case 1:
      Locate 2 , 1
      Lcd "2. MINUTOS "
  End select

  If SW_up = 0 Then
    Waitms 250
    Incr Op_fecha
    If Op_fecha > 1 Then
      Op_fecha = 0
    End If
  End If

  If SW_down = 0 Then
    Waitms 250
    Decr Op_fecha
    If Op_fecha > 253 Then
      Op_fecha = 1
    End If
  End If

Loop Until Start_stop = 0 Or Reloj_set = 0

If Reloj_set = 0 Then
  Bitwait Reloj_set , Set
  Cls
  Waitms 250
  Do
    Gosub Getdatetime

    Select Case Op_fecha
      Case 0:
        Locate 1 , 1
        Lcd " SETEAR HORA: "
        Locate 2 , 8
        Lcd _hour ; " "
      Case 1:
        Locate 1 , 1
        Lcd " SETEAR MINUTO: "
        Locate 2 , 8
        Lcd _min ; " "
    End select
  
```

```
    If Sw_up = 0 Then
      Waitms 250
      Select Case Op_fecha
        Case 0:
          Incr _hour
          If _hour > 23 Then _hour = 0
        Case 1:
          Incr _min
          If _min > 59 Then _min = 0
      End Select
      _sec = 0
      Gosub Settime
    End If

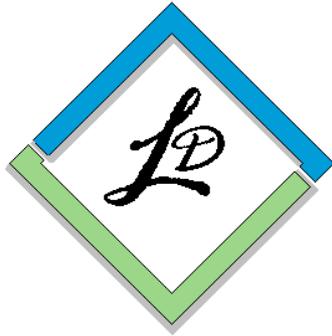
    If Sw_down = 0 Then
      Waitms 250
      Select Case Op_fecha
        Case 0:
          Decr _hour
          If _hour > 250 Then _hour = 0
        Case 1:
          Decr _min
          If _min > 250 Then _min = 59
      End Select
      _sec = 0
      Gosub Settime
    End If

    Loop Until start_stop = 0 Or Reloj_set = 0

    If Reloj_set = 0 Then
      Bitwait Reloj_set , Set
      Goto Menu_hora
    End If

  End If

  Bitwait Start_stop , Set
  Waitms 500
  Goto Inicio_prog
```



MANUAL DE USUARIO

Data Logger – GPS

CH-1084

El presente documento ha sido desarrollado para prevenir cualquier daño o mal funcionamiento del prototipo electrónico, por ende lea detalladamente este manual de instrucciones antes de conectar y operar este modulo.

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



2012

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁG.
SEGURIDAD	- 1 -
INFORMACIÓN GENERAL	- 3 -
PERSPECTIVA DEL PROTOTIPO ELECTRÓNICO	- 4 -
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROTOTIPO	- 5 -
CONEXIÓN Y ENCENDIDO DEL DISPOSITIVO	- 6 -
INGRESO DE LA MEMORIA SD	- 7 -
FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	- 8 -
PROGRAMA GIS	-10-
UBICACIÓN EN GOOGLE EARTH.....	-10-

SEGURIDAD

Lea estas sencillas instrucciones, para el uso adecuado del prototipo no seguir las normas puede ser peligroso o ilegal. Lea la guía de usuario completa para más información.

ENCIENDA EL DISPOSITIVO SIN RIESGO



No encienda el dispositivo donde el uso de aparatos electrónicos esté prohibido o pueda causar algún peligro.

INTERFERENCIAS



El cruce del dispositivo por túneles, edificios muy altos o lugares cerrados, podrían afectar al rendimiento del mismo.

APAGADO EN ZONAS RESTRINGIDAS



Cumpla todas las restricciones existentes. Apague el dispositivo en aviones, en zonas cercanas a equipos médicos, combustible, productos químicos y zonas donde se realicen explosiones.

LA PRECAUCIÓN EN CARRETERA ES LO PRINCIPAL



No manipular el prototipo mientras se está conduciendo un vehículo. Su principal prioridad deberá ser la seguridad en la carretera.

SERVICIO TÉCNICO CALIFICADO



El dispositivo sólo debe ser instalado o reparado por personal del servicio técnico calificado.

CONEXIÓN



Utilice únicamente baterías aprobados en este manual. No conecte productos que sean incompatibles.

RESISTENCIA AL AGUA



El prototipo no es resistente al agua. Manténgalo seco.

INFORMACIÓN GENERAL

Este prototipo electrónico está diseñado para operar como un Sistema de Registro Pasivo es decir las coordenadas geográficas como Latitud y Longitud no son leídas en tiempo real para un vehículo, sino estos datos son guardados en una memoria SD durante un periodo de tiempo según sea la necesidad del usuario.

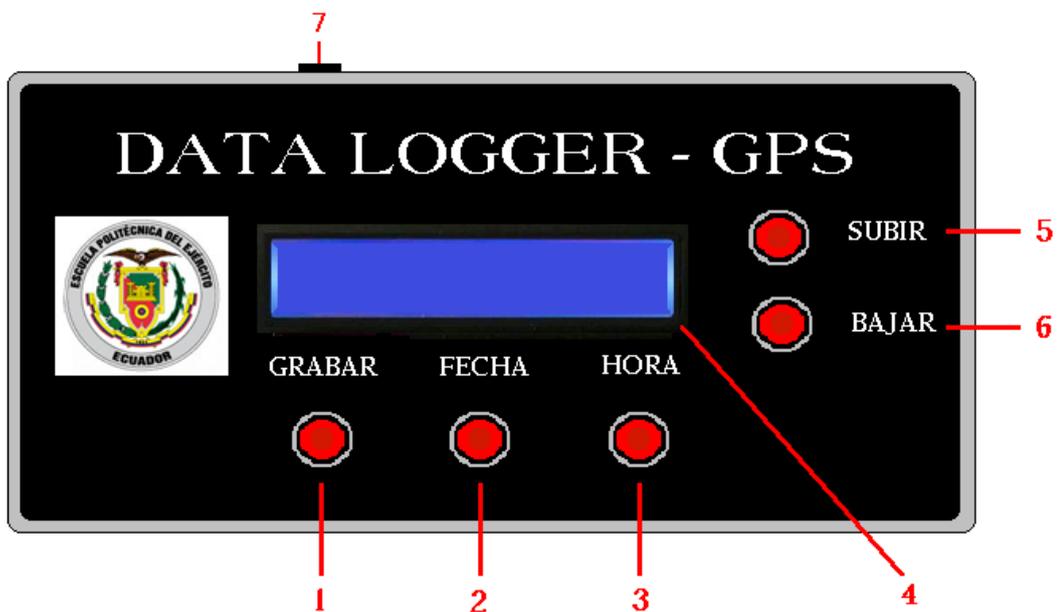
Con la ayuda de una PC para colocar la memoria SD y su respectivo software GIS (Google Earth) instalado en el mismo, se puede visualizar la ruta que se ha recorrido el vehículo en todo el periodo de tiempo seleccionado.

El módulo a pesar de entregar las coordenadas geográficas principales como son Latitud y Longitud, adicional muestra su Altitud, Velocidad, Fecha y Hora. Puede ser instalado en todo tipo de automotor que posea una batería de 12V - 1A como mínimo, posee una batería auxiliar por consiguiente se puede utilizar para seguimiento de ruta de objetos o personas.

PERSPECTIVA DEL PROTOTIPO ELECTÓNICO

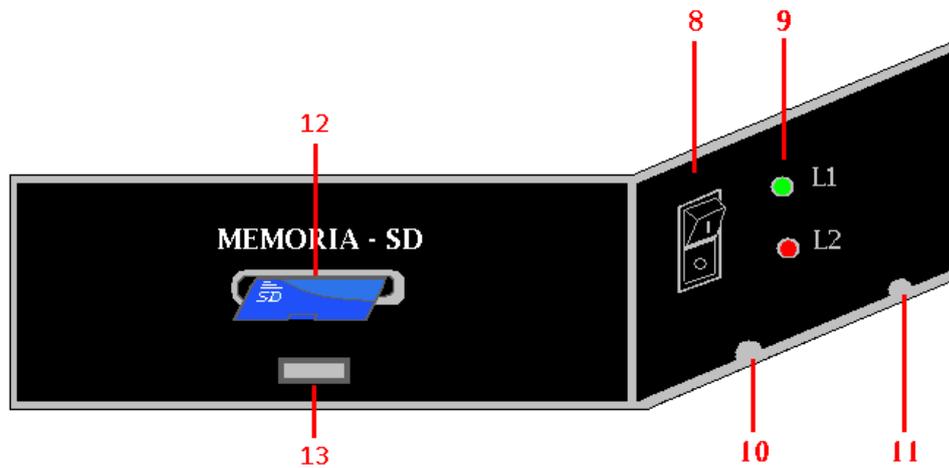
El módulo consta de varios elementos externos que permiten al usuario controlar el mismo y visualizar eventos que se puedan presentar durante su uso.

A continuación se muestra la parte superior del módulo y sus respectivos componentes.



1. Pulsador Start / Stop
2. Pulsador para Igualar Fecha
3. Pulsador para Igualar Hora
4. Pantalla LCD
5. Pulsador de Incremento
6. Pulsador de Decremento
7. Salida de la Antena del GPS

Parte lateral del módulo y sus respectivos componentes.



- 8. Switch on / off
- 9. Indicadores de Alimentación
- 10. Entrada de Alimentación Primaria
- 11. Entrada de Alimentación Auxiliar
- 12. Entrada de la Tarjeta de Memoria SD
- 13. Entrada para el puerto RS 232

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROTOTIPO

Voltaje y Corriente de Alimentación Primaria

Voltaje: 12 Vdc.

Corriente: 60A

Voltaje y Corriente de Alimentación Auxiliar

Voltaje: 12 Vdc

Corriente: 1 – 4 A

Consumo de Corriente del Prototipo

Durante transmisión: 400mA

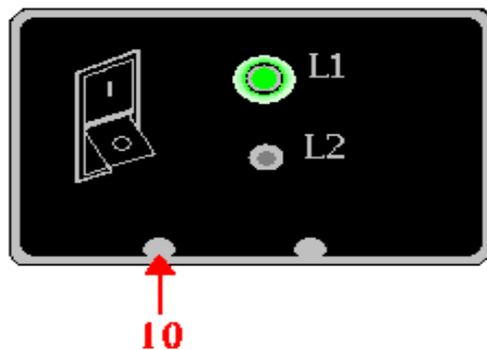
Durante reposo: 110mA

CONEXIÓN Y ENCENDIDO DEL DISPOSITIVO

Para encender el módulo se lo puede hacer de dos maneras diferentes según el uso que se desee realizar.

1. Alimentación Primaria

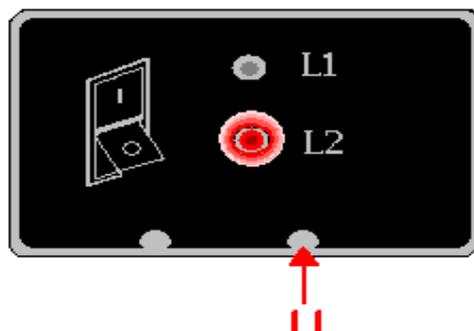
Al instalar el dispositivo electrónico en un vehículo, este se lo debe conectar directamente a la batería (12 Vdc) del automóvil y sus terminales deben ir enchufados al punto 10 como se muestra en la siguiente figura.



Al encender el módulo se prendera el indicador L1 que es de color verde

2. Alimentación Auxiliar

Al instalar el dispositivo electrónico con una batería auxiliar (12 Vdc), este me permitirá realizar seguimientos de ruta de objetos o personas y su conexión es directa pero sus terminales van enchufados al punto 11 como se muestra en la siguiente figura.



Al encender el módulo se prendera el indicador L2 que es de color rojo.

Sugerencia: Cuando no se este utilizando el dispositivo, presionar el swich de apagado para no consumir energía y desconectar el mismo.

INGRESO DE LA MEMORIA SD

Para colocar la tarjeta de memoria SD en la ranura del módulo se procede a instalar en la posición correcta como se muestra en la siguiente figura. Cabe mencionar que el formato es asimétrico, por lo tanto, no hay riesgo de ser insertada la memoria por error.



Protección: La memoria SD posee una pestaña lateral de seguridad (Lock), para protegerlas contra escritura, por lo que solo es posible la lectura en el momento de leer la información guardada.

Mientras la tarjeta de memoria SD no se encuentra instalada en el módulo este no me permite arrancar el sistema ni acceder a la pantalla principal del LCD como se indica en la siguiente figura.



FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

CONDICIONES INICIALES

Al tener conectado el módulo, la tarjeta SD y el GPS correctamente aparece la pantalla principal como se muestra en la siguiente figura. La cual posee información trascendente como son la fecha y hora actual.



FUNCIÓN PRIMARIA

Con el pulsador GRABAR  o también llamado START/STOP permite al sistema empezar a guardar los datos provenientes del GPS y así mismo me da la posibilidad de detener el almacenamiento y guardar dicha información en la memoria SD.

Importante: Para un mejor manejo de los datos almacenados, la tarjeta los guarda en un archivo de documento de Excel con extensión .xls. Para poder transferir estos datos a la PC, se debe retirar la tarjeta MMC/SD del

receptor, y colocarlo en la ranura MMC/SD de la PC, y si esta no dispone de una ranura, se puede utilizar un adaptador de MMC/SD a USB.

FUNCIONES SECUNDARIAS

La actualización de hora y fecha sirve para que el administrador del sistema pueda igualar el reloj del prototipo electrónico sin necesidad de reprogramar el microcontrolador, en caso de existir algún fallo interno. Además permite que estos datos actualizados se guarden junto con los datos del GPS en la memoria SD.

Con los pulsadores de FECHA  y HORA  se ingresa a la subrutina de Igualar y Setear, fecha y hora respectivamente. Los pulsadores de SUBIR  y Bajar  permite incrementar o decrementar los valores según el usuario lo disponga.



Importante: Para guardar los valores deseados de fecha y hora o regresar a la pantalla principal del LCD, el pulsador de START/STOP posibilita esa acción.

PROGRAMA GIS

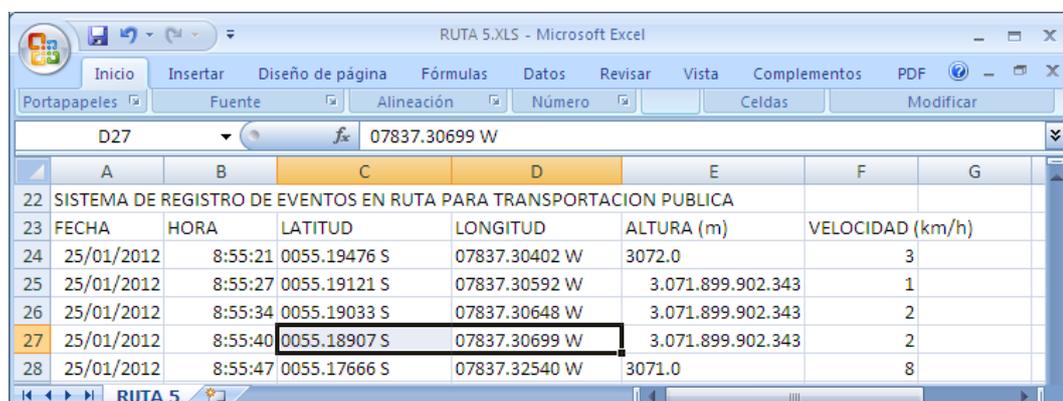
Existen varios programas GIS, pero debido a la facilidad de adquirirlo y manejarlo, se ha escogido el programa GOOGLE EARTH para la visualización de la ruta recorrida.



El programa Google Earth permite al usuario mediante la conexión a internet tener mapas georeferenciados de todo el mundo gratuitamente sin la necesidad de tener que preocuparse de buscar los mapas y cargarlos. Además posee herramientas de búsqueda e información de lugares específicos alrededor del mundo.

UBICACIÓN EN GOOGLE EARTH

Es necesario abrir el archivo generado por la tarjeta de memoria SD, en la cual aparece toda la información almacenada. Se procede a copiar los valores de latitud y longitud como se muestra en la siguiente figura.



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'RUTA 5.XLS'. The table contains the following data:

	A	B	C	D	E	F	G
22	SISTEMA DE REGISTRO DE EVENTOS EN RUTA PARA TRANSPORTACION PUBLICA						
23	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m)	VELOCIDAD (km/h)	
24	25/01/2012	8:55:21	0055.19476 S	07837.30402 W	3072.0	3	
25	25/01/2012	8:55:27	0055.19121 S	07837.30592 W	3.071.899.902.343	1	
26	25/01/2012	8:55:34	0055.19033 S	07837.30648 W	3.071.899.902.343	2	
27	25/01/2012	8:55:40	0055.18907 S	07837.30699 W	3.071.899.902.343	2	
28	25/01/2012	8:55:47	0055.17666 S	07837.32540 W	3071.0	8	

Para ubicar el punto exacto de ruta, se procede a pegar el archivo “.xls” copiado anteriormente en la pantalla de configuración en la pestaña de buscar como se muestra en la siguiente figura.

