

ÍNDICE MEMORIA

Índice memoria	1
Capítulo 1: Objetivos	2
capítulo 2: Antecedentes	4
1.1. La caja negra en aviación	4
2.1. La caja negra en automoción	7
2.2.1. Vehículos con caja negra incorporada	7
2.2.2. El GPS como medida antirrobo	8
capítulo 3: Ingeniería de concepción	10
3.1. Parámetros de interés	12
3.1.1 Velocidad	12
3.1.2 Aceleración	13
3.1.3 Luces	15
3.1.4 Recorrido pedal de freno	16
3.1.5 Limpiaparabrisas	17
3.1.6 Otros parámetros	17
3.1.7 Módulo GPS	18
3.1.8 Módulo GSM/GPRS	22
3.2 Comunicación RS-232	25
capítulo 4: Ingeniería de desarrollo	27
4.1 Hardware del sistema	28
4.1.2 Luces	29
4.1.2 Limpiaparabrisas	32
4.1.3 Recorrido pedal de freno	33
4.1.4 Temperatura exterior	38
4.1.5 Entrada de uso general (0 a 100mV)	42
4.1.6 Acelerómetro	43
4.1.7 Módulo GPS	46
4.1.8 Módulo GSM/GPRS	46
4.1.9 Método de comunicación	49
4.1.10 Protecciones	50
4.1.11 Componentes utilizados	51
4.1.12 Planos del diseño del proyecto	53

CAPÍTULO 1:

OBJETIVOS

El objetivo fundamental del presente proyecto se centra en el diseño, mejora, implementación y adaptación de una caja negra para un automóvil.

Se ha considerado interesante el hecho de poder adquirir ciertos datos del vehículo para estudiar la conducción en casos de accidente. Igual que en los aviones o autocares (servicios públicos) se integra una caja negra de serie, también creemos oportuno conocer la viabilidad de integrarla en los automóviles, tanto para uso privado como para uso público, como sería el caso de los taxis, pudiendo resolver de esta manera hechos o irregularidades de forma rápida y precisa. Por otra parte, juntamente al concepto básico que entendemos por caja negra, se le añadirían nuevas funciones, tales como la realización de una llamada automática al servicio de emergencia 112 y el envío de las coordenadas del vehículo.

El sistema que se presenta nos permitirá registrar todos los datos que son difíciles de conocer una vez el vehículo ha sido accidentado, para una posterior descarga y estudio en un dispositivo externo. La forma de obtener información del ambiente en el cual se conducía, será memorizando el estado de las luces de cruce y carretera delanteras, luz de freno y activación del limpiaparabrisas. De igual manera se guardarán repetidamente los diferentes valores de aceleración longitudinal y transversal, velocidad y frenado, durante un periodo de tiempo de 2 minutos.

Los datos adquiridos por los sensores y señales del vehículo serán acondicionados y guardados en memoria FLASH del PIC, debidamente protegida contra el impacto, dando la opción a una descarga de los datos a través de USB.

Cuando el sistema detecte por los valores registrados que el automóvil ha tenido un accidente o ha sufrido cualquier alteración grave, realizará una llamada

automática. Ésta podrá anularse manualmente por si el accidentado ha podido controlar la situación y no necesita de servicio alguno.

Cuando se realice dicha llamada, también se enviará al servicio de emergencia 112 la matrícula del automóvil, así como la localización del vehículo obtenida mediante un módulo GPS.

El presente sistema a su vez estará equipado con una serie de indicadores luminosos que nos informarán del estado en el que se encuentra el dispositivo.

Para la realización del proyecto, primeramente se procederá a un estudio de la situación actual del mercado respecto al producto que vamos a diseñar, intentando adaptarnos a la realidad existente y las normativas necesarias a tener en cuenta. Una vez comprobado el estado del mercado, se discutirán y criticarán las diferentes opciones que barajamos en un principio, como el tipo de electrónica que va utilizarse, sensores necesarios para la medición de las señales, periféricos o módulos acoplados, etc.

Posteriormente, conocidos todos los datos previos y la solución adoptada, nos adentraremos en el apartado de ingeniería de desarrollo, tanto de hardware como de software y se empezará a darle cuerpo al proyecto.

Se llevarán a conjunto tanto la realización del informe como la implementación física de la caja negra, asegurándonos siempre con los cálculos y simulaciones antes de abordar la cuestión práctica. Una vez se hayan conseguido los propósitos esperados, será hora de extraer conclusiones y de hacer autocrítica a nuestro propio trabajo.

Así mismo se presentará un estudio económico del proyecto realizado, donde se reflejen las horas dedicadas y los materiales utilizados en la implementación del prototipo, dándole un coste total al proyecto y al producto.

Para acabar de concretar, se incluye un apartado de esquemas y planos del diseño, tanto electrónicos como mecánicos, mostrando las piezas utilizadas en su implementación física.

Finalmente y como último apartado, se dispondrá de los anexos con la documentación extra, necesaria para aportar así todos los datos empleados en la concepción del proyecto.

Así, sin más dilación, de aquí en adelante nos centraremos en ir punto por punto a trabajar en lo especificado en este capítulo para tratar de llegar a los objetivos marcados.

CAPÍTULO 2:

ANTECEDENTES

1.1. La caja negra en aviación

Si hablamos de los antecedentes de lo que conocemos como caja negra, a todos se nos viene a la cabeza la caja negra de un avión. Como era de prever, esa idea es correcta ya que los primeros avances o inventos en este campo fueron en la aviación.

La primera caja negra data de 1956 y fue realizada por el australiano Dr. David Warren tras una serie de fatídicos accidentes con el De Havilland DH106 Comet. El doctor estuvo implicado en las investigaciones sobre los siniestros acaecidos en 1954 y que no habían sobrevivido ningún miembro de la tripulación. Muchos misterios rodeaban los accidentes y se le ocurrió que, con algún tipo de artilugio y grabando algunos datos, sería más fácil resolver los accidentes.

La primera cuestión que se nos viene a la cabeza es el por qué de llevar una caja negra. A esto tenemos una respuesta rápida y es, en efecto, la funcionalidad básica de una caja negra. En caso de accidente, la caja negra ayudará a esclarecer las causas del accidente, así como las posibles soluciones a los problemas destapados por los datos que nos indique. ¿Cómo puede ayudarnos a conocer las causas de un siniestro? La caja negra registra todos los datos del vuelo, así como funcionamiento y anomalías de los sistemas principales del avión y las grabaciones en cabina de los pilotos y ocupantes en ese momento (pues más de un accidente ha sido causado por alguna otra persona en cabina haciendo lo que no debía).

Para todo ello, el sistema está compuesto por una CVR (*Cabin Voice Recorder*), encargada de grabar las voces y de una FDR (*Flight Data Recorder*), encargada de recopilar la información que crearán la llamada caja negra.

La FDR funciona registrando entre 18 a más de 1000 parámetros de vuelo, dependiendo del avión. Estos son tales como velocidad, rumbo, altitud, parámetros del motor, estado del tren de aterrizaje, sistema hidráulico, etc. Para ello emplea un sistema eléctrico que consta de un sistema de plaquetas que detecta automáticamente la configuración del avión y procesan las señales que le llegan de los distintos sensores. La grabación de todo esto se hace de forma digital siguiendo la normativa ARINC para luego poder ser procesado por ordenador. Esta se almacena en una cinta de 118 metros de largo que mediante un motor de poleas graba en ambos sentidos. La FDR imprime la información en la cinta, que gracias al motor va avanzando y retrocediendo; así comprueba la exactitud de los datos grabados. Cuando llega al final, invierte el sentido y sobrescribe la cinta empezando de nuevo por el principio como si de una cinta de cassette se tratase. En total, debe poder almacenar 25 horas seguidas de datos de vuelo.

Ahora, no obstante, en lugar de utilizar una cinta física, utilizan circuitos integrados y chips electrónicos donde se almacena esta información y que son llamados de estado sólido.

La CVR, como ya hemos comentado, registra las conversaciones de los pilotos, así como el sonido ambiente de la cabina y las comunicaciones que se hacen a través de los micrófonos del avión. El ruido ambiente se capta mediante un micrófono situado normalmente en el panel superior (overhead) y entre ambos pilotos. Así pues se pueden captar las conversaciones entre pilotos, el ruido de los motores, señales de aviso ("*warnings*") que pueda dar el avión, así como otros ruidos como la extensión o retracción del tren de aterrizaje y otros ruidos que se puedan dar en cabina. Tan importante es esta información que las grabaciones de la CVR no pueden ser borradas a no ser que el avión esté en tierra, motores apagados y con el freno de estacionamiento puesto. Para grabarlo se utiliza una cinta magnetofónica que graba los 30 últimos minutos de conversación sin interrupción. Lo logra dado que la cinta pasa por tres cabezales: el de borrado para poder sobrescribir los datos, el de grabado y el de reproducción.

Actualmente, los aviones ya no poseen de una cinta magnetofónica y en su lugar utilizan una memoria flash (parecida a la de nuestro "*pen drive*") y que registran 2 horas de grabación en cabina. Suelen ser fabricadas comúnmente de titanio y recubiertas de un aislante especial, las características más importantes son que puede aguantar un impacto durante 6,5 milisegundos de 3600Gs (36000 veces la fuerza de la gravedad, aguanta 2600kg sobre suyo, debe permanecer inerte durante 30 minutos a temperaturas de 1100° y pueden sumergirse hasta 6000 metros de profundidad bajo el agua, aguantando grandes presiones, sin sufrir ningún tipo de daño durante 36 horas. Además, todas ellas llevan un localizador de emergencia que trabaja a 37,5 kHz para su rápida localización y con una batería de 6 años de vida útil.

En un futuro, y según como recomienda la NTSB (National Transportation Safety Board), se añadirán en las cabinas cámaras que guardarán las imágenes para un uso parecido a las CVR y así tener otro punto de vista. Así mismo, se recomendará a las avionetas ligeras que no están obligadas a llevar caja negra a instalar un sistema de grabación de imágenes de cabina que monitoricen los instrumentos de navegación, así como los pilotos, sus voces, ruidos en cabina, etc.

Exteriormente, aunque se le designa como caja negra, es de color naranja. Tiene el nombre de caja negra porque en sus inicios en los años 60 eran de color negro, sin embargo, pronto se vio que no era el mejor color para este tipo de dispositivos ya que dificultaba su localización en caso de accidente y los hacía más vulnerables al calor ya que el color negro absorbe más calor que cualquier otro.



Figura 1. *Caja negra de un avión.*



Figura 2. *Interior de una caja negra de avión.*

Tanto la CVR como la FDR se encuentran en la base de la parte de cola del avión, donde está comprobado que la aceleración en caso de impacto es inferior y, por lo tanto, es más probable que las cajas negras queden en mejor estado.

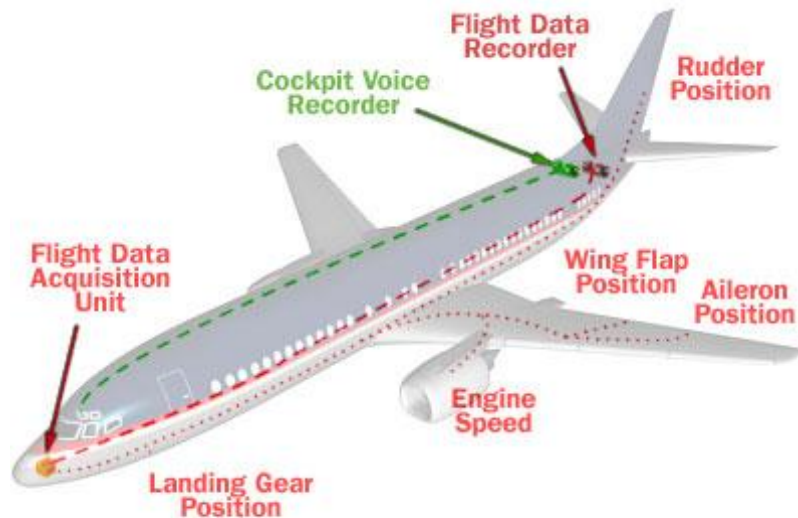


Figura 3. Imagen de la situación de la FDR y CDR en un avión comercial.

2.1. La caja negra en automoción

2.2.1. Vehículos con caja negra incorporada

En la actualidad los vehículos no incorporan un dispositivo similar al que pretendemos realizar aunque es cierto que en los ordenadores a bordo incorporados en la mayoría de los vehículos nuevos ya podemos obtener gran información del estado del coche.

Bien es cierto que, en Estados Unidos, desde hace 9 ó 10 años ya empezaron a incorporar dispositivos similares en los vehículos. Estos dispositivos recibían el nombre de EDR (Event Data Recorder). Estos estaban constituidos por una especie de cinta de 5 segundos de duración donde se grababa continuamente el estado del coche: velocidad, aceleración, frenos, manejo del volante y uso del cinturón de seguridad.

Para el año 2011, la Administración de Seguridad Nacional en el Tráfico por carretera de los Estados Unidos, obligará a que todos los fabricantes incluyan en sus vehículos este dispositivo e informen a sus clientes de su existencia,

demostrando de esta manera la enorme importancia y trascendencia que tendrán estos accesorios en los próximos años.

Por otra parte, para poder minimizar las consecuencias de los accidentes y para poder recibir la ayuda necesaria en el momento preciso y con las menores demoras posibles, se ha determinado que el próximo año, los vehículos que circulen por Inglaterra tengan una "caja negra" similar a la de los aviones.

Cada automóvil tendrá un pequeño dispositivo en su interior, del tamaño de una Palm según se sabe, que en caso de un accidente (depende de la magnitud), llamará automáticamente al 112 (el número de emergencias en Europa). Cuando se produzca un accidente que motive la apertura de los airbag o cuando el impacto sea tan grande, como en el caso de un vuelco, el sistema se acciona solo, sin necesidad de que lo haga alguien desde el auto. De inmediato, una central de emergencias recibirá la ubicación y el tipo de accidente que se ha producido, pudiendo de este modo enviar en el menor tiempo posible la ayuda para los accidentados.

2.2.2. El GPS como medida antirrobo

En la actualidad también se utiliza un sistema GPS como medida antirrobo en los vehículos.

Este sistema puede conectarse a la salida de un sistema de alarma ya existente. Por otra parte, se trata de un dispositivo "personal", en el sentido de que la señal de alarma se envía directamente al teléfono móvil del propietario del vehículo. Claro que para ello ha de disponer de teléfono móvil GSM y tenerlo siempre conectado. Los mensajes de alarma, enviados en forma de SMS (Short Messages System), contienen las coordenadas geográficas que definen la posición del vehículo robado, ya que el sistema incorpora un receptor GPS de gran precisión. Estos mensajes se transmiten automáticamente si el sistema antirrobo entra en funcionamiento y, además, el equipo puede ser "interrogado" desde el teléfono móvil del propietario en cualquier momento para conocer la posición exacta del vehículo.

El sistema puede activar desde la unidad remota dos salidas relé con las que pueden controlarse otras funciones. Por ejemplo: una salida podría cortar la corriente eléctrica al encendido y la otra podrá activar el claxon y las luces de emergencia. Ambas salidas pueden ser activadas en cualquier momento, independientemente de si se ha producido o no la alarma: basta con llamar por el teléfono móvil a la unidad remota (su vehículo) y seguir las instrucciones dictadas por la voz generada por el sistema. En un sistema de alarma tan sofisticado no podía faltar un circuito de síntesis vocal para "recitar" las instrucciones de funcionamiento. Lógicamente, para evitar el acceso de personas ajenas al sistema, se ha protegido con una palabra clave. En resumen: el sistema antirrobo prevé la utilización de un módulo GSM y un receptor GPS, con sus respectivas antenas, y un módulo de síntesis vocal. Dos microcontroladores adecuadamente programados se ocupan de gestionar el funcionamiento de estos elementos. El uso de módulos muy compactos ha permitido conseguir un dispositivo de dimensiones francamente reducidas, muy fácil de instalar en cualquier rincón del coche. Además, para activar el módulo GSM puede utilizarse

cualquier tarjeta SIM de prepago, incluso de valor mínimo: por las características de los mensajes SMS enviados, el consumo telefónico es a cargo del móvil que llama.

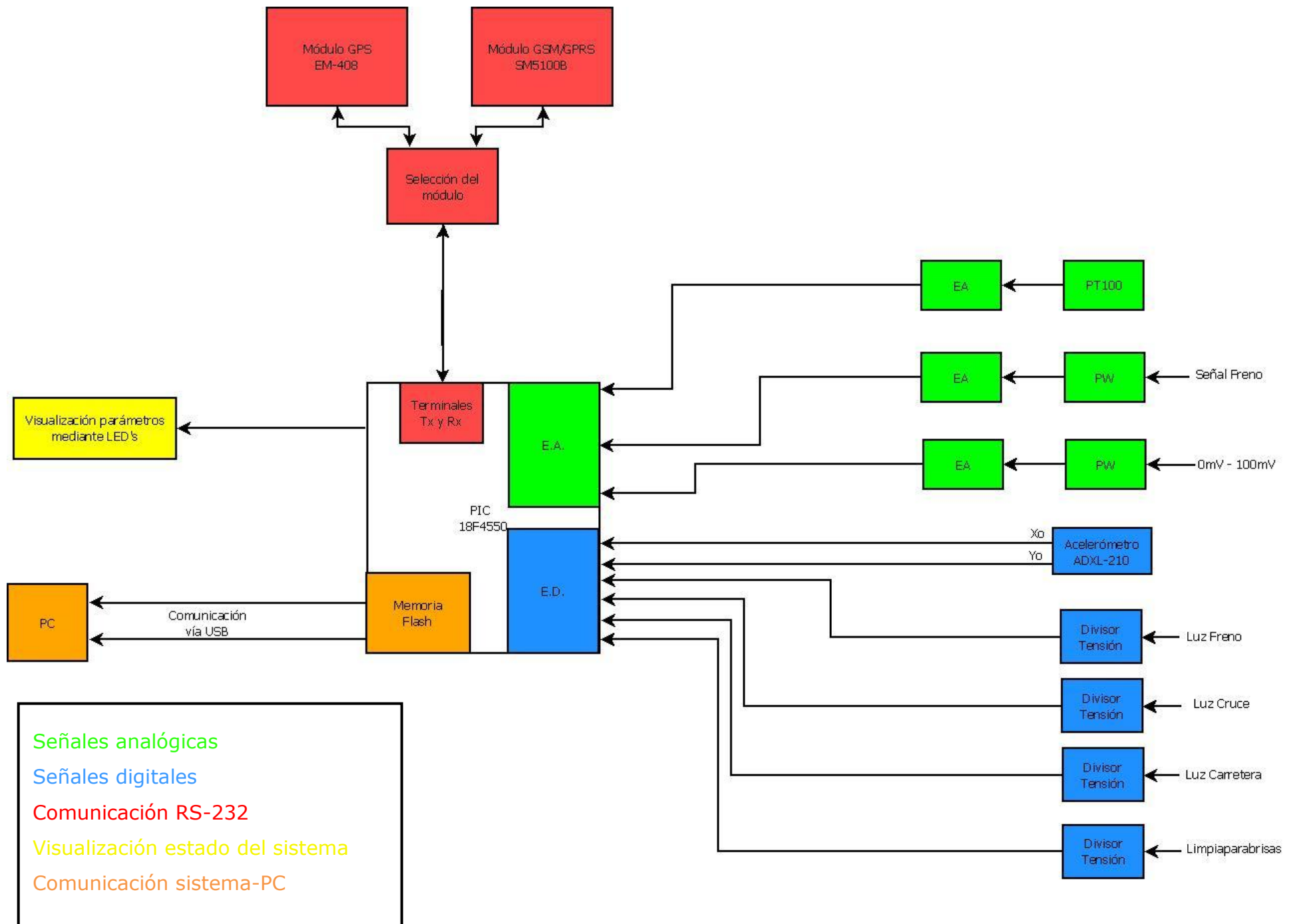
Por otra parte, el servicio GPS es totalmente gratuito. Además, hace pocos meses en Estados Unidos pudieron suprimir el error sistemático que, por razones estratégicas, introducía su constelación de satélites GPS: en las condiciones actuales, la precisión de un dato GPS es la misma que para uso militar, es decir, el error máximo no supera los cinco metros. Un dato de esta calidad permite localizar el vehículo en el acto, sin límite de distancia, siempre que esté en zona de cobertura GSM, lo que lo hace también adecuado para el control de flotas de transporte, de alquiler, etcétera.... Obviamente, este sistema no es exclusivo para coches: puede aplicarse a cualquier otro medio terrestre (camión, caravana) o marino.

CAPÍTULO 3: INGENIERÍA DE CONCEPCIÓN

En el este capítulo se profundiza con más detalle en el objetivo de este sistema, exponiendo y argumentando de qué forma van a realizarse las distintas partes del proyecto.

Como ya se ha explicado, el sistema será capaz de adquirir diferentes parámetros del vehículo, registrándolos durante dos minutos en la memoria FLASH del PIC18F4550. Además de adquirir estos datos, cuando se detecte que el vehículo haya sufrido un accidente o una modificación muy brusca en su trayectoria, el sistema realizará una llamada automáticamente a un servidor especificado previamente a través de un módulo de telefonía GSM/GPRS, y dará el aviso sobre la situación del vehículo por medio de coordenadas GPS.

Para el diseño del sistema se escogerá en todo momento la solución óptima y más favorable, exponiendo distintas opciones de realización. La idea general siempre se ha tenido en mente, al igual que el propósito del proyecto, pero en determinados apartados es necesario estudiar y escoger entre varias alternativas justificando la mejor solución posible al problema. Todas las decisiones tomadas y discutidas para cada uno de los puntos del proyecto se explican a continuación, empezando por la presentación del diagrama de bloques de la estructura del sistema:



3.1. Parámetros de interés

La primera decisión que se tomó para el diseño del sistema fue la elección de los parámetros que se iban a medir durante la conducción. Como ingenieros es una parte que se debe interpretar e imaginar poniéndonos en la piel de los especialistas encargados a la hora de investigar las causas de un accidente.

Cuando se personan las autoridades en el lugar del accidente se pueden determinar una serie de parámetros, si los airbags funcionaron, ya que estos estarían fuera, o si se llevaba el cinturón de seguridad. Por el contrario no se pueden asegurar al 100% muchos de los datos de interés previos y de vital importancia para encontrar las causas de lo sucedido. Por tanto se explicará que datos se van a medir y el porqué se cree que son importantes.

Además de analizar los diferentes parámetros de interés del vehículo a la hora de un accidente también se pretende enviar un mensaje de texto (SMS) al servicio de emergencia 112 con las coordenadas de localización del vehículo. Para esto dispondremos en nuestro dispositivo de un módulo GPS para adquirir dicha localización constantemente y también de un módulo GSM/GPRS para el envío del mensaje de texto.

A continuación vamos a tratar las variables que se van a adquirir de los diferentes sensores que se dispondrán en el vehículo y los módulos comentados.

3.1.1 *Velocidad*

La velocidad es un aspecto muy importante en el estudio de un accidente. Lo primero que se debe pensar es si el conductor lleva una velocidad adecuada a la vía por la que se circula. Sobre todo es importante saber si no se sobrepasa la velocidad máxima en dicha vía. Aún así también es importante saber la velocidad del vehículo porque quizás en el momento del accidente no sobrepasaba la velocidad máxima de la vía pero puede que las condiciones de la calzada no fueran óptimas por mala visibilidad, lluvia, nieve, arena o gravilla, etc., cosa que puede hacer perder el control del vehículo y desembocando en un accidente.

Para el caso práctico de tomar la velocidad tenemos dos opciones. La podríamos medir mediante el uso de un sensor de velocidad o bien obtenerla del módulo GPS.

En el caso de querer obtenerla a partir de un sensor de velocidad similar al de los vehículos es complicado ya que estos van en las ruedas y por tanto sería complicado realizarlo en nuestro prototipo. Una muestra de estos sensores es la siguiente.



Figura 4. *Sensores de velocidad para vehículos de la empresa ATE.*

Estos sensores se utilizan hoy en día para enviar información a diferentes dispositivos del coche, como por ejemplo a la unidad ASR (Automatic Stability Control), ABS (Antilock Brake System), ESP (Extrasensory Perception) y EDS (Electronic Data System). Por tanto no sólo se encargan de informar de la velocidad del vehículo sino que también envían información a diferentes unidades para evitar que las ruedas patinen y proporciona un comportamiento estable del vehículo en la carretera.

Por tanto para nuestro prototipo obtendremos la velocidad del módulo GPS y la trataremos más tarde en el PIC debidamente por software.

3.1.2 Velocidad

La aceleración, al igual que la velocidad, es un aspecto muy importante a la hora de estudiar las causas de un accidente. La aceleración la podremos obtener con signo positivo o negativo. Con signo positivo nos indica que el conductor está acelerando y con signo negativo todo lo contrario, el conductor está frenando el vehículo. Utilizando la lógica, un conductor en una situación peligrosa o que se prevea la pérdida de control del vehículo debería frenar pero en la práctica pueden darse varios factores por los cuales el conductor no sea capaz de reaccionar debidamente en el momento de tener un accidente. Esto puede ser por despiste, por conducir en estado de embriaguez, conducir fatigado y dormirse, etc.

Además debemos tener en cuenta dos tipos de aceleración, la longitudinal y la transversal. La aceleración longitudinal es de la que obtendremos si el conductor acelera o frena el vehículo pero también debemos tener en cuenta que la aceleración o desaceleración se puede producir en una curva y, por tanto, esta no será longitudinal, es decir, tendremos la aceleración dividida en dos componentes: en el eje x y en el eje y . Para este caso es para el que necesitamos calcular también la aceleración transversal. También la debemos tener en cuenta para los cambios bruscos de sentido y observar si el conductor, a causa de algún imprevisto dio un giro de volante brusco y con lo cual tendríamos una aceleración transversal muy brusca en un tiempo muy corto.

Para hacer una descripción física de la aceleración entenderemos como aceleración longitudinal la aceleración normal y como aceleración transversal la aceleración tangencial.

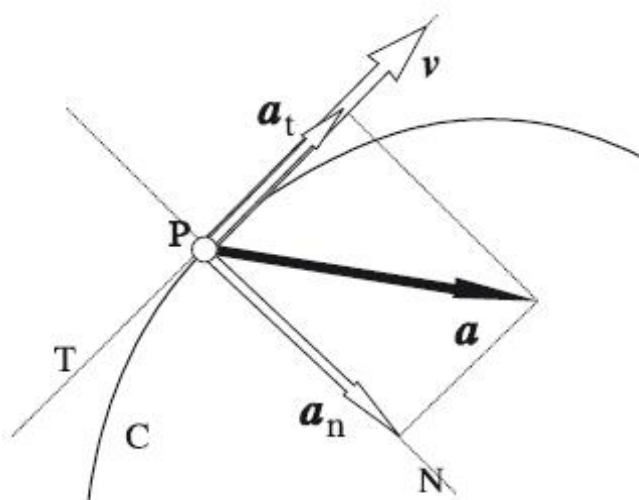


Figura 5. Componentes de la aceleración.

Entendemos como v el vector velocidad, el cual es tangente a la trayectoria, el vector a (aceleración) puede descomponerse por tanto en las dos componentes intrínsecas que ya se han comentado (a_t como aceleración tangencial y a_n como aceleración normal o también centrípeta).

Cada una de estas dos componentes de la aceleración tiene un significado físico bien definido. Cuando una partícula se mueve, su aceleración puede cambiar y este cambio lo mide la aceleración tangencial pero, si la trayectoria es curva también cambia la dirección de la velocidad y este cambio lo mide la aceleración normal.

Por tanto, quedan definidas así las dos aceleraciones que debemos tener en cuenta y así utilizar un acelerómetro que nos permita la medición de ambas aceleraciones.

De entre una gama variada de acelerómetros hemos escogido el ADXL210 de la empresa Analog Devices. La razón por la que lo escogemos es porque nos permite medir las dos aceleraciones ya comentadas y nos las ofrece de forma digital cosa que nos facilita trabajar con ellas en el PIC, es un acelerómetro económico y nos permite emular el funcionamiento de un acelerómetro de un vehículo.

3.1.3 Luces

Cuando pensamos en los sistemas que ofrecen una seguridad activa a nuestros vehículos nos vienen a la cabeza términos como el ABS (Antilock Brake System), el TCS (Traction Control System) o el ASR (Automatic Stability Control). Todos ellos sofisticados sistemas electrónicos que permiten controlar nuestro vehículo en caso de darse una situación desfavorable. Sin embargo pasamos por alto otros elementos de elevada contribución para la seguridad en la conducción como es la iluminación del coche.

Para poder conducir correctamente es imprescindible tener una buena visión del estado de las vías por las que circulamos y un contraste de nuestro vehículo con el entorno, de forma que podamos señalar correctamente nuestra posición, siendo indispensable algo tan evidente como el sistema de alumbrado que incorporan los vehículos, permitiéndonos “ver mejor” y que “nos vean mejor”.

Sin embargo sorprende la gran cantidad de vehículos que circulan tanto por carretera como por ciudades con una iluminación inadecuada según las leyes de tráfico establecidas. Parece evidente que nadie desea arriesgar su vida por un insignificante ahorro de energía sino que es de suponer que todos aquellos conductores que circulan sin alumbrado o con una iluminación inapropiada lo hacen porque consideran que ya es suficiente con la luz ambiental. Por otro lado casi uno de cada cuatro fallos detectados en la ITV afecta al alumbrado, poniendo en peligro la vida de los ocupantes del vehículo y la de los usuarios de la misma vía.

A 90 Km /h un coche recorre unos 25 metros por segundo, de manera que si el conductor ve un obstáculo con solo medio segundo de retraso habrá perdido más de 10 metros. De esta forma y por los peligros que conllevaría una mala utilización del sistema de iluminación en un vehículo se ha considerado que es imprescindible estudiar si el conductor hizo un correcto uso del alumbrado o si este se encontraba en buen estado.

Por lo tanto se registrará la señal de las luces de corto alcance o de cruce delanteras, las luces largas o de carretera y la luz del piloto de freno situada en la parte trasera del vehículo.

Esta serie de parámetros se consideran de gran importancia para el estudio de las posibles causas de un accidente, ya que a más a más nos indicarán si en el momento del impacto el vehículo circulaba por un túnel, era de noche o las condiciones climatológicas eran adversas.

Así como la finalidad de conocer el estado de las luces de cruce y largas es algo obvio, la necesidad de registrar la luz de freno, estudiándose ya de por si el recorrido del pedal de este, es algo que puede parecer más insignificante. De todas formas se ha considerado que la luz de freno también es un dato importante ya que esta bombilla podría estar fundida y no funcionar correctamente en el momento del accidente lo cual podría confundir a los conductores que circularan detrás del vehículo y ser la causa de un posible impacto. Un conductor puede circular de forma totalmente correcta sin perjudicar a nadie y a una velocidad adecuada a las condiciones de la vía, pero si por cualquier causa frena y no funcionasen las luces de freno, el vehículo que circule

Inmediatamente después a éste no vería la acción de frenado, aumentando así la posibilidad de colisión entre ambos.

Una vez detallada la necesidad de registrar estos parámetros se estudiarán los diversos sistemas para su adquisición, escogiendo siempre la opción más efectiva para el proyecto a diseñar.

En primera opción se ideó un circuito capaz de detectar la luminosidad que ofrecían las luces a partir de la colocación de LDR (Light Dependent Resistor), permitiéndonos conocer no solo si las lámparas se encontraban encendidas o apagadas sino si funcionaban correctamente. El sistema se basaría en la colocación de dos LDR, una para detectar el estado del faro de cruce y carretera derecho y otra para el lado izquierdo, juntamente con una etapa comparadora que nos permitiría saber qué tipo de luz se ha activado, según la consigna de tensión producida por el foco de cruce en encendido.

Finalmente se desestimó debido a la necesidad de incluir más dispositivos externos y a la sencillez que comportaría detectar el estado de las luces a través de la señal de tensión que se les envía para su activación.

En los vehículos antiguos la activación de las luces se realizaba a través de relés, pero hoy en día los coches actuales integran sofisticadas centralitas de control desde donde se envían las señales en formato digital para la activación y seguimiento de todos los dispositivos del vehículo. De forma que nuestro proyecto pueda ser aplicable a cualquier modelo y marca requerida se ha estudiado obtener la señal de medida de las luces del cable de tensión dc 12V que las alimenta, siendo un valor estándar y normalizado.

De forma que se tomará una señal para el par de luces de cruce, par de luces largas y luz trasera de frenado. Estas señales se reconocerán a la entrada del PIC como valores digitales, evitándonos la innecesaria conversión A/D debido a que únicamente se consideraran los estados de encendido o apagado.

3.1.4 Recorrido pedal de freno

Otro parámetro que se ha creído oportuno tomar es la medida del recorrido del pedal del freno, ya que aunque podamos saber si el coche está frenando o no por la señal obtenida de la luz del freno o por la señal que nos ofrece el acelerómetro también debemos saber si el conductor estaba pisando dicho pedal.

Parece lógico que si estamos presionando el freno obtengamos una aceleración negativa o desaceleración y lo mismo a la inversa. Pero puede que nos encontremos con un fallo del vehículo o unas malas condiciones en la vía, es decir, el conductor puede estar pisando el pedal de freno hasta el final de su recorrido, encendiéndose el piloto correspondiente y no estar disminuyendo la velocidad del vehículo, con lo cual el posible accidente no hubiese sido causa del conductor por frenar demasiado tarde sino por temas ajenos a este, un dato a saber que incluso sería beneficiario para la credibilidad de la persona al volante.

Una vez determinada la necesidad del registro de este parámetro se estudiaron distintas alternativas para la medición del recorrido del pedal de freno. La

primera fue utilizando un dispositivo emisor-receptor Infrarrojo como por ejemplo los ofertados por la marca SHARP. Este se colocaría en la base del pedal con lo cual se recibiría una tensión proporcional a la distancia al tope del freno, que variaría con el recorrido del pedal.

La segunda opción fue instalar galgas extensiométricas semiconductoras sobre el pedal, en configuración a medio puente (dos galgas en caras opuestas) para determinar el esfuerzo transversal de presión ejercido por el conductor sobre el pedal.

Ambas opciones fueron descartadas por razones similares, una fue el hecho de obtener valores mínimos de tensión en la salida de los sensores, pudiendo ser afectados por interferencias radiadas, introduciendo de esta manera errores en la medida. Otra razón fue la probabilidad de que los dispositivos se vieses afectados por factores externos, golpes, desplazamientos, debido a su situación en una zona transitada.

Finalmente se determinó que la mejor opción por su sencillez, robustez y precisión, fue colocar en la barra de transmisión de freno que se conecta con el pedal, un potenciómetro mecánico que se moviese a través de una barra dentada conforme se presionaba el freno. Este sistema permite una medida lineal sin posibilidad de ser afectado por EMI o factores humanos, debido a su localización en la parte inferior del capó. Además cabe destacar su reducido coste y sencillo circuito de acondicionamiento.

3.1.5 Limpiaparabrisas

La adquisición del estado del limpiaparabrisas delantero se considera como un factor importante, juntamente con la luces, para la determinación del estado del ambiente, indicándonos a su activación que se estaba realizando una conducción bajolos los efectos de la lluvia. La frecuencia de trabajo de este dispositivo varía en función de la densidad de agua que cae sobre el cristal, pudiéndose regular de forma manual (conductor) o de forma automática, a través de la detección del nivel de lluvia con un sensor infrarrojo colocado en el vidrio, tal y como incorporan los vehículos más actuales.

En nuestro sistema se registrará únicamente una velocidad de funcionamiento, obteniendo la señal a la salida del motor del limpiaparabrisas, de valor 12V dc y potencia determinada por la frecuencia de trabajo de éste.

3.1.6 Otros parámetros

Teniendo en cuenta todos estos parámetros que se estudiarán del coche también podemos pensar que en algún momento futuro se añada a los vehículos nuevos sensores o dispositivos los cuales podría ser interesantes tener en cuenta para mejorar así también las posibilidades de nuestro proyecto. Por tanto, dejaremos una entrada analógica al aire en la que se podrán medir variables de 0 mV a 100 mV y ptra para medida de temperatura. Se hace así ya que para una entrada analógica debemos introducir en el sistema una electrónica de acondicionamiento de la señal, en cambio, ante una entrada digital se conecta directamente a una entrada de uno de los puertos del PIC para procesarla debidamente una vez allí.

3.1.7 Módulo GPS

El GPS o sistema de posicionamiento Global (Global Positioning System) es un sofisticado sistema de orientación y navegación, cuyo funcionamiento está basado en la recepción y procesamiento de las informaciones emitidas por una constelación de 24 satélites conocida como NAVSTAR, orbitando a diferentes alturas a unos 20.000 Km. por encima de la superficie terrestre.

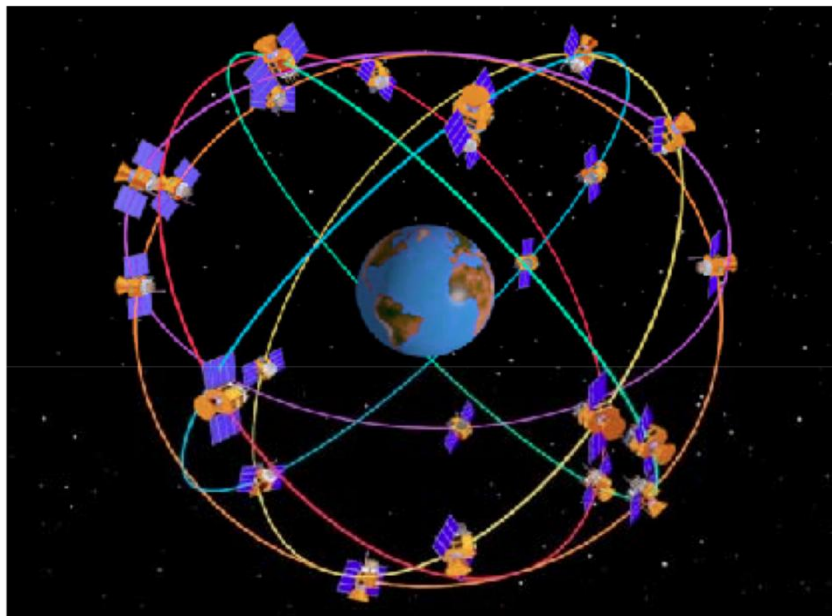


Figura 6. Red de satélites alrededor del planeta Tierra.

Cada satélite da dos vueltas diarias al planeta, una cada doce horas. Las trayectorias y la velocidad orbital han sido calculadas para que formen una especie de red alrededor de la Tierra (debe haber, en todo momento, cinco satélites a la vista en cualquier zona), de manera que un receptor GPS a cualquier hora del día o de la noche y en cualquier lugar, con independencia de las condiciones meteorológicas, pueda facilitar la posición que ocupa al captar y procesar las señales emitidas por un mínimo de tres satélites.

El GPS fue desarrollado por el departamento de defensa de USA con fines militares. Después se extendió su uso a aplicaciones civiles.

Cada satélite transmite series de datos en dos códigos diferentes. Uno de los códigos, el código P, está reservado para su utilización militar, el otro código, llamado SPS, está destinado para uso civil. Cada código tiene una frecuencia de emisión diferente. El código P se emite en la frecuencia de 1227.6 MHz mientras que para el código SPS se utiliza una frecuencia de 1575.42 MHz.

La estación central del sistema GPS, situada en Estados Unidos, degrada la precisión de las señales civiles (por medio de una pequeña diferencia en el tiempo de emisión/recepción) de forma que ofrezca un pequeño error. Esta degradación de la señal es conocida como disponibilidad selectiva (SA). Esta diferencia en las coordenadas de posición para usos civiles, es debida a motivos de seguridad, no hay que olvidar que algunos sistemas de dirección de misiles utilizan el sistema GPS como guía.

Para el cálculo de la posición GPS de un vehículo se siguen varios pasos, los cuales describimos en los siguientes apartados:

Capítulo 1: Paso 1: Los satélites son puntos de referencia.

Sus posiciones en el espacio se conocen con toda precisión, constituyendo la base de todos los cálculos GPS.

Capítulo 2: Paso 2: El tiempo de viaje de la señal da la distancia.

Mediante una serie de mensajes codificados, un receptor en tierra determina el momento en que la marca de tiempo partió del satélite, así como el momento de llegada a su antena. La diferencia es el tiempo de viaje de cada señal. La distancia es el producto del tiempo por la velocidad de la luz. En este proceso es donde se encuentran los errores.

Capítulo 3: Paso 3: Tres distancias fijan la posición.

Se supone un receptor a 23000 Km de un satélite. Esta medición restringe el lugar del universo en que puede encontrarse el receptor. Indica que ha de estar en algún lugar de una superficie esférica imaginaria, centrada en ese satélite y con un radio de 23000 Km.

Si por ejemplo el receptor se encuentra a 26000 Km de un segundo satélite, eso restringe aún más el lugar, a la intersección entre dos esferas, que es una circunferencia.

Una tercera medición, añade otra esfera, que intercepta el círculo determinado por las otras dos. La intersección ocurre en dos puntos, y así con tres mediciones, el receptor restringe su posición a sólo dos puntos en todo el universo.

Una cuarta medición seleccionaría uno de estos dos puntos, pero no es necesario, pues de los dos puntos del paso anterior, uno está a miles de Km. de la Tierra, por lo que no tiene sentido.

Aunque a veces es realizada esta cuarta medición, para proporcionar una forma de asegurar que el reloj del receptor está sincronizado con la hora universal.

Es una forma de hacer más preciso al GPS. El DGPS proporciona mediciones de hasta un par de metros, como por ejemplo en aplicaciones móviles, e incluso mejores en sistemas estacionarios.

GPS diferencial

El DGPS opera mediante la cancelación de la mayoría de los errores naturales y los causados por el hombre, que se infiltran en las mediciones normales con el GPS. Las imprecisiones provienen de diversas fuentes, como los relojes de los satélites, órbitas imperfectas y, especialmente, del viaje de la señal a través de la atmósfera terrestre. Dado que son variables es difícil predecir cuales actúan en cada momento. Lo que se necesita es una forma de corregir los errores reales conforme se producen. Aquí es donde entra el segundo receptor, el cual se sitúa en un lugar cuya posición se conozca exactamente. Calcula su posición a través de los datos de los satélites y luego compara la respuesta con su posición conocida. La diferencia es el error de la señal GPS.

No es posible calcular el error en un momento y que valga para mediciones sucesivas, ya que los receptores de los satélites cambian continuamente. Para

realizar esta tarea es necesario tener dos receptores operando simultáneamente. El de referencia permanece en su estación y supervisa continuamente los errores a fin de que el segundo receptor (el itinerante) pueda aplicar las correcciones a sus mediciones, bien sea en tiempo real o en algún momento futuro.

Errores en la señal

Los errores en la señal recibida se pueden dar por dos casos:

- Errores en los satélites:

Los satélites llevan relojes atómicos muy precisos, pero no perfectos. La posición de los satélites en el espacio es también importante, estos se ubican en órbitas altas, por lo que están relativamente libres de los efectos perturbadores de la capa superior de la atmósfera terrestre, pero aún así se desvían ligeramente de las órbitas predichas.

- Errores causados por la atmósfera:

La información se transmite por señales de radio y esto constituye otra fuente de error. La física indica que las señales de radio viajan a la velocidad de la luz, que es constante, pero eso sólo es en el vacío. Las ondas de radio disminuyen su velocidad en función del medio en que se propagan. Así pues, conforme una señal GPS pasa a través de las partículas cargadas de la ionosfera y luego a través del vapor de agua de la troposfera, se retrasa un poco, lo cual implica un valor erróneo de la distancia del satélite.

- Errores multisenda:

Cuando la señal GPS llega a la Tierra se puede reflejar en obstrucciones locales antes de llegar al receptor. La señal llega a la antena por múltiples sendas, primero la antena recibe la señal directa y algo más tarde llegan las desplazadas, produciendo ruido. Un ejemplo es en el caso de la TV cuando se ven imágenes múltiples solapadas.

- Errores del receptor:

Los receptores tampoco son perfectos y pueden introducir sus propios errores, que surgen de sus relojes o de ruido interno.

Teniendo en cuenta estos datos se ha buscado módulos GPS ya diseñados para utilizarlos en este proyecto. Comprobando varios fabricantes hemos escogido el EM-408 fabricado por USGlobalSAT y que nos proporciona sparkfun (<http://www.sparkfun.com>).



Figura 7. Módulo GPS EM-408.

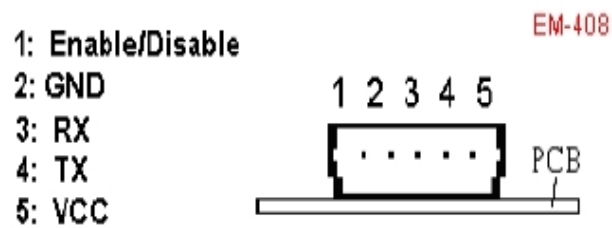


Figura 8. Conexiones del módulo GPS EM-408.

Para utilizar este módulo además necesitamos una placa adaptada para éste y preparada para poder realizar las conexiones necesarias con los medios físicos utilizados generalmente en comunicaciones industriales de este tipo.

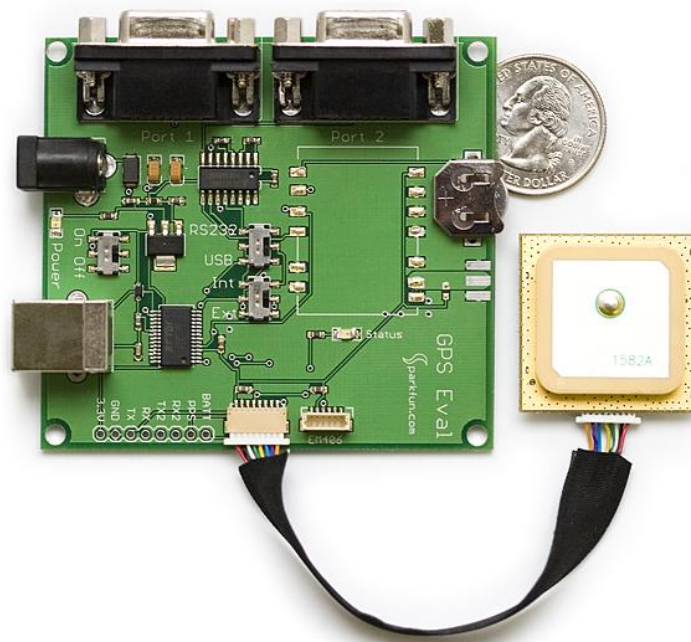


Figura 9. Placa de pruebas conectada al módulo GPS EM-408.

Como se puede ver en las imágenes anteriores es un dispositivo con una conexión fácil al PIC. Utiliza dos terminales para la recepción y el envío de datos (Rx y Tx respectivamente), lo cual nos indica que la comunicación es serie y asíncrona mediante el protocolo RS-232.

Además de estos dos terminales para la comunicación también debemos tener en cuenta 3 terminales más: uno para la alimentación del módulo (Vcc), otro para la puesta a masa (GND) y, finalmente, uno para habilitar o deshabilitar el módulo (Enable/Disable). Éste último siempre estará en la posición de Enable ('1' lógico) cuando se ponga en marcha el equipo para que pueda enviar y recibir información ininterrumpida.

El mensaje de posición que envíe es en NMEA, un tipo de lenguaje utilizado comúnmente por los GPS y, lógicamente, es compatible con el protocolo de comunicación RS-232. Concretamente el NMEA es una especificación eléctrica combinada con datos para la comunicación entre dispositivos, como por ejemplo, además del GPS, sonar marino, pilotos automáticos, anemómetros, etc.

Para la comunicación serie utiliza un bit de inicio (START), 8 bits de datos (DATA), un bit de fin (STOP) y no utiliza bit de paridad (PARITY). Generalmente estos dispositivos tienen una velocidad de 4800bps pero a este módulo en concreto se le puede establecer la velocidad por software y escogemos 9600bps para que sea igual a la del resto de dispositivos.

Más adelante, en el capítulo correspondiente al software del equipo, hablaremos de cómo entendemos el mensaje NMEA que recibimos en el PIC y que proviene del módulo GPS y de cómo lo traducimos a coordenadas.

3.1.8 Módulo GSM/GPRS

Este módulo es necesario para la comunicación entre el dispositivo instalado en el vehículo y el servicio de emergencia 112 para conseguir una asistencia más rápida y, además, conseguir la localización del vehículo de forma exacta ya que puede darse el caso que el conductor, saliendo ileso de un accidente, realiza la llamada a los servicios de emergencia y no sabe el nombre de la carretera por la que circula o el kilómetro en el que se encuentra.

La telefonía móvil está formada básicamente por dos grandes partes: una red de comunicaciones y los terminales que permiten el acceso a dicha red. La red de telefonía móvil o celular consiste en un sistema telefónico en el que mediante la combinación de una red de estaciones transmisoras-receptoras de radio (estaciones base) y una comunicación entre terminales telefónicos. El empleo de la palabra celular referido a la telefonía móvil deriva del hecho que las estaciones base, que enlazan vía radio los teléfonos con los controladores de estaciones base, están dispuestas en forma de una malla, formando células o celdas. Así, cada estación base está situado en un nudo de estas células y tiene asignado un grupo de frecuencias de transmisión y recepción propio. Como el número de frecuencias es limitado, con esta disposición es posible reutilizar las mismas frecuencias en otras células, siempre que no sean adyacentes, para evitar interferencias entre ellas.

Básicamente existen dos tipos de redes de telefonía móvil:

- Red de Telefonía Móvil Analógica (TMA) que, como su propio nombre indica, en esta red la comunicación se realiza mediante señales vocales analógicas tanto en el tramo radioeléctrico como en el terrestre. En su primera versión funcionó en la banda radioeléctrica de los 450MHz, trabajando posteriormente en la banda de los 900MHz. En España la red de telefonía móvil analógica fue retirada de servicio a partir del 31 de diciembre de 2003.
- Red de Telefonía Móvil Digital (TMD). Es esta red la comunicación se realiza mediante señales digitales, lo que permite optimizar tanto el aprovechamiento de las bandas de radiofrecuencia como la calidad de transmisión. Su exponente más significativo en el ámbito público es el estándar GSM y su tercera generación, UMTS. Funciona en las bandas de 850/900 MHz y 1800/1900 MHz.

Existe otro estándar digital presente en América y Asia, denominado CDMA. En el ámbito privado y de servicios de emergencia como policía, bomberos y servicios de ambulancias se utilizan los estándares Tetrapol y TERrestrial Trunked Radio (TETRA) en diferentes bandas de frecuencia.

Las siglas GSM corresponden a Global System for Mobile communications (Sistema Global de comunicaciones Móviles). Es una norma estándar mundial y el sistema de comunicación móviles más avanzado actualmente. GSM da una alta calidad en las comunicaciones de voz comparable a las realizadas a través de líneas fijas. Los terminales que cuentan con esta tecnología utilizan la tarjeta SIM la cual contiene un microchip que almacena toda la información del usuario.

Las siglas GPRS corresponden a General Packet Radio Service (Servicio General de Paquetes vía Radio). Es una extensión del sistema global para comunicaciones móviles (GSM) para la transmisión de datos no conmutada o por paquetes. Una conexión GPRS está establecida por la referencia a su nombre del punto de acceso (APN). Con GPRS se pueden utilizar servicios tales como Wireless Application Protocol (WAP), servicio de mensajes cortos (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS) e Internet, para los servicios de comunicación como el correo electrónico. La transferencia de datos de GPRS se cobra por volumen de información transmitida (en kbytes o Mbytes)

Por tanto, es necesario un módulo en el que se pueda disponer del chip para realizar la llamada o el envío del mensaje de texto y, además, un módulo donde se pueda conectar la tarjeta SIM necesaria para realizar la comunicación.

El módulo utilizado es el SM5100B junto con la placa para la conexión del módulo desde la cual se puede insertar la tarjeta SIM y desde la que se puede realizar la comunicación con el PIC. Este módulo, al igual que el anterior, nos lo proporciona sparkfun (<http://www.sparkfun.com>).



Figura 10. *Módulo SM5100B de telefonía móvil.*



Figura 11. *Placa de pruebas conectada al módulo de telefonía SM5100B.*

Para la comunicación entre el módulo y el PIC se utilizan 9 pins, los 9 pins necesarios para la comunicación RS-232 que se explica en el siguiente apartado. Por tanto la comunicación es serie y asíncrona con un bit de inicio (START), los bits de datos (DATA) y un bit de parada (STOP).

3.2 Comunicación RS-232

La RS-232 (Recommended Standard 232) es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo Terminal de Datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de Datos).

Esta diseñada para distancias cortas de hasta 15 metros según la norma y para velocidades de comunicación bajas, de no más de 20kbps/s. A pesar de ellos, muchas veces se utiliza a mayores velocidades con resultados aceptables. La interfaz puede trabajar en comunicación asíncrona o síncrona y tipos de canal simplex, half dúplex o full dúplex. En un canal simplex los datos siempre viajarán en una dirección, por ejemplo desde DCE a DTE. En un canal half-dúplex, los datos pueden viajar en una u otra dirección, pero sólo durante un determinado período de tiempo; luego la línea debe ser conmutada antes que los datos pueda viajar en la otra dirección. En un canal full dúplex los datos pueden viajar en ambos sentidos simultáneamente. Las líneas de handshaking de la RS-232 se utilizan para resolver los problemas asociados con este modo de operación, tal modo como en qué dirección deben viajar los datos en un instante determinado.

Si un dispositivo de los que están conectados a una interfaz RS-232 procesa los datos a una velocidad menor de la que los recibe deben conectarse las líneas handshaking que permiten realizar un control de flujo tal que al dispositivo más lento le de tiempo de procesar la información. Las líneas de handshaking que permiten hacer este control de flujo son las líneas RTS y CTS. Los diseñadores del estándar no concibieron estas líneas para que funcionen de este modo, pero dada su utilidad en cada interfaz posterior se incluye este modo de uso.

Las UART o USART (Transmisor y Receptor Síncrono Asíncrono Universal) se diseñaron para convertir las señales que maneja la CPU y transmitir las al exterior. Las UART deben resolver problemas tales como la conversión de voltajes internos del DCE con respecto al DTE, gobernar las señales de control y realizar la transformación desde el bus de datos de señales en paralelo a serie y viceversa. Debe ser robusta y deberá tolerar circuitos abiertos, cortocircuitos y escritura simultánea sobre un mismo pin entre otras consideraciones.

Para los propósitos de la RS-232 una conexión es definida por un cable desde un dispositivo al otro. Hay 25 conexiones en la especificación completa, pero es muy probable que se encuentren menos de la mitad (9 concretamente) de éstas en una interfaz determinada. La causa es simple, una interfaz full dúplex puede obtenerse con sólo 3 cables.

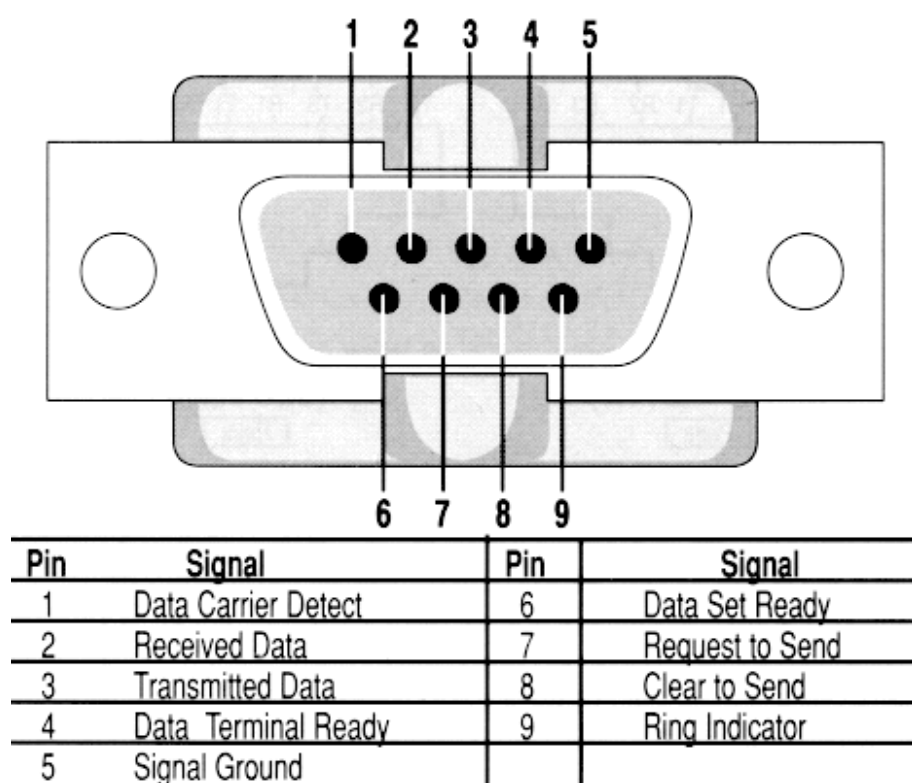


Figura 12. Conector DB-9 para una conexión serie RS-232.

CAPÍTULO 4: INGENIERÍA DE DESARROLLO

En este capítulo se pretende dar explicación a la implementación de las soluciones adoptadas en el capítulo anterior, justificando y calculando todos y cada uno de los elementos que intervienen en el sistema. Juntamente se incluirán los diseños electrónicos y esquemas propios para conseguir el objetivo perseguido.

El capítulo se va a dividir en dos partes: el hardware y el software del sistema. Ambas partes se dividen en diferentes apartados, conformando el núcleo del proyecto, donde se hablará de todo lo referente a cada una de las etapas específicas, añadiendo información, cálculos, descripción funcional de programas, etc., necesarios para exponer la función desempeñada en el diseño completo.

4.1 Hardware del sistema

En este apartado se incluirá todo lo referente a la parte material del proyecto, analizando y justificando cada una de las etapas.

El diseño del sistema de adquisición de las medidas procedentes de las señales y sensores integrados a lo largo del vehículo se realizará teniendo en cuenta los diferentes rangos de los parámetros a estudiar y adoptando siempre la opción más adecuada tanto en eficiencia como en coste para la empresa titular.

Una de las consideraciones más estudiadas a la hora de realizar el proyecto ha sido la búsqueda de un sistema lo más estándar posible en todas sus partes, escogiendo la sencillez sin dejar atrás la correcta solución para todo tipo de modelos y marcas de vehículo.

Siguiendo los criterios de diseño establecidos en el apartado de Ingeniería de Concepción se han dividido las señales obtenidas en digitales, analógicas, telefonía y coordenadas GPS. Las dos primeras se acondicionarán para la entrada del PIC18F4550 como señales de valores de tensión entre 0 y 4.5V, dejando un cierto límite en relación a la tensión máxima aceptada a la entrada de los puertos del PIC ($V_{DD}+0.3V$) con respecto a V_{SS} .

En el grupo de señales digitales se encuentran los parámetros pertenecientes al alumbrado, limpiaparabrisas y acelerómetro, y las entradas analógicas son las provenientes de la medida del recorrido del pedal de freno, temperatura exterior y la entrada para uso general de 0 a 100mV.

Estas tres últimas se han acondicionado a través de una serie de puentes de medida (Puentes de Wheatstone), que se adaptarán dependiendo de las magnitudes a registrar para todas las señales. La elección de este diseño eléctrico se debe a su exactitud y equilibrio para la obtención de la diferencia de potenciales, basado en la detección de cero, con una configuración muy sencilla formada por 4 resistencias, una de las cuales varía en función de la magnitud medida. El Puente de Wheatstone es una aplicación muy interesante en el ámbito de la industria que se ha considerado como la opción más rentable a instalar, después de realizar un estudio exhaustivo de los posibles diseños para la obtención de las señales.

Los puentes se alimentarán a una tensión V_{CC} de 5V y todas las resistencias que los conformen, para una mayor estabilidad, serán de tipo película metálica del 2% de tolerancia (serie E-96) y 100 ppm/°C de deriva térmica. La etapa posterior al puente será la de amplificación. Para los amplificadores se utilizará el modelo OPA177F, un sencillo pero suficiente Amplificador Operacional de precisión con baja deriva térmica (0.3µV/°C) que se alimentará a través de una tensión bipolar de ±5V.

Como ya se ha comentado, el sistema irá alimentado a través de la tensión proporcionada por la batería del coche y para ello ha sido necesaria la creación de una etapa de alimentación con salida de ±5V para la alimentación del sistema y del PIC, juntamente con las tensiones de referencia propias de éste para el conversor A/D interno. Además para mayor seguridad se ha incorporado una

bateria de botón recargable, con su correspondiente circuito, para la alimentación del sistema en modo Sleep si hubiese algún fallo en la batería.

Por otra parte cabe destacar el uso de protecciones a lo largo de todo el circuito para los diferentes canales de adquisición de señales, prestando una mayor atención a la protección de la electrónica analógica por su elevada sensibilidad e importante función en la adquisición de las medidas. Juntamente se realizará la conexión de los sensores resistivos a 3 hilos, con objeto de disminuir la influencia de las interferencias.

En cuanto a las entradas que provienen del módulo GPS y del módulo GSM/GPRS se consideran también de tipo digital, pero no podrán ir conectadas a entradas normales de puertos del PIC, si no que se conectarán a los terminales Tx y Rx de este para utilizar el protocolo de comunicación RS-232. En cuanto a esta comunicación cabe destacar que utiliza el protocolo RS-232 cumpliendo todas sus especificaciones excepto una, ambos módulos no cumplen dicho protocolo en los niveles de tensión. Mantienen niveles de tensión TTL y no los +12V y -12V que marca el protocolo.

4.1.2 Luces

Introducción

El sistema de alumbrado de un vehículo serie esta formado por los siguientes pares de luces:

Delanteras:

- Luz de carretera
- Luz de cruce
- Luz antiniebla
- Luz de posición
- Intermitente e intermitente lateral

Traseras:

- Luz de posición
- Luz de freno
- Tercera luz de freno (unidad)
- Luz de marcha atrás
- Intermitente

En un vehículo se emplean varios tipos de lámparas todas ellas normalizadas, clasificándose según su función en: faros, pilotos, interiores, testigos. Todas y

cada una de ellas se alimentan prácticamente y en exclusiva a una tensión continua de 12V proporcionada por la batería del vehículo, y su potencia varía en función a su cometido, siendo valores estándares para cualquier modelo de vehículo y marca de fabricación.

Hoy en día nos encontramos con diversos sistemas de alumbrado, basados en distintos tipos de lámparas, de los cuales se habla a continuación:

Las conocidas lámparas convencionales, ya en desuso, son las de tipo incandescentes, constituidas por un filamento de wolframio muy fino que se une a dos terminales alojándose en una ampolla de vidrio en la que se ha hecho el vacío, o se ha rellenado con un gas inerte (argón, neón, nitrógeno, etc.), para evitar que el filamento se volatilice por las altas temperaturas que alcanza. Los terminales aislados e inmersos en material cerámico se conectan a un casquillo, el cual constituye el soporte de la lámpara con los elementos propios de sujeción por donde se encaja al portalámparas. Cuando por el filamento pasa la corriente eléctrica éste se pone incandescente a elevada temperatura (2000 a 3000°C) desprendiendo una gran cantidad de luz y calor por efecto Joule. Una de las desventajas de este tipo de lámpara es que el filamento se evapora paulatinamente ennegreciendo progresivamente la ampolla y estrechando el filamento, que con el tiempo acaba fracturándose.

Una alternativa y substitución al uso de las lámparas incandescentes son las lámparas halógenas, una variante de las anteriores, en las que el vidrio se sustituye por un compuesto de cuarzo, que soporta mejor el calor, lo que permite la fabricación de modelos con tamaños menores para potencias superiores, mejorando el rendimiento del filamento y aumentando su vida útil.

Las lámparas halógenas presentan como ventaja una intensidad luminosa muy superior a la de una lámpara convencional, con un pequeño aumento del consumo de corriente. Para luz de carretera, por ejemplo, ofrecen 1200 lm (lúmenes) en lugar de los 700 lm que permite la lámpara incandescentes, y en luz de cruce 750 lm frente a 450 lum. Además los faros halógenos dan una mayor profundidad de visión en la luz de carretera, mientras que en la de cruce, aunque la distancia iluminada es la misma, la luz es mucho mas intensa y el haz luminoso mas ancho, lo que permite ver mejor los bordes de la calzada.

Algunos de los modelos más utilizados son los H4 o H7 para luces de cruce y carretera. Las lámparas alógenas las podemos diferenciar por la zona superior de esta que se encuentra recubierta de negro. Un nuevo tipo de lámpara halógena especial es aquella que utiliza gas xenón en el interior de la ampolla, con el cual se consigue una luz más blanca y, por tanto, mas semejante a la luz del día

Otras dos alternativas mucho más novedosas en el mercado de la automoción por su reciente difusión son las lámparas de Xenón y Bixenón, y las de tipo Led.

Las lámparas de xenón son un sistema de iluminación con un alto rendimiento luminoso que aumenta la seguridad activa durante la conducción. Actualmente se instalan en los vehículos de alta gama, aunque también se empiezan a ver cada vez más en automóviles de gama media.

Están formadas por una unidad de control y un bloque de encendido, normalmente incorporados en el faro, y su funcionamiento se basa en la descarga de un gas xenón que se encuentra en el interior de la ampolla. Para ello se requiere un dispositivo electrónico que encienda la lámpara y controle el arco voltaico que genera la luz gracias al gas xenón, al elevar la tensión entre los electrodos del interior de la ampolla. El arco, de hasta los 30kV es generado por una reactancia que produce una corriente de 400Hz. Una vez efectuado el encendido, se hace funcionar la lámpara de descarga de gas aproximadamente durante 3 segundos. El objetivo es que la lámpara alcance su claridad máxima tras un retardo mínimo de 0,3 segundos, y debido a este ligero retardo no suelen utilizarse para la luz de carretera.

En virtud de la composición química del gas, en la ampolla de la lámpara se genera una luz con un elevado porcentaje de luz verde y azul. Esa es la característica de identificación exterior de la técnica de luminiscencia por descarga de gas

Finalmente encontramos las luces tipo led (Light Emission Diode). En un principio se utilizaban para los pilotos, intermitentes y tercera luz de freno, pero actualmente cada vez es más habitual ver marcas que ya montan faros tipo led. Estos focos, en lugar de tener una sola fuente de luz, como los faros halógenos o de xenón, utilizan una cantidad de diodos que iluminan las diferentes zonas de la calzada. Entre sus ventajas destacan la robustez (no se funden), su reducido consumo y su prácticamente ilimitada vida, hasta 100.000 horas.

Con esto se quiere remarcar que el sistema diseñado puede ser aplicable a cualquier tipo de alumbrado requerido por el fabricante, ofreciendo de esta manera un producto abierto a cualquier marca y modelo de vehículo.

Acondicionamiento de la señal

El diseño del sistema de adquisición de las señales procedentes de las luces a controlar, cruce, largas y piloto de freno, integradas en cualquier vehículo de serie, se realizará a través de divisores de tensión.

Tal y como se ha comentado en el apartado de ingeniería de concepción, la señal del par de luces se tomará del cable conductor que las alimenta, obteniendo para las luces de cruce una señal de 12Vdc y 2x55W de potencia, para las largas 12Vdc y 2x60W y para la luz del piloto trasero 12Vdc y 21W (datos obtenidos del manual de usuario para Ford Fiesta). Un detalle a comentar es que para la presentación del sistema no se utilizarán las bombillas originales del vehículo, debido a estos elevados valores de potencia y corriente para su encendido. Esto no modificará la utilidad para una aplicación real ya que el diseño está implementado para medidas obtenidas de lámparas de 12V, independientemente de su potencia.

Los parámetros obtenidos de las señales de las luces se tomarán a la entrada del PIC como valores digitales de 0 a 4.5V donde el estado bajo corresponderá a la luz apagada y el estado alto a la encendida. A continuación se presentan los cálculos pertenecientes para la adecuación de las tensiones a la entrada de los puertos del PIC18F4550:

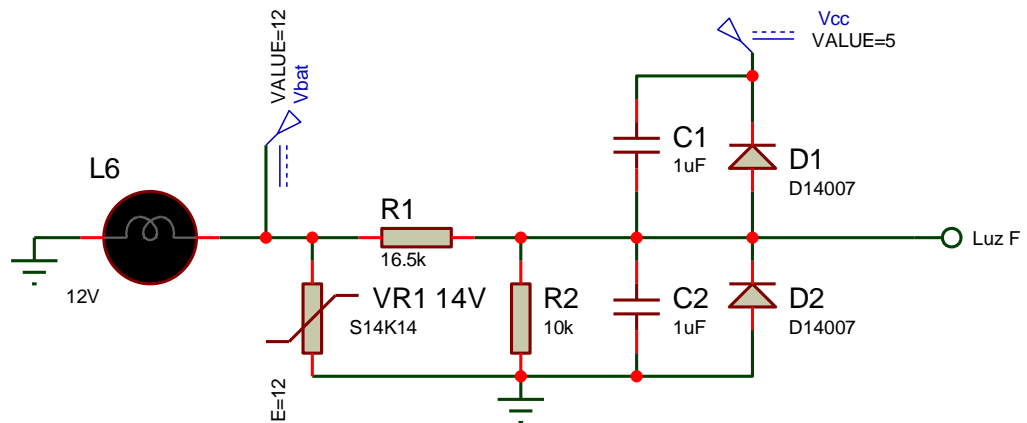


Figura 13. Luz F es la señal acondicionada obtenida del piloto de freno.

Cálculos:

$$V_{LuzF} = 12V \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_1} = 4.5V \quad (1)$$

$$V_{LuzF} \cdot R_2 + V_{LuzF} \cdot R_1 = 12V \cdot R_2 \rightarrow R_1 = \frac{R_2 \cdot V_{LuzF} - 12V}{-V_{LuzF}} = 16660\Omega \quad (2)$$

Para un valor establecido de $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ se obtiene según la expresión (2) $R_1 = 16.66 \text{ k}\Omega$.

$$R_1 = 16.5 \text{ k}\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

De la misma manera se obtienen los valores de los componentes para los divisores de tensión del acondicionamiento de las luces de cruce y largas, por estar alimentada a 12V:

$$R_2 = R_4 = R_6 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_1 = R_3 = R_5 = 16.5 \text{ k}\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

4.1.2 Limpiaparabrisas

Introducción

Todos los vehículos incorporan un limpiaparabrisas, un dispositivo utilizado para permitir la visibilidad en la conducción con lluvia, situado en el parabrisas delantero y trasero del automóvil.

El dispositivo consiste en un brazo con un borde de goma adosado a uno de sus lados, que realiza un movimiento giratorio hacia delante y hacia atrás en torno a un punto fijo. El brazo es movido en sentido oscilatorio sobre el vidrio, desplazando el agua de la superficie.

La mayoría de los automóviles poseen dos brazos radiales en el cristal delantero, pero también existe la opción de un único brazo que permite realizar una mejor cobertura de las esquinas superiores del parabrisas.

El movimiento del limpiaparabrisas es generado por un motor eléctrico dc que opera con tensiones de 12V y entrega un movimiento giratorio a su salida. Por lo general suelen estar dotados de varios terminales predefinidos de salida permitiendo modificar la velocidad, incluyendo una señal intermitente para condiciones de lluvia escasa. Dependiendo del estado de trabajo de este motor obtenemos distintas intensidades y frecuencias de operación.

La activación del limpiaparabrisas y la selección de sus modos de trabajo recaían sobre el conductor, pero actualmente encontramos muchos modelos de automóviles que incluyen un sensor de lluvia de tecnología infrarrojo para activar el limpiaparabrisas al detectar agua en este.

Acondicionamiento de la señal

En el sistema diseñado únicamente registrará el parámetro de encendido o apagado del dispositivo limpiaparabrisas, independientemente de la frecuencia o modo de operación seleccionado por el conductor o activación automática.

Por lo tanto esta señal será un valor continuo de 12V cuando este activado y de 0V en apagado. De la misma forma que en el alumbrado se tomará a la entrada del PIC como una señal digitales de 0 a 4.5V. A continuación se presentan los cálculos para el acondicionamiento de la señal a través del divisor de tensión:

$$V_{limpia} = 12V \frac{R_8}{R_8 + R_7} = 4.5V \quad (3)$$

$$V_{limpia} \cdot R_8 + V_{limpia} \cdot R_7 = 12V \cdot R_8 \rightarrow R_7 = \frac{R_8 \cdot V_{limpia} - 12V}{-V_{limpia}} \quad (4)$$

Para un valor establecido de $R_8=10 \text{ k}\Omega$, $R_7=16.66\text{k}\Omega$.

$$R_7=16.5\text{k}\Omega \quad R_8=10\text{k}\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

4.1.3 Recorrido pedal de freno

Introducción

En el sistema de frenado de un vehículo actúan diferentes piezas. Estas piezas son:

Servofreno: Es el sistema por el cual la fuerza que hay que ejercer sobre el pedal, para presurizar el circuito a una misma presión, se reduce. Es decir, es un elemento que reduce el esfuerzo que necesita el conductor para presurizar el circuito pisando el pedal.

Las ventajas del servofreno no son exclusivamente las de poder realizar una presión mayor sobre el circuito hidráulico, y por consiguiente, sobre los pistones

de las pinzas con un mayor descanso del pie. Si no que lo que se consigue es una mejor dosificación de la frenada.

Bomba de freno: o cilindro principal. Es el encargado de presurizar el líquido por todo el circuito hidráulico. Como la legislación actual obliga a los fabricantes de vehículos a que estos vayan provistos de doble circuito de freno, las bombas de freno son de tipo tándem.

El sistema tandem significa que la bomba dispone de dos pistones, colocados uno a continuación del otro, con los cuales se atiende al suministro del líquido a una presión igual para cada uno de los dos circuitos independientes normalmente distribuciones según una "X". Es decir, un circuito actúa sobre la rueda delantera izquierda y también sobre la trasera derecha mientras que el otro actúa sobre la rueda delantera derecha y la trasera izquierda como elemento de seguridad en el caso de problemas de pérdida de eficacia en uno de los dos circuitos.

Limitadores de frenada: o correctores de presión. Tienen la función de reducir la presión que llega al tren trasero con el fin de que no se llegue al bloqueo en esas ruedas.

Pinza de freno: Es el elemento encargado de soportar las pastillas además de empujarlas contra el disco cuando se presuriza el sistema.

La pinza es un elemento crítico del sistema de freno y está sometida a esfuerzos importantes durante el frenado tales como vibraciones, excesiva temperatura y otros elementos agresivos.

Tuberías y latiguillos: Son los encargados de conducir el líquido de frenos, soportando la presión interna del líquido, además deben resistir la agresión medioambiental y otros agentes agresivos del entorno.

Líquido de freno: Es el elemento que al ser presurizado por la bomba empuja los cilindros de las pinzas contra las pastillas, produciéndose así la acción de frenado. Para los usuarios de los automóviles es el eterno olvidado, es decir, muy pocos conductores dan la importancia que dicho elemento tiene. Como veremos a continuación sus características son las que aseguran una correcta frenada, pero es un elemento que con el uso y el paso del tiempo se degrada y debe de ser sustituido.

El sistema de frenado más utilizado hoy en día es el ABS (Antilock Braking System). Es un dispositivo que evita el bloqueo de las ruedas al frenar. Un sensor electrónico de revoluciones, instalado en la rueda, detecta en cada instante de la frenada si una rueda está a punto de bloquearse. En caso afirmativo, envía una orden que reduce la presión de frenado sobre esa rueda y evita el bloqueo. El ABS mejora notablemente la seguridad dinámica de los coches, ya que reduce la posibilidad de pérdida de control del vehículo en situaciones extremas, permite mantener el control sobre la dirección (con las

ruedas delanteras bloqueadas, los coches no obedecen a las indicaciones del volante) y además permite detener el vehículo en menos metros. El sistema antibloqueo ABS constituye un elemento de seguridad adicional en el vehículo. Tiene la función de reducir el riesgo de accidentes mediante el control óptimo del proceso de frenado. Durante un frenado que presente un riesgo de bloqueo de una o varias ruedas, el ABS tiene como función adaptar el nivel de presión del líquido de freno en cada rueda con el fin de evitar el bloqueo y optimizar así el compromiso de estabilidad, dirección y distancia de parada.

Acondicionamiento de la señal

Como bien se ha comentado en el apartado de ingeniería de concepción la medida del recorrido del pedal de freno vendrá determinada por la señal proporcionada por un potenciómetro analógico, que nos ofrecerá una relación lineal entre resistencia y posición del pedal, cuanto más se presione más resistencia obtendremos.

Para la adquisición de esta medida se utilizará, tal y como se ha especificado, la configuración del puente de Wheatstone con su posterior etapa amplificadora. En la implementación del puente se ha buscado un compromiso entre linealidad y sensibilidad, tendiendo a valorar más la primera por incluir a continuación una etapa amplificadora de elevadas prestaciones.

Para el cálculo de los valores que conforman ésta etapa se ha considerado que el puente estará alimentado a una tensión V_{cc} de 5V. Para estabilizar el puente es necesario asegurar que esté alimentado a una tensión constante, ello implica disponer del zener de precisión ICL8069, que ofrece un voltaje de referencia de $V_z=1.23V$ con intensidades entre $50\mu A \leq I \leq 5mA$.

Juntamente se establecerá una corriente por las ramas del puente de $I_r = 500\mu A$, teniendo en cuenta que no puede utilizarse un valor muy elevado ya que se produciría un calentamiento por efecto Joule en los componentes, ni un valor muy pequeño, porque podría verse afectada la medida por intrusión de ruido eléctrico.

A continuación se procede a presentar el esquema y sus componentes, con los cálculos necesarios para la medición de la señal obtenida del potenciómetro:

La tensión de salida del puente viene dada por la siguiente expresión:

$$V_s = V_z \cdot \left(\frac{R_{pot}}{R_{pot} + R_9} - \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{10}} \right) \quad (5)$$

El valor de la resistencia del potenciómetro variará de 0 a $1k\Omega$. Para evitar tener 0Ω , hecho que podría darnos problemas, se conectará en serie a éste una resistencia de valor 100Ω . De esta forma si no se está frenando y el potenciómetro nos da 0Ω , obtendremos correspondencia numérica a la salida del puente, con $V_s=0V$ para $R_9=R_{10}$ y $R_{12}=R_{11}$.

De la ecuación (5) mostrada se observa que la salida no es del todo lineal, por esa razón se deberá realizar una liberalización por software, de la cual se hablará en el capítulo perteneciente.

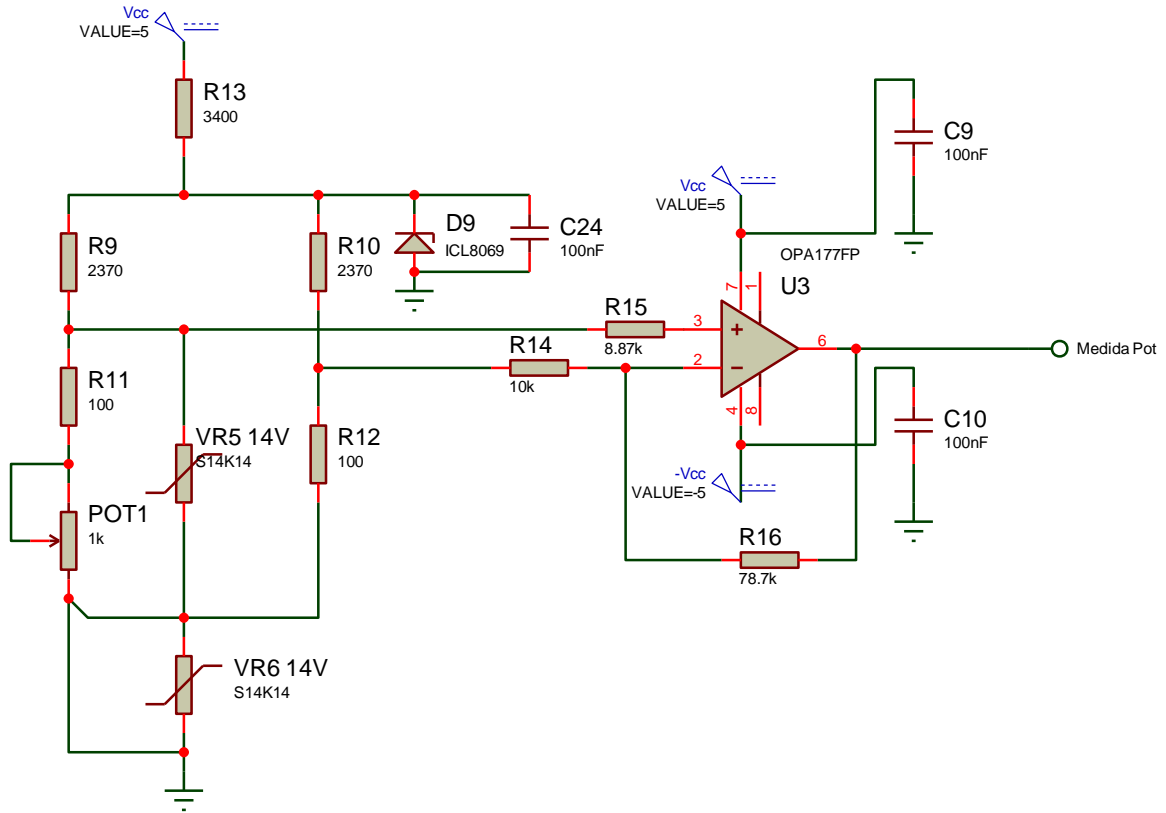


Figura 14. Circuito de la adquisición del recorrido pedal de freno.

El valor de la resistencia R_{13} , denominada de forma genérica R_c , viene determinado por la corriente del puente, 1mA (500 μ A por rama) y por la corriente del zener, establecida a 10⁻⁴A:

$$R_c = \frac{V_{cc} - V_z}{2 \cdot i_r + i_z} = 3427.27\Omega \quad (6)$$

$$R_{13} = 3400\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

El valor de las resistencias R_9 y R_{10} se calcula a continuación (tomando el potenciómetro a 0 Ω):

$$R_0 = 100\Omega = R_{11} \rightarrow VR_{11} = 100\Omega \cdot i_r = 100\Omega \cdot 0.5mA = 50mV \quad (7)$$

$$R_9 = R_{10} = \frac{V_z - VR_{11}}{i_r} = \frac{1.2V - 0.05V}{0.5mA} = 2360\Omega \quad (8)$$

$$R_9 = R_{10} = 2370\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

El valor de R_{12} , tal y como se ha especificado, tiene como misión provocar $V_s=0$ con el puente en equilibrio:

$$R_{12}=R_0=100\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

El valor del condensador C_{24} se considera de 100nF, de forma que se elimine el ruido eléctrico en el zener a frecuencias elevadas.

En la etapa amplificadora la salida V_{out} será de 4.5V:

$$I_1 = I_2 = I \quad V_{in} = V_+ = V_- \quad (10)$$

$$I = \frac{VR_{12} - V_{in}}{R_{14}}; \quad R_{16} = \frac{V_{in} - V_{out}}{I}; \quad VR_{12} = 0.5mA \cdot 100\Omega = 50mV \quad (11)$$

$$V_{out} = V_{in} - R_{16} \cdot I \rightarrow V_{out} = V_{in} - \frac{R_{16}}{R_{14}} \cdot (VR_{12} - V_{in}) \quad (12)$$

$$V_{out} = V_{in} \cdot \left(1 + \frac{R_{16}}{R_{14}}\right) - VR_{12} \cdot \frac{R_{16}}{R_{14}} \rightarrow V_{out} = V_{in} + (V_{in} - VR_{12}) \cdot \frac{R_{16}}{R_{14}} \quad (13)$$

$$V_{in} = 1.23 \cdot \frac{R_{pot} + R_{11}}{(R_{pot} + R_{11}) + R_9} = 1.23 \cdot \frac{1100}{1100 + 2370} = 389.9mV$$

$$V_{out} = V_{in} \cdot G \rightarrow G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 11.54 \quad (14)$$

Tomando como valor de $R_{14}=10k\Omega$:

$$R_{16} = \frac{(V_{out} - V_{in}) \cdot R_{14}}{V_{in} - VR_{12}} = 120.92k\Omega \quad (15)$$

La resistencia R_{15} podría pensarse en depreciarla debido a que idealmente la intensidad de entrada al amplificador es nula, pero si lo hiciésemos estaríamos cometiendo un error debido a la existencia real de las corrientes de Bias en las entradas del AO o corrientes de polarización. Para ello el valor de R_{15} es el paralelo de R_{14} y R_{16} :

$$R_{15} = \frac{R_{14} \cdot R_{16}}{R_{14} + R_{16}} = 9.23k\Omega \quad (16)$$

$$R_{14}=10k\Omega \quad R_{15}=9.31k\Omega \quad R_{16}=121k\Omega \quad 2\%(E-96)$$

Para verificar el correcto funcionamiento del circuito diseñado se procederá a su simulación:

$$V_s = V_z \cdot \left(\frac{R_{pot} + 100}{R_{pot} + 100 + R_9} - \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{10}} \right) = 1.23V \cdot \left[\frac{100}{100 + 2370} - \frac{100}{100 + 2370} \right] = 0V \quad (17)$$

$$V_{out} = V_{in} + (V_{in} - VR_{12}) \cdot \frac{R_{16}}{R_{14}} = 389.9mV + (389.9mV - 50mV) \cdot \frac{121}{10} = 4.526V \quad (18)$$

Para un valor de cero Ohms del potenciómetro tenemos una salida de 0V y para un valor de 1K la salida varía hasta los 4.5V:

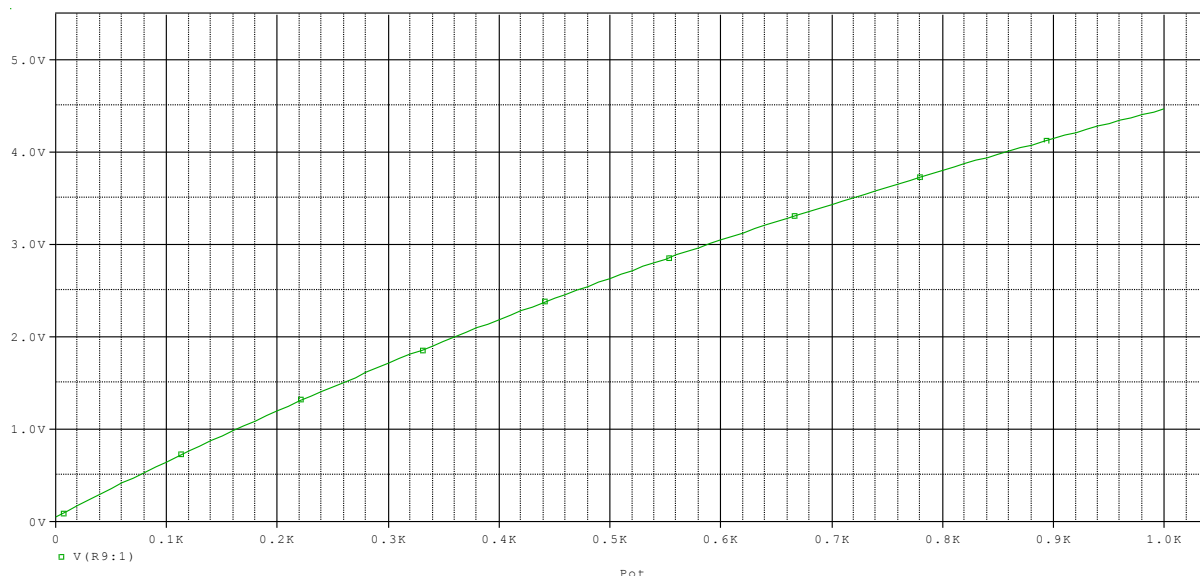


Figura 15. Simulación circuito desplazamiento del pedal de freno.

4.1.4 Temperatura exterior

Introducción

Para la medición de la temperatura exterior del vehículo se considerará una señal procedente de un sensor térmico, entre los cuales se encuentran los de tipo resistivo o termorresistencias. Estos transductores de tipo modulador, por no generar energía alguna, modifican su valor óhmico de acuerdo con la temperatura a la que se ven sometidos. Su funcionamiento se basa en la variación del flujo de electrones del material, modificando su resistividad en función de la temperatura. El sensor termorresistivo seleccionado por tratarse de un modelo que ofrece una señal estándar es el conocido como PT-100Ω, uno de los más utilizados para aplicaciones industriales.

Los sensores PT-100Ω se encuentran protegidos con vainas y suelen ir instalados en la mayoría de vehículos en el retrovisor. Se conectarán con el equipo de medida mediante cables de compensación, de resistencia interna lo más mínimo posibles para no introducir errores en la medida.

Estos precisos y exactos sensores traducen sin más la temperatura en un valor concreto de resistencia, son de coeficiente positivo, es decir de carácter material conductor, a más temperatura más resistencia. Por otro lado destacan por su sencillez, no necesitan ningún tipo de sistema de compensación de temperatura, solo se les exige un valor constante en el tiempo bajo las mismas condiciones.

Uno de los materiales más empleados en la construcción de termorresistencias es el platino, debido a la importante variación de resistencia que presenta cuando se modifica su temperatura. También se emplea el níquel, pero en menor medida por ser menos lineal. Por esa razón el sensor utilizado para la representación del sistema será la denominada Platino 100 ohm, para mediciones entre 0 y 600°C.

Acondicionamiento de la señal

La variación de la resistencia del sensor se verá reflejada a la salida del puente de medida, por lo cual éste debe estar totalmente equilibrado. Para ello el valor de las dos resistencias superiores será el mismo y el de la resistencia inferior coincidirá con el valor óhmico del sensor a 0°C.

Para el cálculo de las resistencias se ha establecido el mismo nivel de corriente utilizado en el puente de medida para el desplazamiento de freno, siendo 500µA por rama. Se ha seleccionado este valor para conservar la homogeneidad del sistema. Otra condición a la hora de establecer la intensidad de rama ha sido el valor máximo admisible por el sensor, ya que tal y como se indica en las especificaciones técnicas dadas por el fabricante, no deberá sobrepasarse de 1mA.

Finalmente por tratarse de una aplicación para uso industrial se realizará la conexión del sensor a tres hilos, con objeto de disminuir la influencia de la longitud de la línea.

A continuación se procede a presentar el esquema del puente junto con su etapa amplificadora, con los cálculos necesarios para la medición con PT-100 en un rango de 0°C a 600°C obteniendo una tensión de salida entre 0 y 4.5V (medida PT100):

Segun la tabla que presenta la normativa IEC 751 los valores de resistencia en función de la temperatura seleccionada son:

$$R_{PT100} \text{ a } 0^{\circ} = 100.00\Omega$$

$$R_{PT100} \text{ a } 600^{\circ} = 313.59\Omega$$

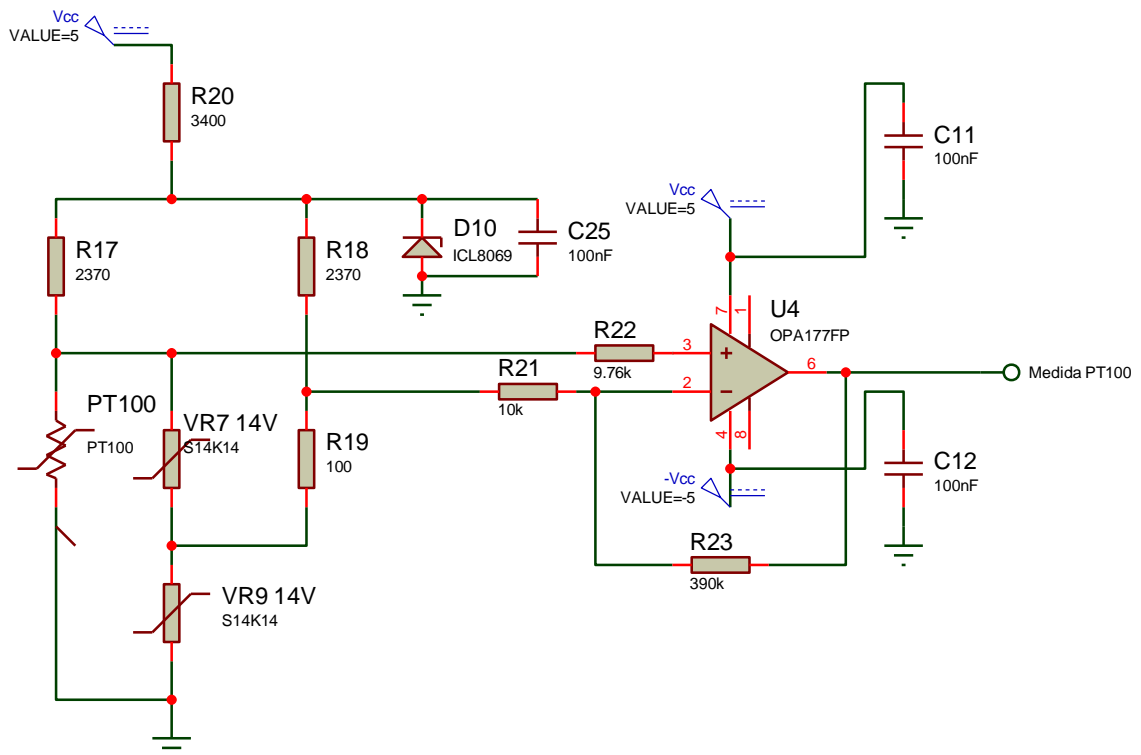


Figura 16. Circuito de la adquisición de la temperatura con PT100Ω.

El valor de la resistencia R_{20} , denominada de forma genérica R_c , viene determinado por la corriente del puente, 1mA (500µA por rama) y por la corriente del zener, establecida a 10^{-4} A:

$$R_c = \frac{V_{cc} - V_z}{2 \cdot i_r + i_z} = 3427.27\Omega \quad (19)$$

$$R_{20} = 3400\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

El valor de las resistencias R_{17} y R_{18} se calcula a continuación:

$$R_{PT} 100_{0^\circ C} = 100\Omega = R_{19} \rightarrow V_{R_{19}} = 100\Omega \cdot i_r = 100\Omega \cdot 0.5mA = 50mV \quad (20)$$

$$R_{17} = R_{18} = \frac{V_z - V_{R_{19}}}{i_r} = \frac{1.23V - 0.05V}{0.5mA} = 236\Omega \quad (21)$$

$$R_{17} = R_{18} = 2370\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

El valor de R_{19} , tal y como se ha especificado, tiene como misión provocar $V_s=0$ con el puente en equilibrio:

$$R_{19} = R_{PT} 100_{0^\circ C} = 100\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

El valor del condensador C_{25} se considera de 100nF, de forma que se elimine el ruido eléctrico en el zener a frecuencias elevadas, colocado como se ha comentado para estabilizar el puente a 1.23V.

En la etapa amplificadora la salida V_{out} será de 4.5V:

$$V_{in} = 1.23V \cdot \frac{R_{PT} 100_{600^\circ C}}{R_{PT} 100_{600^\circ C} + R_{17}} = 1.23V \cdot \frac{313.59}{313.59 + 2370} = 143.73mV \quad (22)$$

$$V_{out} = 4.5V; \quad G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 31.30$$

Considerando el amplificador ideal:

$$I_1 = I_2 = I \quad V_{in} = V_+ = V_-$$

$$I = \frac{V_{R_{19}} - V_{in}}{R_{21}}; \quad R_{23} = \frac{V_{in} - V_{out}}{I}; \quad V_{R_{19}} = 0.5mA \cdot 100\Omega = 50mV \quad (23)$$

$$V_{out} = V_{in} - R_{23} \cdot I \rightarrow V_{out} = V_{in} - \frac{R_{23}}{R_{21}} \cdot (V_{R_{19}} - V_{in}) \quad (24)$$

$$V_{out} = V_{in} \cdot \left(1 + \frac{R_{23}}{R_{21}}\right) - V_{R_{19}} \cdot \frac{R_{23}}{R_{21}} \rightarrow V_{out} = V_{in} + (V_{in} - V_{R_{19}}) \cdot \frac{R_{23}}{R_{21}} \quad (25)$$

Tomando como valor de $R_{21}=10k\Omega$:

$$R_{23} = \frac{(V_{out} - V_{in}) \cdot R_{21}}{V_{in} - V_{R_{19}}} = 464.81.k\Omega \quad (26)$$

R_{22} es el paralelo de R_{21} y R_{23} :

$$R_{22} = \frac{R_{21} \cdot R_{23}}{R_{23} + R_{21}} = 9.79k\Omega \quad (27)$$

$$R_{21} = 10k\Omega \quad R_{22} = 9.76k\Omega \quad R_{23} = 464k\Omega \quad 2\%(E-96)$$

Para verificar el correcto funcionamiento del circuito diseñado se procederá a su simulación:

$$V_S = V_Z \cdot \left(\frac{R_{PT100_{0^\circ C}}}{R_{PT100_{0^\circ C}} + R_{17}} - \frac{R_{19}}{R_{19} + R_{18}} \right) = 1.23V \cdot \left[\frac{100}{100 + 2370} - \frac{100}{100 + 2370} \right] = 0V \quad (28)$$

$$V_{out} = V_{in} + (V_{in} - V_{R_{12}}) \cdot \frac{R_{23}}{R_{21}} = 143.37mV + (143.37mV - 50mV) \cdot \frac{464}{10} = 4.475V \quad (29)$$

Para una PT-100 en un rango de $0^\circ C$ a $600^\circ C$ obteniendo una tensión de salida entre 0 y 4.5V :

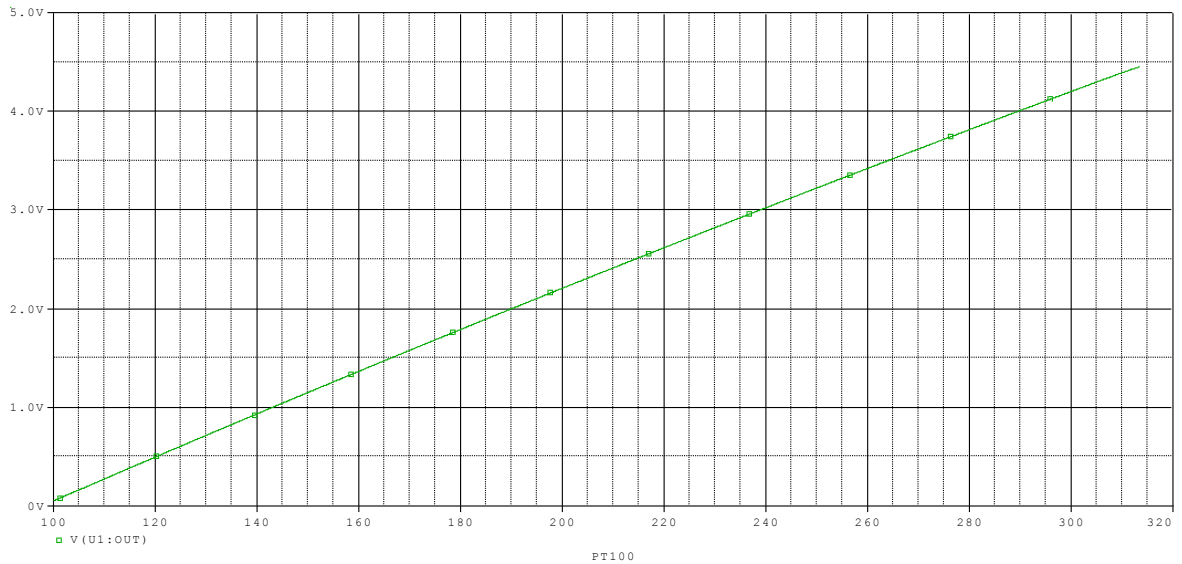


Figura 17. Simulación circuito medida de temperatura.

4.1.5 Entrada de uso general (0 a 100mV)

Acondicionamiento de la señal

De igual forma que para las anteriores medidas se puede obtener la señal de una entrada de tensión V_e partiendo del puente de Wheatstone anterior, incluyendo una resistencia en substitución al sensor, éste presentará una tensión de salida $V_s=0$ para $V_e=0$, siendo transparente para el valor de entrada en tensión de 0 a 100mV.

De la misma manera se establecerá una corriente de rama $i_r=500\mu A$, alimentando el puente a una tensión V_{cc} de 5V, junto con el zener ICL8069 para ofrecer mayor estabilidad al sistema. A continuación se muestra el circuito del esquema diseñado:

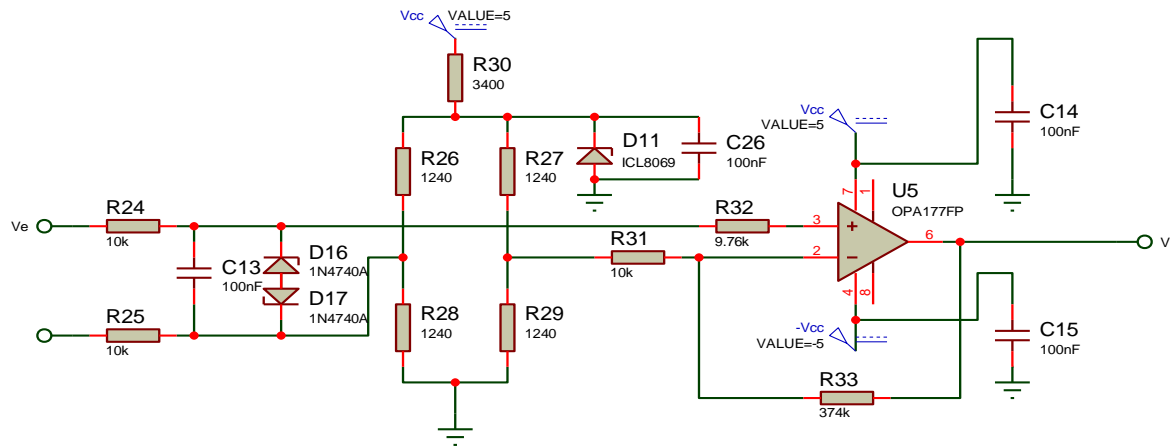


Figura 18. Circuito de la adquisición para entrada de uso genral.

Empezando por el cálculo de la resistencia R_c :

$$R_c = \frac{V_{cc} - V_z}{2 \cdot i_r + i_z} = 3427.27\Omega \quad (30)$$

$$R_{30} = 3400\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

Para obtener una salida equilibrada los valores de las cuatro resistencias que conforman el puente se considerarán iguales:

$$2R = \frac{V_z}{i_r} \rightarrow R = 1.23V / 2 \cdot 0.5mA = 1230\Omega \quad (31)$$

$$R = R_{26} = R_{27} = R_{28} = R_{29} = 1240\Omega \quad 2\% \text{ (E-96)}$$

Para la etapa amplificadora donde V_{in} 0 a 100mV y $V_{out}=4.5V$, considerando idealmente la corriente de entrada al amplificador nula:

$$I_1 = I_2 = I \rightarrow V_e = V_+ = V_-$$

$$I = \frac{VR_{29} - V_e}{R_{31}}; \quad R_{33} = \frac{V_e - V_{out}}{I}; \quad VR_{29} = 0.5mA \cdot 1240\Omega = 620mV \quad (32)$$

$$V_{out} = V_e - R_{33} \cdot I \rightarrow V_{out} = V_e - \frac{R_{33}}{R_{31}} \cdot (VR_{29} - V_e) \quad (33)$$

$$V_{out} = V_e \cdot \left(1 + \frac{R_{33}}{R_{31}}\right) - VR_{29} \cdot \frac{R_{33}}{R_{31}} \quad (34)$$

Si el valor de V_e con respecto a masa es de $V_{in} + VR_{29}$:

$$V_{out} = V_e + (V_e - VR_{29}) \cdot \frac{R_{33}}{R_{31}} \rightarrow V_{out} = (V_{in} + VR_{29}) + ((V_{in} + VR_{29}) - VR_{29}) \cdot \frac{R_{33}}{R_{31}} \quad (35)$$

$$V_{out} = V_{in} + VR_{29} + V_{in} \cdot \frac{R_{33}}{R_{31}} \quad (36)$$

Se establece un valor de $R_{31} = 10k\Omega$, de forma que el valor de R_{33} varíe en función de la amplificación requerida a la salida del amplificador con $V_{in} _ \text{máx.}$ 100mV:

$$V_{out} = 4.5; G = 45 \rightarrow R_{33} = \frac{V_{out} - V_{in} - VR_{29}}{V_{in}} \cdot R_{31} = 378k\Omega \quad (37)$$

R_{32} es el paralelo de R_{31} y R_{33} :

$$R_{32} = \frac{R_{31} \cdot R_{33}}{R_{33} + R_{31}} = 9.74k\Omega \quad (38)$$

$$R_{31} = 10k\Omega \quad R_{32} = 9.76k\Omega \quad R_{33} = 374k\Omega \quad 2\% (E-96)$$

4.1.6 Acelerómetro

Como ya se explicó en el capítulo anterior, se utiliza un circuito integrado para conseguir la aceleración del sistema. El circuito integrado utilizado es el ADXL-210 de la empresa Analog Devices y el cual nos permite obtener la aceleración longitudinal y la transversal.



Figura 19. *Diagrama de bloques del integrado ADXL-210.*

Como se puede ver es un integrado con unas conexiones externas sencillas. Se utilizan unos condensadores externos que junto con las resistencias internas R_{FILT} conforman el filtro para las salidas X e Y del integrado. El propio fabricante nos ofrece unas tablas en las hojas de datos del componente donde nos explica que valores se le deben dar a estos condensadores.



Figura 20. *Tabla de los valores de los condensadores para el ancho de banda deseado según el fabricante.*

También nos da la información para escoger el valor de la resistencia R_{set} . Esta sirve para definir el período T_2 de la salida del integrado.

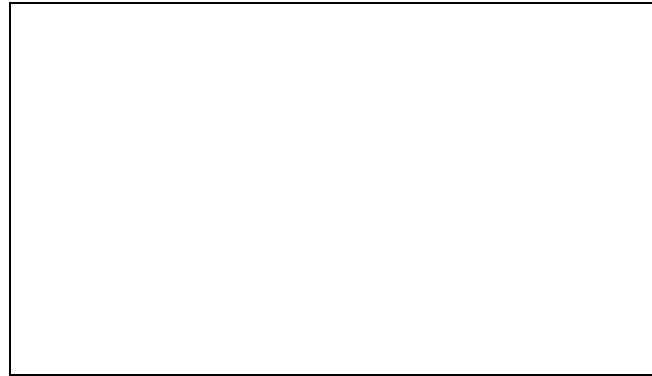


Figura 21. Señal de salida del integrado y fórmulas para dar el valor deseado a Rset.

Con la imagen anterior podemos obtener el valor de la resistencia Rset pero el fabricante también nos ofrece una tabla con unos valores aconsejables.



Figura 22. Tabla de valores de Rset según el T2 deseado.

Finalmente, teniendo en cuenta la información que nos ofrece el fabricante en la hoja de datos, diseñamos el siguiente circuito:

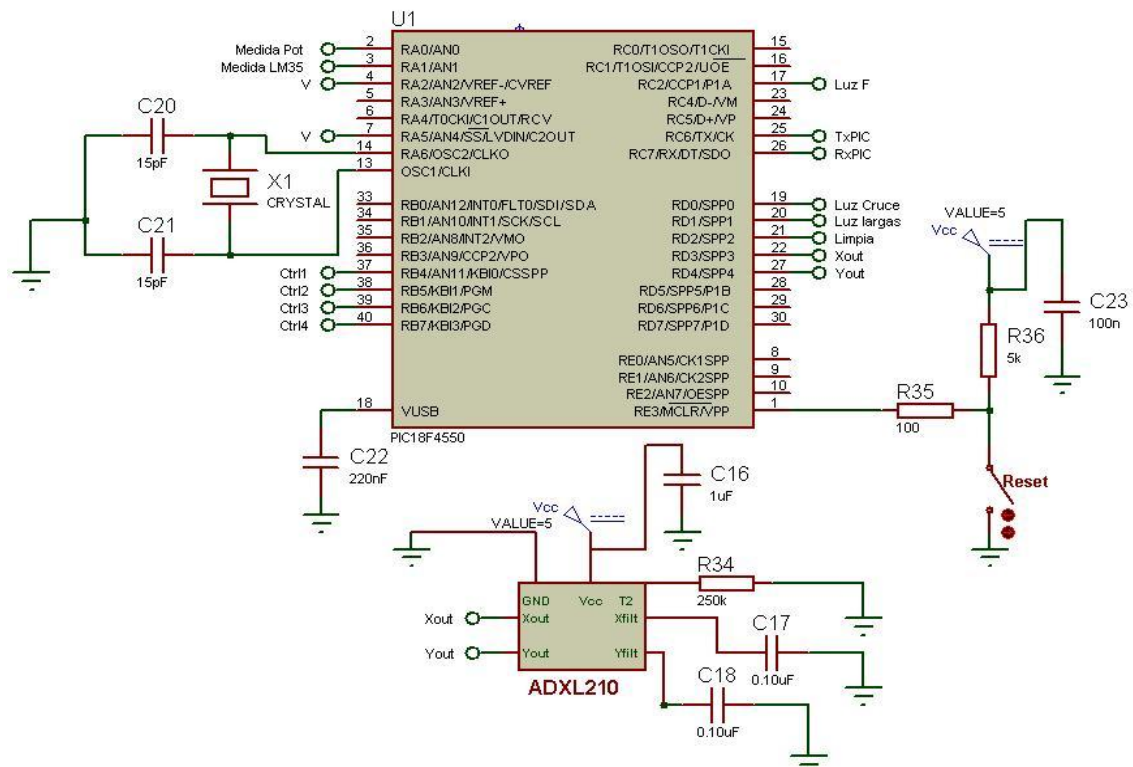


Figura 23. Diseño de la etapa del acelerómetro junto con el PIC.

4.1.7 Módulo GPS

Como ya hemos visto en el capítulo anterior utilizamos este módulo para conseguir la velocidad y las coordenadas de localización del vehículo de forma continua. Este módulo utiliza el protocolo de comunicación RS-232 y, por tanto, utiliza los terminales Tx y Rx para comunicarse con el PIC.

Los terminales de comunicación de este módulo son pocos y de conexión sencilla utilizando tan sólo 5 terminales de comunicación.

El diseño del circuito para este módulo y la correcta comunicación es el siguiente.

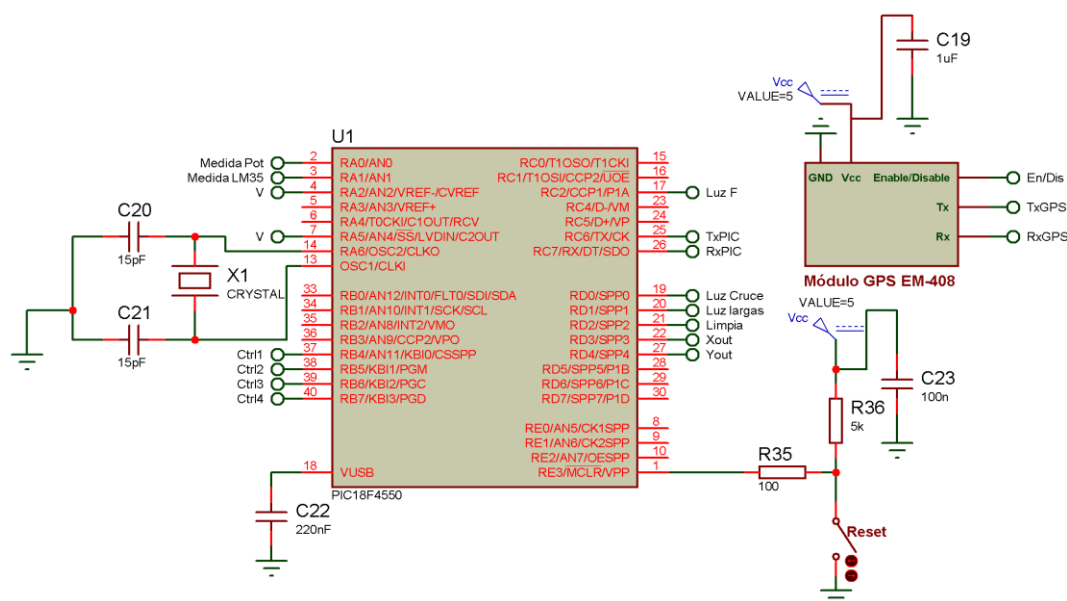


Figura 24. *Diseño de la etapa del módulo GPS EM-408 junto con el PIC.*

El terminal En/Dis habilita o deshabilita el módulo GPS. El fabricante ofrece la posibilidad de hacerlo mediante un conmutador pero, dado que nuestro sistema estará integrado en el interior del vehículo y no tendremos acceso a él, haremos esta habilitación del módulo mediante software. Los terminales Tx y Rx, como ya hemos comentado, son los que realizarán la comunicación con el PIC.

4.1.8 Módulo GSM/GPRS

Para hacer posible la comunicación entre nuestro sistema y el servicio de emergencias 112 necesitamos este módulo para así poder enviar las coordenadas de localización GPS del vehículo y los parámetros importantes que hayan condicionado el accidente.

Al igual que el módulo anterior también utiliza el protocolo de comunicación RS-232, por tanto del modo serie y asíncrona.

Se puede comprobar que el PIC sólo tiene un terminal para Tx y otro para Rx por tanto se puede deducir el problema que tendremos para poder comunicar dos

módulos con el mismo protocolo de comunicación que no permiten la conexión paralela entre ambos. Para solucionar este problema mostramos la solución en el siguiente apartado.

Mientras tanto, el circuito diseñado para esta etapa es el siguiente.

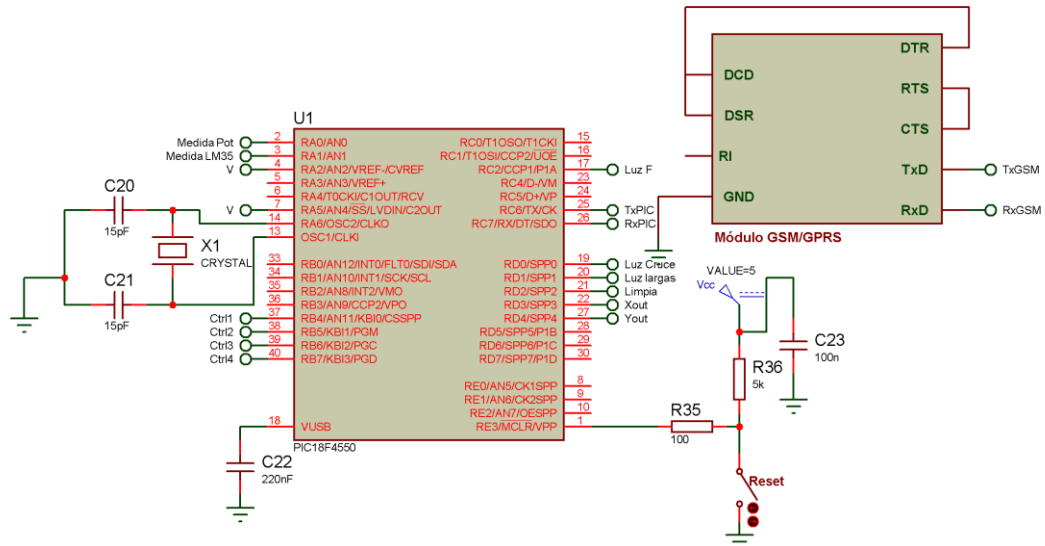


Figura 25. Diseño de la etapa del módulo GSM/GPRS SM5100B junto con el PIC.

Este módulo, a diferencia del módulo GPS, contiene los 9 terminales que integran el protocolo de comunicación RS-232.

Existen dos tipos de conexión para este protocolo:

- Handshaking. Este método se utiliza para regular y controlar el flujo de datos a través de la conexión cuando se necesita conocer el estado del sistema que los recibe.

Para tener una idea de esto se presentan los terminales que posee esta comunicación:

Pin DB-25	Pin DB-9	Nombre	Función
2	3	TxD	Transmisión de datos (Salida)
3	2	RxD	Recepción de datos (Entrada)
4	7	RTS	Petición de envío (Salida)
5	8	CTS	Preparado para enviar (Entrada)
6	6	DSR	Dispositivo de datos listo (Entrada)
7	5	Común	Común (Referencia)
8	1	DCD	Detección de portadora de datos (Entrada)
20	4	DTR	Terminal de datos listo (Salida)
22	9	RI	Indicador de llamada (Entrada)

Algunas de las señales provienen de las características necesarias para poder detectar el estado de un módem, pero no suelen ser necesarias para aplicaciones normales. Por ejemplo, para conectar dos ordenadores personales (dispositivos DTE) con señales de acoplamiento, sería necesario efectuar las conexiones descritas en la siguiente figura.

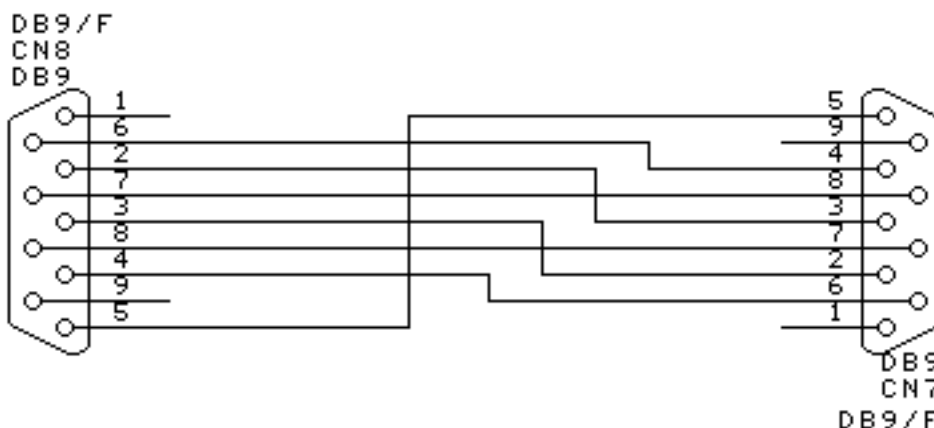


Figura 26.Conexión de los terminales de dos DB9 con las señales de handshaking conectadas.

- Módem-null. Este método se utiliza cuando no son necesarias las conexiones de handshaking. Se conectan ciertos terminales con otros de forma que sólo se utilizan Tx, Rx y GND. Así como se demuestra en la siguiente figura.

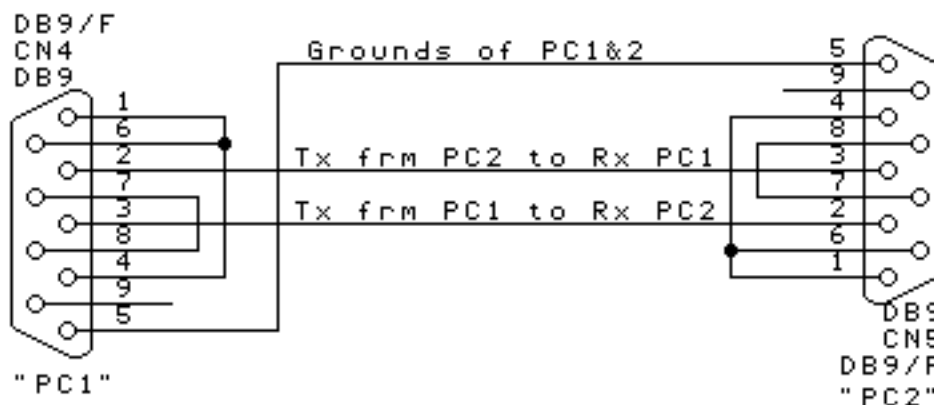


Figura 27.Conexión de los terminales de dos DB9 con las señales de handshaking no conectadas.

4.1.9 Método de comunicación

Como se ha comentado en el capítulo anterior, la comunicación entre los módulos y el PIC se realiza con el protocolo RS-232 y, por lo tanto, no admite la conexión en paralelo de los módulos. Es decir, no se pueden conectar dos terminales Tx y dos terminales Rx a los mismos terminales del PIC, debe establecerse un método de comunicación o bien por hardware o bien por software para que se realice dicha comunicación de forma correcta dentro del protocolo establecido.

Por tanto, para conseguir la comunicación desde el PIC a los módulos y viceversa utilizamos un método sencillo de consultar uno por uno a cada módulo de forma que sólo exista la comunicación entre el PIC y uno de los módulos en un instante de tiempo. Para esto utilizamos cuatro buffers tri-state integrados en un mismo circuito integrado (74LS125). Estos buffers disponen de un terminal de control para habilitar el paso de la señal o no y escogeremos desde el propio PIC si queremos comunicarnos con el módulo GPS o con el módulo GSM/GPRS. Así, el diseño de esta etapa es el siguiente.

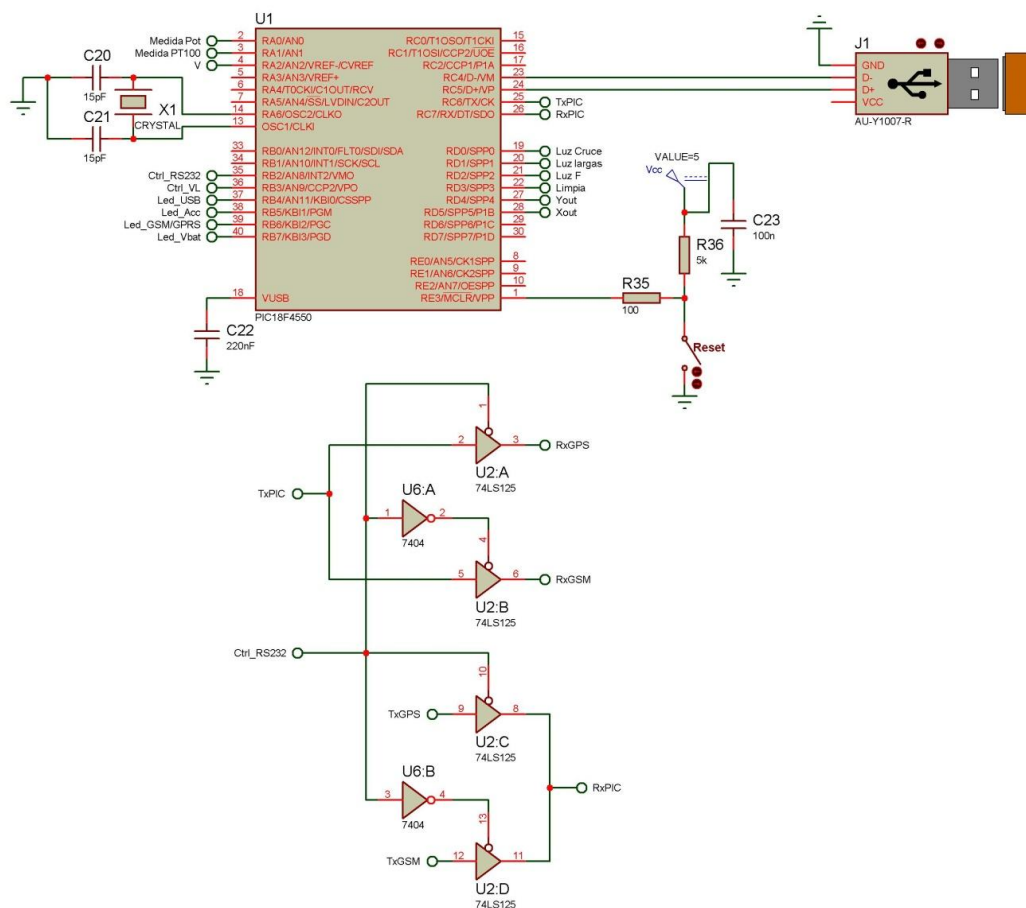


Figura 28. Esquema de selección de la comunicación entre el PIC y los módulos.

4.1.10 Protecciones

Todo circuito ha de estar protegido contra posibles interferencias que afecten al correcto funcionamiento de este, prestando una mayor atención a la protección de la electrónica analógica por su mayor sensibilidad e importante función en la adquisición de las medidas.

La etapa acondicionadora de las señales registradas debe estar protegida contra posibles interferencias de entrada de forma que una señal externa espontánea de alto voltaje no pueda dañar a la circuitería que encuentra a su paso.

Empezando por los puentes de medida, será necesario la incorporación de ciertos componentes de protección:

Para la protección frente a transitorios de alta tensión y corta duración en medidas de resistencia (PT-100) se utilizarán varistores, de una tensión mayor a la utilizada en la etapa escogiendo los de $V_{trabajo}$ 18V. Para las medidas de tensión se dispondrá de dos diodos zener en antiserie, con objeto de recortar los posibles picos de tensión que pueden afectar a la medida en modo diferencial, teniendo en cuenta que deberán ser de tensión mayor a la del circuito. Juntamente se colocaran unas resistencias limitadoras de corriente de $10k\Omega$ y un condensador de $100nF$ en paralelo para filtrar los ruidos eléctricos a frecuencias elevadas por los zeners.

Para el caso de las entradas digitales correspondientes a las luces y señal del limpiaparabrisas, se colocarán para eliminar los transitorios varistores 18V, debido al hecho de trabajar con divisores de tensión. Juntamente para proteger las entradas del PIC se añadirán unos diodos junto con los condensadores para eliminar los ruidos a frecuencias altas. Lo que se conseguirá con los diodos será derivar cualquiera tensión, ya sea positiva, hacia V_{cc} o negativa, hacia masa, de forma que se eviten valores de voltaje no permitidos a la entrada de los puertos.

Otra medida de protección consistirá en la colocación de condensadores de desacoplo para la conexión con alimentación de cualquier componente pasivo.

4.1.11 Componentes utilizados

Listado de componentes del Sistema

Bloque Analógico

Componente	Unidad	Observaciones
R=3400Ω	3	2%tol. (E96) Película Metálica
R=2370Ω	4	2%tol. (E96) Película Metálica
R=100Ω	3	2%tol. (E96) Película Metálica
R=1240Ω	4	2%tol. (E96) Película Metálica
R=10kΩ	6	2%tol. (E96) Película Metálica
S14K14	4	VR 14V
1N 4740A	2	Zener 10V
ICL8069	3	Zener referencia 1.23V
C=100nF	10	Poliéster
OPA177F	3	AO precisión
R=9.31kΩ	1	2%tol. (E96) Película Metálica
R=121kΩ	1	2%tol. (E96) Película Metálica
R=464Ω	1	2%tol. (E96) Película Metálica
R=9,76kΩ	2	2%tol. (E96) Película Metálica
R=374Ω	1	2%tol. (E96) Película Metálica

Bloque Digital

Componente	Unidad	Observaciones
R=10kΩ	4	2%tol. (E96) Película Metálica
R=16,5kΩ	4	2%tol. (E96) Película Metálica
S14K14	4	VR 14V
1N 4007	8	Diodo
C=1uF	8	Cerámico 50V

Bloque central

Componente	Unidad	Observaciones
ADXL210	1	Acelerómetro 2 ejes
R=250kΩ	1	5% tol.
C=100nF	2	Cerámico
C=15pF	2	Cerámico
Xtal 20Mhz	1	Oscilador Cuarzo
C=220nF	1	Poliéster
C=100nF	9	Poliéster
R=5kΩ	1	5% tol.
R=100Ω	1	5% tol.
led	4	Visualización dinámica
R=330Ω	1	5% tol.
74LS120	1	Buffer tri-state
SN7404	1	Inversor
SM5100B	1	Módulo Telefonía GSM/GPRS Sparkfun
SM5100B EB	1	Evaluation Board Sparkfun
EM-408	1	Módulo GPS Sparkfun
PIC18F4550	1	Microchip
REF3040	1	Tensión de referencia 4,096V
Pulsador	1	Reset

Bloque
Alimentación

Componente	Unidad	Observaciones
R=700Ω	1	5% tol.
VL2330	1	Pila botón
BAT43	3	Diodo Schottky
1N4007	1	Diodo
C=0,33uF	1	Electrolítico
C=0,1uF	1	Electrolítico
C=10uF	2	Electrolítico
C=100nF	1	Poliéster
ICL7660	1	Convertidor de tensión
7805	1	Regulador de tensión
Pulsador	1	Desconexión batería

4.1.12 Planos del diseño del proyecto