



***Trabajo final presentado
en opción al Título de
Máster en Automática***

Autor: Yonaydis García Ferrera

Tutor: MSc. Julio Fong Barrio

Santiago de Cuba

2021



UNIVERSIDAD
DE ORIENTE

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Ingeniería Automática

*Trabajo final presentado
en opción al Título de
Máster en Automática*

Título: Diseño e implementación del controlador ECU-M
para sistemas de seguimiento automático de vehículos.

Autor: Yonaydis García Ferrera

Tutor: MSc. Julio Fong Barrio

Pensamiento

“En tiempos de cambio, quienes estén abierto al aprendizaje se adueñarán del futuro, mientras que aquellos que creen saberlo todo estarán bien equipados para un mundo que ya no existe”.

Eric Hoffer

Dedicatoria

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy, muchos de mis logros se los debo a ustedes, incluyendo este.

A mis hijos y esposa

A toda mi familia.

Agradecimientos

A mi tutor MSc. Julio Fong Barrios

A los consultantes Ing. Iván Rodríguez Pacín, Ing. Tirso Bellos Ramos

A MSc. Armando Rojas.

A todos los profesores que me impartieron clases en el curso de maestría.

Resumen

En este trabajo se desarrolló un controlador para Sistemas de Localización Automática de Vehículos. Estos sistemas son ampliamente utilizados para el monitoreo de la posición de los vehículos, posibilitan además optimizar las rutas de transporte para hacerlas más eficientes y económicas, monitorear variables durante la transportación como las temperaturas, estado de las puertas, variables del motor, aportando seguridad al proceso. No todos los computadores de a bordo que conforman este sistema, poseen entradas/salidas analógicas y digitales que permitan ejecutar estas prestaciones, o interface CANBus que faciliten mediante la comunicación con las computadoras de los vehículos modernos obtener la información de un sinnúmero de parámetros. El controlador diseñado, ECU-M, permite obtener información remota de los diferentes sensores instalados en un vehículo, estando en movimiento o estacionario, como nivel de combustible, temperatura, estado de las puertas; y mediante comunicación, hacerlos llegar hasta el computador de a bordo y de ahí, transmitirla por diferentes vías hacia un centro de control. El controlador está compuesto por la Unidad Central de Procesamiento, unidad de comunicación, de acople con bus local vehicular, de memoria no volátil, fuente de energía, 2 entradas analógicas, 2 salidas analógicas, 2 entradas digitales, 4 salidas digitales e indicadores lumínicos. Tiene la posibilidad de utilizar Bus CAN con protocolo estándar J1939 y Bus RS485 o Bus RS232. Además de las aplicaciones en los sistemas AVL, se puede aplicar como dispositivo independiente para otras funciones, en este caso fue validado en el control de pluviómetros en la provincia de Guantánamo, Cuba.

Abstract

In this work, a controller for Automatic Vehicle Location Systems (AVL) was developed. These systems are widely used for monitoring the position of the vehicles, they also enable the optimization of transport routes to make them more efficient and economical, monitor variables during transportation such as temperatures, door conditions, engine variables, providing security to the process. Not all on-board computers that make up this system have analog and digital inputs / outputs that allow these features to be executed, or CanBus interfaces that facilitate information through countless parameters by communicating with computers in modern vehicles. The designed controller, ECU-M, allows to obtain remote information of the different sensors installed in a vehicle, being in motion or stationary, such as fuel level, temperature, state of the doors; and through communication, send them to the on-board computer and from there, transmit it in different ways to a control center. The controller is composed of the Central Processing Unit (CPU), communication unit, coupling with local vehicle bus, non-volatile memory, power source, 2 analog inputs, 2 analog outputs, 2 digital inputs, 4 digital outputs and light indicators. You can use CAN bus with standard J1939 protocol and RS485 bus or RS232 bus. In addition to the applications in AVL systems, it can be applied as an independent device for other functions; in this case, it was validated in the pluviometer control in the province of Guantanamo, Cuba.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE LOCALIZACION AUTOMATICA DE VEHICULOS Y LAS VARIABLES QUE LO CONFORMAN.....	5
Introducción.....	5
1.1 Caracterización gnoseológica de la localización automática de vehículos.....	5
1.1.1 Tipos de sistemas de rastreo de vehículos con GPS	6
1.2 Caracterización histórica del uso de los sistemas AVL en cuba	7
1.3 Caracterización gnoseológica del control de las variables que conforman el seguimiento automático de vehículos.	11
1.3.1. Protocolos de comunicación	11
1.3.2. Los sensores.....	12
1.4 Consideraciones a tener en cuenta para el diseño de equipos electrónicos en automóviles.	14
1.5 Método para el desarrollo de dispositivos de hardware	16
1.5.1 Pautas para el diseño electrónico	17
1.5.2 Pautas para el diseño de PCB	24
1.6 Software utilizados para el desarrollo de hardware.....	32
1.6.1 Altium Designer. diseño de esquemático y PCB.....	32
1.6.2 NI Multisim 11. Simulador	33
Conclusiones.....	34
Capítulo 2. diseño, desarrollo e implementación del controlador ECU-M	35
Introducción del capítulo	35
2.1 requisitos del controlador ECU-M.....	35
2.1.1 requisitos generales.	35

2.1.2	Requisitos específicos para sistemas de AVL.....	35
2.1.3	Conceptualización de la ECU-M.....	36
2.2	Diseño electrónico.....	39
2.2.1	Flujograma de diseño de esquemático.....	39
2.2.2	Módulo CPU basado en PIC18f26k80.....	40
2.2.3	Bloque de Fuente	42
2.2.4	Salidas discretas	43
2.2.5	Entradas discretas.....	43
2.2.6	Entradas Analógicas.....	44
2.2.7	Salidas Analógicas	45
2.2.8	Comunicaciones	46
2.2.9	Pruebas al diseño electrónico. Simulación en Multisim 11.....	46
2.3	Diseño de PCB.....	50
2.3.1	Descripción del diseño PCB, ECU-M	50
2.3.2	Flujograma de diseño de PCB.....	53
2.3.3	Definiciones de Capas de ECU-M.....	53
2.3.4	Microcontrolador.....	55
2.3.5	Fuentes y fuente conmutada	55
2.3.6	Entradas analógicas (Baby Board).....	57
2.3.7	Tarjeta madre de la ECU-M.....	58
2.4	Diseño mecánico.....	59
2.5	montaje electrónico	60
2.6	montaje mecánico	60
2.7	pruebas funcionales	61
2.7.1	pruebas funcionales FAT en la fábrica china	61

2.7.2	pruebas funcionales FAT en serconi.....	61
2.7.3	caracterización del producto	62
2.8	Firmware del PIC18f26k80	63
2.9	validación de ecu-m en el sistema de monitoreo de vehículos refrigerados de emcomed	66
2.9.1	estado actual del sistema de monitoreo.....	66
2.9.2	caracterización del sistema de monitoreo propuesto	67
2.9.3	Implementación del sistema.....	69
2.9.4	corroboración y valoración de los resultados alcanzados	70
2.10	Análisis valorativo de los aspectos económicos y medioambientales.....	71
	Conclusiones.....	74
	Recomendaciones	75
	Bibliografía	76
	Anexos	79

Lista de símbolos, términos especiales y abreviaturas no normalizadas

AVL: Automatic vehicle location (en español, localización vehicular automatizada)

PIC: Peripheral Interface Controller (en español, Controlador de Interfaz Periférico).

GPS: Global Positioning System (en español, Sistema de Posicionamiento Global).

RAM: Random Access Memory (en español, Memoria de Acceso Aleatorio).

PC: Personal Computer (en español, Computadora personal).

A/D: Analogic/Digital (en español, Analógico/Digital).

GPRS: General Packet Radio Service (en español, Servicio General de Paquetes vía Radio).

PWM: Pulse-Width Modulation (en español, Modulación por Ancho de Pulsos).

CPU: *Central Processing Unit* (en español, Unidad central de Procesamiento).

GIS: Sistema de Información Geográfica

TIC: Tecnologías de la informática y las comunicaciones

CaB: Computador de abordo

OBD: (*On Board Diagnostics*)

SGCF: Sistemas de Gestión y Control de Flota

IDERC: Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba

LIN: Red de Interconexión Local (Local Interconnect Network)

FAT: Pruebas en fábrica (del inglés, Factory Acceptance Test)

SAT: Pruebas en el sitio (del inglés, Site Acceptance Test)

EMI: Interferencias electromagnéticas (del inglés, Electromagnetic Interference)

EMCOMED: Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos

AS: Acondicionadora de señal

INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías de la informática y las comunicaciones (TICs), han tenido gran impacto en el desarrollo de la digitalización de los sistemas de medición. A nivel automotriz, es importante establecer este tipo de cambios tecnológicos, para facilitar a los usuarios la visualización de los datos que se obtengan de forma analógica.

Garantizar una gestión óptima de los vehículos con los que cuenta una organización o empresa es tarea de alta prioridad, para minimizar los gastos de combustible, tener controlada la mercancía que se mueve, disponer en tiempo real de la ubicación de un equipo automotor, elevar la seguridad en las operaciones, contribuyen a posicionar una organización en la vanguardia del mercado, tanto en el ámbito nacional como internacional. La implementación en los vehículos de módulos de Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés, *Global Positioning System*) hace posible lograr estas bondades.

Los sistemas GPS consisten en un **sistema** de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo y forman parte de los Sistemas de Localización Automática de Vehículos (AVL, por sus siglas en inglés, *Automatic Vehicle Location*).

El sistema AVL consiste en que cada medio automotriz rastreado, posee un receptor GPS que recibe los datos satelitales, hace el procesamiento y en consecuencia obtiene su posición, velocidad y una marca de tiempo, la información obtenida puede ser almacenada o transmitida de forma directa por vía GPRS o SMS hasta el centro de operaciones donde se representa en un mapa del territorio.

En nuestro país, desde el año 2006, se están haciendo grandes esfuerzos para tener un Sistema de Control y Gestión de Flota que integre todos los equipos automotrices a nivel nacional. Las experiencias obtenidas en la gestión y el control de los vehículos que tenían instalado CaB, conllevaron a utilizar las informaciones registradas por dicho equipo, sobre la distancia recorrida y el tiempo invertido en las transportaciones, para el análisis de los resultados de tales operaciones y la planificación de los recursos vinculados a las mismas.

El MITRANS, como rector de esta política implementada, asignó recursos para la adquisición de equipos computadores de abordos GPS. Disimiles son los modelos y las marcas de los equipos que conviven en el Sistema de Control de Flota, como tan diversas las características que los conforman.

En sus inicios, los sistemas GPS únicamente se utilizaban para el monitoreo de la posición de los vehículos, lo que permitió a las empresas de logística y transporte brindar mayor seguridad y optimizar las rutas de transporte para hacerlas más eficientes y económicas, aunque en la actualidad el desarrollo de estas tecnologías permite monitorear otras variables que son fundamentales durante el transporte, tales como: el monitoreo de temperaturas, estados de las puertas en contenedores de carga refrigerados donde se trasladan productos perecederos. La identificación de aperturas no autorizadas, dónde y cuándo se manipula la carga, es fundamental al momento de evitar robos de mercadería.

Los vehículos modernos poseen un conector OBD (*On Board Diagnostics*), es un sistema de diagnóstico a bordo en vehículos que permite un monitoreo y control completo de las variables del motor y otros dispositivos del vehículo como: revoluciones de motor, presión de aceite, temperatura del refrigerante, entre otros.

De los equipos CaB con tecnología GPS instalados en el país, solo una pequeña parte poseen entradas/salidas analógicas y digitales que permitan llevar hasta los AVL parámetros que cada vez son más importantes para controlar con efectividad los vehículos de una entidad. La carencia de una interface CanBus es otra de las limitaciones, no permitiendo la comunicación con las computadoras de los vehículos modernos y poder extraer un sinnúmero de parámetros necesarios.

Teniendo en cuenta esta situación problemática, se plantea como **problema científico**: “Necesidad de desarrollar un controlador para sistemas de seguimiento automático de vehículos que se comuniquen con los CaB existentes y facilite los procesos de gestión de la información”.

El **objeto de estudio** son los sistemas de seguimiento automático de vehículos.

El **campo de acción** es el control de variables para la gestión del seguimiento automático de vehículos.

Como **hipótesis** de solución del problema tratado se plantea: si se desarrolla un controlador para sistemas de seguimiento automático de vehículos, se contará con las prestaciones necesarias para ejecutar con eficacia funciones de gestión de la información.

El **objetivo** es desarrollar un controlador para sistemas de seguimiento automático de vehículos.

Las tareas de la investigación son:

1. Realizar el desarrollo y fabricación del controlador ECU-M para sistemas de seguimiento automático de vehículos.
2. Verificar el funcionamiento de ECU-M.
3. Validar el funcionamiento de ECU-M en equipos de transporte de medicamentos en ENCOMED.

La significación práctica que se espera en el trabajo es:

En lo económico:

1. La oportunidad de tener un equipo desarrollado en Cuba con la posibilidad de mantenimiento y asistencia técnica con agilidad.
2. La posibilidad de reducir los costos de diseño, fabricación y programación del equipo.
3. Contribución a la reducción de riesgos con respecto al destino final de los productos transportados.
4. La posibilidad de utilizar el ECU-M en prestaciones típicas de mPLC.

En lo social:

1. Contribución a la humanización del trabajo en las bases de transportes.
2. Reducción de emanaciones de gases de efecto invernadero, al controlar el consumo de combustible de los vehículos.

Los **métodos de investigación** utilizados en el trabajo fueron teóricos y empíricos.

Dentro de los métodos teóricos se utilizaron los siguientes:

- Método de análisis y síntesis.
- Método de inducción-deducción.

Por las características de esta investigación, basada en mediciones experimentales, los **métodos empíricos** son fundamentales y entre ellos se utilizaron los siguientes:

- Métodos de medición.

Los **métodos de investigación** utilizados en el trabajo fueron teóricos y empíricos.

Dentro de los métodos teóricos se utilizaron los siguientes.

- 1- Técnicas empíricas.
- 2- Análisis de fuentes documentales.
- 3- Observación.
- 4- Entrevistas a los expertos.
- 5- Método histórico - lógico.
- 6- Método de análisis – síntesis.

Durante el estudio se utilizaron como **métodos de investigación** el análisis, la entrevista y la síntesis al adoptar puntos de vistas a partir de la crítica a diferentes fuentes, a fin de disponer de un controlador para sistemas de seguimiento automático de vehículos, basado en PIC, eficiente, compacto, económico que sea capaz de leer las señales provenientes de los sensores de los vehículos de carga y enviarlas a el CaB correspondiente, para su implementación en bases de transportes donde es necesario el control del estado de la mercancía que se traslada. Esta investigación posee además un **impacto social**: en la disminución de los costos de importación al contar con un diseño nacional económico. El diseño, susceptible de implementación, está en estrecha relación con las necesidades actuales del control de las temperaturas en los vehículos que transportan medicamentos, siendo este un renglón fundamental para el país.

Capítulo 1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS Y LAS VARIABLES QUE LO CONFORMAN.

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza la caracterización gnoseológica e histórica acerca de la localización automática de vehículos (AVL), los sistemas de rastreo de vehículos con CaB, las variables que conforman el seguimiento automático de vehículos. Finalmente, se explica el método seguido para el desarrollo de hardware y los softwares utilizados.

1.1 CARACTERIZACIÓN GNOSEOLÓGICA DE LA LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS.

Los sistemas de Localización Automática de Vehículos (AVL) en la actualidad son muy demandados. Para monitorear la posición de un vehículo, en este debe ir un dispositivo transmisor-receptor que reciba las coordenadas (latitud y longitud) mediante el sistema de posicionamiento global GPS. Estos consisten en una aplicación que aprovecha la información que se tiene en el receptor GPS de un vehículo y la transmite a un centro de control donde se encuentra instalada una computadora que posee un Sistema de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés, "Geographic Information System"), es decir, un mapa digitalizado de la ciudad o región de operación (Figura 1.1) [2, 3]

Capítulo 1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.



Fig. 1.1 Esquema de Localización Automática de Vehículo (AVL)

Las facilidades que brindan estos sistemas garantizan mantener en todo momento el control de los recursos con los que cuenta una empresa u organismo. En sectores críticos como el de emergencia o seguridad pública forman un pilar esencial a la hora de responder ante una incidencia mediante el envío del personal necesario para suplir cualquier eventualidad, pues estos disponen de las funcionalidades capaces de realizar cálculos de distancia y ruta mínima entre dos ubicaciones geográficas.

1.1.1 TIPOS DE SISTEMAS DE RASTREO DE VEHÍCULOS CON GPS

Existen dos tipos de sistemas de rastreo de vehículos por GPS: pasivos y activos o en tiempo real.

Los sistemas pasivos de rastreo de vehículos almacenan la ubicación GPS, la velocidad, el rumbo y, en ocasiones, un evento de disparo como el encendido/apagado de la llave, la apertura y el cierre de la puerta. Cuando el vehículo llega a una ubicación predeterminada, el dispositivo de sistemas de rastreo de vehículos pasivos se retira y los datos se evalúan en la computadora [4, 5].

Por su parte, el sistema activo o en tiempo real de rastreo de vehículos, también recolecta la misma información; pero envía la información en tiempo real a través de redes celulares o satelitales a una computadora o centro de datos para su evaluación. Están conectados a Internet para ver la ubicación de un vehículo en cualquier

Capítulo 1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

momento y desde cualquier lugar a través de un navegador web[6]. En los sistemas activos de seguimiento de vehículos no hay necesidad de recuperar el dispositivo para obtener la información que se está buscando. Se puede transmitir a distancia la posición GPS utilizando la red GSM/GPRS, SMS, e incluso comunicación por satélite. El dispositivo también puede enviar datos como un mensaje de texto SMS o a través de Internet e incluso puede cambiar a Satélite automáticamente cuando está fuera de la cobertura de la red celular. Esto significa que se puede rastrear fácilmente los activos en cualquier parte del mundo.

También se conoce el sistema de rastreo satelital puro, este maneja en su esquema una combinación similar a las anteriores, este detecta la señal de los satélites orbitando la tierra, una vez obtenida esta información, el mismo dispositivo reenvía esta información en esta ocasión a satélites que orbitan también la tierra, sin necesidad de antenas celulares o repetidoras. La ventaja fundamental es poder ubicar el vehículo incluso en zona donde la tecnología celular se encuentra nula, ya sea lugares alejados, zonas montañosas, etc.; pero con la desventaja de altos costos de equipos y de servicio, (Ver Figura 1.2).

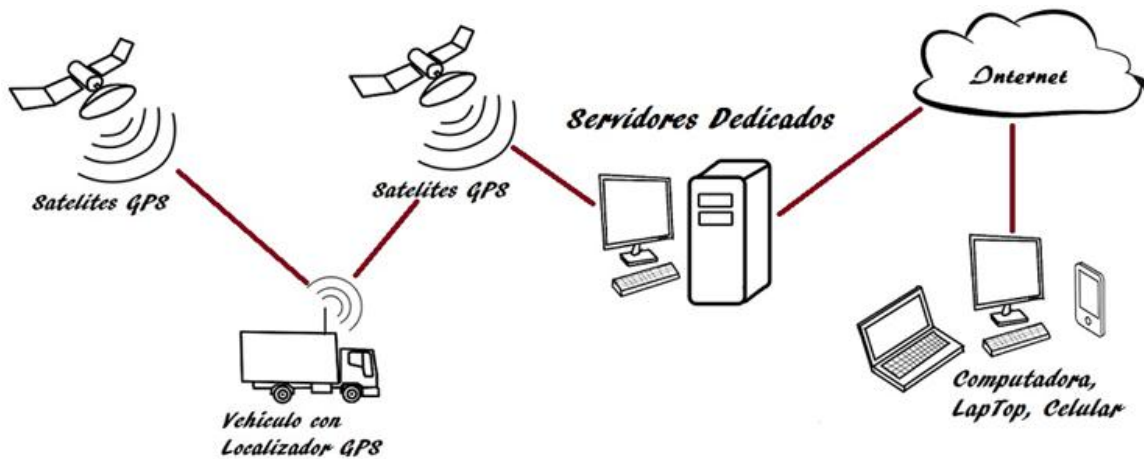


Fig. 1.2. Sistema de rastreo satelital puro

1.2 CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DEL USO DE LOS SISTEMAS AVL EN CUBA

Desde mayo del 2006 se dispuso en el país, de forma experimental, la instalación de Sistemas de Gestión y Control de Flota (SGCF) y su equipo de posicionamiento

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

satelital (GPS) en vehículos de transporte de carga por carreteras, con el objetivo de asegurar la optimización y el ahorro de los recursos que intervienen en las transportaciones y en particular del combustible (Res. 92/107).

A partir de julio del 2006, el MITRANS se encargó de organizar, a nivel nacional, la introducción del Sistema de Gestión y Control de Flota (Res. 53/108).

Las experiencias obtenidas en la gestión y el control de los vehículos que ya tenían instalado GPS conllevaron a utilizar las informaciones registradas por dicho equipo, sobre la distancia recorrida y el tiempo invertido en las transportaciones, para el análisis de los resultados de tales operaciones y la planificación de los recursos vinculados a las mismas (Res. 92/107).

En marzo del 2008 se dispuso la implantación del Sistema de Gestión y Control de Flota en el país, mediante el empleo de sistemas de posicionamiento satelital, a bordo de los medios de transporte de carga y pasaje, navales vinculados a la pesca, maquinarias agrícolas y transporte especializado, con el propósito de tener significativos niveles de ahorro principalmente de combustible y asegurando una elevada optimización y eficiencia en el empleo de dichos vehículos, la gestión y el control (Res. 53/108).

A partir de ese año, en Cuba se inició la importación e instalación de dispositivos receptores GPS, específicamente computadores de abordo, de diversas marcas y fabricantes como IRIS 807, GSM2358 de Enfora, Omnicomm (ver tabla 1).

En el año 2011, el Ministerio de Transporte de Cuba (MITRANS), nivel central, solicitó a la División de Automatización de SERCONI, el desarrollo del computador de abordo cubano (CaB), el cual actualmente se encuentra en la versión v.3.0. Dicho dispositivo se encuentra instalado en los equipos mineros de la empresa productora de Níquel, Ernesto Che Guevara, en Punta Gorda, Holguín; en la flota de transporte AUSA en La Habana; equipos de transporte de medicamentos, ENCOMED, entre otras entidades.

Capítulo 1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

Tabla 1.1. Caracterización de los computadores de abordo instalados en Cuba en cuanto a las Entrada/Salidas.

Computadores	Marca/fabricante (País)	E/S Analógica	Otras E/S	Comunicaciones CanBus	Cantidad aproximada instalados
Omnicom Profi	Omicom (Rusia)	Si	Ignición, Pánico	Si	1000
IRIS 807	IRIS (España)	Si	Ignición	No	30000
GSM2358	ENFORA (Canadá)	Si	Ignición	No	250
SELVEC	CENPALAB (Cuba)	No	No	No	16000
CaB v3.0	SERCONI (Cuba)	No	Pánico, PTT, Hand Up	Si	3000

Fuente: [7-9,12]

Algunos de los computadores de abordo en operación en Cuba, no disponen de Entrada/Salida o de la posibilidad de leer información desde el Bus CAN (Tabla No. 1). Precisamente, con el desarrollo del Controlador ECU-M, será posible incrementar las prestaciones de estos dispositivos y continuar su explotación sin la necesidad de adquirir nuevos equipos para sustituirlos.

Se debe destacar, que en nuestro país se dispone desde el año 2006, de un Sistema de Información Geográfica (GIS), denominado "MovilWeb", desarrollado en la empresa GeoSi del grupo empresarial Geocuba, (ver Figura 1.3).

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.



Figura 1.3 Esquema de Localización Automática de Vehículo (AVL)

MovilWeb es una aplicación AVL basada en Web para el seguimiento de móviles sobre cartografía vectorial y raster diseñada para controlar diferentes flotas de vehículos dentro de una arquitectura cliente – servidor. Esta herramienta permite el monitoreo de móviles de manera remota sobre una red de comunicaciones, posibilitando reconstruir el comportamiento del móvil en un determinado periodo de tiempo, reconstruyendo su trayectoria y analizando su velocidad, detenciones, salidas fuera de la ruta planificada, etc. a través de la información almacenada en la base de datos histórica. La arquitectura de MovilWeb está orientada a servicios, en ella se produce la integración y encadenado de varios servicios de procesamiento y datos geoespaciales distribuidos sobre la Web. Se nutre de los servicios geoespaciales disponibles en la Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba (IDERC). En este esquema se obtienen los datos de posicionamiento de los móviles ya sea en modo on-line o diferido, a través de la Web hacia el servidor central de AVL donde residen las bases de datos y la aplicación MovilWeb. Dicha aplicación interactúa con los servicios que recuperarán la información de posicionamiento de las bases de

Capítulo 1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

datos y los servicios de mapas disponibles en la IDERC para generar los diferentes mapas temáticos resultado de combinar los datos y los mapas [10].

1.3 CARACTERIZACIÓN GNOSEOLÓGICA DEL CONTROL DE LAS VARIABLES QUE CONFORMAN EL SEGUIMIENTO AUTOMÁTICO DE VEHÍCULOS.

Los dispositivos electrónicos a bordo de los vehículos son capaces de desempeñar diversas tareas, por ejemplo, la lectura de variables físicas (sensores), o el control y el desempeño del motor (ECU o unidad de control del motor). De esta manera, los vehículos modernos llevan consigo toda una red de comunicaciones que tiene como tarea principal permitir el intercambio de datos entre los distintos componentes electrónicos del automotor[11].

1.3.1. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Existen protocolos de comunicación que estandarizan el intercambio de información, entre los que se destacan y LIN. Asimismo, existen estándares de diagnóstico ampliamente usados (como OBDII [12]) que permiten obtener información valiosa del estado del automotor en un momento dado, como, por ejemplo, las RPM del motor, la velocidad del automotor, la carga del motor y el consumo de combustible, entre otras.

CAN (Controller Area Network): desarrollado en los años 80's es un protocolo de comunicación serial adecuado para redes de sensores, actuadores y otros nodos de sistemas en tiempo real. Existen dos versiones del protocolo CAN: CAN 2.0A (CAN estándar) con 11 bits identificadores, y CAN 2.0B (CAN extendido) con 29 bits identificadores. Para las comunicaciones en los vehículos solo se usa CAN 2.0A ya que proporciona el suficiente número de identificadores [13].

El protocolo CAN está basado en una topología de bus. El bus tiene una estructura multi-maestro donde cada dispositivo en el bus puede mandar o recibir datos (arquitectura bidireccional). Solo un dispositivo a la vez puede mandar datos mientras los demás escuchan. Si dos o más dispositivos intentan mandar datos al mismo

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

tiempo, al que tenga la mayor prioridad se le permite mandar sus datos mientras que los demás regresan al modo recibir [13].

LIN (Local Interconnect Network): La tecnología del bus LIN fue desarrollada inicialmente por Motorola, quien liberó la primera versión -LIN rev. 0 en 1999. No obstante, rápidamente se generó un consorcio por parte de los fabricantes de automóviles que incluyó Audi, BMW, Daimler Chrysler, Volkswagen and Volvo. Actualmente, la versión en operación del protocolo LIN es la 2.0. Sin embargo, es importante resaltar que este protocolo pertenece al consorcio y no ha sido estandarizado por la organización internacional de estándares (por sus siglas en inglés International Standard Organization -ISO) [14]. Es un sistema pequeño y lento, que se utiliza como una sub-red barata de un bus CAN para integrar los dispositivos o actuadores inteligentes y sensores en los coches de hoy.

1.3.2. LOS SENSORES

Los automóviles actuales tienen una cantidad importante de sensores (de 60 a 70 sensores en algunos casos). Estos sensores son necesarios para la gestión electrónica del automóvil y son utilizados por las unidades de control (centralitas) que gestionan el funcionamiento del motor, así como la seguridad y el confort del vehículo[15].

El sensor (también llamado sonda o transmisor) convierte una magnitud física (temperatura, revoluciones del motor, etc.) o química (gases de escape, calidad de aire, etc.) que generalmente no son señales eléctricas, en una magnitud eléctrica que pueda ser entendida por la unidad de control. La señal eléctrica de salida del sensor no es considerada solo como una corriente o una tensión, sino también se consideran las amplitudes de corriente y tensión, la frecuencia, el periodo, la fase o asimismo la duración de impulso de una oscilación eléctrica, así como los parámetros eléctricos "resistencia", "capacidad" e "inductancia".

El sensor se puede presentar como un "sensor elemental" o un "sensor integrado" este último estaría compuesto del sensor propiamente dicho más la parte que trataría las señales para hacerlas comprensibles por la unidad de control. La parte que trata las señales generadas por el sensor (considerada como circuitos de adaptación), se

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

encarga en general de dar a las señales de los sensores la forma normalizada necesaria para ser interpretada por la unidad de control.

Existen un gran número de circuitos de adaptación integrados, a la medida de los sensores y ajustados a los vehículos.

Los sensores para automóviles pueden clasificarse teniendo en cuenta distintas características como son: función y aplicación y la señal de salida, como se relaciona a continuación: [16]

- Función y aplicación:
 - Sensores funcionales, destinados principalmente a tareas de mando y regulación
 - Sensores para fines de seguridad y aseguramiento (protección antirrobo)
 - Sensores para la vigilancia del vehículo (diagnosis de a bordo, magnitudes de consumo y desgaste) y para la información del conductor y de los pasajeros.
- Señal de salida:
 - Los que proporcionan una señal analógica (ejemplo: la que proporciona el caudalímetro o medidor de caudal de aire aspirado, la presión del turbo, la temperatura del motor etc.)
 - Los que proporcionan una señal digital (ejemplo: señales de conmutación como la conexión/desconexión de un elemento o señales de sensores digitales como impulsos de revoluciones de un sensor Hall)
 - Los que proporcionan señales pulsatorias (ejemplo: sensores inductivos con informaciones sobre el número de revoluciones y la marca de referencia)

A diferencia de los sensores convencionales, los utilizados en el sector del automóvil están diseñados para responder a las duras exigencias que se dan en el funcionamiento de los vehículos a motor.

Por lo relacionado anteriormente el dispositivo a implementar (ECU-M) tiene que ser capaz de tomar señales provenientes de los sensores tanto analógicas como digitales, acondicionarlas y llevarlas hasta los puertos de entrada del CPU con los niveles de voltaje o corriente adecuados. Todas las entradas y salidas de las señales provenientes del exterior deben estar protegidas, para evitar daños internos. Los

Capítulo 1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

parámetros que llegan del BusCan serán tratados por la norma eléctrica (SAE J1587/J1708 y SAE J1939)

1.4 CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS EN AUTOMÓVILES.

Para el diseño de equipos electrónicos en automóviles, se debe tener en cuenta el Volcado de carga (Load Dump), es decir, la desconexión de una carga alimentada [17]. Esta puede causar 2 problemas:

- Fallo de suministro a equipos o clientes
- Grandes picos de voltaje de los generadores inductivos

En electrónica automotriz, se refiere a la desconexión de la batería del vehículo del alternador mientras se carga la batería. Debido a tal desconexión de la batería, otras cargas conectadas al alternador ven un aumento en la línea de alimentación. El voltaje máximo de esta sobretensión puede ser tan alto como 120 V y la sobretensión puede tardar hasta 400 ms en decaer. Por lo general, se fija a 40 V en vehículos de 12 V y alrededor de 60 V en sistemas de 24 V.

Los devanados de un alternador tienen una gran inductancia. Cuando la batería del vehículo se está cargando, el alternador le suministra una gran corriente, cuya magnitud está controlada por la corriente en el devanado de campo. Si la batería se desconecta mientras se está cargando, la carga del alternador disminuye repentinamente. Sin embargo, el regulador del alternador no puede hacer que la corriente de campo disminuya lo suficiente rápidamente, por lo que el alternador continúa generando una gran corriente. Esta gran corriente hace que el voltaje en el bus del vehículo aumente significativamente, muy por encima del nivel normal y regulado.

Todas las cargas conectadas al alternador ven este pico de alto voltaje. La fuerza del pico depende de muchos factores, incluida la velocidad a la que gira el alternador y la corriente que se estaba suministrando a la batería antes de desconectarse. Estos picos pueden alcanzar un pico de hasta 120 V y pueden tardar hasta 400 ms en decaer. Este tipo de picos dañarían muchos dispositivos semiconductores, por ejemplo, ECU, radios, que pueden estar conectados al alternador [9]. Se pueden agregar dispositivos de







Capítulo 1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

protección especiales, como diodos TVS, varistores que pueden soportar y absorber la energía de estos picos para proteger dichos dispositivos semiconductores.

También puede haber un pico inductivo más pequeño debido a la inductancia de los devanados del estator. Eso puede tener un voltaje mayor, pero será por una duración mucho más corta, ya que se almacena relativamente poca energía en la inductancia de estos devanados. El volcado de carga puede ser más dañino porque el alternador continúa generando energía hasta que la corriente del campo pueda disminuir, por lo que se puede liberar mucha más energía [18].

Existen otra serie de interferencias electromagnéticas (EMI) con las cuales es necesario combatirlas a la hora de hacer un dispositivo electrónico para vehículos, (ver tabla 2).

Tabla 1.2. Interferencias electromagnéticas presentes en los vehículos automotrices

Impulsos de comprobación				Clasificación de las amplitudes admisibles (V)			
Forma de impulso	Causas	Ri* (Ω)	Di**	I	II	III	IV
1 	Desconexión de consumidores inductivos, p.ej. relé o válvulas	10	2 ms	-25	-50	-75	-100
2 	Desconexión de consumidores de motor, p.ej. Motores de ventilador causante de sobretensión al pararse.	10	50µs	+25	+50	+75	+100
3a 	Sobretensiones debidas a conmutaciones	50	0,1 µs	-40	-75	-110	-150
3b 				+25	+50	+75	+100
4 	Desarrollo de la tensión de la tensión de alimentación durante el arranque	0,001	Bis 20s	+12 -3	+12 -5	+12 -6	+12 -7
5 	Arrojado de carga (del inglés, Load dump)	1	Bis 400ms	+35	+50	+80	+120

*Resistencia interna **Duración del impulso

Fuente: [17, 19]

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

1.5 MÉTODO PARA EL DESARROLLO DE DISPOSITIVOS DE HARDWARE

El Ciclo de Vida del Desarrollo de Hardware en la División de Automatización, SERCONI, se solapa en el modelo Ciclo de Vida del Proyecto, como se establece en el Manual del Proyecto (DA-ME-01) y en el procedimiento específico (DA-PE-001), a continuación, se describen algunas de las etapas fundamentales.

- Determinación y análisis de requisitos del hardware. Análisis de las necesidades y las posibilidades reales de poder fabricar el dispositivo. Determinación de los rangos de trabajo y las pautas para el diseño.
- Conceptualización: Descripción de los elementos que pueden generar una confusión en el diseño.
- Diseño.
 - Diseño electrónico: Diseño del esquema electrónico cumpliendo con los requisitos de hardware y con las normas establecidas en “DA-IE-007 Diseño electrónico” y “RG01_DA-IE-007 Verificación de diseño electrónico”. Ejecución de pruebas visuales y simulación con NI Multisim.
 - Diseño mecánico: Diseño del mueble con todas las partes mecánicas que lo conforman, soportes, tornillos, tapas y embalaje.
 - Diseño de PCBs: se utiliza el software Altium Designer, unas de las herramientas más avanzadas en la rama. La fabricación se realiza en una industria especializada, utilizando las especificaciones y planos desarrollados.
- Montaje mecánico: ensamblaje del equipo.
- Montaje electrónico: corresponde con el montaje (soldadura) de los componentes electrónicos en la placa o PCB que no fueron montados por la fábrica especializada.
- Pruebas funcionales. Son las pruebas realizadas al equipo ensamblado en su totalidad para detectar fallos tantos de fabricación como de diseño; estas incluyen las pruebas FAT y SAT.

Las pruebas en fábrica (FAT, del inglés, Factory Acceptance Test)

Las pruebas en el sitio (SAT, del inglés, Site Acceptance Test)

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

- Operación y validación: comprobación del funcionamiento del equipo en condiciones de trabajo real y por un periodo de tiempo dado.

Finalmente se realiza la documentación del producto, esta se refiere al Manual de operación, Manual de Usuario, Ficha Técnica Comercial, Liberación del Producto).

1.5.1 PAUTAS PARA EL DISEÑO ELECTRÓNICO

Consideraciones generales sobre la interferencia electromagnética

La interferencia electromagnética (EMI) es el mayor problema de los circuitos electrónicos modernos. Para vencer la interferencia el diseñador debe remover la fuente de interferencia o proteger el circuito contra éstas [20]. El objetivo es obtener un circuito que cumpla las funciones para lo que fue diseñado, pero evitando también sus emisiones que pueden interferirlo a él y al medio.

Elementos del ambiente electromagnético

Un modelo simple del EMI consiste de tres elementos:

- La fuente o emisor del EMI.
- La vía de acoplamiento.
- El receptor.

Fuente o emisor de EMI. Las fuentes o emisores de EMI incluyen: Microcontroladores, descargas electrostáticas, transmisores, transitorias de componentes de potencia como son los relés, fuentes “switching”, descargas eléctricas. Dentro de los microcontroladores son las señales de reloj las que emiten EMI de más amplio espectro de frecuencias[21].

Vías de acoplamiento

- La forma más simple de acoplamiento es por medios de los conductores. Cuando el trazado de un conductor atraviesa zonas de alto nivel de emisión, el “ruido” es captado por el conductor de forma inductiva y transmitido hacia todos los destinos del conductor. Un ejemplo de esto es el ruido captado y transmitidos por los conductores de alimentación.
- El acoplamiento también puede ocurrir entre circuitos que comparten los mismos conductores de fuente y retorno de las corrientes a tierra. Si un circuito demanda un consumo de energía de forma brusca, el otro circuito

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

sufre una caída de voltaje en su alimentación debido a la impedancia común de la línea de alimentación que comparten. De la misma forma ocurre en la línea de tierra que comparten, creándose una brusca subida de voltaje en los pines de tierra de ambos circuitos. Las tierras inestables degradan el funcionamiento de todos los elementos siendo más crítico en los circuitos analógicos, los convertidores A/D, y sensores.

- El acoplamiento también ocurre por vía de la radiación de los campos eléctricos y magnéticos. Cada vez que existe una variación de corriente se generan ondas electromagnéticas. Estas ondas pueden ser captadas por los conductores cercanos e interferir con las señales que éstos transportan.

Receptor. Todos los circuitos electrónicos son receptivos a las emisiones de EMI. La mayoría de las EMI son recibidas por medio de transitorias en los conductores, aunque algunas son recibidas por medio de transmisiones de radiofrecuencias (RF). En los circuitos digitales las señales más críticas son las más vulnerables al EMI. Entre estas se cuentan las líneas de: reset, control R/W, direcciones, datos de interrupciones. También son susceptibles al EMI los amplificadores analógicos de señales de bajo nivel y los reguladores de voltaje entre otros.

Selección de componentes

La selección de componentes y el diseño del circuito revisten gran importancia a la hora de disminuir las influencias del EMI por ello en este aspecto debe cumplirse con:

Encapsulado de los componentes

- Utilizar componentes de montaje superficial, siempre que sea posible.

Resistencias

- Utilizar resistencias de montaje superficial, siempre que sea posible.
- Preferir las resistencias construidas con la tecnología "Metal Film".

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

- Si es imprescindible utilizar resistencia “through hole”, se deben utilizar las construidas con la tecnología “carbon film”.
- En el diseño con amplificadores, las resistencias de ganancia deben situarse lo más cerca posible de los pines de ganancia del amplificador.
- Evitar por todos los medios resistencias fabricadas con la tecnología “Wire Wound”.

Capacitores

- Utilizar capacitores de montaje superficial, siempre que sea posible.
- Si es necesario utilizar condensadores “through hole”, preferir los radiales.
- Utilizar capacitores de aluminio o tantalio, preferiblemente estos últimos, en los puntos donde las variaciones de corriente son de baja frecuencia y se necesitan valores altos de capacidad.

Capacitores de “by pass”

- Deben utilizarse capacitores de aluminio o tantalio y sus valores oscilan entre 10 y 470 μF de acuerdo a las corrientes que demanden (aprox. 100 $\mu F/A$) los elementos del diseño, aunque pueden ser mayores dependiendo si existen componentes de cambios de estado muy rápido y alto consumo de corriente, o el sistema se alimenta con fuente externa con cables largos.

Capacitores de desacoplamiento

- Utilizar condensadores NPO, Z5U, COG con bajo ESR y su valor debe calcularse aproximadamente de la siguiente forma:
 - a) Determinar la corriente de consumo del dispositivo, puede ser medido o determinado partiendo de las características eléctricas que brinda el fabricante:

$$\bar{I} = \frac{\bar{P}}{V_{dd}} \quad (1.1)$$

Capítulo 1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

\bar{I} : Corriente promedio

\bar{P} : Potencia promedio que disipa el dispositivo. Tiene en cuenta la potencia interna del dispositivo más la potencia disipada por las I / O

Vdd: Voltaje de alimentación.

- b) Calcular la carga que será extraída del capacitor de desacoplamiento durante los frentes del reloj del sistema.

$$\Delta Q = \frac{\bar{I}}{f_c} \quad (1.2)$$

f_c : Frecuencia del reloj

- c) Calcular la capacidad que se necesita para suministrar la carga necesaria manteniendo el voltaje en los límites permitidos.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V_{dd}} = \frac{\bar{I}}{f_c * \Delta V_{dd}} \quad (1.3)$$

- d) Seleccionar el capacitor cuya frecuencia de resonancia sea como mínimo el doble de la frecuencia de reloj

Inductores

- Utilizar “beads” de ferrita siempre que sea necesario. Evitar el uso de inductores catalogados como “open loop”, pues en estos el flujo magnético se cierra a través del aire, generando interferencias.

Diodos

- Utilizar diodos “schottky” para el manejo de señales de alta frecuencia o con tiempos de “rise y fall” pequeños, así como en el diseño de fuentes conmutadas.
- Utilizar diodos Zenner como protección contra ESD en las señales de alta velocidad.

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

- TVS (supresores de transitorios de voltaje), similar a los zenner pero con mayor dispersión del voltaje de limitación, opera en ambas polaridades del voltaje.
- Como una alternativa a los zenner y los TVS abordados anteriormente, utilizar los diodos varistores VDR (resistencias dependientes del voltaje) y MOV (varistores de óxido de metal) como la primera línea de defensa contra el ESD.
- Proteger las señales que salen de o entran desde fuera del dispositivo mediante TVS o varistores.

Circuitos Integrados

- Seleccionar los circuitos integrados que cumpla con la norma IEC 62132-1 Clase A, siempre que sea posible, con encapsulado de montaje superficial.
- Seleccionar, siempre que sea posible, en los circuitos que generan “clocks” a partir de cristal, que tengan posibilidades de generar señales de reloj partiendo de frecuencias bajas por medio de PLL.
- Seleccionar los circuitos que operan con menor “Duty Cycle”.
- Seleccionar circuitos RS 232 o RS 485 con alto nivel de inmunidad a ESD y otras perturbaciones en sus pines.
- Seleccionar circuitos con bajo nivel de transientes de corriente en sus pines de fuente. Siempre que pueda evite los circuitos con salida totem-pole (a menos que se especifique que poseen bajo transientes de corriente).
- Evitar la mezcla de distintas tecnologías (TTL, CMOS, ECL, etc.) de circuitos integrados en el diseño.
- Seleccionar los circuitos con mayores tiempos de “rise y fall” que permita el diseño y no cree problemas por diferencias de tecnología (glitches).

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

- Elejir dispositivos que presenten baja capacidad en sus pines de entrada.
- Seleccionar dispositivos no saturables.
- Seleccionar circuitos integrados asincrónicos (naturally clocked) siempre que sea posible.
- Cuando seleccione componentes de una segunda fuente de venta asegúrese que cumple las especificaciones del original.

Reguladores de voltaje

- Situar los condensadores de desacople (0.1uF) y de “by pass” (100uF/A) en las entradas y salidas de los reguladores lo más próximo posible a los pines mencionados.

Terminaciones de línea

- Terminar con impedancia de “macheo” las líneas que conducen señales con tiempos de “rise y fall” muy pequeños (ns) en comparación con los tiempos de propagación (tp) de las líneas.
- Situar la resistencia de “macheo” lo más cerca posible del terminal de menor impedancia (emisor o receptor) cuando el principio de “macheo” que se utilice es la serie.
- Usar el método de “macheo” más acorde con el diseño y preferiblemente el de menor consumo de potencia.

Circuitos Microcontroladores

- Seleccionar dispositivos que generen el reloj interno de alta frecuencia partiendo de cristales de baja frecuencia.

Técnicas de diseño de circuitos

- Avalar por un cálculo todos los elementos seleccionados para el diseño, fundamentalmente los que manejan potencia, al igual que la selección de los disipadores. Todos los cálculos deben acompañar al diseño o proyecto en la carpeta de éste durante su

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

“ciclo de vida”. Lo anterior permitirá realizar una revisión exhaustiva del mismo en cualquier instante que sea necesario.

- Realizar una adecuada segregación de las distintas partes que componen el diseño (fuentes, circuitos de alta frecuencia, circuitos de comunicación, señales de salida del PCB, señales de entrada al PCB, etc.) y sus relaciones, que deben tomarse en cuenta a la hora del diseño del PCB. Esta segregación debe indicarse en toda la documentación que genere el diseño, incluyendo los planos y PCB. Mostrar su esquema de segregación antes de comenzar el diseño del impreso. Adjúntelo a sus planos de diseño para viabilizar la revisión del proyecto.
- Proteger las líneas que entran y salen de su PCB contra ESD, utilice filtros pasivos ante la posibilidad de introducir “ruidos” externos.
- Todos los trazos cuya longitud (en pulgadas) es mayor o igual que el tiempo de rise/fall (en nanosegundos) debe tener provisión para la utilización de una terminación serie (valor típico 33 ohms).
- Proteger los pines de I/O con resistencias serie y más si estos tienen funciones multiplexadas.
- Seleccionar las frecuencias de reloj (clock) menores, que cumplan con los requisitos de diseño.
- Controlar los tiempos de “rise y fall” de los frentes de pulso.
- No mezclar en un mismo encapsulado (package) “buffers” de señales I/O y “clock”.
- No mezclar en un mismo encapsulado “buffers” de salida de la tarjeta con “buffers” utilizados dentro de la tarjeta.
- Evitar el solapamiento de las frecuencias fundamentales o armónicas con frecuencias fundamentales en un margen de 500KHz cuando utilice varios “clock” en su diseño. Tome en cuenta las desviaciones de parámetros, así como el envejecimiento de los dispositivos.

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

- Observar y asegurarse que el oscilador genere una onda sinusoidal, ello conllevará a menores emisiones.
- Utilizar una relación “marca / espacio” de 25% siempre que sea posible evitando la tradicional de 50%.
- Proveer de filtros pasivos y pantallas (shielding) los circuitos analógicos que utilizan amplificadores realimentados para asegurarse que estos circuitos no se vean afectados por señales de frecuencias superiores a las concebidas en el diseño debido a la modulación e intermodulación.
- No utilizar “drivers” con capacidades de corriente superiores a las necesarias en el diseño.
- Evitar la utilización de bases para el montaje de circuitos integrados.
- Utilizar preferiblemente circuitos detectores de nivel en lugar de flancos siempre que sea posible, incluyendo los detectores de teclado.
- Monitorear el estado de la fuente de alimentación.
- No utilizar perro guardián (watchdog) o “monitor” de fuente con circuitos programables.
- No utilizar filtros activos para “luchar” contra el EMI.
- Evitar usar circuitos de muy alta impedancia de entrada o salida.
- Utilizar dos condensadores de desacople si es necesario en los circuitos digitales.
- Utilizar una red “snubber” en paralelo con los transistores de potencia que se conmuten a velocidades muy altas.
- Realizar las pruebas de emisión en el primer prototipo.

1.5.2 PAUTAS PARA EL DISEÑO DE PCB

Un **circuito impreso** o **PCB** (del inglés *printed circuit board*), es un medio para sostener mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos, a través de *rutas* o *pistas* de material conductor, grabados en hojas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor, comúnmente baquelita o fibra de vidrio. El espesor de

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

la lámina conductora es normalmente especificado en onzas por pies cuadrado y puede variar, así como la elección de *prepregs* y *cores*, pero lo que suele ser siempre igual en la **distribución de las capas**: reservamos *Top* y *Bottom* para colocar los componentes y enrutar las señales, dejando una de las capas internas para tierra y otra para la distribución de las señales de potencia.

Para lograr un buen diseño del PCB, se deben considerar los siguientes aspectos:

- De la máxima atención a la ubicación y orientación de los componentes.
- Evite la sobre-posición de los armónicos de reloj. Haga una tabla de armónicos para cada reloj.
- Mantenga lo más pequeña posible las áreas que se formen con las señales de reloj.
- Siempre que sea posible utilice las multi-capas, siendo un plano de “Power” otro “Gnd”.
- Todos los trazos de señales de alta frecuencia deben estar en capas adyacentes a uno de los planos.
- Mantenga las capas de señales tan cerca al plano adyacente como sea posible (<10 mils).
- Sobre 25 MHz el PCB debe tener dos o más planos de Gnd.
- Cuando los planos de Power y Gnd están en capas adyacentes, el plano de Power debe recesar con respecto al plano de Gnd en una distancia igual a 20 veces a la separación entre los dos planos.
- Siempre que sea posible, sepulte las líneas de señal entre los planos de Power y Gnd.
- Evite ranuras en los planos de Gnd. y Power.
- Si es necesario segmentar el plano de Power, evite el trazado de líneas de señal sobre las ranuras.
- Filtre (terminación serie) la salida de los manejadores de reloj para aumentar sus tiempos de “rise/fall” para reducir el “ringing”, (valor típico entre 30 a 70 Ohms).
- Sitúe los circuitos de reloj y los de alta velocidad tan lejos como sea posible de las áreas de I/O.
- Use un mínimo de dos condensadores de desacoplamiento de igual valor en los circuitos DIPs, cuatro en los circuitos con huellas cuadradas. En los circuitos de

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

alta frecuencia/alta potencia/ruidosos utilice cuantos sean necesarios, más de los ya indicados.

- Cuando trabaje con circuitos de alta frecuencia (>50MHz) considere la utilización de PCB con estructura de capacitancia embebida para el desacoplamiento.
- Donde sea necesario, utilice la tecnología del trazado del PCB con impedancia controlada, (con terminación apropiada).
- En los PCB con impedancia controlada, no haga transiciones de una capa a otra a menos que ambas capas estén referenciadas al mismo plano.
- En los PCB que no utilicen la tecnología de impedancia controlada, cuando un reloj transita de una capa a otra y estas capas no están referenciadas con respecto al mismo plano, agregue una vía de transferencia o un capacitor entre los planos.
- Todos los trazos cuya longitud (en pulgadas) es mayor o igual que el tiempo de rise/fall (en nanosegundos) debe tener provisión para la utilización de una terminación serie (valor típico 33 ohms).
- Conecte la tierra lógica al chasis (por medio de una **impedancia** muy baja), en el área de I/O.
- Tome provisión para una conexión adicional de tierra lógica al chasis en el área de los circuitos de reloj /oscilador.
- Se pueden requerir más conexiones adicionales de Gnd al chasis.
- Las tarjetas “hijas” (con dispositivos de alta frecuencia ruidosos o/y conexiones de cables al exterior) deben ser adecuadamente aterradas a la “tarjeta madre” y/o chasis (no dependa solamente de los pines del conector para esta conexión a Gnd).
- Provea filtro de modo común en todas las líneas de I/O. Agrupe todas las líneas de I/O en un área designada del PCB.
- Los capacitores de desviación (shunt) utilizados en los filtros de las líneas de I/O deben tener una conexión de muy baja impedancia al chasis.
- Utilice filtros de C-M y D-M en las líneas de entrada de alimentación.
- Los productos con gabinetes plásticos deben proveerse con un plano de referencia metálico adicional.
- Conecte a Gnd todos los disipadores.

Principios Básicos para el Diseño de impreso

Segregación.

- Identificar todos los componentes y conductores (cables, conectores, trazos de PCB, etc.) que están “Dentro del Universo” y “Fuera del Universo” en zonas de EMI.
- “Dentro del Universo” se considera todo el ambiente que el diseñador puede controlar.
- Todo elemento de diseño que se encuentre fuera del (P0V) y no tenga ninguna protección EMI (shield, filtros, protección contra ESD, etc.) se considera “Fuera del Universo”.
- “Dentro del Universo” segregue en zonas que pueden llamarse, por ejemplo:
 - “Limpia” o “Quieta” circuitos que son especialmente sensitivos a las perturbaciones EM, por ejemplo, amplificadores de señal analógicos, receptores (desde DC pasando por RF hasta microonda)
 - “Alta Velocidad” generalmente circuitos procesadores de señales digitales, microprocesadores, RAM, ROM, buses de dato y control, reloj. Esto puede significar trasmisores de RF.
 - “Ruidosos” generalmente se consideran así los convertidores de “conmutación” de potencia (AC-DC, DC-AC, AC-AC, DC-DC). Todo lo que tenga que ver con contactos electromecánicos como interruptores, relays, conmutadores, anillas deslizantes de generadores, etc.
- Segregar eléctricamente y espacialmente todas las zonas EM que han sido identificadas. Esta segregación se debe realizar e indicar desde el mismo comienzo del diseño y debe quedar marcada (con líneas de puntos, por ejemplo) explícitamente en toda la documentación.

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

- Mantener dentro del área de su zona todos los componentes, trazos, conectores u otros conductores de una zona indicada en la documentación. Solo a las conexiones inter-zonas les está permitida cruzar la línea de frontera y todas deben incluir algún medio de mitigación, por ejemplo: filtros.
- Colocarse todos los circuitos de alta velocidad y transmisores de RF cerca del centro del (P0V) de la tarjeta y como mínimo 50mm alejado de rutas que salen al exterior por medio de cables o alambres cuando el producto esté finalmente ensamblado, a menos que esté bien “shieldeado” en la tarjeta.
- Situar todas las conexiones que salen de la tarjeta a lo largo de uno de los bordes de ésta, evitando colocar cualquier circuito activo o “serpentear” líneas de impreso entre ellas.
- Todas las conexiones de entrada salida deben tener algún tipo de supresor contra EMI por ello esta área debe considerarse como una zona.
- Dar tamaño a la tarjeta de modo que el (P0V) se prolongue lo suficiente más allá de todo trazo y plano de fuente, como mínimo 6mm, siempre que lo permita el gabinete.
- Tratar de que su diseño esté contenido en una sola tarjeta de PCB. Sabemos que todo cable implica la posibilidad de convertirse en una antena.

Interfase entre zonas, filtrado, supresión.

- Situar elementos de mitigación o supresión en las líneas de interconexión de zonas de acuerdo a las características de los circuitos de las zonas. Estos elementos deben ser situados en los bordes de las zonas.
- Filtrar las fuentes compartidas cuando se utilicen por circuitos de distintas zonas a la entrada de la zona más “tranquila”.

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

- Situar en el PCB, en el borde de una de las zonas, los dispositivos que tienen interfase entre dos zonas (A/D y D/A, filtros, opto-acopladores).
- Proteger los conductores del Universo Exterior por algún medio ya sea filtrado o/y supresión, en caso de que nos conectamos con estos. La Fig. B del anexo muestra una zona de interconexión con el exterior por medio de un cable “shieldeado”.
- Soldar el “shield” del conector directamente al (P0V) en múltiples puntos.
- Situar los elementos que conforman los filtros alineados para oponer la mayor eficiencia de filtrado. Por ningún motivo deben desalinearse.
- La Fig. C del anexo muestra otra zona de interconexión con el Universo exterior, pero en este caso por medio de un cable “twisted pair” no “shieldeado”. En este caso el (P0V) ha sido cortado en la zona del conector.
- Hacer el corte del (P0V) siempre con mucha prudencia y conocimiento de causa. Si todas las medidas de EMC son tomadas en cuenta en el diseño, el corte del (P0V) no es necesario a no ser que se necesite desacoplamiento galvánico.
- Tomar medidas en el diseño del PCB para poder introducir jaulas de Faraday en las zonas de mayor emisión y de mayor susceptibilidad en caso de ser necesario.
- Si el (P0V) forma parte de la jaula de Faraday la parte metálica de esta debe estar unida al (P0V) por puntos de soldadura a distancias no mayores de $\lambda /20$.

Planos de 0V (P0V) y fuente (PF).

- Hacer todo lo posible por utilizar el plano de (P0V). Es la medida más eficiente y menos costosa que permite el EMC.
- Aunque el plano de fuente (PF) no es tan imprescindible como el 0 V, siempre que esté a su alcance utilícelo, cuando las señales de los

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

circuitos que se alimentan poseen cambios superiores a 200 V/microsegundo se puede decir que es obligatorio su uso.

- Los planos deben ser continuos y evitarse al máximo todo agujero, calado, etc., en ellos.
- La Figura D del anexo muestra cómo debe evitarse la ruptura del (P0V) en una zona de conectores.
- No situar componentes o rutas, cercanas (<3 mm) a los bordes del (P0V) del PCB.
- No cruzar, si es posible, ninguna abertura o hueco en el (P0V) o PF con rutas o componentes.
- Como regla general de diseño se acepta que no debe haber aberturas en el (P0V) mayores que $0.01/\lambda$ a la f_{max} . La longitud de onda es en el PCB, esto es que hay que tener en cuenta la “Er” del material con que se construye el PCB.

$$\lambda = \frac{300}{f_{max}} \cdot \sqrt{Er}$$

Donde:

λ : Longitud de onda (m)

f_{max} : MHz

En el FR4 Er aprox.=4.2 para frecuencias superiores a 1 MHz, o sea que para el FR4 las aberturas no deben ser mayores de $1.5/f_{max}$, f en MHz y el resultado en metros.

- Unir (P0V) paralelos por vías situadas a distancia no mayores de $\lambda/10$ a la f_{max} ó $15/f_{max}$ metros estando f_{max} en MHz, suponiendo se utilice FR4 para el PCB.
- Utilizar los “thermal break pads” cuando sean estrictamente necesarios.

Unión RF entre los planos, componentes, conductores y chasis.

- En sentido general, realizar todas las conexiones a cualquiera de los planos con vías directas.

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

- Fijarse que las distancias de las vías que conectan a ambos planos deben estar lo más cerca posible.
- Unir los planos de (P0V) ya sea directamente o a RF con todos las “jaulas de Faraday” y chasis, especialmente en las zonas de circuitos de alta velocidad, por Ej. Generadores de clock o buffers de este y zonas con conexión de I/O. Estas uniones deben hacerse a una distancia no mayor de $30/f_{max}$, donde f_{max} está en MHz y el resultado es en metros. Es indispensable tomar provisiones para realizar estas conexiones, aunque inicialmente no se considere incluir “jaulas de Faraday” o chasis metálico.
- Cuando tenga varias tarjetas interconectadas, (ejemplo “core”) por cada 2 o 3 líneas de señal incluir una de 0V de forma tal que todas las tarjetas se mantengan al mismo potencial.
- Cuando sea necesario, utilizar el desacoplamiento galvánico para evitar las diferencias de potencial entre las “masas” (normalmente cuando se utilizan cables largos) el desacoplamiento es necesario solo para las frecuencias del voltaje de alimentación por lo cual es posible unir los circuitos de “masa” desacoplados por medio de un capacitor bien seleccionado.

Los circuitos osciladores son a menudo los menos inmunes a la entrada de “ruidos” al sistema. Para maximizar la inmunidad los componentes deben ser agrupados cercanamente entre ellos y también a los pines del microcontrolador. Todas las líneas que incumben al circuito oscilador deben ser lo más corta posible. El circuito oscilador debe ser resguardado por trazas de guarda y conectado al pin de Vss del microcontrolador. El circuito oscilador debe ser físicamente aislado o apantallado de las líneas de I/O que entran o salen del PCB.

Extremar el cuidado con el posible trazado y conexión a conectores de las líneas de RESET e INTERRUPCIONES. (DEBEN SER LO MAS CORTA POSIBLES)

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

Conectar las resistencias de “pull up” de los circuitos con colector abierto lo más cerca posible del pin de colector y del mayor valor posible.

Las entradas no utilizadas deben conectarse al plano de Fuente (PF) o plano de 0V (RF Reference plane, (P0V)) preferiblemente por medio de una resistencia, lo cual permitirá realizar algunos ensayos o pruebas posteriormente, así como búsqueda de defectos y evitará además altas corrientes en las I/O programables cuando el programa se corrompa por algún “bug” o por causa del EMI.

Situar el “buffer” lo más cerca posible de las cargas cuando la señal de “clock” deben ser transmitidas a diversas cargas a largas distancias, de forma tal que el trazo o cable largo conduzca bajos niveles de corriente.

Situar los circuitos de alta velocidad alejados de cables y conectores.

Conectar siempre los “disipadores” a alguno de los terminales de potencia, ya sea fuente o tierra según lo exija el diseño.

Seguir al pie de la letra las especificaciones del fabricante de circuitos integrados en lo que se refiere al EMI.

Conectar los cables de entrada y salida de la tarjeta en un solo lado de ésta (Evite los dipolos), siempre que sea posible.

1.6 SOFTWARE UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DE HARWARE

1.6.1 ALTIUM DESIGNER. DISEÑO DE ESQUEMÁTICO Y PCB.

Altium Designer, una potente aplicación de diseño electrónico, viene con un conjunto profesional de herramientas y un entorno completo para EDA y ECAD[22].

Es una aplicación completa de diseño de PCB con una variedad de opciones y características poderosas que mejoran el flujo de trabajo. Es un entorno simple y fácilmente comprensible que permite a los usuarios trabajar cómodamente con los diseños de circuitos. Además, brinda soporte para características de diseño de

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

circuitos integrados digitales GGPA y proporciona un conjunto completo de características de automatización.

Esta poderosa aplicación viene con soporte para componentes integrados y administración avanzada de capas para trabajar con más comodidad y hace que los detalles sean aún más convenientes. Es un entorno profesional para ingenieros eléctricos y electrónicos con soporte para funciones de análisis. Trabaja con los dibujos esquemáticos y diferentes tipos de circuitos con gran facilidad. Es una aplicación confiable para el diseño de circuitos de PCB con herramientas de nivel profesional.

Existe una rica biblioteca de componentes para usar en los diseños. Los usuarios pueden probar convenientemente los diseños y utilizar las herramientas adecuadas para procesarlos. Clasifique los elementos y personalice los diseños para obtener un resultado confiable. Los usuarios pueden personalizar fácilmente los diseños en cualquier momento. Es una solución confiable y flexible con resultados precisos.

1.6.2 NI MULTISIM 11. SIMULADOR

NI Multisim 11 es uno de los programas más avanzados en la simulación de circuitos electrónicos, ha sido diseñado específicamente para profesores, estudiantes y profesionales del diseño de circuitos. Es una aplicación notable, e incluye algunas de las herramientas más avanzadas del sector. Utiliza un entorno unificado para la enseñanza de electrónica de potencia, analógica y digital lo que permite una simulación híbrida entre un hardware externo y hardware interno simulado en la computadora, favoreciendo la implementación y comprobación de los circuitos reales y con un tiempo breve en la familiarización con la estrategia de diseño en general. Se obtienen resultados más rápidos con simulación gráfica e intuitiva[23].

Además, NI Multisim hace que la creación de cualquier circuito eléctrico se convierta en un proceso sencillo, con la posibilidad de añadir cualquier elemento a los circuitos, teniendo una librería con más de 4000 objetos, y un sistema de pruebas que se activa y desactiva mediante un pequeño interruptor.

Capítulo1. Caracterización y análisis de los sistemas de localización automática de vehículos.

En el caso de MultiSim se destaca el hecho de haberse incorporado, por la firma National Instruments, al paquete de diseño e instrumentación virtual que la misma ofrece,

CONCLUSIONES

La localización automática de vehículos (AVL) en Cuba inició en el año 2006. El sistema consiste en un CaB con tecnología GPS, detecta la ubicación que tiene respecto a los satélites conectados y envía la información por medio de una red GSM-GPRS hasta los servidores donde se encuentran los mapas geo-referenciados de MOVILWEB. Muchos de estos CaB al no tener las entradas y salidas necesarias para el control y protección de las cargas que transportan los vehículos, se hace necesario la incorporación del controlador ECU-M, diseñado con un estrecho cumplimiento de los requerimientos específicos. Esto tiene una gran implicación en cuanto a lo económico y lo social, contribuyendo a mejores prácticas de manipulación de las cargas, evitando con ello, deterioro y hasta la pérdida de mercancías en los sectores más vulnerables de la economía del país.

CAPÍTULO 2. DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROLADOR ECU-M

INTRODUCCIÓN DEL CAPITULO

En este capítulo se describe del proceso de diseño, pruebas y validación del controlador ECU-M de acuerdo con los procedimientos específicos y los requisitos de hardware. Se desarrollan los planos eléctricos de los módulos que los conforman, se simulan los principales esquemas del equipo y se hace una valoración económica y medioambiental.

2.1 REQUISITOS DEL CONTROLADOR ECU-M.

2.1.1 REQUISITOS GENERALES.

De acuerdo con la necesidad de tener una Controlador ECU-M para Sistema de Seguimiento automático de vehículos, es necesario que cumpla con una serie de requisitos para su uso en diferentes tipos de equipos automotrices. Los parámetros generales para diseño son:

1. Ser compatible con los AVL que funcionan actualmente en el país y al nuevo CaB para brindarle dicha medición.
2. Ser capaz de tomar mediciones de diferentes tipos de sensores y en particular los que poseen comunicación CanBus.
3. Protección contra sobrealimentación y polaridad invertida, con capacidad de trabajar de 10 a 42 volt de corriente directa.
4. Mayor robustez mecánica y hermeticidad del equipo de control para desempeñarse en vehículos que trabajan en condiciones tropicales (polvo, humedad, altas temperaturas).

2.1.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA SISTEMAS DE AVL.

Cumplir las siguientes características en cuanto a valor, tolerancia y precisión (IEC 60721-3-5:2003).

1. Los equipos deben estar correctamente identificados y marcados según se establece en la Norma IEC 65:1995 "Requisitos de Seguridad" epígrafe 5.
2. Soportar condiciones de Tropicalización, durante su explotación: Los equipos deben trabajar en condiciones de operación, en un ambiente de baja temperatura de +5°C durante 16 horas, alta temperatura de +55°C durante 16 horas, calor húmedo de 40°C a 95 % durante 48 horas y con una salinidad de la atmósfera con un 5% de concentración de niebla salina neutra durante 16 horas. Deben también soportar severidad de vibraciones sinusoidales en un barrido desde 10Hz hasta 500Hz, ascendente y descendente. Amplitud de desplazamiento 3.5 mm.
3. Los métodos y especificaciones para realizar los ensayos, están sustentados en los procedimientos específicos que forman parte de la documentación del laboratorio de ensayos, establecida por las normas ISO 9000 "Sistemas de Gestión de la Calidad" y la NC-ISO/IEC 17025: "Requisitos generales para la competencia técnica de los laboratorios de calibración y ensayos" La ejecución de los ensayos se realiza de acuerdo a la metodología expuesta las normas correspondientes a cada tipo de ensayos que se recogen en la serie de Normas IEC 68-2:95 "Ensayos Ambientales" parte: 2-1, 2-2, 2-28, 2-11 y 2-6.

2.1.3 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ECU-M.

El controlador *ECU-M* es un dispositivo electrónico protegido por una caja o mueble con la seguridad necesaria que conectado a un equipo de rastreo vehicular (AVL), le permite obtener remotamente información de los diferentes sensores (nivel de Combustible, temperatura, estado de las puertas) instalados en un vehículo, estando en movimiento o estacionario, igualmente, permite llevar un registro completo, con la posibilidad de identificar las variaciones ocurridas en los parámetros que se monitorean (Figura 2.1).

El dispositivo ECU-M debe estar instalado en el vehículo automotor y registrar información relacionada de manera segura y unívoca con computador de abordo que le corresponde. Así, se garantiza siempre que tanto la información como su origen sean válidos, veraces y confiables.

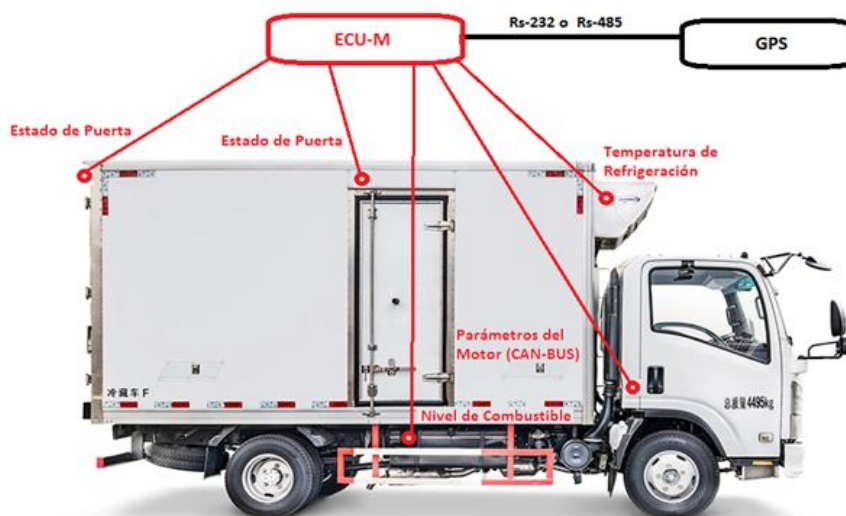


Fig. 2.1. Esquema de la conexión de la ECU-M con GPS.

Los bloques fundamentales de *hardware* que debe tener el dispositivo ECU-M para realizar funciones de procesamiento en tiempo real y transmitirlos con eficiencia y seguridad son: (Figura 2.2).

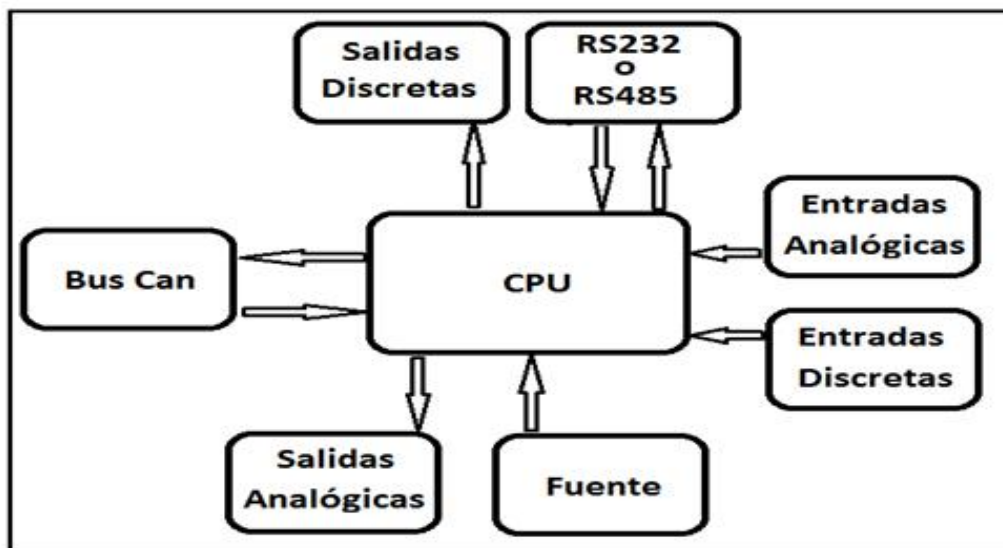


Fig. 2.2 Diagrama de bloques de la ECU-M.

Unidad Central de procesamiento (CPU, en inglés, Central Processing Unit): es necesario que el *hardware* del dispositivo cuente con una unidad central de procesamiento sobre la cual puedan ejecutarse los módulos *software* encargados del control y monitoreo del dispositivo.

Unidad de comunicación: es la unidad de *hardware* que le da al dispositivo la posibilidad de comunicar información obtenida por los sensores hacia el computador de abordo por medio de RS232 o RS485, según se disponga en los parámetros de configuración.

Unidad de acople con bus local vehicular: es el *hardware* necesario que le da la posibilidad al dispositivo de obtener información directamente de la computadora del vehículo por medio del bus local de comunicación del automotor (CanBus).

Unidad de memoria no volátil: es la memoria no volátil necesaria para almacenar la información y las posibles alarmas que no puedan transmitirse a la plataforma tecnológica.

Fuente de energía: es el encargado de filtrar y proteger lo que viene de la entrada de la batería externa del vehículo para evacuarla a valores de voltaje que van a ser usados por los restantes bloques de la ECU-M.

Entradas y salidas: es el *hardware* necesario para que el dispositivo tenga la posibilidad de contar con la detección en el cambio de estado de los pines de entrada (por ejemplo: botón de pánico, medición de combustible), o alterar el estado de los pines de salida (por ejemplo, inmovilización del automotor), (Tabla A-1 y A-2 del Anexo A)

Se concibe integrada básicamente por:

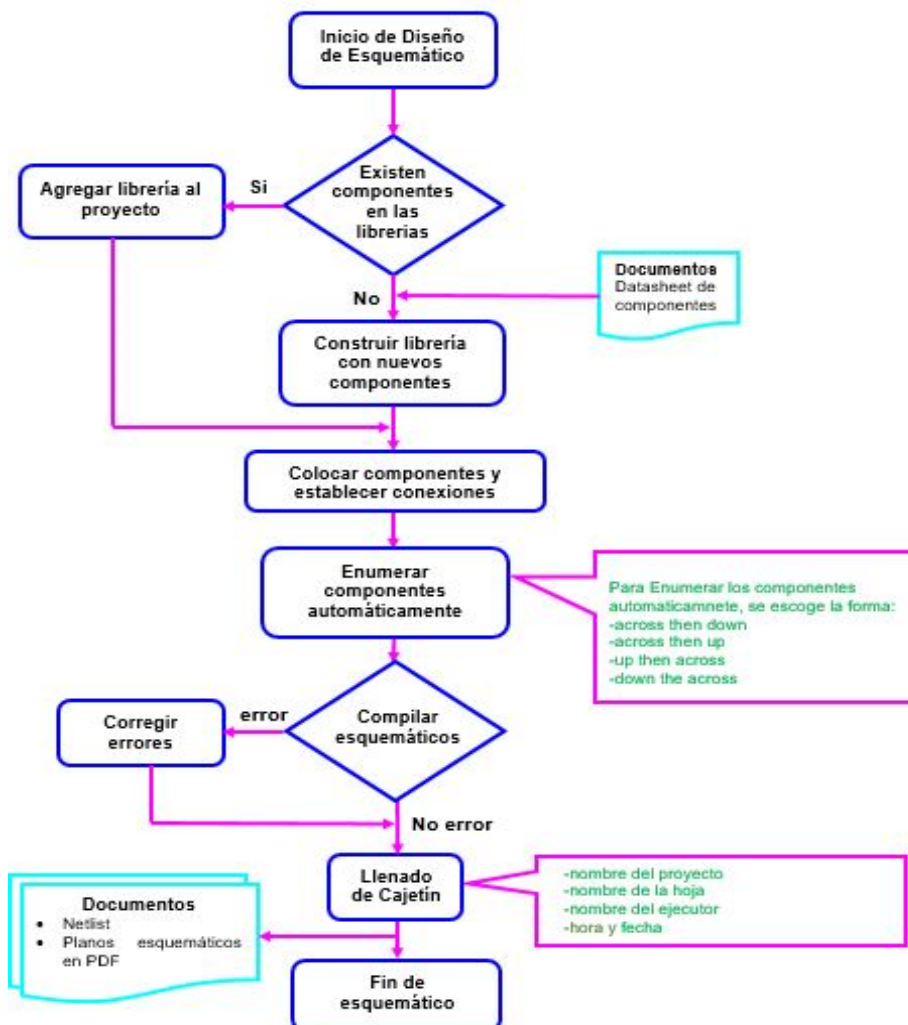
- Módulo CPU basado en PIC18f26k80
- Tarjeta base con las siguientes prestaciones:
 - 2 entradas analógicas
 - 2 salidas analógicas
 - 2 entradas digitales
 - 4 salidas digitales
- Bus CAN con protocolo estándar J1939
- Bus RS485 o Bus RS232

- Indicadores lumínicos (fuente y E/S)
- Tarjeta acondicionadora de la(s) señal(es) de combustible
- Fuente de alimentación de 7.5 a 42 V

2.2 DISEÑO ELECTRÓNICO

El diseño electrónico de ECU-M se realizó utilizando el producto de software ALTIUM DESIGNER. A continuación, se describen los diferentes módulos.

2.2.1 FLUJOGRAMA DE DISEÑO DE ESQUEMÁTICO



2.2.2 MÓDULO CPU BASADO EN PIC18F26K80

Su principal componente es un circuito integrado programable (Programmable Integrated Circuited) PIC18f26k80, fabricados por Microchip Technology Inc., el cual está acompañado por un conjunto de componentes discretos y necesarios para realizar su tarea principal (controlar y procesar información), por lo que se denomina microcontrolador. Los **PIC** procesan todas las señales recibidas tanto desde el interior como el exterior del equipo que la contiene (Figura 2.3), en el caso que corresponde, puede recibir señales de sensores externos (nivel de combustible, apertura de puertas, temperaturas) e internas como (contadores, flancos de subida, banderas de desbordamiento). Posee un cristal de cuarzo de que oscila 10MHz, el cual establece la frecuencia de trabajo del microcontrolador. Con un conector de 6 pines y mediante una interface de programación de tecnología microchip, es por donde se conecta a una Computadora y se carga el programa que luego funcionará en tiempo real.

Circuito de reset: forma parte de este módulo, es el encargado de reiniciar el programa que se ejecuta dentro de microcontrolador, en cuanto exista un restablecimiento de la alimentación principal, los componentes que lo conforman provocan una pequeña demora de algunos milisegundos, evitando un mal funcionamiento de PIC.

Conector de programación: un pequeño header de 6 pines que es donde se conecta una PC por medio de una interface de programación (ICD2, ICD3, PM3), por esta vía se descargan los programas al microcontrolador y se pueden hacer chequeos en tiempo real y corridas paso a paso.

Aspectos destacados de periféricos del PIC18F26K80:[24]

- Cinco módulos CCP / ECCP:
 - Cuatro módulos de captura / comparación / PWM (CCP)
 - Una captura / comparación / PWM mejorada
- Módulo (ECCP)
- Cinco módulos de temporizador / contador de 8/16 bits:

Capítulo 2. Diseño, desarrollo e implementación del controlador ECU-M

- Timer0: temporizador / contador de 8/16 bits con 8 bits preescaler programable
- Timer1, 3: temporizador / contador de 16 bits
- Timer2, 4: temporizador / contador de 8 bits
- Dos comparadores analógicos
- Salida de reloj de referencia configurable
- Unidad de medición del tiempo de carga (CTMU):
 - Medida de capacitancia
 - Medición de tiempo con resolución típica de 1 ns
 - Referencia de voltaje integrado
- Fuente / disipador de alta corriente 25 mA / 25 mA (PORTB y PORTC)
- Hasta cuatro interrupciones externas
- Un puerto serie síncrono maestro (MSSP) módulo:
 - SPI de 3/4 hilos (admite los cuatro modos SPI)
 - Modos maestro y esclavo I2C™
- Dos módulos USART direccionables mejorados:
 - Soporte LIN / J2602
 - Detección automática de baudios (ABD)
- Convertidor A / D de 12 bits con hasta 11 canales:
 - Adquisición automática y operación de suspensión
 - Modo de operación de entrada diferencial
- Módulo modulador de señal de datos:
 - Seleccione fuentes de modulador y portadora de varias salidas de módulo
- Referencia de voltaje integrada

Capítulo 2. Diseño, desarrollo e implementación del controlador ECU-M

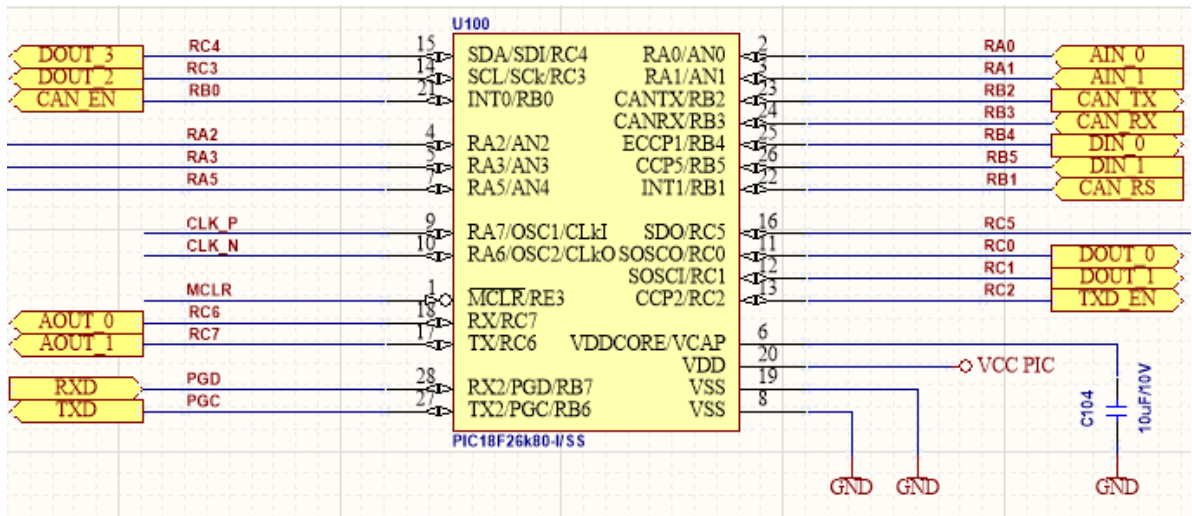


Fig. 2.3 Definición de los pines del microcontrolador PIC.

2.2.3 BLOQUE DE FUENTE

El bloque de fuente está constituido por 2 chip LMZ14201 de la compañía Texas Instruments y NCP4586DSQ33T1G de ON Semiconductor. El LMZ14201 es un regulador switcher, encargado de dosificar la alimentación externa que puede estar en el rango de 8 a 48V de entrada, es capaz de entregar 5V de salida con una corriente de 1A. A su alrededor lo acompañan un conjunto de componentes que les permite proteger al equipo (ECU-M) de todos los ruidos externos que se generan en los vehículos automotores (Figura 2.4).

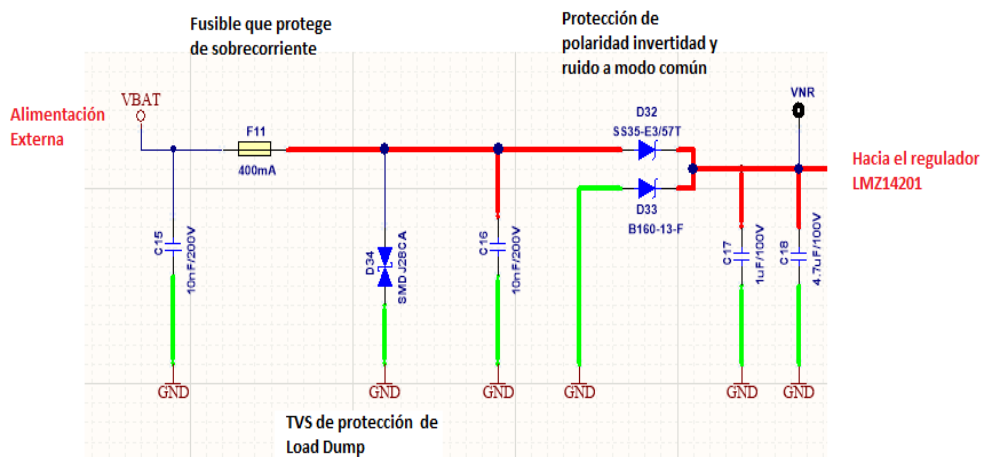


Fig. 2.4 Diagrama de bloques de la fuente. Vista de protecciones.

2.2.4 SALIDAS DISCRETAS

Las salidas discretas convierten las I/O del PIC de 3,3V a voltaje de 0V, salidas negadas con limitación de corriente de 15mA, actos para manipular relay externos de 5V, para esto es necesario incluir diodos en paralelo con dichos relay con el propósito de evitar dañar algunos componentes cercanos sensibles al alto voltaje, que se genera en la bobina cuando a ésta se le interrumpe el flujo de corriente. El propósito del diodo en concreto es permitir que la corriente que circula por la bobina siga su recorrido cuando esta se desactiva. Posee un Led para indicar el estado de cada salida (Figura 2.5).

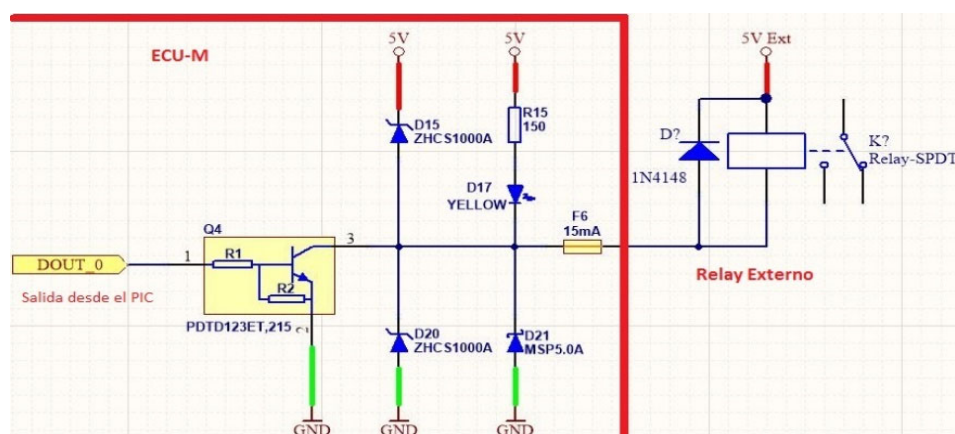


Fig. 2.5 Diagrama de salida discreta, con conexión de relay externo.

2.2.5 ENTRADAS DISCRETAS

Las entradas discretas están compuestas por un conjunto de componentes que acondicionan las señales provenientes de sensores discretos (0 y 1) para hacerla llegar a las entradas del PIC. Estos niveles de señales están protegidos por diodos TVS MSP5.0A y un fusible de 15mA para evitar daños al microcontrolador. Cada entrada contiene un led que indica el modo de funcionamiento (Figura 2.6).

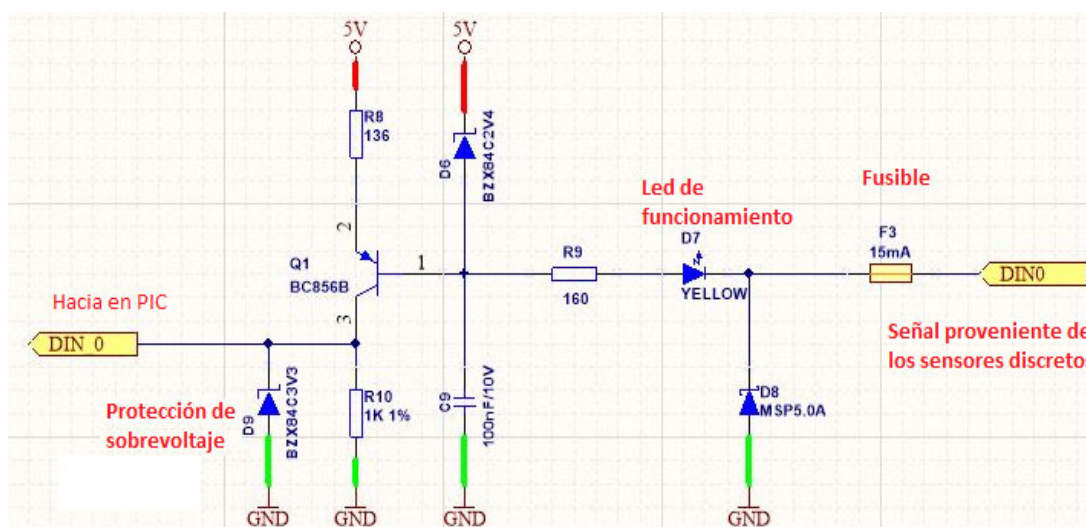


Fig. 2.6 Diagrama de entrada discreta.

2.2.6 ENTRADAS ANALÓGICAS

Las entradas analógicas están conformadas por una pequeña tarjeta llamada “**Acondicionadora de señal**” (**AS**) en forma de sándwich que se instalan a la tarjeta madre por medio de 2 conectores, de esta forma su confección nos facilita poder adaptar el equipo a los distintos tipos de sensores que pueden existir en los vehículos. La **AS** diseñada es capaz de tomar mediciones de voltaje de 0-10V o corriente de 0-20mA. Su principal componente es un amplificador operacional MC33072DG, para hacer las mediciones de corrientes solo se cierran los puentes J1 y J2 respectivamente, cada uno corresponde a un canal de medición. El conectar estos puentes solo se inserta una resistencia de 500 Ohm en paralelo con el circuito de entrada analógica (figura 2.7).

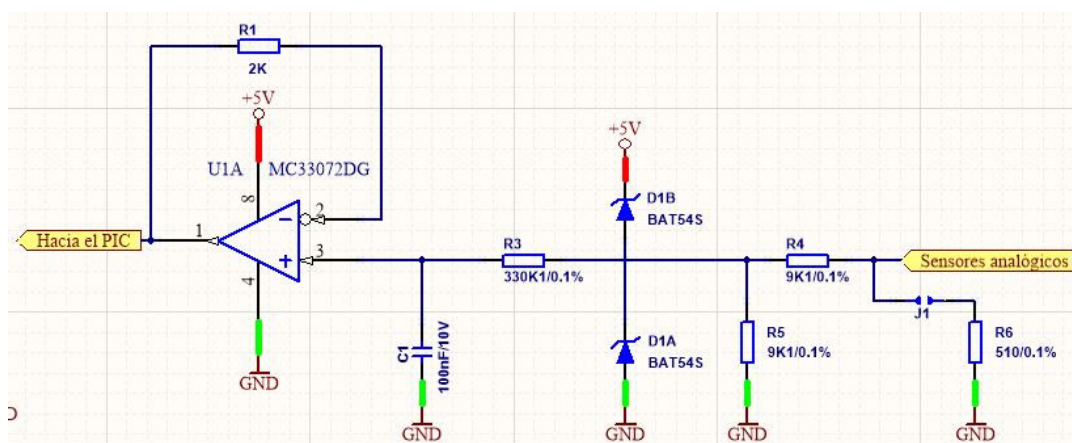


Fig. 2.7 Diagrama de entrada analógicas.

2.2.7 SALIDAS ANALÓGICAS

Las salidas analógicas convierten las salidas modulación de ancho de pulso (PWM) del microcontrolador a niveles de voltajes de 0-5V. El microcontrolador entrega en sus salidas PWM de 10 bit con una frecuencia de 31.25kHz y valores de voltaje igual a la fuente que lo alimenta(3,3V). Hay que tener en cuenta que, la salida PWM no es una señal analógica de tensión, sino una señal digital pulsada cuyo valor promedio es el valor deseado. Para obtener esto, se necesita un filtro RC un amplificador operacional que lleve a los niveles de voltaje que se necesitan.

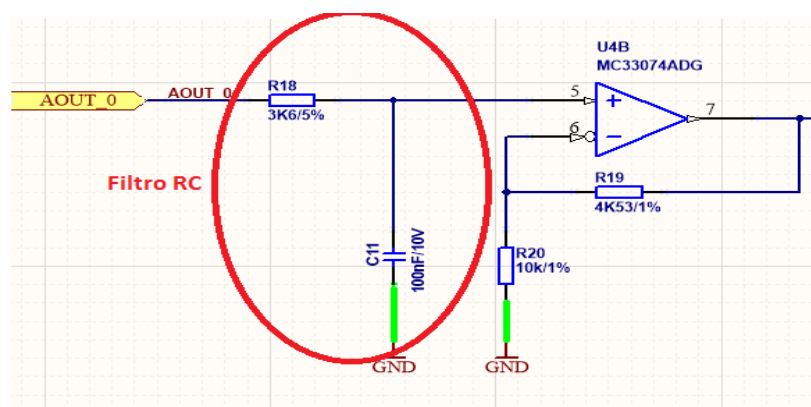


Fig. 2.8 Salidas analógicas. Vista del filtro y amplificador

2.2.8 COMUNICACIONES

Es una mezcla de diferentes normas eléctricas que hacen a la ECU-M un equipo versátil a la hora de comunicarse con los sensores y CaBs. Las normas RS485 y RS232 son exclusivas, solo se puede usar una a la vez y se seleccionan por medio de jumpers soldados en el impreso. La tercera para la comunicación es CAN-BUS con protocolo J1939.

2.2.9 PRUEBAS AL DISEÑO ELECTRÓNICO. SIMULACIÓN EN MULTISIM 11

Se realizaron las pruebas al diseño electrónico, a partir de la simulación de esquemáticos en el producto de software MULTISIM 11.

Para la simulación se transcribieron los esquemáticos de los diferentes planos a simular al espacio de trabajo del Multisim. Las entradas de los sensores fueron sustituidas por generadores de señal y las salidas medidas con instrumentos digitales que trae dicho software. Se compararon los valores de las variables con los resultados esperados (ver figura 2.9)

Las variables probadas fueron: voltaje, corriente, frecuencia.

Salidas discretas

Las salidas discretas están conformadas por 4 módulos idénticos, sin necesidad de simularlos todos, se representa uno de ellos en Multisim, las señales provenientes del PIC se simulan con una fuente de 3V3 y un interruptor de doble polo, seleccionando entre nivel bajo (0V) y nivel alto (3,3V). A la salida se conecta un relay conectado a 5V y un voltímetro como instrumento para medir la tensión (ver figura 2.9).

- Al conmutar S1 a 3,3V el transistor Q1 se satura y provoca que K1 se active y se ilumine el led LED1.
- Al conmutar S1 a 0V el transistor Q1 se corta y provoca que K1 se desactive y se apague el led LED1.

Resultados de la simulación, salidas discretas.

Elementos	S1=3,3V	S1=0V
K1	activo	no activo
LED1	ilumina	no ilumina
Voltímetro	23.458mV	4.992V

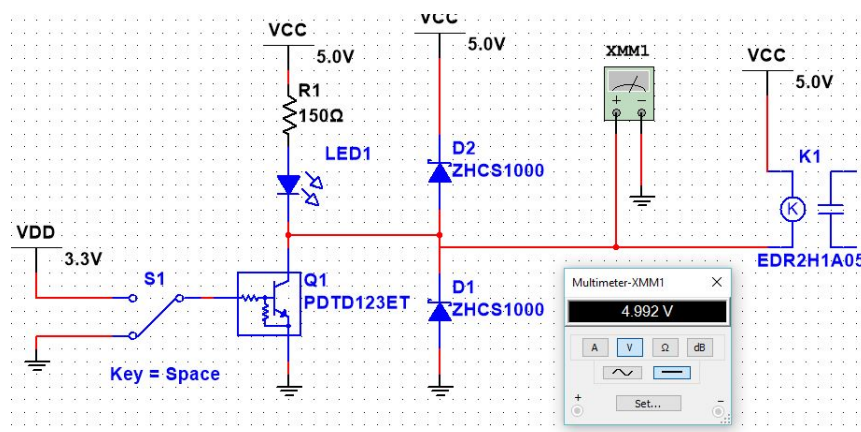


Fig. 2.9 Simulación de salidas discretas

Entradas discretas

Las entradas discretas están conformadas por 2 módulo idénticos. En el primer módulo, las señales de los sensores discretos externos de entrada se simulan con un interruptor de doble polo, seleccionando entre nivel bajo(0V) y nivel alto(5V). Las señales que van para el microprocesador se conectan con un voltímetro.

- Al conmutar S1 a 0V el transistor Q2 se satura y provoca que LED1 se ilumine y aparezca un voltaje en el colector de dicho transistor.
- Al conmutar S1 a 5V el transistor Q1 se corta y provoca que LED1 se apague y desaparezca el voltaje en el colector de dicho transistor (ver figura 2.10).

Resultados de la simulación, entradas discretas.

Elementos	S1=5V	S1=0V
LED1	no ilumina	ilumina
Voltímetro	0mV	3.579V

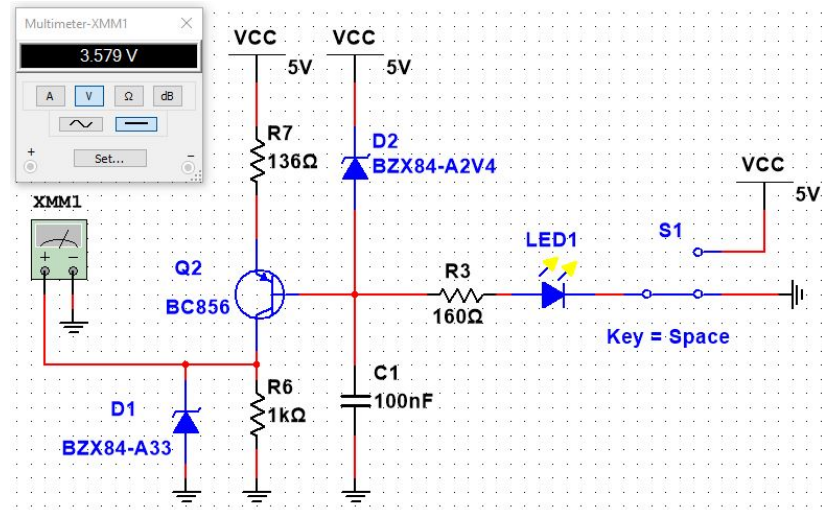


Fig. 2.10 Simulación de entradas discretas

Entradas analógicas

Las entradas analógicas están conformadas por un amplificador operacional MC33072DG funcionando como bufer, a la entrada tienen una resistencia en serie de 500 ohm que son incorporadas al circuito por medio de un jumper, si es que se desea medir corriente de 0 a 20mA. Para medir voltaje de 0 a 10V el jumper se deja abierto. Para la simulación de voltaje se incorporó a la entrada un potenciómetro con uno de los extremos a una fuente de 5V y el otro a GND. Se alimenta el amplificador con 5V y la salida se coloca un voltímetro simulando la entrada al PIC18f26k80(ver figura 2.11). A continuación, se muestran los datos obtenidos.

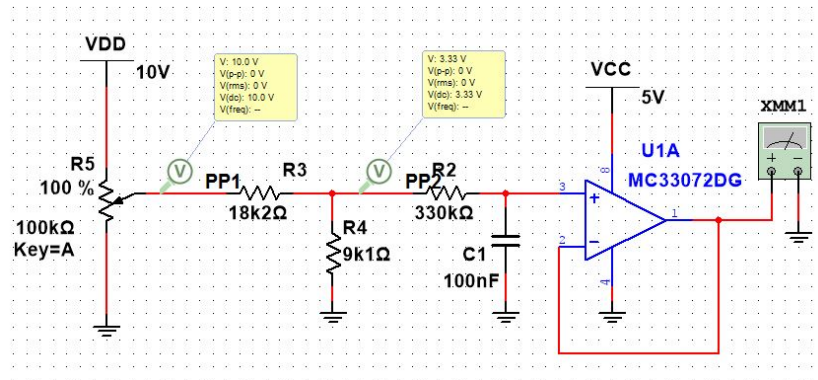


Fig. 2.11 Simulación de entradas analógicas.

Capítulo 2. Diseño, desarrollo e implementación del controlador ECU-M

Resultados de la simulación, entradas analógicas.

R5(%)	PP1(V)	PP2(V)	Voltímetro(V)
0	0	0	0.34
10	752	0.251	0.285
20	1.26	0.421	0.454
30	1.7	0.556	0.599
40	2.13	0.710	0.743
50	2.61	0.871	0.904
60	3.19	1.07	1.098
70	3.96	1.32	1.353
80	5.04	1.68	1.715
90	6.77	2.26	2.29
100	10	3.33	3.367

Salidas analógicas

Las salidas analógicas están conformadas por 2 amplificador operacional MC33072DG. Las salidas pwm del microcontrolador son simuladas por un generador de señal con una frecuencia de 31.25kHz, se pasan por un filtro pasa bajo que lo componen C1 y R2 con un $\tau=0.0036$ y una frecuencia de corte de 44.2096 Hz para los valores descritos en la figura 2.12. El primer amplificador tiene una ganancia de 1.453 y el segundo actúa como bufer. Para la simulación, los cambios de voltajes de salidas se hacen cambiando el duty cycle del del generador de señal. A continuación se muestran los resultados obtenidos después de la simulación.

Resultados de la simulación, entradas analógicas.

Duty cycle(%)	Voltímetro 1(V)	Voltímetro 2(V)
1	0	0
10	0.33	0.48
20	0.66	0.96
30	0.99	1.44

Capítulo 2. Diseño, desarrollo e implementación del controlador ECU-M

40	1.32	1.91
50	1.65	2.4
60	1.98	2.88
70	2.31	3.357
80	2.64	3.84
90	2.97	4.315
99	3.27	4.75

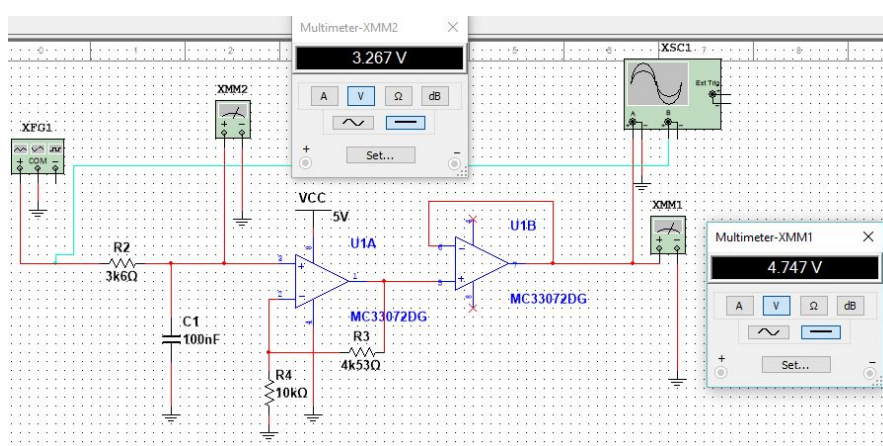


Fig. 2.12 Simulación de salidas analógicas en Multisim.

2.3 DISEÑO DE PCB

Después de obtener el resultado de las pruebas a los esquemáticos y las simulaciones realizadas en Multisim 11, se procedió con el diseño del PCB. Se debe señalar que la fabricación de la tarjeta electrónica se realizó por una la empresa especializada HITEG (Shenzhen-China), a partir de las especificaciones y planos para la fabricación desarrollados.

2.3.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO PCB, ECU-M

A la hora de realizar el diseño de PCB hay que tener un conjunto de pautas que permiten que sea un diseño acorde con las normas vigentes, que sea amigable a la hora de su fabricación y reparable en caso de tener alguna rotura o desperfecto, tales patrones son descritos en el capítulo anterior.

Pasos empleados en el diseño de PCB

Después de tener todos los planos en su versión final, simulados y corregidos los problemas de diseño, se procedió como sigue:

- 1- Se diseñaron todos los footprint de los componentes que no se encuentran en las librerías, es necesario tener todos los datasheet de los componentes para obtener las dimensiones exactas.
- 2- Se crearon todas las reglas eléctricas (figura 2.13)
 - Grosor de las líneas (fuentes, tierra, señales)
 - Estilo de la conexión de los planos y pads
 - Enrutado
 - Tamaño de los agujeros
- 3- Transferencias de los componentes al PCB. Al transferir los componentes al PCB son agrupados por medio áreas semitransparentes llamados "ROOM". Cada "ROOM" contiene los componentes de una hoja del diseño esquemático.
- 4- Segregación de los componentes para mejor enrutado y evitar la influencia de la EMI entre planos (Figura 2.14).
- 5- Definición de las dimensiones del equipo y los agujeros de sujeción de acuerdo con el mueble seleccionado.
- 6- Ruteo manual de todas líneas de señales con la estrategia Ortogonal.
- 7- Definición de los planos de tierras y fuentes en todas las capas internas y externas.
- 8- Colocación de etiquetas correspondientes a las marcas (Modelo, señales, indicaciones y leyendas).
- 9- Concepción de los documentos necesarios para la fabricación:
 - Bill of Materials
 - Gerber
 - Pick and Place
 - Net Drill
 - Notas de Diseños

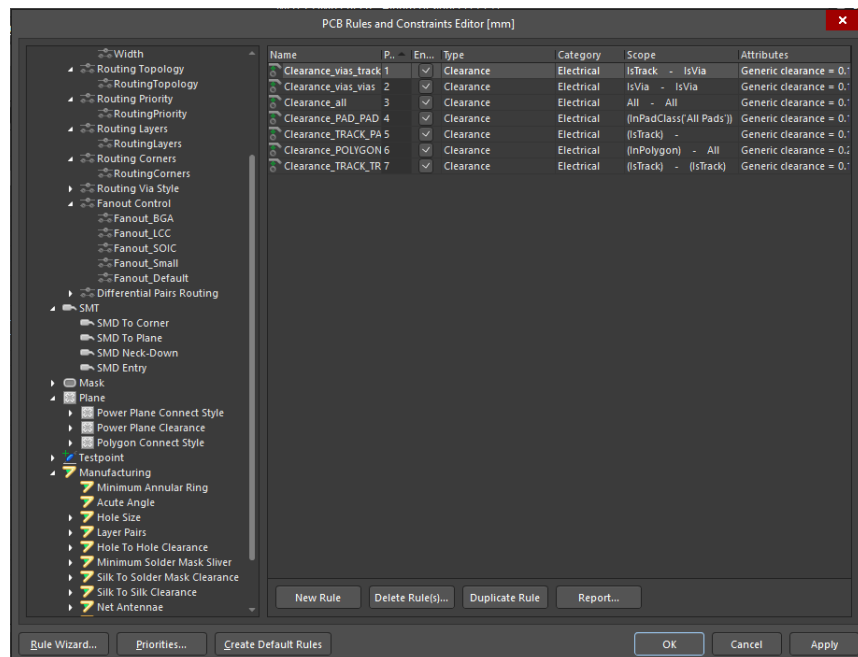


Fig. 2.13 Altium Designer, editor de Reglas eléctricas de PCB

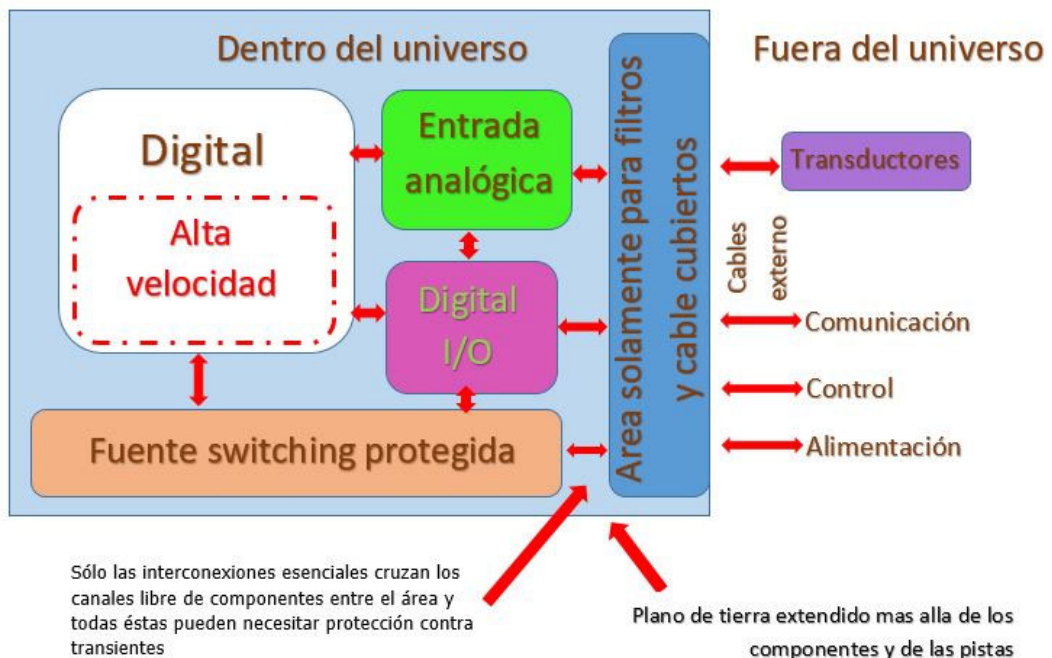
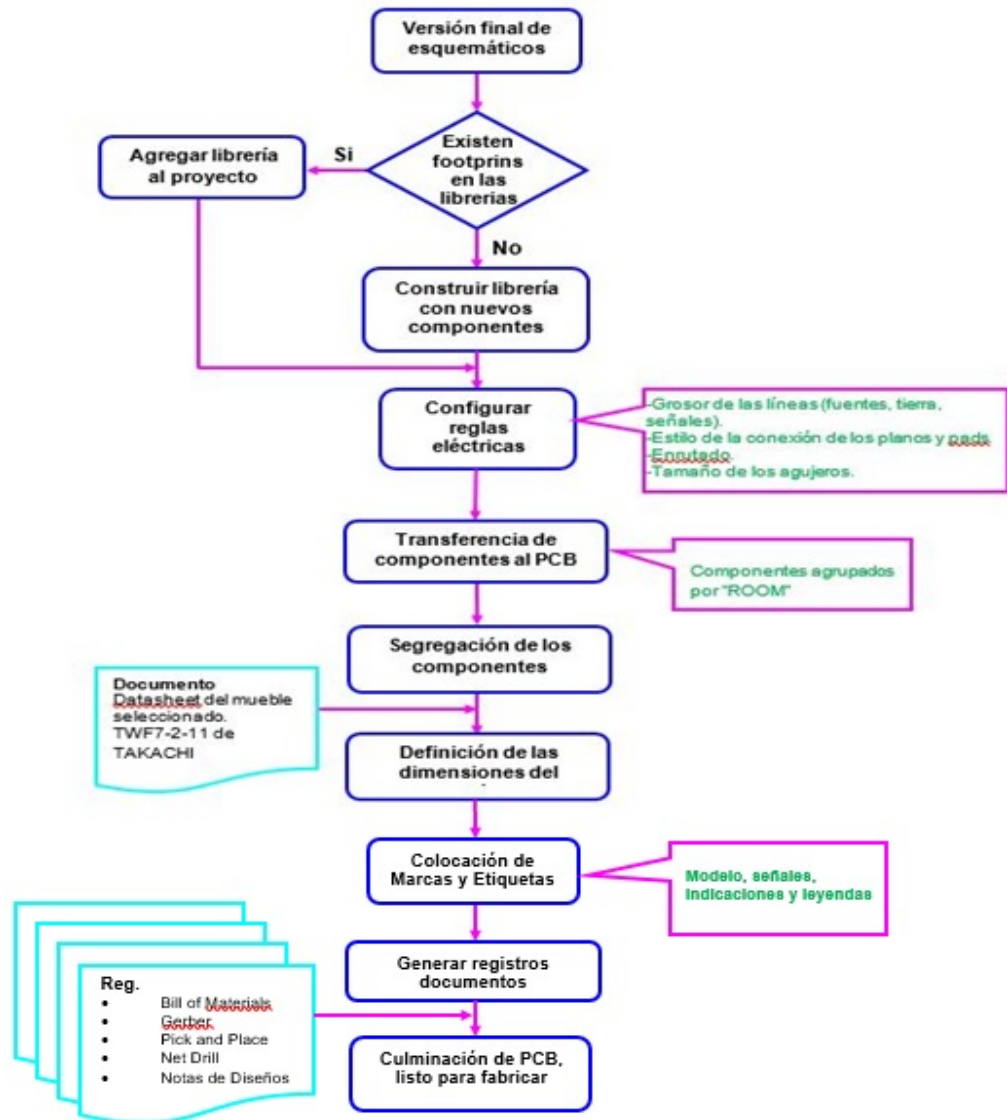


Fig. 2.14 Segregación de las distintas partes que componen el diseño

2.3.2 FLUJOGRAMA DE DISEÑO DE PCB



2.3.3 DEFINICIONES DE CAPAS DE ECU-M.

La elección de la cantidad de capas de un circuito electrónico no sólo depende de la dificultad del rutado de las pistas. Hay que tener en cuenta otros aspectos necesarios como son:

- **Impedancia característica de la línea:** Este es quizás el punto más importante en la elección del número de capas. Si existen pistas con señales de alta frecuencia, por ejemplo, la conexión de un procesador con una memoria o módulos de radiofrecuencia, es imprescindible tener en cuenta este punto
- **Interferencias electromagnéticas:** Otro de los factores es la necesidad de inmunizar el diseño frente a ruido y reducir emisiones electromagnéticas (EMIs). Utilizando un diseño multicapa podemos rutar las pistas entre dos planos de potencial constante, creando una jaula, evitando emisiones.
- **Densidad:** es un aspecto a tener en cuenta a la hora de diseñar un PCB, depende mucho del footprint de los componentes y las dimensiones de la tarjeta que tengas predefinida (si la tienes), esto te puede obligar a usar más o menos capas.

La tarjeta de la ECU-M está conformada por 4 capas:

- **Top Layer:** es donde se encuentran situado la mayoría de los componentes y las señales correspondientes. La mayor parte de esta capa está formada por un plano de tierra, (Figura 2.15).
- **Bottom Layer:** es la capa de soldadura de los componentes de tecnología Through-Hole, en ella se encuentran algunos componentes SMD.
- **Multilayer (Source):** es donde se encuentra el plano interno correspondiente a las fuentes de alimentación (5V; 3,3V; VNR; VCC PIC).
- **Multilayer (Ground):** es donde se encuentra los planos internos de las diferentes tierras (GND; AGND).

MATERIAL	THICKNESS
Top Layer	0,017
Prepreg 2113(2)	0,176 +/-0,02
Multilayer(Source)	0,035
FR4 0,508	0,5 +/-0,05
Multilayer(Ground)	0,035
Prepreg 2113(2)	0,176 +/-0,02
Bottom Layer	0,017

Fig. 2.15. Definición de capas utilizadas en la fabricación de PCB

2.3.4 MICROCONTROLADOR

El ruteado del microcontrolador no tiene grandes complicaciones, el único punto delicado es la señal de reloj de 10MHz, para la que se tuvo cuidado a la hora de hacer las líneas lo más cortas posibles, de igual longitud y lo más paralelas posible. También se prestó atención en los condensadores de desacople, ubicados cerca de la alimentación del PIC (Ver figura 2.16).

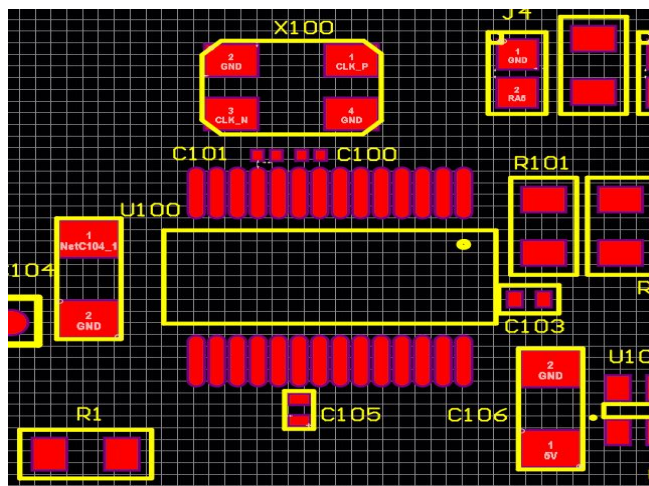


Fig. 2.16. Disposición de los componentes complementarios del Microcontrolador.

2.3.5 FUENTES Y FUENTE CONMUTADA

La sección de fuentes de alimentación está conformada por tres fuentes.

1. Fuente principal (Conmutada)

2. Fuente de alimentación del Microcontrolador
3. Fuente de alimentación del módulo de comunicaciones.

La fuente principal la compone un regulador conmutado LMZ14201, su salida de 5V provee la alimentación de las dos fuentes restantes, su entrada es totalmente protegida contra las interferencias que ocurren en los vehículos automotrices. La alimentación del PIC18f26k80 es a partir de un regulador NCP4586DSQ33T1G de 3,3V al igual que la alimentación del módulo de comunicaciones.

Las fuentes, tienen varios puntos críticos a valorar a la hora del diseño de PCB, disipación térmica, ruido y ancho de pistas [25].

Después de análisis de las corrientes que circula por los diferentes circuitos, se determinó que no es necesario ningún disipador externo, solo basta con tomar en cuenta las consideraciones de diseño del fabricante del LMZ14201 (Ver figura 2.17).

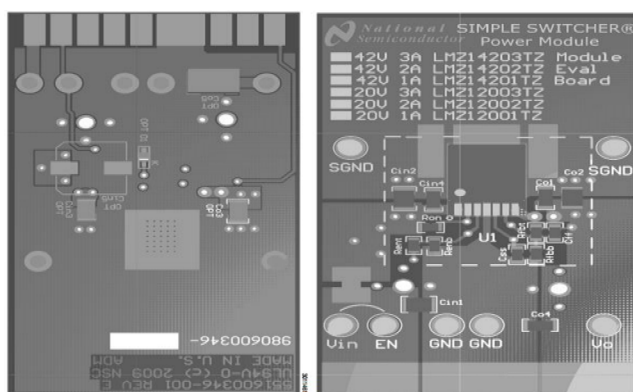


Fig. 2.17. Consideraciones del fabricante en diseño de PCB utilizando LMZ14201.

Fuentes [26]

Fuente Conmutada

La implementación de cualquier fuente conmutada es un punto muy delicado si se quiere evitar ruido eléctrico y acústico. Si bien se tuvo cuidado en la elección de los componentes en la etapa de diseño, sin una buena colocación, un rutado efectivo, no lograremos un funcionamiento óptimo (Ver figura 2.18)

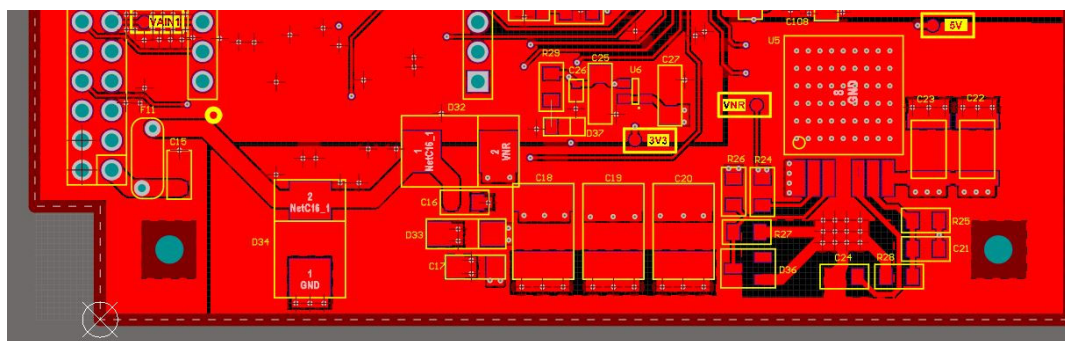


Fig. 2.18. Ubicación de los componentes de las fuentes en el PCB

2.3.6 ENTRADAS ANALÓGICAS (BABY BOARD)

Las entradas analógicas están diseñadas en una tarjeta pequeña de 4 capas llamada “Acondicionadora de señal” el ruteado este compuesto por líneas cortas, generalmente de 0.508mm de grosor y poca complejidad, aunque tiene componentes por ambas caras. Al ser una tarjeta independiente a la tarjeta principal, posee dos conectores para su conexión que también le sirven de soporte. Todas las resistencias que la componen son de tecnología Through holes para su fácil rediseño y cambio de componentes (Ver figura 2.19).

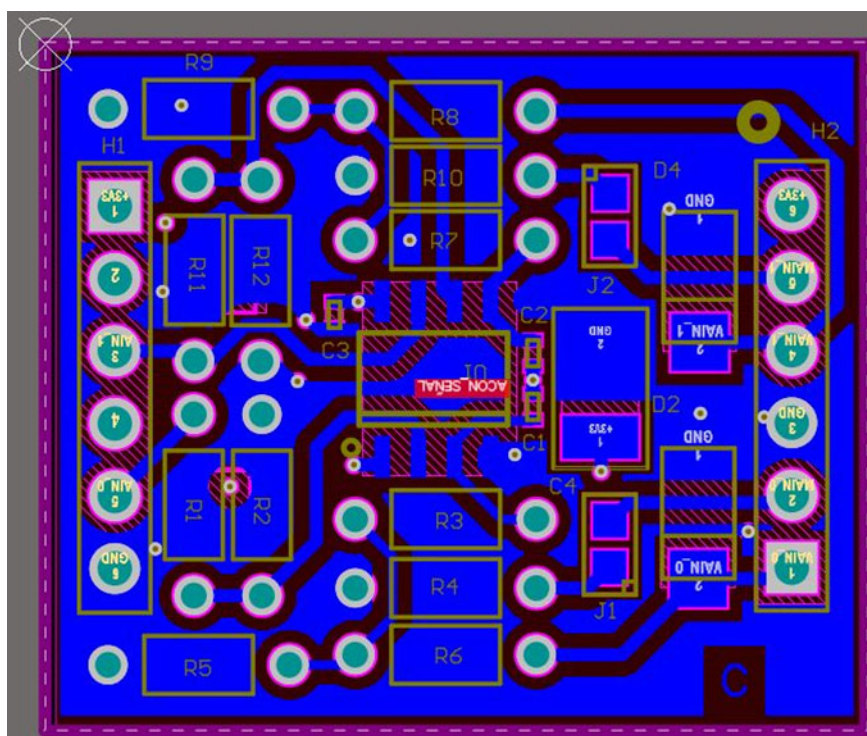


Fig. 2.19. Entradas analógicas, PCB

2.3.7 TARJETA MADRE DE LA ECU-M

La tarjeta madre de la ECU-M, está conformada por un PCB (Largo x Ancho x Espesor) de 83.06 x 60.25 x 1.12mm. Los componentes se encuentran segregados. Presenta un conector principal donde se agrupan todos los pines de entradas y salidas del equipo, posee un header de 6 pines que se utiliza para la programación del microcontrolador, en los extremos están los orificios de sujeción. Los leds correspondientes a las entradas y salidas discretas, (Figura 2.20).

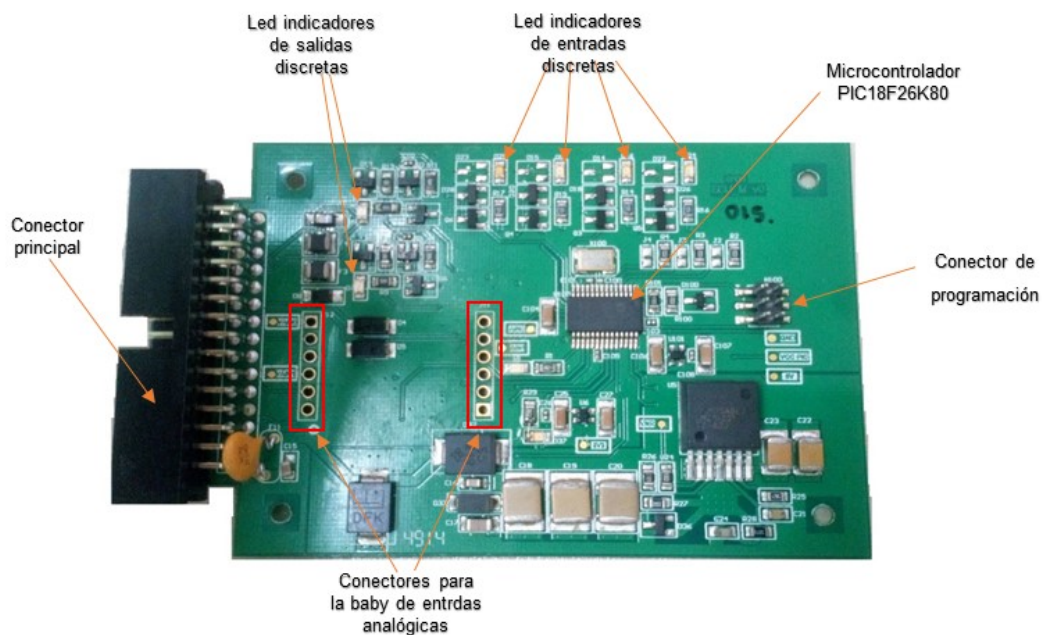


Fig. 2.20 Tarjeta madre de la ECU-M

2.4 DISEÑO MECÁNICO

El mueble para ECU-M se escogió entre la gran variedad de fabricantes de muebles plásticos del mercado, por su robustez, impermeabilidad, soporte para tarjetas electrónicas y cumpliendo con el tamaño de equipo que se deseaba fabricar. Al fabricante se le entregó el diseño mecánico, con los ajustes que eran necesarios realizar al mueble, (Figura 2.21), (ver Figura 1 del Anexo).

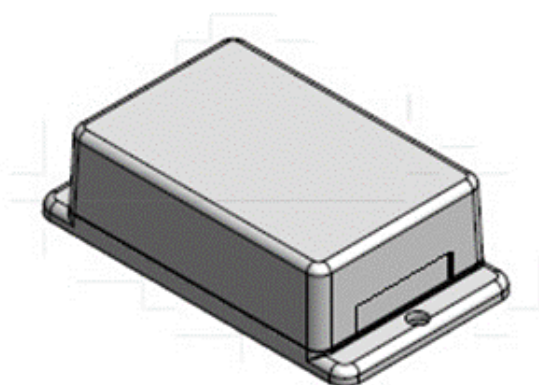


Figura 2.21. Mueble seleccionado para el equipo

2.5 MONTAJE ELECTRÓNICO

Las entradas analógicas están compuestas por una pequeña tarjeta o “Baby” la cual se monta en una pareja de conectores que se encuentran en la tarjeta madre (ver figura 2.22), esta Baby desde la fábrica viene sin montar, de acuerdo con los sensores utilizados se calcularon los componentes y se hizo el montaje electrónico.

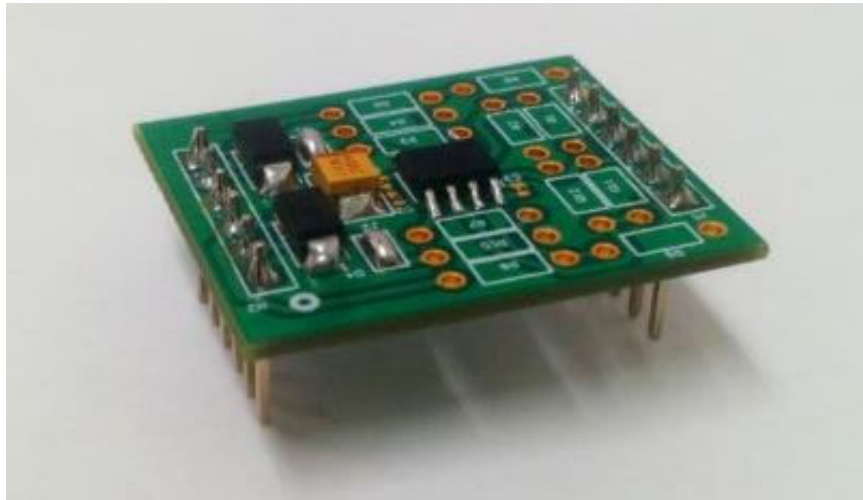


Fig. 2.22 Tarjeta de entradas analógicas (Baby Board).

2.6 MONTAJE MECÁNICO

El Montaje mecánico o ensamblaje del ECU-M es muy sencillo, solo consiste en montar la tarjeta madre sobre la parte inferior de la caja, atornillar los cuatros tornillos de sujeción, luego poner la tapa superior y también atornillar con tornillos de la tapa. (ver figura 2.23)

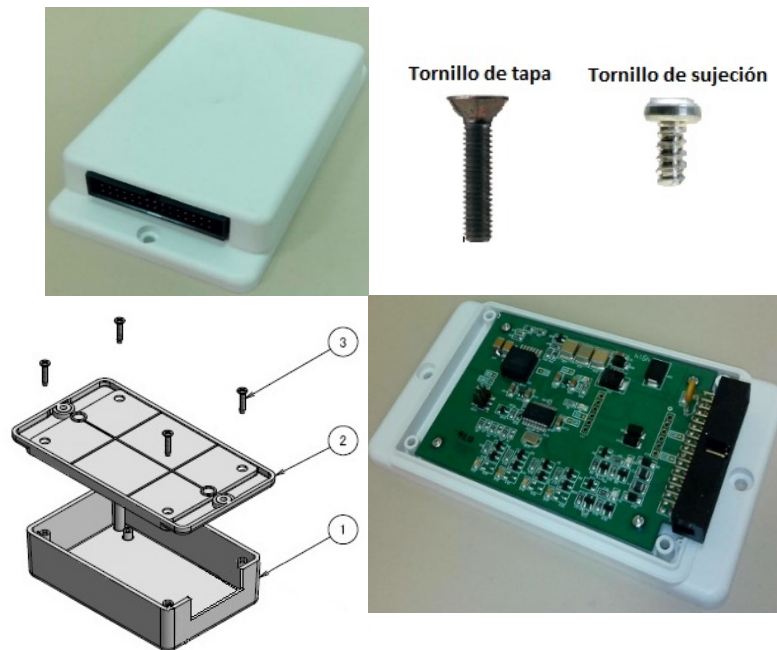


Fig. 2.23 Montaje mecánico de tarjeta madre en el mueble.

2.7 PRUEBAS FUNCIONALES

Las pruebas en fábrica (FAT) se realizaron en la fábrica Shenzhen-China y posteriormente, en la División de automatización en SERCONI. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

2.7.1 PRUEBAS FUNCIONALES FAT EN LA FÁBRICA CHINA

El fabricante HITEG, una vez realizada la fabricación del controlador ECU-M, efectuó las pruebas funcionales con resultado: Aceptación Parcial, debido a que no se dispuso en el mercado del conector principal presentado en el diseño, (ver Anexo B).

2.7.2 PRUEBAS FUNCIONALES FAT EN SERCONI

En la División de Automatización de SERCONI, se realizaron 14 pruebas a los 50 equipos fabricados, (Ver Anexo C).

Capítulo 2. Diseño, desarrollo e implementación del controlador ECU-M

Para realizar las pruebas, de acuerdo al manual del Proyecto de la División (DA-ME-001), se elaboró el Plan de Pruebas, el Protocolo de Pruebas y el Informe. En el Anexo C, se muestra tabulados los elementos contenidos.

Los resultados de las pruebas resultaron **Conformes**.

2.7.3 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

Características de la ECU-M

Elementos	Cantidad	Observaciones
Procesador	1	Microcontrolador PIC 26K80 I/SS
Memoria de programa	64 Kbytes	-
Memoria de datos	3648 bytes	-
Memoria EEPROM	1024 bytes	
Convertidor A/D	1	12 bits aprox. Sucesivas
Convertidor D/A	1	10 bit (Construido con PWM)
Entradas Digitales (DI)	2	Señales libres de potencial ó 0-12V Max
Salidas Digitales (DO)	4	Open Colector 40 mA Max. 12V Max.
Entradas Analógicas (AI)	2	0..+3V max Nota ¹
Salidas Analógicas (AO)	2	Salida Voltaje 0-5 V 10 mA Max.
Bus CAN. Protocolo J1939	1	Frecuencia de Bus 250 Kbit/s
Bus RS485	1	Nota ²
Bus RS232C	1	Nota ³
Voltaje de alimentación		6....40 V DC

¹ Las entradas analógicas deben ser tratadas (acondicionadas) mediante "baby-board" adjunto.

² El uso de este bus es excluyente con el bus RS232. La selección se realiza mediante J7, J8, J9.

² El uso de este bus es excluyente con el bus RS485. La selección se realiza mediante J7, J8, J9, J10.

2.8 FIRMWARE DEL PIC18F26K80

El Firmware del PIC18f26k80 se implementó en el MPLAB IDE 8.2, un entorno de desarrollo integrado de software gratuito patentado para el desarrollo de aplicaciones integradas en microcontroladores PIC y dsPIC, está desarrollado por Microchip Technology. Facilitando la edición de código, depuración, cheque sintáctico y programación de microcontroladores.

La interfase de programación usada fue el ICD3, es un depurador y programador en circuito de Microchip, se conecta a la PC a través de USB y al dispositivo a través de ICSP. Se alimenta completamente por bus USB y admite la ejecución a máxima velocidad o la depuración interactiva de un solo paso. Se puede utilizar para borrar, programar o reprogramar la memoria del programa PIC MCU, mientras el dispositivo está instalado en el hardware de destino[27], utilizando ICSP (ver figura 2.24)



Fig. 2.24 Interfase para la programación de microcontroladores de Microchip.

En el fragmento que sigue se puede ver parte del código descargado al microcontrolador de la ECU-M. Su funcionamiento principal se basa en leer todas las entradas provenientes de los sensores analógicos o digitales instalados en los vehículos, procesar dichas mediciones y convertirlas en unidades de ingeniería, luego compararla con la configuración establecida previamente y enviar el resultado de forma serie hacia el computador de abordo.

Código "MAIN" del programa

```
-----  
/* main code */  
void main (void)  
{  
    /*Initializing ECU-M*/  
    Initialize();
```

```
/* Lights GPIO led at startup (very long time)*/
pulseGpioLed(3000);
/*Application Sequence*/
forever {
    processVariables();
    xmitVariables();
    timer0DelayTicks(10);

}
```

En el código “Main” del programa, se hace uso de 4 funciones que se ejecutan de forma permanente.

- **processVariables();** es la encargada de llamar a otras funciones determinadas para leer las entradas tanto digitales como analógicas.

Funciones invocadas desde la función “**processVariables();**”

- **readDigitals();** detecta si por los menos hay una puerta del vehículo abierta y guarda el resultado en una variable.
- **readAnalog();** lee por las entradas analógicas de la ECU-M los valores de que están llegando al conversor analógico-digital (en Ingles, ADC) y lo traduce a valores de ingeniería, en este caso temperatura de -25 a 40 °C
- **processDoors();** se encarga de tomar el tiempo que se encuentra por lo menos una de las puertas del vehículo abierta. Esta función compara el resultado con un valor que se tiene por configuración y establece una señal de alarma si se supera el valor prefijado.
- **processTemperatures();** después de tener los valores de temperatura en unidades de ingeniería leídos por la función **readAnalog();** los compara con los valores minimos-máximos y establece una alarma si no se encuentran dentro del rango permisible.

- **xmitVariables();** crea un arreglo con las variables leídas de los sensores externos, las guarda en memoria y llegado en tiempo de transmitir son enviadas de forma serie con el protocolo j1939 hacia el Cab. Indica con un led, cada vez que se realiza una transmisión.
- **timer0DelayTicks(10);** es usado para hacer una pequeña demora de 10ms junto con la librería “pic18Timer0.c”

Código de la función “xmitVariables” del programa

```
-----  
#define TIME_TO_XMIT TIME_1S  
void xmitVariables (void)  
{  
    static unsigned long t=0;  
  
    if ((timer0GetTicks()-t)>TIME_TO_XMIT)  
    {  
        xmitjMsg.DataPage = 0;  
        xmitjMsg.Priority = 3;  
        xmitjMsg.PDUFormat = 0xff;  
        xmitjMsg.DestinationAddress = 0x36;  
        xmitjMsg.DataLength = 8;  
        memset(xmitjMsg.Data, 0, 8);  
        memcpy(&xmitjMsg.Data[0], (const void *)&door1OpenCounter  
/*door1OpenCounter*/, sizeof(int));  
        memcpy(&xmitjMsg.Data[2], (const void *)&door2OpenCounter  
/*door2OpenCounter*/, sizeof(int));  
        memcpy(&xmitjMsg.Data[4], (const void *)&tempAvgSensor0 /*ucValue0  
tempSensor0 uiValue0*/, sizeof(int));  
        memcpy(&xmitjMsg.Data[6], (const void *)&tempAvgSensor1 /*ucValue1  
tempSensor1 uiValue1*/, sizeof(int));  
        sendCANdata(&xmitjMsg, &resultCode);  
    }  
}
```

```
pulseGpioLed(20);  
t=timer0GetTicks();  
}  
}
```

2.9 VALIDACIÓN DE ECU-M EN EL SISTEMA DE MONITOREO DE VEHÍCULOS REFRIGERADOS DE EMCOMED

La Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED) realiza la transportación, almacenamiento y distribución del 100 % de las materias primas, envases y productos terminados de la industria farmacéutica cubana. Se ocupa de la extracción en puertos y aeropuertos de todos los recursos necesarios para los laboratorios de producción de medicamentos. Además de la extracción de los medicamentos en los laboratorios productores de BioCubaFarma y de las plantas productoras de medicamentos genéricos, hacia las droguerías, cumpliendo estrictamente todos los requisitos de conservación que estos requieren (cadena de frío)[28].

El controlador ECU-M se implementó en el Sistema de monitoreo en tiempo real para vehículos refrigerados de EMCOMED, con el propósito de monitorear en tiempo real geo-referenciado, la posición de la trayectoria del vehículo, la temperatura dentro de la cámara de frío y el estado de su puerta de acceso.

2.9.1 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE MONITOREO

Todos los vehículos refrigerados contaban con un regulador de temperatura instalado dentro de la cabina para garantizar un valor estable de esta variable en la cámara donde se transportan los medicamentos. Previo a la transportación, en correspondencia con los parámetros de almacenamiento de la carga, se establecía el valor de temperatura, el cual se supervisaba a través de un display.

Sin embargo, no se podía dejar trazabilidad de la temperatura durante el trayecto, para que pudiera ser auditada y exhibir garantía en la transportación. Un riesgo en el

almacenamiento y transporte de los productos termosensibles son las excursiones de temperatura. El incorrecto asesoramiento de los canales de distribución, cuando estos ocurren, es una problemática que impacta negativamente en las operaciones a temperatura controlada por la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos[29]. Los vehículos tenían instalados reguladores de temperatura procedentes de distintos fabricantes, pero no tenían la capacidad para entregar el valor de la temperatura por alguna interface de comunicación (puerto serie RS232, CAN bus u otro).

Por otro lado, la flota de vehículos refrigerados posee un computador de a bordo español IRIS, los cuales tributan en tiempo real la información de la trayectoria recorrida a la cual se accede desde un centro de control o despacho para la supervisión y el control de las operaciones de transportación. El sistema se limita a geo-referenciar los vehículos.

Teniendo en cuenta esta situación, se propuso el siguiente sistema de monitoreo de los vehículos refrigerados de EMCOMED.

2.9.2 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO PROPUESTO

El sistema de monitoreo de los vehículos se concibió utilizando tecnología cubana EROS, constituida por los siguientes dispositivos, (ver figura 2.25):

- Controlador ECU-M.
- Computador de abordó cubano CaB v.3.0.
- Sensor de temperatura PT-100.
- MóvilWeb, de GEOCUBA.

Las funcionalidades que cumple el sistema, en tiempo real, son:

- Las posiciones geográficas de la trayectoria de los vehículos.
- Las temperaturas en la cámara de los medicamentos.
- Estado del cierre de las puertas.
- Activar automáticamente una alarma al detectar que se ha abierto una puerta de acceso a la carga.
- Notificar cuando la puerta de acceso a la carga ha permanecido abierta por un intervalo de tiempo mayor al permitido.

Capítulo 2. Diseño, desarrollo e implementación del controlador ECU-M

- Notificar cuando se haya detectado que la temperatura de la cámara ha abandonado el rango de operación establecido.

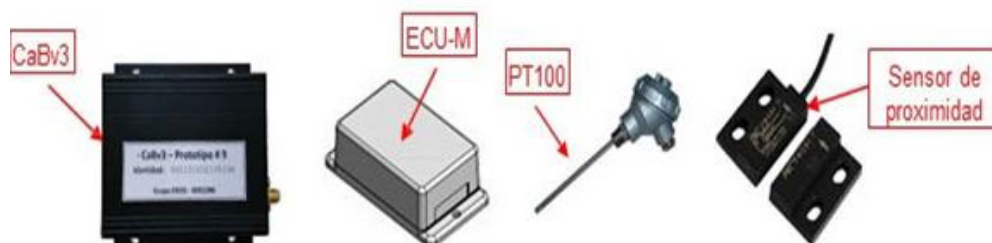


Fig. 2.25. Dispositivos de hardware que conforman el sistema

La disposición de estos dispositivos en los vehículos refrigerados se representa en la Figura 2.26.

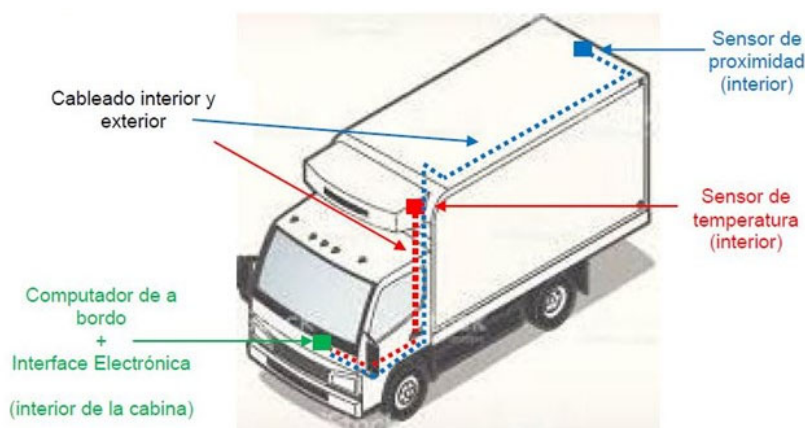


Fig. 2.26. Esquema que conforman el sistema AVL de vehículos refrigerados de EMCOMED.

El Computador de abordó cubano CaB v.3.0, fue desarrollado en la División de Automatización. Es un equipo para la localización de vehículos cuyo funcionamiento está basado en las redes existentes GSM/GPRS, WiFi y de satélites GPS para localizar y monitorear cualquiera de los vehículos de una flota de forma remota en tiempo real o de forma diferida. Emplea una SBC con Sistema Operativo Linux (kernel 3.14.52) y dispone del Software de configuración CaB soporte, SO Androide, (ver Figura 2.27).



Fig. 2.27. Computador de a bordo v.3.0.

Los sensores de temperatura PT-100, se fabrican en el taller de termoelementos de la División de Automatización, siguiendo el procedimiento (FT-PE-001). El diseño y fabricación se adecúa al sitio donde se van instalar, considerando parámetros como: datos de la terminación o conexión eléctrica, de la extensión o parte intermedia, tipo de fijación del sensor, característica de la zona de inmersión, parámetros técnicos a los que serán sometidos, entre otros aspectos.

2.9.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

La implementación se realizó en dos vehículos refrigerados de ENCOMED. Las tareas realizadas se relacionan a continuación:

- Revisión de los vehículos refrigerados (características de interés, conexiones eléctricas, parámetros de las cargas, etc.).
- Selección y estimación de los materiales a utilizar.
 - Selección del sensor de temperatura. Definición de los parámetros necesarios para la fabricación del sensor de temperatura.
 - Selección del sensor de cierre de la puerta.
- Elaboración de los esquemas de montaje mecánico, eléctrico y electrónico.
- Desarrollo de software
 - Firmware de la interface electrónica.
 - Software auxiliar del computador de a bordo para la recolección de datos desde la interface electrónica utilizando CAN bus.
- Configuración del computador de a bordo.

- Configuración de MóvilWEB.
- Diseño mecánico de soporte para el sensor de combustible.
- Cableado a través de canaletas plásticas (interior) y mangueras (exterior).
- Montaje e Instalación
 - Montaje del computador de a bordo en el vehículo.
 - Instalación del controlador ECU-M.
 - Instalación de los sensores (temperatura y cierre de las puertas).
- Ejecución de pruebas de sistema.

La interconexión de los dispositivos principales se muestra en la figura 2.28.

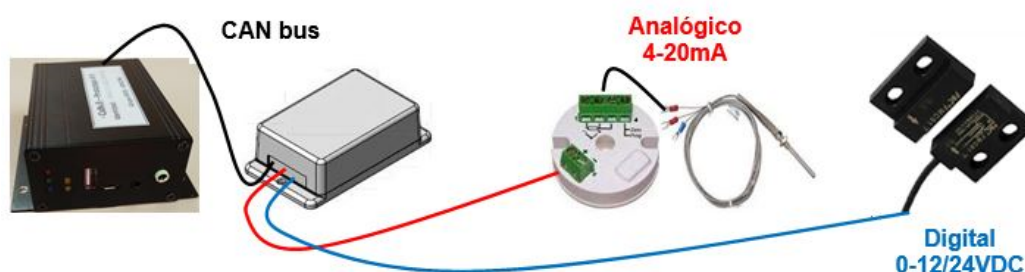


Fig. 2.28. Interconexión de los elementos principales

2.9.4 CORROBORACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS

Las ventajas del sistema implementado:

- Envío por GPRS hacia los servidores del sistema de gestión y control de flotas de la temperatura de la carga de medicamentos y el estado de la puerta de acceso en tiempo real durante la transportación.
- Registro local de estos datos en la memoria interna del computador de a bordo con capacidad para almacenar gran volumen de datos, típicamente 1 año o más, como un respaldo adicional ante un evento de pérdida de datos en los servidores.
- Los argumentos anteriores aseguran que la transportación pueda ser auditada aún en circunstancias críticas posibilitando esclarecer siempre cualquier reclamación.
- El uso de tecnología nacional con respaldo en la industria electrónica cubana puede significar mayor estabilidad, sustitución de importaciones, independencia y soberanía tecnológica.

Capítulo 2. Diseño, desarrollo e implementación del controlador ECU-M

- Como resultado de la implantación y aplicación del sistema se estará en mejores condiciones para garantizar la conservación de los medicamentos durante la distribución que viene siendo el objetivo primero.

2.10 ANÁLISIS VALORATIVO DE LOS ASPECTOS ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES.

El controlador ECU-M es un dispositivo capaz de tomar las mediciones de distintos tipos de sensores y acondicionarlas para luego transmitir las a un equipo con jerarquía superior, como son las PC y el computador de a bordo cubano CaB v3.0.

De este producto, se han fabricado 50 unidades, serie cero, como resultado de la tercerización de servicios en la República Popular China.

Su implementación ha tenido gran impacto socioeconómico y medio ambiental. Además de su aplicación en el Sistema de monitoreo en tiempo real para vehículos refrigerados de EMCOMED, utilizados en la transportación de medicamentos, contribuyendo así a la disminución de pérdidas de medicamento tanto por robos como por mala manipulación de las puertas de los vehículos refrigerados, propiciando una herramienta muy útil para el registro de las temperaturas en todo el recorrido. A continuación, se refiere una síntesis de otras aplicaciones llevadas a cabo, contribuyendo a la generalización de los productos de la “Familia EROS” para la automatización, en la reducción de riesgos medioambientales y del consumo de portadores energéticos.

En controlador ECU-M se aplicó en el Sistema de Supervisión y Monitoreo de la planta potabilizadora de agua “Guaso”, en Guantánamo. El controlador capta la señal 4 a 20 mA del flujómetro y se comunica mediante la norma RS485 hasta una PC local que, a su vez, realiza la transmisión vía trunking hacia el Centro de Control de la Delegación Provincial del Recursos Hidráulicos (DPRH Guantánamo). Tanto en la PC local como en la PC del Centro de Control de la DPRH, se encuentra instalado el SCADA EROS, lo que permite procesar estas variables y mostrarlas en tiempo real, permitiendo así desde un punto de la ciudad, conocer el comportamiento de los flujos de entrada y salida de la potabilizadora. La potabilizadora es capaz de entregar mil 200 litros de

agua potabilizada procedentes del embalse Faustino Pérez y beneficia a más de 143 mil personas de la ciudad de Guantánamo, (ver Fig. 8a del Anexo A).

Otra aplicación desarrollada fue en la supervisión y monitoreo de pluviómetros en tiempo real, en las presas Faustino Pérez y Jaibo, en Guantánamo. El pluviómetro es un instrumento que se emplea en las estaciones meteorológicas para la recogida y medición de la precipitación. Se usa para medir la cantidad de precipitaciones caídas en un lugar durante un tiempo determinado. El controlador ECU-M hace la conversión de la resolución de los pluviómetros y se trasmite de la ECU hacia el radio trunking existente en la caseta de los operadores de las presas, y de este hacia el Centro de Control de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Guantánamo. La lectura de los pluviómetros en la época de lluvia en las zonas rurales e intrincadas y de difícil acceso se torna compleja y si es bajo los efectos de eventos meteorológicos de gran intensidad se vuelve inexacta y sumamente peligrosa.

Se debe señalar que en el país se fabrican alrededor de 400 pluviómetros anuales y hay instalados cerca de 2050 pluviómetros (1 x 53 km²). Los pluviómetros se utilizan en estudios y evaluaciones hidrológicas, en el análisis y seguimiento de los resultados de las redes de observación del ciclo hidrológico, en eventos extremos de lluvia y seguimiento de la sequía en coordinación con el Sistema de Defensa Civil, en sistemas de alerta temprana (SAT) y prevención hidrológica (SPH) en cuencas hidrográficas[30].

Aplicación en el Sistema de Control de Combustible en equipos mineros de la empresa productora de níquel “Pedro Sotto Alba”, CUBANÍQUEL. El Controlador ECU-M se conectó en el BUS CAN con la computadora del camión de transportación de mineral, se comunicó con el GPS ENFORA por puerto serie (RS232) y transmitió la información diversas variables como: nivel de combustible, temperatura del motor, presión de aceite, entre otras.

Estos resultados muestran las potencialidades del controlador ECU-M, para aplicarse en la supervisión y monitoreo de varios sistemas conjuntamente con los productos de la “Familia EROS” para la automatización.

Conclusiones parciales

Capítulo 2. Diseño, desarrollo e implementación del controlador ECU-M

Después del análisis y el estudio de la referencia bibliográfica, esto permitió trazar la línea de diseño deseada obteniendo un controlador adecuado que se conecta con los computadores de abordo, logrando, un mejor equipo compacto para el control de las cargas en vehículos y de acuerdo a las necesidades actuales para su futura producción y fabricación.

CONCLUSIONES

Conclusiones generales

- ❖ Se realizó un estudio sobre sistemas de localización automática de vehículos y las variables que lo conforman.
- ❖ Se demostró la necesidad de seguir una guía para el diseño de esquemáticos y PCB, logrando un equipo funcional e inmunes a las interferencias electromagnéticas en vehículos automotores.
- ❖ Se realizó el diseño de los diferentes bloques del controlador, donde se aprovecharon los recursos del PIC18F26k80, obteniéndose un controlador pequeño y compacto.
- ❖ El diseño permitió el monitoreo de los parámetros principales la carga en los vehículos de EMCOMED.

RECOMENDACIONES

1. Expandir el uso del controlador en otros tipos de vehículos, como son, los ómnibus de transportación de pasajeros.
2. Ampliar la gama de posibilidades del equipo de acuerdo a las características técnicas que posee.
3. Se propone que los resultados obtenidos en la presente Tesis de Maestría, constituyan el punto de partida para los diseños y fabricación de nuevos equipos con tecnología nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. A. Martínez, R. E. G. Ruiz, Y. H. Escalona, M. A. G. Fernández, and R. H. García, "FE-AVL sistema automático de localización vehicular," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 6, no. 4, pp. 70-81, 2012.
- [2] C. R. Vázquez Seisedos, E. F. Palacios Meléndez, L. S. Córdova Rivadeneira, and M. Romero Paz, "Dispositivo de adquisición y transmisión de la posición de un vehículo mediante GPS y Wi-Fi," *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, vol. 37, no. 2, pp. 15-27, 2016.
- [3] B. Kodavati, V. Raju, S. S. Rao, A. Prabu, T. A. Rao, and D. Y. Narayana, "GSM and GPS based vehicle location and tracking system," *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, vol. 1, no. 3, pp. 616-625, 2011.
- [4] C. D. Amaya Jaramillo and D. P. Carrera Chicaiza, "Sistema de monitoreo pasivo para vehículos mediante GPS," QUITO/EPN/2010, 2010.
- [5] G. González Suarez, J. Capote Fernández, R. Cruz Iglesias, M. Batule Dominguez, D. Farre Rosales, and L. Fernández Águila, "Movilweb sistema de control de flotas, estado actual y perspectivas," in *Informática Habana 2018. X CONGRESO INTERNACIONAL DE GEOMÁTICA*, 2018.
- [6] Administrador. (2018). *¿Cómo funciona un sistema de rastreo GPS?* [Online]. Available: <https://www.gpsmx.com.mx/rastreo-satelital/funcion-sistema-de-rastreo-gps/>.
- [7] B. R. Tirso Ramon, "Computadores de abordo instalados en Cuba ", Y. G. Ferrera, Ed., ed, 2019.
- [8] (09 noviembre 2019). *Enfora GSM2358* [Online]. Available: <http://gtrmax.com/index.php/11-equipos-de-gps/62-enfora-gsm2358>.
- [9] Omnicomm. *Terminales a bordo/Omnicomm Profi* [Online]. Available: <https://www.omnicomm-world.com/es/fleet-owners/products/terminals/>.
- [10] G. G. Suárez *et al.*, "MovilWeb: Aplicación para el control de flotas basada en PostgreSQL," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 5, no. 1, pp. 1-12, 2011.
- [11] J. Sánchez Carrizo, "GITT. Simulador de una ECU y diagnóstico mediante CAN y OBD-II," 2017.
- [12] K. McCord, *Automotive Diagnostic Systems: Understanding OBD I and OBD II*. CarTech Inc, 2011.
- [13] Y.-j. Wu and J.-G. Chung, "Efficient controller area network data compression for automobile applications," *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 70-78, 2015.
- [14] H. Kopetz, W. Elmenreich, and C. Mack, "A comparison of lin and ttp/a," in *2000 IEEE International Workshop on Factory Communication Systems. Proceedings (Cat. No. 00TH8531)*, 2000: IEEE, pp. 99-107.
- [15] (6 agosto). *Sistema De Rastreo GPS: Importancia, Tipos, Instalación Y Más* [Online]. Available: <https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-rastreo-gps-importancia-tipos-instalacion-y-mas/>.
- [16] S. Morales, C. Pedraza, F. Restrepo-Calle, F. Vega, and V. Bastidas, "Analysis of requirements for secure automated vehicle location devices for public

- transportation systems in Colombia," *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 36, no. 2, pp. 298-326, 2018.
- [17] ISO 7637-2 *Electrical disturbances from conduction and coupling*, 2011.
- [18] D. Eddleman, "Low Quiescent Current Surge Stopper: Robust Automotive Supply Protection for ISO 7637-2 and ISO 16750-2 Compliance," *LT Journal of Analog Innovation*, 2017.
- [19] B. R. Tirso Ramo, "Computadores de abordaje instalados en Cuba ", Y. G. Ferrera, Ed., ed, 2019.
- [20] H. W. Ott, *Electromagnetic compatibility engineering*. John Wiley & Sons, 2011.
- [21] L. F. i Arnau, "Introducción a la compatibilidad electromagnética," *UPC Departament d'Enginyeria Electrònica, Barcelona, Spain*, 2012.
- [22] A. A. Beltran Jr, C. D. Hiwatig, N. J. R. Laguna–Agustin, and M. B. Villanueva, "Teaching Electronic Circuits Using Altium Designer," *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol. 3, no. 10, pp. 1239-1243, 2014.
- [23] D. Acosta Brito, "Desarrollo de prácticas de laboratorio para Electrónica Digital con MultiSim," Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería ..., 2016.
- [24] M. T. Inc., "PIC18F66K80 Family, Data Sheet,"
- [25] P. Wilson, *The circuit designer's companion*. Newnes, 2017.
- [26] N. S. Corporation, "LMZ14201 1A SIMPLE SWITCHER® Power Module with 42V Maximum Input Voltage," 5 junio 2011, Art no. SNVS649D.
- [27] M. T. Inc., *MPLAB ICD 3 USER'S GUIDE FOR MPLAB X IDE: 2012*, 2012.
- [28] E. C. y. D. d. M. (EMCOMED). (2015, 6 septiembre). ¿QUÉ HACEMOS? [Online]. Available: <https://www.emcomed.cu/que%20hacemos.html>.
- [29] D. G. García, "Manejo de excursiones de temperatura en la distribución de productos farmacéuticos termosensibles," *Revista Cubana de Farmacia*, vol. 53, no. 1, 2020.
- [30] F. Gamboa-Romero, A. Gamboa-Moreira, C. A. Pérez-Sánchez, and D. Martínez-Castro, "Variabilidad espacial de la lluvia según las mediciones de cuatro grupos de pluviómetros digitales instalados en Camagüey, Cuba," vol. 13, pp. 124-134, julio-diciembre 2012.

Procedimientos internos, División de automatización, SERCONI

DA-PE-001 (2015)

DA-ME-01 (2015) Manual del Proyecto

DA-IE-007 (2015) Diseño electrónico

G01_DA-IE-007 (2015) Verificación de diseño electrónico".

FT-PE-001 (2015)

Normas Nacionales y Resoluciones

NC-ISO 10006-2007, Directrices para la Gestión de la Calidad de los Proyectos.

NC-ISO 9001. Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos. Promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.

NC-ISO/IEC 17025: "Requisitos generales para la competencia técnica de los laboratorios de calibración y ensayos

Res. 92/107

Res. 53/108

Normas Internacionales

ISO/IEC 25000 – 25010, 25040, 25022, 25023, 25024. Proporciona una guía para el uso de las nuevas series de estándares internacionales.

Requisitos legales y derechos de autor.

Decreto Ley No. 199 sobre la seguridad y protección de la información Oficial.

Resolución No. 21/2002 del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio ambiente sobre el Sistema Nacional de Propiedad Intelectual.

ISO 9000 "Sistemas de Gestión de la Calidad"

Normas IEC 68-2:95 "Ensayos Ambientales" parte: 2-1, 2-2, 2-28, 2-11 y 2-6.

SAE J1587/J1708 y SAE J1939)

SAE J1113-11 (2016)

Norma IEC 65:1995 "Requisitos de Seguridad" epígrafe 5.

ANEXOS

Anexo A. Figuras y tablas complementarias.

Listado de figuras

- Fig. 1. Diseño mecánico. Mueble de ECU-M
- Fig. 2a. Vista de conexión de pistas capa “Bottom Layer”
- Fig. 2b. Vista de conexión de pistas capa “Top Layer”
- Fig. 3a. Vista de planos internos de la capa “VCC”
- Fig. 3b. Vista de planos internos de la capa “Tierra”
- Fig. 4. Vista de la tarjeta de ECU-M”
- Fig. 5. Ensamblaje de ECU-M
- Fig. 6. El producto ECU-M, Ficha Técnica Comercial
- Fig. 7. El producto CaBv3.0, Ficha Técnica Comercial
- Fig. 8a. Mímico del SCADA EROS. Se muestran los flujos de entrada en la Potabilizadora Guaso, variable que se transmite desde el controlador ECU-M hasta la PC.
- Fig. 8b. Equipos utilizados en el en la Potabilizadora Guaso.

Listado de tablas

- Tabla A-1. Listados de requisitos ECU-M. Entrada/salidas
- Tabla A-2. Listado de requisitos ECU-M. Comunicaciones

Anexo B. Informe de Pruebas FAT en China

Anexo C. Pruebas FAT en Cuba

- Tabla C-1. Listado de Pruebas FAT
- Tabla C-1. Listado de Pruebas FAT (continuación)
- Tabla C-2. Recursos hardware para las pruebas FAT
- Tabla C-3. Recursos Software para las pruebas FAT
- Tabla C-4. Protocolo FAT – 001. Oscilador
- Tabla C-5. Protocolo FAT – 002. Entrada digital 0 (DI0)
- Tabla C-6. Protocolo FAT – 003. Entrada digital 1 (DI1)
- Tabla C-7. Protocolo FAT – 004. Salida digital 0 (DO0)
- Tabla C-8. Protocolo FAT – 005. Salida digital 1(DO1)

Tabla C-9. Protocolo FAT – 006. Salida digital 2 (DO2)

Tabla C-10. Protocolo FAT – 007. Salida digital 3 (DO3)

Tabla C-11. Protocolo FAT – 008. Entrada analógica 0 (AI0)

Tabla C-12. Protocolo FAT – 009. Entrada analógica 1 (AI1)

Tabla C-13. Protocolo FAT – 010. Salida analógica 0 (AO0)

Tabla C-14. Protocolo FAT – 011. Salida analógica 1(AO1)

Tabla C-15. Protocolo FAT – 012. RS232

Tabla C-16. Protocolo FAT – 013. RS485

Tabla C-17. Protocolo FAT – 014. BUS CAN

Anexo A. Figuras y tablas complementarias.

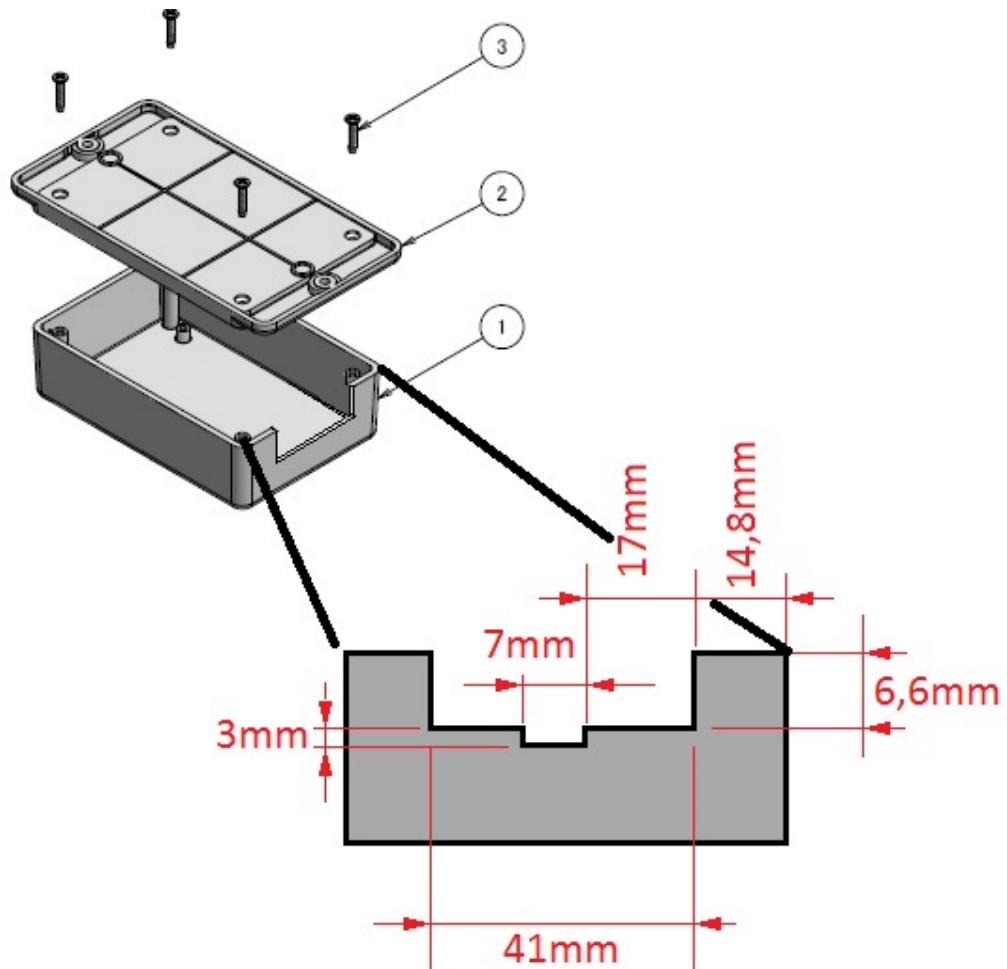


Fig. 1. Diseño mecánico. Mueble de ECU-M

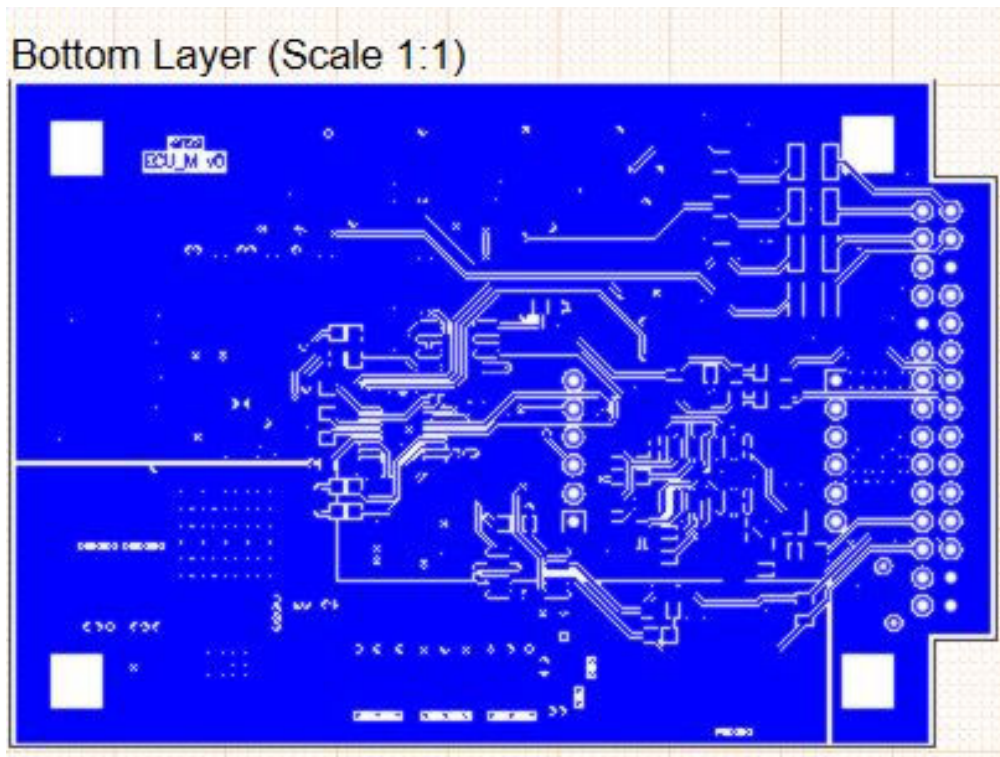


Fig. 2a. Vista de conexión de pistas capa "Bottom Layer"

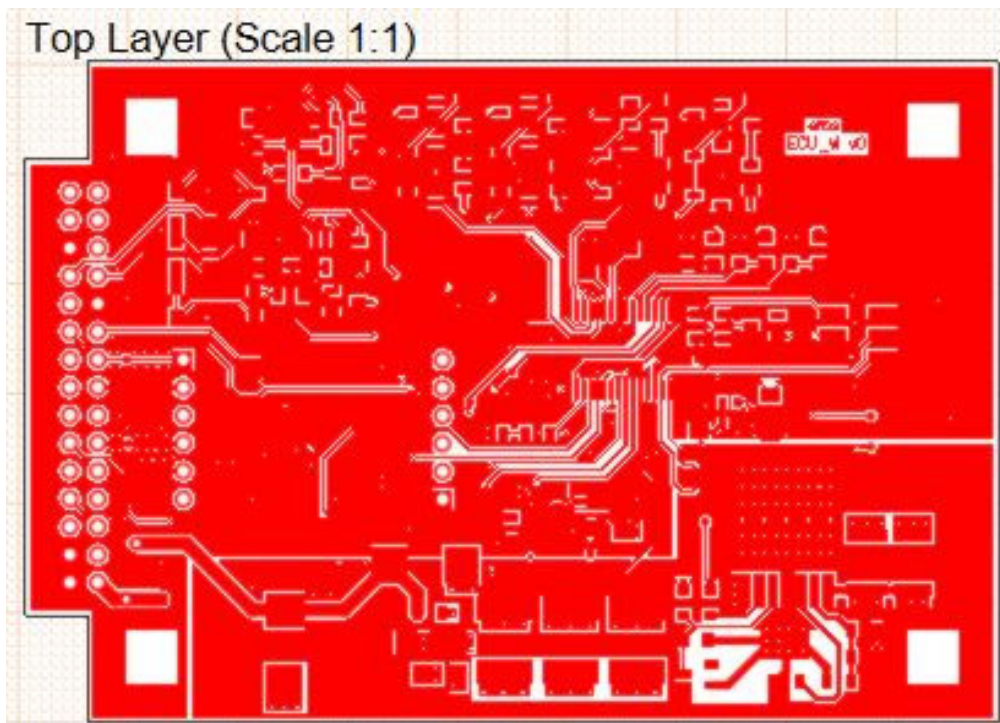


Fig. 2b. Vista de conexión de pistas capa "Top Layer"



Fig. 3a. Vista de planos internos de la capa "VCC"

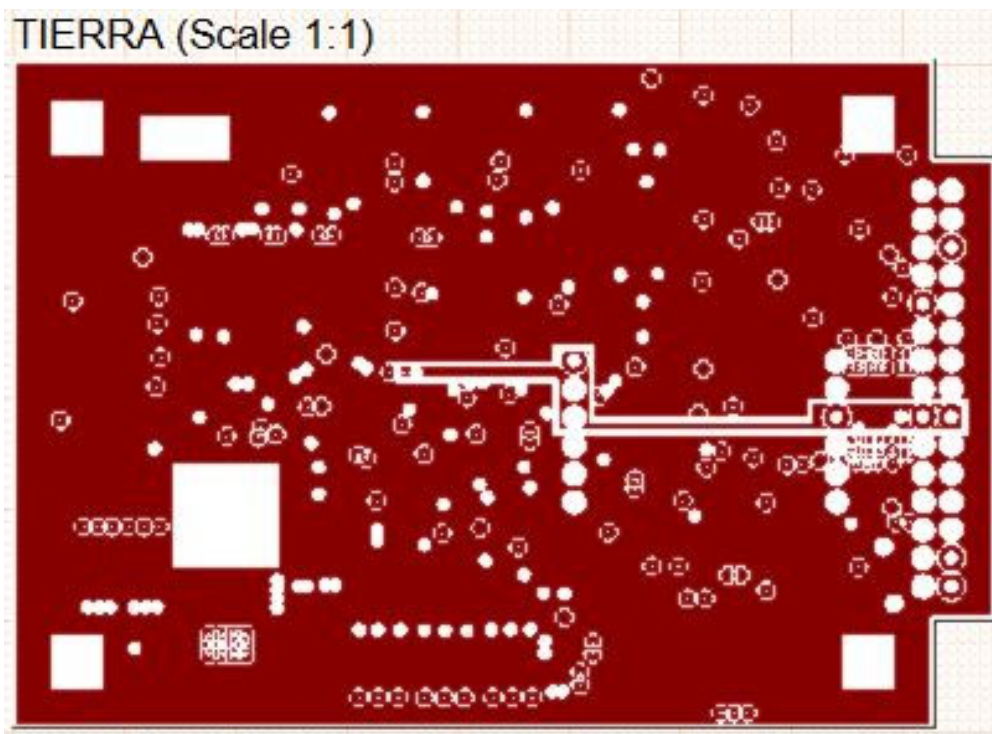


Fig. 3b. Vista de planos internos de la capa "Tierra"

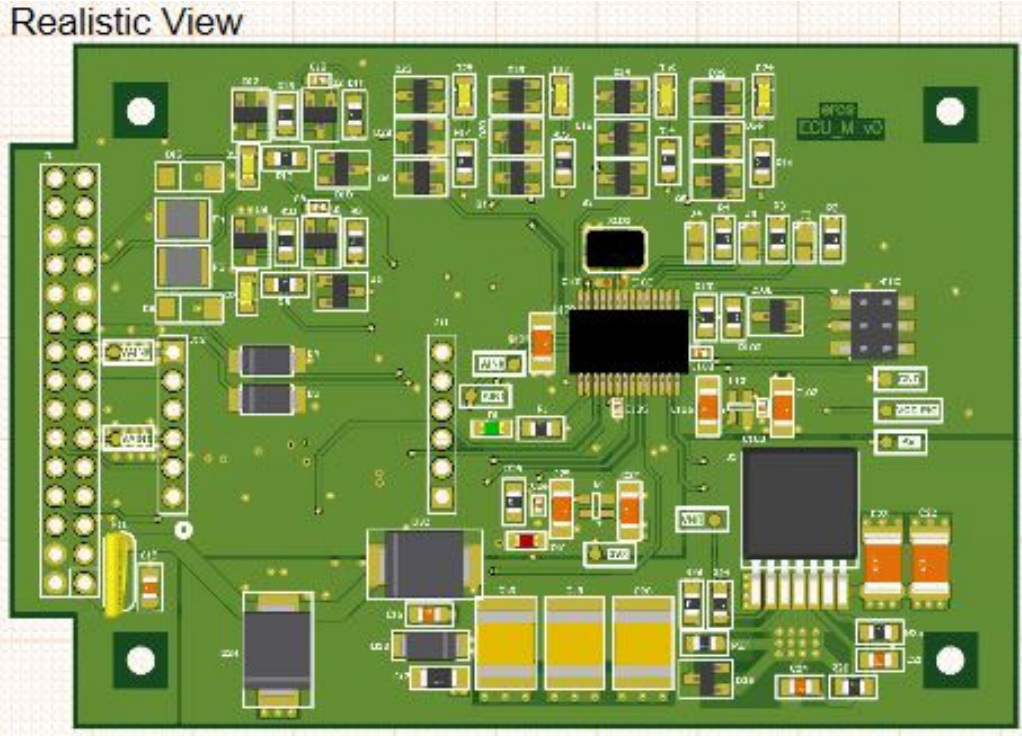


Fig. 4. Vista de la tarjeta de ECU-M”



Fig. 5. Ensamblaje de ECU-M



Computador de a bordo CaB v.3.0

Descripción

El Computador de a bordo, CaB v.3.0, es un equipo para la localización de vehículos cuyo funcionamiento está basado en las redes existentes GSM/GPRS, WiFi y de satélites GPS para localizar y monitorear cualquiera de los vehículos de una flota de forma remota en tiempo real o de forma diferida. CaBv3 emplea una SBC con Sistema Operativo Linux (kernel 3.14.52). Dispone del Software de configuración CaB soporte, SO Androide

Ficha Técnica

<p>Fuente de alimentación</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Voltaje de alimentación: 7.8 – 36 V DC. ▪ Voltaje de salida: 4.75 V 2A ▪ Respaldo: Cargador y conexión automática de la batería interna ▪ Protección: Contra voltaje inverso de alimentación, transitorios de voltaje, transitorios producidos por desconexión de carga inductiva <p>Cargador de batería interno</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Voltaje de entrada: 4.35—16 V DC ▪ Voltaje de salida (regulado): 4.4 V ▪ Corriente de entrada: 2 A Max. ▪ Suministro de energía: Entrega energía a la carga desde la alimentación, la batería interna o ambas. 	<p>SBC i.MX6UL (Core Board)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Voltaje de alimentación: 3.3V - 5.5V ▪ Procesador: Freescale i.MX6 UltraLite applications processor with a 528MHz ARM® Cortex®-A7 core ▪ Memoria: RAM: 512 MB FLASH: 4GB eMMC ▪ Interfaces: 1xUSB Host, 1xUSB OTG, 5xUART(TTL), LCD, GPIO, RTC, Audio, CAN, 1xI2C, 2xEthernet (10/100T) ▪ Sistema Operativo: Linux 3.14.52 ▪ Dimensiones 67mmx47mm
---	--

Módulo GPS ST-91-U7. Fabricante: SATES (HONG KONG) CO., LTD
Módulo GSM/GPRS M26. Fabricante: Quectel Wireless Solutions Co., Ltd, Shanghai, China.
Módulo WiFi ESP8089. Fabricante: ESPRESSIF SYSTEMS
Microcontrolador STM8S003F. Fabricante: STMicroelectronics

Aplicaciones

Está diseñado para el control de flota en general, brindando al usuario la posibilidad de configurar los parámetros principales de modo que se pueda adaptar al escenario particular de la aplicación. Está orientado a dos modos principales de operación conocidos como "Diferido" y "Tiempo Real".

Escribanos para solicitar cualquier información relacionada con nuestros productos y servicios a:
Dirección de Correo Electrónico: cmulet@eros.moa.minbas.cu
Teléfono: (53)-24-516895 , (53)-24-516289 FAX: (53)-24-602248
Dirección : División de Automática – SERCON/ Calle Onix Fener #69, El cinco Nicaro – Mayarí – Holguín
Cuba CP 54320



Fig. 7. El producto CaBv3.0, Ficha Técnica Comercial

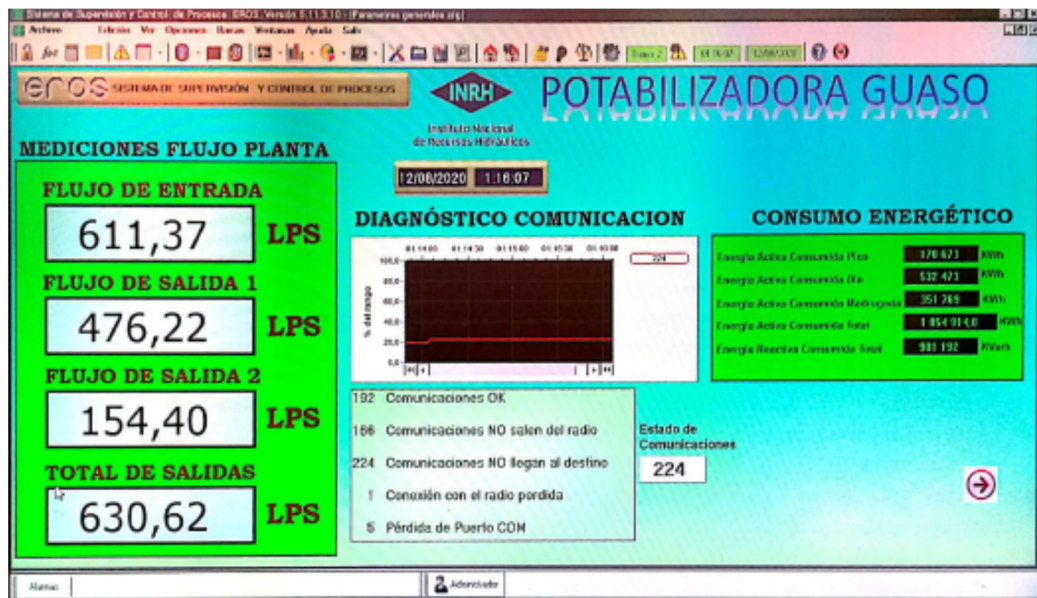


Fig. 8a. Mímico del SCADA EROS. Se muestran los flujos de entrada en la Potabilizadora Guaso, variable que se transmite desde el controlador ECU-M hasta la PC.



Fig. 8b. Equipos utilizados en el en la Potabilizadora Guaso.

Tabla A-1. Requisitos del controlador ECU-M. Entrada/Salida

Tipo	Cant	Magnitud Física		Filtro EMI
		V rango	I (mA)	
Salidas discretas	4	-	-	Diodos
Entradas discretas	2	mV	-	Diodos
Salidas analógicas	2	-	4-20 mA	Diodos
Entradas analógicas	2	5 V	4-20 mA	Diodos

Tabla A-2. Requisitos del controlador ECU-M. Comunicaciones

Puerto (cantidad)	Norma física	Desacoplamiento galvánico	Protocolo	Máster	Esclavo
1	CAN	No	J1939	Si	Si
1	RS-232	No	RS-232	Si	No
1	RS-485	No	RS-485	Si	No

ANEXO B. INFORME DE PRUEBAS FAT en CHINA



Certificate of Acceptance

Complete Partial

Project	PCB-A Service for ECU-M Equipment composed by the following two boards: Board 1 = ECU-M Board 2 = ACOND_SENAL
Customer/Provider	HITEG

Comments/Suggestions: Due to some SERCONI's design mistakes is necessary to take into account the list of instructions annexed to execute assembly of remainder boards. During purchase phase Hiteg cannot locate the main connector J1 and will solve the problem using a functional replacement (including its mate connector).

Customer side: SERCONI

Manufacturer side: HITEG

Full name: Tirso Bello Ramos

Full name: Sven Riemann

Responsibility: Hardware R&D - DA

Responsibility: CEO/CTO

Signature:

Signature:

ANEXO C. PRUEBAS FAT en SERCONI

En este anexo se muestran las Pruebas de Aceptación en Fábrica a las placas de circuito impreso ensambladas con todas las partes electrónicas que la componen, en la fábrica HITEG (Shenzhen-China). Las pruebas se realizaron en la División de Automatización de SERCONI.

Tabla C-1. Listado de Pruebas FAT

Pruebas	Nombre y propósito
FAT - 001	Oscilador El propósito de esta prueba es verificar que el cristal se encuentre en buen estado.
FAT - 002	Entrada digital 0 (DI0) El propósito es verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
FAT - 003	Entrada digital 1 (DI1) El propósito es verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
FAT - 004	Salida digital 0 (DO0) El propósito es verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
FAT - 005	Salida digital 1 (DO1) El propósito es verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
FAT - 006	Salida digital 2 (DO2) El propósito es verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
FAT - 007	Salida digital 3 (DO3). El propósito es verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
FAT - 008	Entrada analógica 0 (AI0) El propósito es verificar el funcionamiento de la entrada analógica 0 (AI0).
FAT - 009	Entrada analógica 1 (AI1) El propósito es verificar el funcionamiento de la entrada analógica 1 (AI1).
FAT - 010	Salida analógica 0 (AO0) El propósito es verificar el funcionamiento de la salida analógica 0 (AO0).
FAT - 011	Salida analógica 1 (AO1) El propósito es verificar el funcionamiento de la salida analógica 1 (AO1).
FAT - 012	RS232 El propósito de esta prueba es verificar que la salida RS232 del ECU-M funciona correctamente en transmisión.

Tabla C-1. Listado de Pruebas FAT (continuación)

Pruebas	Nombre y propósito
FAT – 013	RS485 El propósito es verificar que la salida RS485 del ECU-M funciona correctamente en transmisión.
FAT – 014	BUS CAN El propósito es verificar que la E/S del BUS CAN del ECU-M funciona correctamente en transmisión y recepción.

Tabla C-2. Recursos hardware para las pruebas FAT

Recursos	Cantidad	Nombre y Tipo
<i>Dispositivo bajo Prueba (DUT)</i>		
PCBs ensambladas	50 u	Base ECU-M Equipment
PCBs ensambladas	50 u	Acondicionadora ECU-M Equipment
<i>Materiales para realizar las pruebas</i>		
Osciloscopio Analógico	1 u	Con 2 o más canales
Generador de señal	1 u	Voltajes (0-24V) y corrientes (0-20mA)
Multímetro digital	1 u	Multímetro digital de 4 dígitos y medio
Fuente de alimentación	1 u	Salida de 5 a 24VDC
Regleta de alimentación	1 u	Capacidad para 5 unidades
Set de herramientas básicas	1 u	Destornilladores, pinzas, pela-cables, etc.
Soldador	2 u	25 a 30W
Estaño	1 Rollo	-
Lupa	1 u	-
Cables	-	Recorte de cables en distintos colores
<i>Generales</i>		
Laptop	1 u	Core i7 / 4GB RAM
Adaptadores USB-RS232	1 u	-
Adaptador USB-CAN	1 u	-
Adaptador RS232-RS485	1 u	EROS485
Programador/Debugger PIC	1 u	ICD3 (PIC ICSP/ICSD)
Cables RS485	2 u	Crossover RS485
Cable CAN + Power	1 u	DB9Hembra-Conector6vías
Cable de Programación	2 u	-

Tabla C-3. Recursos Software para las pruebas FAT

Elementos de software	Versión
<i>Software Instalados</i>	
Sistema Operativo Windows	7
MPLAB IDE/MPLABX + Toolchain C18	>=8 / Beta 7.2 o superior
PCAN View	3.2 o superior
Hyperterminal, Putty o minicom	-
<i>Software de Pruebas</i>	
Aplicación de prueba de CPU195V1	Beta
Aplicación de prueba de PIC	Beta

Tabla C-4. Protocolo FAT – 001. Oscilador

Objetivos de la Prueba	Verificar que el cristal se encuentre en buen estado.
Tiempo de duración	5 min.
Documentos Necesarios:	Datasheet del cristal.
Criterios de finalización	Observar en la pantalla del osciloscopio, que la magnitud y la frecuencia de las oscilaciones estén en concordancia con la información del datasheet.
Procedimiento:	
1. Inspección Visual de los siguientes elementos	
a. Cristal	
b. Condensadores asociados.	
c. Situar “Punta de Osciloscopio” en patilla 10 del microcontrolador PIC18F26K80.	

Tabla C-5. Protocolo FAT – 002. Entrada digital 0 (DI0)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
Tiempo de duración	1 h y 30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del equipo ECU-M.
Criterios de finalización	Observar que el led asociado a esta entrada (DI0) indique correctamente el estado del interruptor conectado a esta entrada (DI0).
Procedimiento:	
1. Oprimir y liberar interruptor conectado a la entrada bajo test.	

Tabla C-6. Protocolo FAT – 003. Entrada digital 1 (DI1)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
Tiempo de duración	1 h y 30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del equipo ECU-M.
Criterios de finalización	Observar que el LED asociado a esta entrada (DI1) indique correctamente el estado del interruptor conectado a esta entrada (DI1).
Procedimiento:	
1. Oprimir y liberar interruptor conectado a la entrada bajo test.	

Tabla C-7. Protocolo FAT – 004. Salida digital 0 (DO0)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
Tiempo de duración	1h 30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del equipo ECU-M.
Criterios de finalización	Observar que el led asociado a esta salida (DO0) indique correctamente el estado en que se encuentra la entrada digital 0 (DI0).
Procedimiento:	
1. Oprimir y liberar interruptor conectado a la entrada digital 0 (DI0).	

Tabla C-8. Protocolo FAT – 005. Salida digital 1(DO1)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
Tiempo de duración	1h 30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del equipo ECU-M.
Criterios de finalización	Observar que el led asociado a esta salida (DO1) indique correctamente el estado en que se encuentra la entrada digital 0 (DI0).

Procedimiento:

1. Oprimir y liberar interruptor conectado a la entrada digital 1 (DI1).
-

Tabla C-9. Protocolo FAT – 006. Salida digital 2 (DO2)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
Tiempo de duración	1h 30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del equipo ECU-M.
Criterios de finalización	Observar que el led asociado a esta salida (DO2) indique correctamente el estado en que se encuentra la entrada digital 1 (DI1).

Procedimiento:

1. Oprimir y liberar interruptor conectado a la entrada digital 1 (DI1).
-

Tabla C-10. Protocolo FAT – 007. Salida digital 3 (DO3)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento correcto del circuito diseñado.
Tiempo de duración	1h 30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del equipo ECU-M.
Criterios de finalización	Observar que el led asociado a esta salida (DO3) indique correctamente el estado en que se encuentra la entrada digital 1 (DI1).

Procedimiento:

1. Oprimir y liberar interruptor conectado a la entrada digital 1 (DI1).

Tabla C-11. Protocolo FAT – 008. Entrada analógica 0 (AI0)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento de la entrada analógica 0 (AI0).
Tiempo de duración	2 hrs.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del ECU-M.
Criterios de finalización	Los valores que entrega el convertidor A/D correspondan con los valores que se sitúan a la AI0.

Procedimiento:

1. Conectar el ECU-M con la PC.
 - a. Cable para conexión RS232.
 - b. Software Hyperterminal instalado en la PC.
 - c. Conexión punto a punto.
 - d. Hyperterminal recibía la información enviada por el ECU-M y la presenta en el monitor.
 - e. Se sitúan en la entrada analógica (AI0) los valores:

Entrada al convertidor A/D	Salida del convertidor A/D (Hex)
4 mA 0.408 V	22B – 22D
12 mA 1.224 V	685 – 687
20 mA 2.04 V	ADF – AE1

Tabla C-12. Protocolo FAT – 009. Entrada analógica 1 (AI1)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento de la entrada analógica 1 (AI1).
Tiempo de duración	2 hrs.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del ECU-M.
Criterios de finalización	Los valores que entrega el convertidor A/D correspondan con los valores que se sitúan a la AI1.

Procedimiento:

1. Conectar el ECU-M con la PC.
 - a. Cable para conexión RS232.
 - b. Software Hyperterminal instalado en la PC.
 - c. Conexión punto a punto.
 - d. Hyperterminal recibía la información enviada por el ECU-M y la presenta en el monitor.
 - e. Se sitúan en la entrada analógica (AI1) los valores:

Entrada al convertidor A/D		Salida del convertidor A/D (Hex)
4 mA	0.408 V	22B – 22D
12 mA	1.224 V	685 – 687
20 mA	2.04 V	ADF – AE1

Tabla C-13. Protocolo FAT – 010. Salida analógica 0 (AO0)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento de la salida analógica 0 (AO0).
Tiempo de duración	1h 30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del ECU-M.
Criterios de finalización	El valor a la salida analógica 0 (AO0) corresponda con el valor situado en la (AI0).

Procedimiento:

1. Situar valor de voltaje en la (AI0) y medir el voltaje en la (AO0).

Tabla C-14. Protocolo FAT – 011. Salida analógica 1(AO1)

Objetivos de la Prueba	Verificar el funcionamiento de la salida analógica 1 (AO1).
Tiempo de duración	1h 30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del ECU-M.
Criterios de finalización	El valor a la salida analógica 1 (AO1) corresponda con el valor situado en la (AI1).

Procedimiento:

1. Situar valor de voltaje en la (AI1) y medir el voltaje en la (AO1).

Tabla C-15. Protocolo FAT – 012. RS232

Objetivos de la Prueba	Verificar que la salida RS232 del ECU-M funciona correctamente en transmisión.
Tiempo de duración	30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del ECU-M.
Criterios de finalización	Ver la FAT de la medición de la (AI0 y AI1).

Procedimiento:

1. Conectar el ECU-M con la PC.
 - a. Cable para conexión RS232.
 - b. Software Hyperterminal instalado en la PC.
 - c. Conexión punto a punto.
 - d. Hyperterminal recibía la información enviada por el ECU-M y la presenta en el monitor.
 - e. Se sitúan en la entrada analógica (AI0 y AI1) los valores:

Entrada al convertidor A/D		Salida del convertidor A/D (Hex)
4 mA	0.408 V	22B – 22D
12 mA	1.224 V	685 - 687
20 mA	2.04 V	ADF – AE1

Tabla C-16. Protocolo FAT – 013. RS485

Objetivos de la Prueba	Verificar que la salida RS485 del ECU-M funciona correctamente en transmisión.
Tiempo de duración	30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del ECU-M.
Criterios de finalización	Ver la FAT de la medición de la (AI0 y AI1).

Procedimiento:

1. Conectar el ECU-M con la PC.
 - a. Cable para conexión RS232.
 - b. Software Hyperterminal instalado en la PC.
 - c. Conexión punto a punto.
 - d. Hyperterminal recibía la información enviada por el ECU-M y la presenta en el monitor.
 - e. Se sitúan en la entrada analógica (AI0 y AI1) los valores:

Entrada al convertidor A/D		Salida del convertidor A/D (Hex)
4 mA	0.408 V	22B – 22D
12 mA	1.224 V	685 - 687
20 mA	2.04 V	ADF – AE1

Tabla C-17. Protocolo FAT – 014. BUS CAN

Objetivos de la Prueba	Verificar que la E/S del BUS CAN del ECU-M funciona correctamente en transmisión y recepción.
Tiempo de duración	1h 30 min.
Documentos Necesarios:	Esquema electrónico del ECU-M.
Criterios de finalización	Ver la FAT de la medición de la (AI0, AI1 y DI0, DI1).

Procedimiento:

1. Conectar el BUS CAN del ECU-M con la PC.
 - a. Adaptador USB - BUS CAN.
 - b. Software PCAN View instalado en la PC.
 - c. PCAN View recibía la información enviada por el ECU-M y la presenta en el monitor.
 - d. Al realizarse las FAT de (AI0, AI1, DI0, DI1) se muestran los valores en el PCAN View.