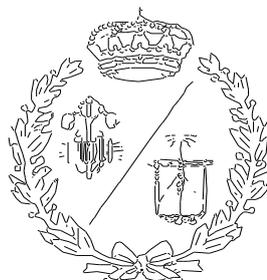


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto / Trabajo Fin de Carrera

**SISTEMA DE SEGURIDAD
DETECCIÓN-SEÑALIZACIÓN PARA
SITUACIONES VIALES DE ESCASA
VISIBILIDAD**

**SAFETY SYSTEM
DETECTION-SIGNPOSTING FOR
ROAD SITUATIONS OF LIMITED VISIBILITY**

Para acceder al Título de

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

Autor: Alberto Maza Herrero

Septiembre - 2013

ÍNDICE

A. MEMORIA	9
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS	12
CAPITULO 1. PROBLEMA INICIAL Y POSIBLES SOLUCIONES	13
1.1 PROBLEMA INICIAL	14
1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS POSIBLES SOLUCIONES	14
1.2.1 SISTEMA CABLEADO	15
1.2.2 SISTEMA CON COMUNICACIÓN INALÁMBRICA BIDIRECCIONAL	16
1.2.3 SISTEMA CON COMUNICACIÓN INALÁMBRICA UNIDIRECCIONAL	17
CAPITULO 2. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA	18
2.1 ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA	19
2.2 DETECCIÓN DE VEHÍCULOS	19
2.2.1 MANGUERA NEUMÁTICA	19
2.2.2 SENSORES PIEZOELÉCTRICOS	20
2.2.3 SENSORES EN BASE A CABLES DE FIBRA ÓPTICA	21
2.2.4 LAZOS INDUCTIVOS	21
2.3 CONTROL	22
2.3.1 MICROCONTROLADOR PIC16F84 DE MICROCHIP	22
2.3.2 ARDUINO Y SU ATMEGA328	23
2.3.3 MICROCONTROLADOR PIC16F877 DE MICROCHIP	24
2.4 COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS	25
2.4.1 CABLEADO FÍSICO	25
2.4.2 COMUNICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA	25
2.4.2.1 TRASMISOR Y RECEPTOR TLP434A Y RLP434A	26
2.4.2.2 TRANSCEPTORES BASADOS EN EL NRF24L01	26
2.5 CONFIGURACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS	28
2.5.1 CONFIGURACIÓN A TRAVÉS DE INTERRUPTORES DIP	28
2.5.2 CONFIGURACIÓN CON UTILIZACIÓN DE UN LCD	29
2.6 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN	29
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	31
3.1 FUNCIONAMIENTO	32

3.1.1 TIPO 1: ZONA DE DETECCIÓN ALEJADA DE LA ZONA DE SEÑALIZACIÓN	33
3.1.1.1 EJEMPLO EN UNA UBICACIÓN REAL TIPO 1	34
3.1.2 TIPO 2: DETECTORES Y SEÑALIZADORES MÚLTIPLES	36
3.1.2.1 EJEMPLO EN UNA UBICACIÓN REAL TIPO 2	37
3.1.3 TIPO 3: ZONAS DE DETECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN MUY CERCANAS	39
3.1.4 OTROS CASOS NO CONTEMPLADOS	39
3.2 RESUMEN DE PRESTACIONES DEL SISTEMA	40
CAPÍTULO 4. FUNCIONAMIENTO POR BLOQUES	41
4.1 FUNCIONAMIENTO POR BLOQUES	42
4.2 BLOQUE DE DETECCIÓN Y ACONDICIONADO DE LA SEÑAL	42
4.2.1 OSCILADOR INDUCTIVO	42
4.2.1.1 OSCILADOR LC	43
4.2.1.2 OSCILADOR COLPITTS	44
4.2.1.3 BUCLE INDUCTIVO	46
4.2.1.4 ACONDICIONADO DE LA SEÑAL	47
4.2.2 SISTEMA DE CONTROL	49
4.2.2.1 FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO	50
4.2.2.2 RESET GLOBAL	50
4.2.2.3 PUERTOS DEL PIC	51
4.2.2.3.1 PORT A	51
4.2.2.3.2 PORT B	53
4.2.2.3.3 PORT C	53
4.2.2.3.4 PORT D	54
4.2.2.3.1 PORT E	55
4.2.3 BLOQUE DE COMUNICACIÓN	56
4.2.4 SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN	56
4.2.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	57
CAPÍTULO 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA	58
5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA	59
5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PIC16F877	59
5.2.1 CONFIGURACIÓN DE LOS PINES	60
5.2.2 OSCILADOR EXTERNO	63
5.2.3 RESET	64
5.2.4 ARQUITECTURA INTERNA DEL MICROCONTROLADOR	65

5.2.5 MEMORIA DE PROGRAMA (FLASH)	67
5.2.6 VECTOR DE RESET	67
5.2.7 VECTOR DE INTERRUPCIÓN	67
5.2.8 PILA (STACK)	67
5.2.9 MEMORIA DE DATOS (RAM)	68
5.2.10 FUNCIÓN DE ALGUNOS REGISTROS ESPECIALES	70
5.2.11 MÓDULO DEL CONVERTIDOR ANALÓGICO A DIGITAL	74
5.2.11.1 REGISTROS DE CONTROL DEL MÓDULO A/D	76
5.2.11.2 REQUERIMIENTOS PARA EL MUESTREO	78
5.2.11.3 SELECCIÓN DE LA FRECUENCIA DE CONVERSIÓN	78
5.2.11.4 FORMA DE REALIZAR UNA CONVERSIÓN A/D	78
5.2.12 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PIC16F877	79
5.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OSCILADOR	79
5.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PN2222A	80
5.3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL AD817	81
5.3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BUCLE INDUCTIVO	82
5.3.3.1 GEOMETRÍA E INSTALACIÓN	82
5.3.3.2 NÚMERO DE VUELTAS DEL LAZO INDUCTIVO	82
5.3.3.3 RECOMENDACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL CABLE	83
5.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TRANSCPTORES	84
5.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONVERTIDOR DC/DC	86
5.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CAJA	87
5.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA SEÑALIZACIÓN Y PANELES SOLARES	88
CAPÍTULO 6. PROGRAMACIÓN	89
6.1 PROGRAMACION DE LOS DISPOSITIVOS	90
6.2 LENGUAJE, ENTORNO Y HARDWARE	90
6.3 PROGRAMA DEL DISPOSITIVO TRASMISOR-DETECTOR	92
6.3.1 FLUJOGRAMAS PROGRAMA TRASMISOR-DETECTOR	92
6.3.1.1 FUNCION PRINCIPAL DEL PROGRAMA TRASMISOR-DETECTOR	93
6.3.1.2 FUNCION FUN_MODO0 TRASMISOR-DETECTOR	94
6.3.1.3 FUNCION FUN_MODO1 TRASMISOR-DETECTOR	95
6.3.1.4 FUNCION FUN_MODO2 TRASMISOR-DETECTOR	96
6.3.1.5 FUNCION CONFIGURACION TRASMISOR-DETECTOR	96
6.3.1.6 FUNCION FUNCIONAMIENTO TRASMISOR-DETECTOR	97

6.3.1.7 FUNCION CONFIGURACION_MODO0 TRASMISOR-DETECTOR	98
6.3.1.8 FUNCION CONFIGURACIONCALIBRACION TRASMISOR-DETECTOR	99
6.3.1.9 FUNCION CALIBRACION TRASMISOR-DETECTOR	100
6.3.1.10 FUNCION ERROR TRASMISOR-DETECTOR	100
6.3.1.11 INTERRUPCION RTCC_ISR TRASMISOR-DETECTOR	101
6.3.2 CÓDIGO DEL PROGRAMA TRASMISOR-DETECTOR	102
6.4 PROGRAMA DEL DISPOSITIVO RECEPTOR-SEÑALIZADOR	122
6.4.1 FLUJOGRAMAS PROGRAMA RECEPTOR-SEÑALIZADOR	122
6.4.1.1 FUNCION PRINCIPAL DEL PROGRAMA RECEPTOR-SEÑALIZADOR	122
6.4.1.2 FUNCION FUN_MODO0 RECEPTOR-SEÑALIZADOR	123
6.4.1.3 FUNCION FUN_MODO1 RECEPTOR-SEÑALIZADOR	124
6.4.1.4 FUNCION CONFIGURACION RECEPTOR-SEÑALIZADOR	124
6.4.1.5 FUNCION ERROR RECEPTOR-SEÑALIZADOR	125
6.4.1.6 FUNCION FUNCIONAMIENTO RECEPTOR-SEÑALIZADOR	125
6.4.1.7 FUNCION CONFIGURACION_MODO0 RECEPTOR-SEÑALIZADOR	126
6.4.1.8 INTERRUPCION RTCC_ISR RECEPTOR-SEÑALIZADOR	127
6.4.1.9 INTERRUPCION INT_EXTERNO RECEPTOR-SEÑALIZADOR	127
6.4.2 CÓDIGO DEL PROGRAMA RECEPTOR-SEÑALIZADOR	128
CAPÍTULO 7. PROTOTIPOS	138
7.1 PROTOTIPOS	139
7.2 DISPOSITIVO TRASMISOR-DETECTOR	143
7.2.1 TARJETA DEL OSCILADOR INDUCTIVO	143
7.2.2 TARJETA DEL CONTROLADOR	145
7.3 DISPOSITIVO RECEPTOR-SEÑALIZADOR	147
7.4 LAZOS INDUCTIVOS	149
7.5 PROCESO DE CONFIGURACION DE LOS DISPOSITIVOS	150
7.5.1 CONFIGURACION DE UN TRASMISOR-DETECTOR	151
7.5.2 CONFIGURACION DE UN RECEPTOR-SEÑALIZADOR	160
7.6 DISEÑO DEL PCB	160
7.6.1 SOFTWARE UTILIZADO	161
CAPÍTULO 8. SIMULACIONES Y RESULTADOS PRÁCTICOS	162
8.1 SIMULACIONES Y RESULTADOS PRACTICOS	163
8.2 INSTRUMENTACION Y SOFTWARE UTILIZADO	163
8.3 CONSUMO DE POTENCIA DE LAS TARJETAS	166

8.4 SIMULACIONES Y RESULTADOS PRACTICOS DEL OSCILADOR INDUCTIVO	168
8.4.1 MEDIDAS DE LOS LAZOS INDUCTIVOS	168
8.4.1.1 MEDIDAS DEL LAZO INDUCTIVO DE MEDIDAS 2X1,5M	168
8.4.1.2 MEDIDAS DEL LAZO INDUCTIVO DE MEDIDAS 150X150MM	168
8.4.2 MEDIDAS Y SIMULACIONES DE FRECUENCIAS DE OSCILACION	169
8.4.2.1 MEDIDAS DE FRECUENCIA CON EL LAZO INDUCTIVO 2X1,5M	169
8.4.2.1.1 MEDIDAS CON EL LAZO INDUCTIVO 2X1,5M C=47NF	169
8.4.2.1.2 MEDIDAS CON EL LAZO INDUCTIVO 2X1,5M C=33NF	170
8.4.2.1.3 MEDIDAS CON EL LAZO INDUCTIVO 2X1,5M C=22NF	171
8.4.2.1.4 MEDIDAS CON EL LAZO INDUCTIVO 2X1,5M C=10NF	172
8.4.2.2 MEDIDAS FRECUENCIA CON EL LAZO INDUCTIVO 150X150MM	173
8.4.2.2.1 MEDIDAS CON EL LAZO INDUCTIVO 150X150MM C=47NF	173
8.4.2.2.2 MEDIDAS CON EL LAZO INDUCTIVO 150X150MM C=10NF	174
8.4.2.3 SIMULACION DE FRECUENCIA CON EL LAZO INDUCTIVO 2X1,5M	175
8.5 SIMULACIONES Y RESULTADOS PRACTICOS DEL CONTROL	176
8.5.1 SIMULACION SIN DETECCION	176
8.5.2 SIMULACION CON DETECCION	178
8.5.3 SIMULACION TRAS LA DETECCION	180
8.5.4 CONCLUSIONES DE LAS SIMULACIONES Y MEDIDAS DEL CONTROL	182
CAPÍTULO 9. CÁLCULOS	185
9.1 CALCULOS	186
9.2 CALCULOS DEL OSCILADOR PARA EL LAZO DE 2X1,5M A 100KHZ	186
9.3 CALCULOS DE LAS FRECUENCIAS CON LOS OTROS CONDENSADORES	187
CAPÍTULO 10. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	188
10.1 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	189
10.2 LEGISLACION APLICABLE	189
10.3 RIESGOS EN EL SUELO	189
10.4 RIESGOS DE EMISIONES GASEOSAS	189
10.5 RIESGOS DE VERTIDOS LIQUIDOS	189
10.6 IMPACTO VISUAL	189
10.7 GENERACION DE RUIDOS	189
10.8 GENERACION DE RESIDUOS	190
10.9 IMPACTO SOBRE LA FAUNA Y LA AVIFAUNA	190
10.10 IMPACTO SOBRE LA FLORA	190

10.11 IMPACTO SOCIAL	190
10.12 RESUMEN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL SISTEMA	190
CAPÍTULO 11. BIBLIOGRAFÍA	191
11.1 LIBROS	192
11.2 APUNTES	192
11.3 PAGINAS WEB	193
B. ANEXOS	195
1.1 CODIGO DE LAS LIBRERIAS USADAS EN LA PROGRAMACION DEL SISTEMA	196
1.2 CODIGO DE LA LIBRERIA LIB_RF2GH4_10.H	196
1.3 CODIGO DE LA LIBRERIA LCD.C	213
C. PLANOS	218
PLANO Nº1: ESQUEMATICO DEL OSCILADOR INDUCTIVO	219
PLANO Nº2: ESQUEMATICO DE LOS ELEMENTOS DE CONFIGURACION	220
PLANO Nº3: ESQUEMATICO DEL MICROCONTROLADOR PIC16F877A	221
PLANO Nº4: ESQUEMATICO DE LA SALIDA A RELÉ	222
PLANO Nº5: ESQUEMATICO DE LA ALIMENTACION Y EL CONECTOR DE NRF24L01	223
PLANO Nº6: PCB POSICION DE LOS ELEMENTOS	224
PLANO Nº7: PCB CAPA TOP	225
PLANO Nº8: PCB CAPA BOTTOM	226
D. PLIEGO DE CONDICIONES	227
1. DESCRIPCION DEL PRODUCTO	228
2. REVISION DE PRECIOS	228
3. GARANTIA	229
4. VERIFICACION Y FUNCIONAMIENTO	229
5. SEGURIDAD E HIGIENE	229
6. DISPOSICIONES APLICABLES	229
E. PRESUPUESTO	230
1.1 INTRODUCCION	231
1.2 MANO DE OBRA	232
1.3 MATERIAS PRIMAS	233
1.3.1 MATERIAS PRIMAS TRASMISOR-RECEPTOR	233
1.3.2 MATERIAS PRIMAS RECEPTOR-SEÑALIZADOR	234
1.3.3 COSTE TOTAL MATERIAS PRIMAS	236
1.4 PUESTO DE TRABAJO	237

1.5 COSTE DE FABRICACION	239
1.6 GASTOS GENERALES Y GASTOS SOCIALES	240
1.7 COSTE EN FABRICA	241
1.8 GASTOS COMERCIALES, COSTE TOTAL Y BENEFICIOS	242
1.9 PRECIO DE VENTA AL PUBLICO	243
F. CONCLUSIÓN	245

A. MEMORIA

INTRODUCCIÓN

Introducción

El objeto del presente Proyecto Final de Carrera es la creación de un prototipo de un sistema de señalización en las carreteras con el fin de aumentar la seguridad en ciertas vías que, debido a sus características, la circulación por ellas o la toma de decisiones se puedan llevar a cabo en mejores condiciones de seguridad. Este nuevo tipo de señalización será autosuficiente y aportará información a los conductores acerca del tráfico que les rodea.

El sistema consistirá en una señalización que detecte la circulación de un vehículo por un determinado lugar de una vía y la posterior advertencia a otros conductores de la vía de este hecho. Esta información puede ser de gran utilidad en determinadas circunstancias como es el caso de incorporaciones y cruces en los cuales, por la razón que fuese, la visibilidad y por tanto la seguridad no sea óptima. Otros posibles objetivos para este sistema las carreteras con circulación en ambos sentidos que de nuevo por razón de escasa visibilidad, malas condiciones de la calzada, o factores climatológicos hagan que el conocimiento de la existencia de circulación de vehículos en sentido contrario sirvan para extremar las precauciones y conseguir de esta manera una conducción más segura y una reducción de los accidentes. Este sistema de detección y señalización puede ser utilizado también en otros escenarios en los que la seguridad no sea el factor determinante y si la fluidez del tráfico como podría ser el caso de pasos estrechos, aplicaciones para parkings o cualquier otra situación en la que un sistema de las características que se expone resultase de utilidad.

Objetivos

- Llevar a cabo un proceso de desarrollo idea inicial para dar la mejor solución posible al problema planteado en este proyecto.
- Diseñar un sistema capaz de llevar a la realidad la solución adoptada para el problema, seleccionando cada uno de sus elementos.
- Realizar las simulaciones previas a la implementación física del sistema.
- La programación de los microcontroladores, así como la debida documentación del código.
- Creación de los dispositivos prototipos del sistema, su prueba y documentación de cómo se debe efectuar su configuración y puesta en funcionamiento.
- Diseño del PCB del sistema para su posterior fabricación.
- La elaboración de un presupuesto para una tirada de mil dispositivos.

CAPÍTULO 1. PROBLEMA INICIAL Y POSIBLES SOLUCIONES

CAPÍTULO 1. PROBLEMA INICIAL Y POSIBLES SOLUCIONES

1.1 Problema inicial

Como se puede ver en la introducción, el presente proyecto trata de dar una solución a aquellas situaciones en las que por la razón que fuese se necesita señalar en una zona la existencia de circulación por otra determinada zona, siendo la visibilidad entre ambas dificultosa o inexistente de forma permanente o temporalmente debido a, por ejemplo, situaciones meteorológicas.

La solución a su vez tratara de cubrir un rango más amplio, pudiendo señalar en varias zonas la circulación por una sola o al revés pudiendo señalar en una sola zona la circulación por varias.

1.2 Descripción de las posibles soluciones

Con el fin de llegar la mejor solución, se siguió un proceso de desarrollo desde la idea inicial hasta definir las características finales que debería tener el sistema, haciéndolo eficaz, versátil y de bajo coste. A continuación veremos esquemáticamente algunas de las soluciones que se adoptaron a lo largo del desarrollo del proyecto.

1.2.1 Sistema cableado

En esta primera solución, la zona en la que se detecta el vehículo y la zona en la que se señala están comunicadas por medio de un cable que une ambas zonas.

En la *Figura 1* se puede ver un esquema de cómo en la zona de detección se capta el paso del coche rojo y por medio de un cable se envía esta información a la zona de señalización, donde se advertirá por medio de una señalización apropiada dicha presencia al coche azul.

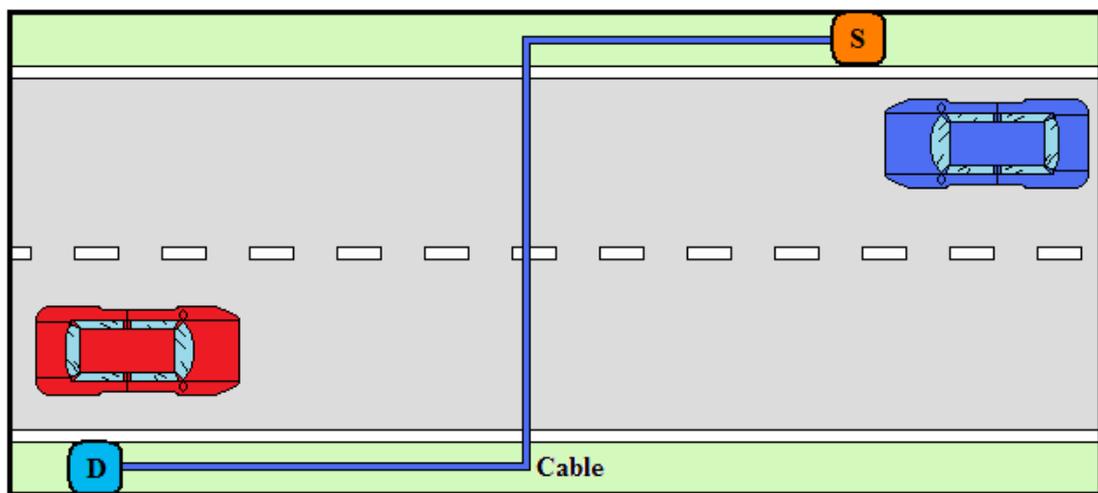


Figura 1 Sistema cableado.

Este sistema ofrece una programación y un diseño más sencillo debido a que solo se necesita una unidad de control pero por otra parte, se incrementa el coste debido al cableado. Además de esto, para situaciones en las que existan varias zonas de detección y señalización, la cantidad de cable aumenta, incrementándose el coste y la complejidad de su instalación, por estas razones este sistema ofrece poca versatilidad.

1.2.2 Sistema con comunicación inalámbrica bidireccional

En esta solución, se utiliza una comunicación inalámbrica por radio frecuencia pero no se prescinde del todo del cableado. Por un lado, una tarjeta que se encarga de la detección y de la comunicación inalámbrica. De esta manera cuando detecte la presencia de un vehículo comunicará inalámbricamente esta situación a otra tarjeta que estará encargada (o no) de la detección de la circulación en el otro sentido y de comunicar por medio de cableado hasta una señalización dirigida al tráfico de su sentido de circulación. Del mismo modo cuando esta tarjeta detecte un vehículo en su vía lo comunicara por RF a la otra tarjeta y que de la misma manera, por medio de cableado, controlara su señalización.

En la *Figura 2* podemos ver como ambas tarjetas detectoras (D) detectan sus respectivos coches de su carril y se lo comunican inalámbricamente la una a la otra. Después de esto, cada una mandará la orden por medio de cable a la zona de señalización.

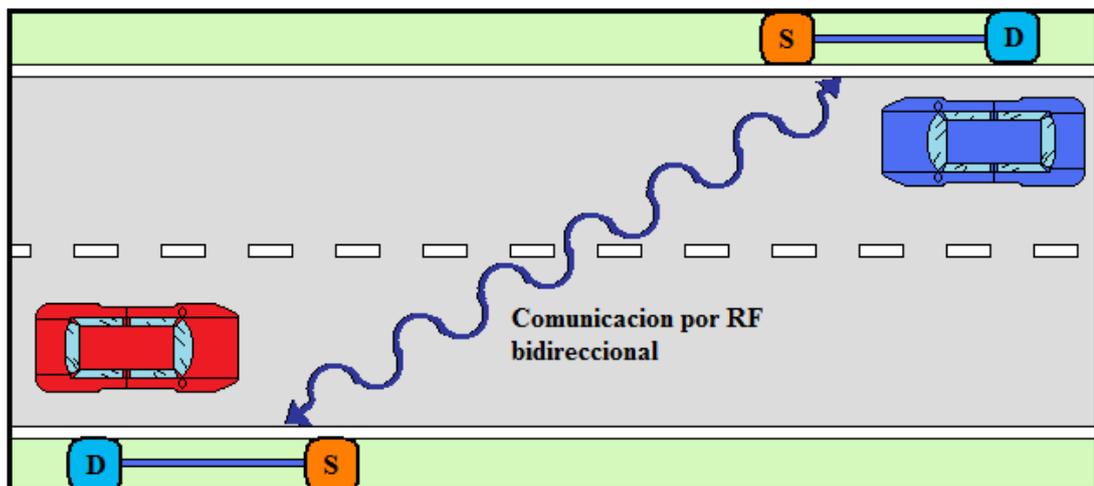


Figura 2 Sistema con comunicación bidireccional.

Este sistema a priori utiliza menos cable que en el anterior, siendo de más fácil instalación y menor coste. Por otro lado su programación es más compleja ya que debe de comunicarse por RF y pesar de utilizar menos cable, sigue siendo poco flexible.

1.2.3 Sistema con comunicación inalámbrica unidireccional

En esta última solución, contamos con una tarjeta encargada de la detección y otra para la señalización. Cuando es detectado un vehículo, la tarjeta detectora se lo comunica a la encargada de la señalización. Las comunicaciones solo tendrán una dirección, de la tarjeta detectora a la señalizadora, simplificándose así la programación aunque necesitando dos programas diferentes uno para la detección y transmisión y otra para la recepción y señalización.

En la *Figura 3* se puede ver como la detección de cada coche es comunicada de forma inalámbrica a su correspondiente tarjeta.

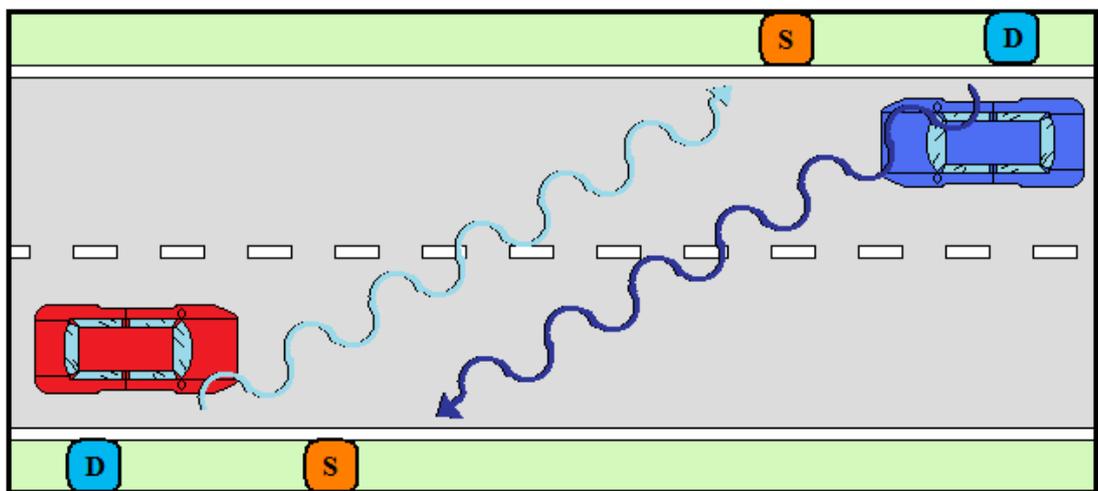


Figura 3 Sistema con comunicación unidireccional.

Esta es la solución elimina las comunicaciones por cable dándole la mayor versatilidad de las soluciones vistas. Por otro lado, con este sistema, en determinados casos con dos zonas de detección y señalización, el doble de tarjetas controladoras que en los anteriores casos y por lo tanto el doble de sistemas de alimentación. A pesar de esto, esta es la solución elegida para llevar a cabo el proyecto puesto que es mucho más flexible y fácil de instalar.

CAPÍTULO 2. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA

CAPÍTULO 2. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA

2.1 Elementos principales del sistema

En este punto veremos cuáles fueron las alternativas para algunos de los elementos más importantes del sistema así como las razones que llevaron a decantarse por ellos. Estos elementos son los siguientes:

- Detección de vehículos
- Control
- Comunicación entre dispositivos
- Configuración de los dispositivos
- Sistema de alimentación

2.2 Detección de vehículos

La detección de los vehículos es una de las partes más importante del sistema. Para que esta labor se realice correctamente se necesita un buen dispositivo de detección así como una buena programación. Por esta razón se barajaron diferentes posibilidades en cuanto a los sistemas de detección que están a disposición en el mercado y se utilizan frecuentemente en el tráfico centrándonos en los sensores instalados en el pavimento por razones de coste y facilidad de instalación.

2.2.1 Manguera neumática

Son sensores de ejes que detectan el paso del vehículo en base al impulso de presión que se genera. Pueden contar y clasificar, pero solo para utilización temporal y en tránsitos fluidos. Cuando la manguera atraviesa varios carriles debe estar protegida (con “Roadtrax” o similar) en los carriles en los que no esté efectuando la medida. Hay que cuidar también la fijación de la manguera a la calzada para evitar que los vehículos la arrastren o la rompan.



Figura 4 Manguera neumática.

2.2.2 Sensores piezoeléctricos

Son sensores de ejes. Un par de sensores piezoeléctricos colocados a una distancia conocida permiten calcular la velocidad del vehículo y clasificarlo con precisión. Se utilizan normalmente junto con un lazo inductivo situado entre ellos para poder separar unos vehículos de otros, en configuración piezo-lazo-piezo. También pueden utilizarse dos lazos inductivos con un sensor piezoeléctrico en configuración lazo-piezo-lazo, pero la primera (piezo-lazo-piezo) es la que proporciona mayor precisión. Detectan el paso del vehículo en base a la carga eléctrica que se genera en el material piezoeléctrico cuando es pisado por una rueda. Su campo de aplicación va desde 1 Km/h hasta 180 Km/h.



Figura 5 Sensores piezoeléctricos.

2.2.3 Sensores en base a cables de fibra óptica

Son sensores de ejes que detectan el paso del vehículo por la variación de la conductividad óptica de un cable de fibra óptica pisado por la rueda del vehículo. Su utilización es análoga a la de los sensores piezoeléctricos, pero cubriendo velocidades desde “0” Km/h, por lo que son los únicos sensores que permiten clasificar en base al número de ejes en situaciones de circulación a vuelta de rueda, arranque-parada, etc.



Figura 6 Sensores de fibra óptica.

2.2.4 Lazos inductivos

No son sensores de ejes. Se pueden utilizar en forma temporal o permanente, siendo esta última la más normal. Detectan el paso del vehículo por variación de la masa magnética sobre el lazo. No detectan con detalle el eje, de modo que no pueden diferenciar el eje doble o el eje triple de un eje sencillo. Son económicos. Permiten clasificar vehículos, pero sin precisar exactamente el número de ejes.



Figura 7 Lazos inductivos.

Esta es la opción escogida porque nos aporta justo la información necesaria para el control que se quiere llevar a cabo, por su bajo coste (el más bajo de las opciones contempladas, fácil instalación y ser uno de los métodos de control de tránsito más empleados.

2.3 Control

En este punto se tuvo en cuenta varias opciones a la hora de la recepción de los datos y posterior procesamiento. Las alternativas para el control del sistema fueron las siguientes:

2.3.1 Microcontrolador PIC16F84 de Microchip

El PIC16F84 es un microcontrolador a 8 bits de la familia PIC perteneciente a la *Gama Media* (según la clasificación dada a los microcontroladores por la misma empresa fabricante) Microchip. En los últimos años se ha popularizado el uso de este microcontrolador debido a su bajo costo y tamaño. Se ha usado en numerosas aplicaciones, que van desde los automóviles a decodificadores de televisión. Es muy popular su uso por los aficionados a la robótica y electrónica.



Figura 8 PIC16F84.

Se tuvo en cuenta en las primeras fases del proyecto pero se abandono la idea al concretar que la comunicación iba a realizarse por radio frecuencia. Además con el desarrollo del proyecto se habría quedado pequeño en cuanto a pines de entrada y de salida.

2.3.2 Arduino y su ATMEGA328

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque (*boot loader*) que corre en la placa. Sin embargo, es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino.

El microprocesador ATmega328 8-Bit con 28 pines y encapsulado DIP cuenta con 32K para programar, 23 E/S, 6 de las cuales son 10-bit ADC y es capaz de correr hasta a 20 MHz con el cristal externo adecuado. Puede programarse en línea y puede alimentarse desde 1.8V a 5V.

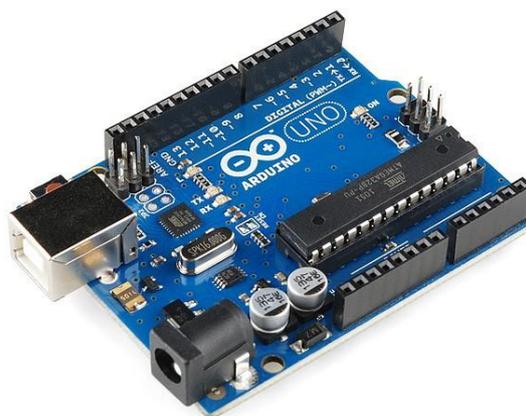


Figura 9 Arduino UNO.

A pesar de tratarse de un dispositivo versátil, económico y con multitud de información tiene cierta limitación en cuanto a entradas y salidas. Esto unido al interés en la creación de una tarjeta propia para el desarrollo del proyecto hizo que se desestimase.

2.3.3 Microcontrolador PIC16F877A de Microchip

Se ha seleccionado a Microchip y en particular la serie 16F87X, por el hecho de que es sencillo en el manejo y contiene un buen promedio elevado en los parámetros (velocidad, consumo, tamaño, alimentación). Además de esto, es abundante información y herramientas de diseño existente en el mercado (tanto local como internacional).

El Pic16F877A pertenece a la gama media de Microcontroladores donde encontraremos modelos desde 18 hasta 68 pines, su repertorio de instrucciones es de 35, de 14 bits cada una (Todas las instrucciones sonde un solo ciclo con excepción de las ramificaciones del programa que sonde dos ciclos). Disponen de interrupciones y una pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas. Se le puede encontrar en un tipo de encapsulado de 40 pines (ò patas) PDIP el cual es el más utilizado para su utilización didáctica en proyectos. Cuenta con una arquitectura Harvard en la que son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso.

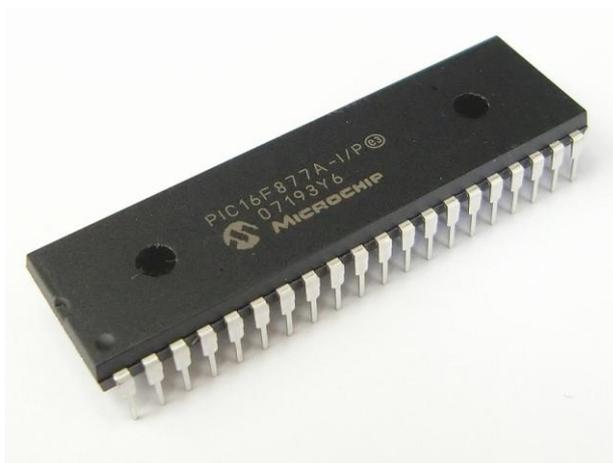


Figura 10 PIC16F877A.

Esta será finalmente la opción elegida al tratarse de un microcontrolador potente, con muchos recursos, numerosos pines de entradas y salidas, con los puertos necesarios para establecer comunicaciones con dispositivos emisores y receptores de radiofrecuencia. Estas características, que se verán de forma más amplia posteriormente, hicieron que el microcontrolador fuese capaz de adaptarse a los cambios de diseño y programación que se llevaron a cabo en el desarrollo del proyecto.

2.4 Comunicación entre los dispositivos

Debido a las características del sistema será necesario que exista una comunicación entre dos puntos distanciados, la zona de detección y la zona de señalización. Por un lado tenemos la zona de detección, lugar en el cual el vehículo que circula por una zona concreta de la vía es detectado y por otro lado tenemos la zona de señalización en la cual es de utilidad conocer si existe circulación en la zona de detección y en la que por medio de una señalización se avisa a los demás usuarios de la vía de esa situación. Por esta razón se valoraron las siguientes opciones:

2.4.1 Cableado físico

Consistente en un cable que transmite información por medio de una señal eléctrica. Este es el más sencillo de los métodos de interconexión entre el sistema de detección y el sistema de señalización pero como vimos anteriormente en selección de la solución al problema planteado del proyecto, se abandono por los problemas de instalación y coste que suponía a pesar de que suponía una mayor sencillez en el diseño de las tarjetas controladoras así como en su programación.

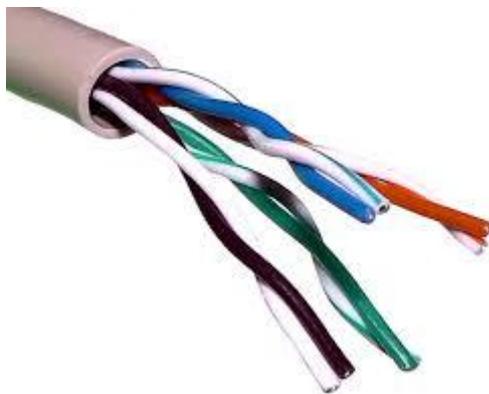


Figura 11 Cableado.

2.4.2 Comunicación por radiofrecuencia

La radiocomunicación es una forma de telecomunicación que se realiza a través de ondas de radio u ondas hertzianas, la que a su vez está caracterizada por el movimiento de los campos eléctricos y campos magnéticos. La comunicación vía radio se realiza a través del espectro radioeléctrico cuyas propiedades son diversas dependiendo de su bandas de frecuencia. Así tenemos bandas conocidas como baja

frecuencia, media frecuencia, alta frecuencia, muy alta frecuencia, ultra alta frecuencia, etc. En cada una de ellas, el comportamiento de las ondas es diferente.

Dentro de la comunicación por radiofrecuencia se contemplaron dos opciones:

2.4.2.1 Transmisor y receptor TLP434A y RLP434A

Las referencias son TLP434A y RLP434A, que son el transmisor y el receptor respectivamente. Este juego de radios trabaja una señal portadora de 434MHz y modulan en ASK, de tal manera que pueden transmitir valores lógicos 1 y 0. La modulación ASK es similar a la modulación AM de la radio comercial de la banda de AM. En la modulación ASK un 0 lógico se representa con la ausencia de la señal portadora y un 1 lógico con la presencia de esta. Estas radios establecen la comunicación con el micro a través del modulo USART del PIC.



Figura 12 TLP434A y RLP434A.

Esta opción se desestimo debido a que la programación se complicaba al necesitar un microcontrolador exclusivamente transmisor y otro receptor dificultándose las tareas de debug. Esto además restaba adaptabilidad al diseño en cuanto a cambios en el desarrollo del proyecto.

2.4.2.2 Transceptores basados en el NRF24L01

Estos transceptores trabajan en un rango de radiofrecuencia de entre 2.4 y 2.5GHz, y tienen la antena integrada en la placa. Establecen la comunicación por el bus SPI con el microcontrolador hasta una velocidad máxima de 8Mhz. Tienen 128 canales de transmisión seleccionables y una velocidad máxima de transferencia de

2Mbps. Tienen una tensión de alimentación de 1.9 a 3.6 V pero los pines de entrada tienen tolerancia a niveles TTL (5V).

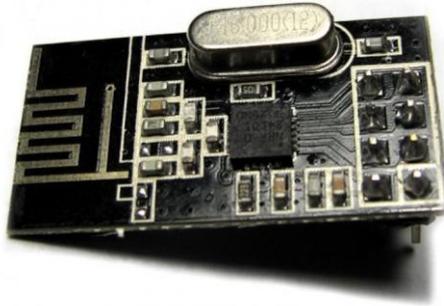


Figura 12 NRF24L01P.

Esta fue la opción elegida para el desarrollo del proyecto debido a que son transceptores las comunicaciones pueden ser en ambas direcciones haciendo el proyecto más flexible a los cambios así como más fácil para la programación y testeado puesto que las comunicaciones tienen un retorno que indica si se ha realizado la comunicación correctamente, si no se ha realizado, o si no ha tenido retorno. Además de esto, existen varias gamas de radios basadas en el NRF24L01 variando en rango y calidad pudiéndose así adquirir un par de radios de una gama más económica para realizar el prototipo inicial pero poder disponer de unas radios de mejores prestaciones utilizando la misma programación. Como podemos ver en la *Figura 13* tenemos una versión más potente basada también en el NRF24L01P, con antena 2db y en la velocidad de datos aire a 250 kbps y el trabajo de la banda de 2.4 GHz, la distancia de transmisión puede ser de hasta 1000 metros en la zona abierta.



Figura13 NRF24L01P con antena.

2.5 Configuración de los dispositivos

Los dispositivos deben de tener una configuración para la comunicación por radiofrecuencia de su canal, dirección propia y de los receptores con los que interactuara. Esta configuración debe ser establecida en el mismo emplazamiento, pero con un estudio previo de la situación y de la cantidad de emisores y receptores de los que va a constar el sistema. Por otro lado se debe configurar la precisión de la detección in situ con el fin de ajustarlo para que detecte correctamente el paso de los vehículos y no de falsos positivos. Estas y otras opciones deben ser programadas en los dispositivos a través de unos periféricos y deben de permanecer en él a pesar de que exista una caída de tensión. A lo largo del desarrollo del proyecto se plantearon dos posibilidades.

2.5.1 Configuración a través de interruptores Dip

Esta opción consistía en un número de bloques de interruptores Dip, donde cada uno configuraría alguna de las características del sistema. Esto requería que la configuración se hiciese por medio de unas hojas con el significado de cada código en cada bloque de interruptores. Cada bloque estaría conectado directamente a las entradas microcontrolador. En caso de caída de tensión las el microcontrolador volvería a cargar la configuración al restablecerse la alimentación.

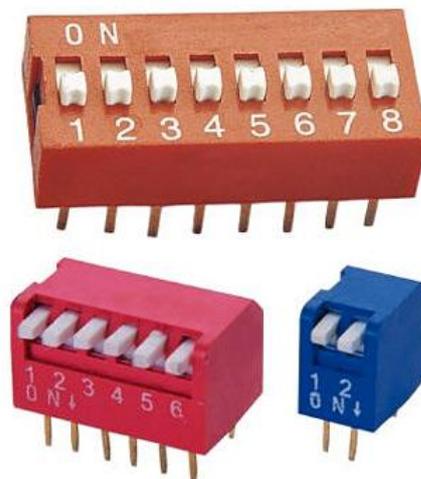


Figura 14 Interruptores DIP.

Esta opción se tuvo en cuenta durante un tiempo pero finalmente se cambio al necesitar gran cantidad de patillas del microcontrolador limitándose mucho las opciones además de no interactuar con el usuario.

2.5.2 Configuración con utilización de un LCD

Con esta opción los dispositivos se programan siguiendo unas instrucciones que se van visualizando en el LCD y a través de unos interruptores y pulsadores se van seleccionando las configuraciones que el sistema requiera. Las opciones elegidas se guardarán en la memoria no volátil de microcontrolador y en caso de caída de tensión se cargarán de nuevo cuando se restablezca la alimentación.



Figura 15 Display LCD.

Esta es la opción elegida para la configuración de los dispositivos, debido a que no utiliza demasiados pines del microcontrolador, interactúa con el usuario haciéndola más sencilla y resultando una solución más elegante.

2.6 Sistema de alimentación

En cuanto a la alimentación en un principio se optó por añadir al diseño una propia fuente de alimentación para que los dispositivos tanto de detección como de señalización pudiesen conectarse a la red pública. Esto albergaba problemas en situaciones en las que el sistema se encontrase en lugares poco accesibles o donde por la razón que fuese, hacerle llegar al sistema la alimentación eléctrica fuese especialmente complicado.

Para estos casos (o para el caso general) la otra opción de alimentación sería por medio de un pequeño panel solar que generase la suficiente potencia como para alimentar, previa adaptación de la tensión por medio de una fuente de alimentación comercial, al dispositivo junto con la señalización (si fuese el caso).

Por esta razón se optó por no incluir una fuente de alimentación concreta en los dispositivos y si intentar reducir, como se verá en el diseño, el número de tensiones diferentes necesarias e intentando que estas fuesen de unos valores estándar en el mercado para que el encontrar una fuente de alimentación que se adaptase a las necesidades del dispositivo fuese sencillo.

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1 Funcionamiento

El funcionamiento del sistema consiste en el control del paso de vehículos en una o varias zonas y por otro lado la señalización en el lugar o lugares donde sea necesario. Esta detección se llevara a cabo con un detector de lazo inductivo enterrado en la calzada el cual forma parte de un oscilador tipo Colpitts. El campo magnético generado por lazo se modificara cuando un cuerpo metálico cruce sobre él, disminuyendo la inductancia de la bobina e incrementándose la frecuencia del oscilador. Estos cambios en la frecuencia, después del debido acondicionado de la señal, serán controlados por una tarjeta con un microcontrolador PIC16F877A el cual en caso de detección se comunicará con por radiofrecuencia con otra tarjeta (si es necesario) situada en la zona de señalización y que realizara una advertencia a los usuarios de la vía. En la *Figura 16* podemos ver el diagrama de bloques del sistema en su conjunto.

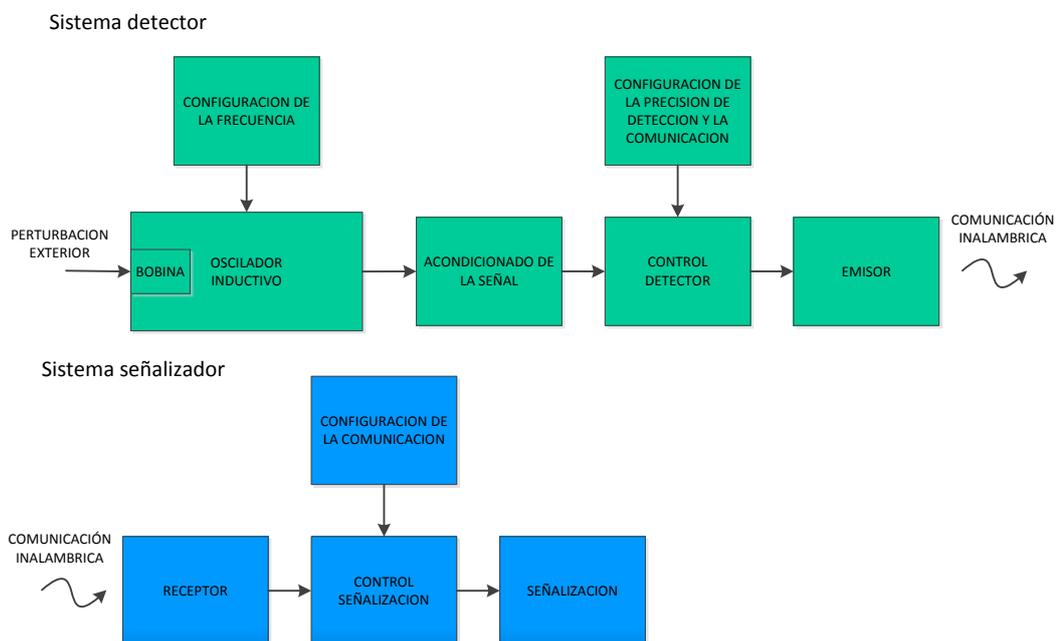


Figura 16 Diagrama de bloques del sistema.

La colocación del sistema señalizador deberá ser en un lugar donde pueda verse sin dificultad y a ser posible donde el usuario de la vía pueda ver al mismo tiempo la señalización y el lugar por donde se van a aproximar los vehículos. Por

otro lado, el sistema detector deberá ser instalado a una distancia apropiada del sistema de señalización, de manera que exista un tiempo suficiente de aviso para que el conductor en esa situación de escasa visibilidad conozca de la existencia del otro usuario con suficiente antelación. Para su correcta situación se deberá tener en cuenta las características de la vía, así como su velocidad máxima y la velocidad habitual de circulación.

El sistema de detección-señalización puede ser usado en distintas situaciones y con diferentes configuraciones. Dependiendo de la situación vial en la que nos encontremos podemos encontrarnos con tres configuraciones.

3.1.1 Tipo 1: Zona de detección alejada de la zona de señalización

Esta es la más común de las configuraciones y responde al diagrama de bloques ya visto en la *Figura 17*. Por un lado, tenemos la zona en la que es necesaria detectar la presencia de un vehículo y por otro lado, alejada de esta, la zona en la que la señalización de esta presencia es útil. Entre dichas zonas, la visibilidad es difícil o inexistente.

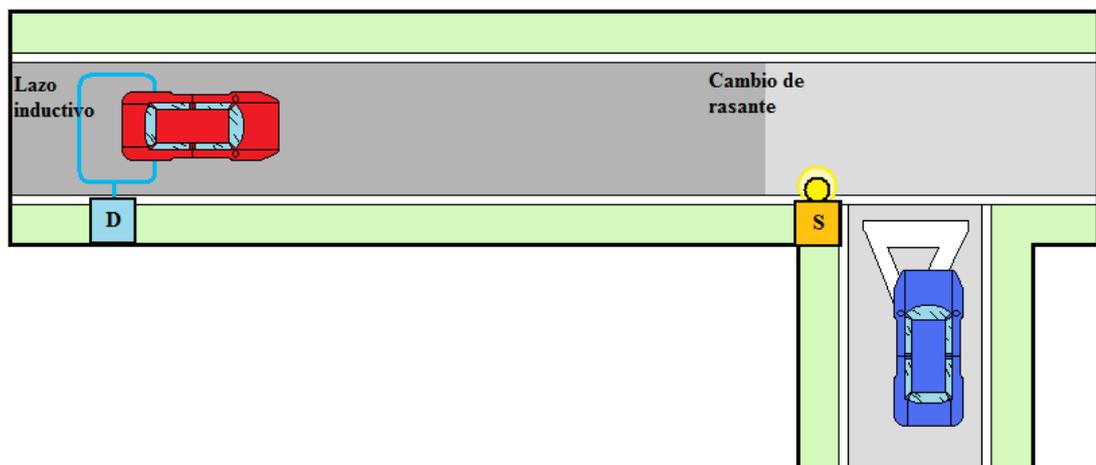


Figura 17 Situacion Tipo 1.

En esta situación también está contemplado que sea necesario que el sistema sea doble y que en una misma situación se necesite avisar a cada uno de los dos usuarios de la circulación del otro, como podría ser el caso de una curva peligrosa en una carretera de ambos sentidos. En este caso se necesitarían dos sistemas detección-señalización, uno para cada sentido debiéndose configurar correctamente las

direcciones de envío y recepción para la comunicación entre los sistemas, así como los tiempos de visualización de la señalización.

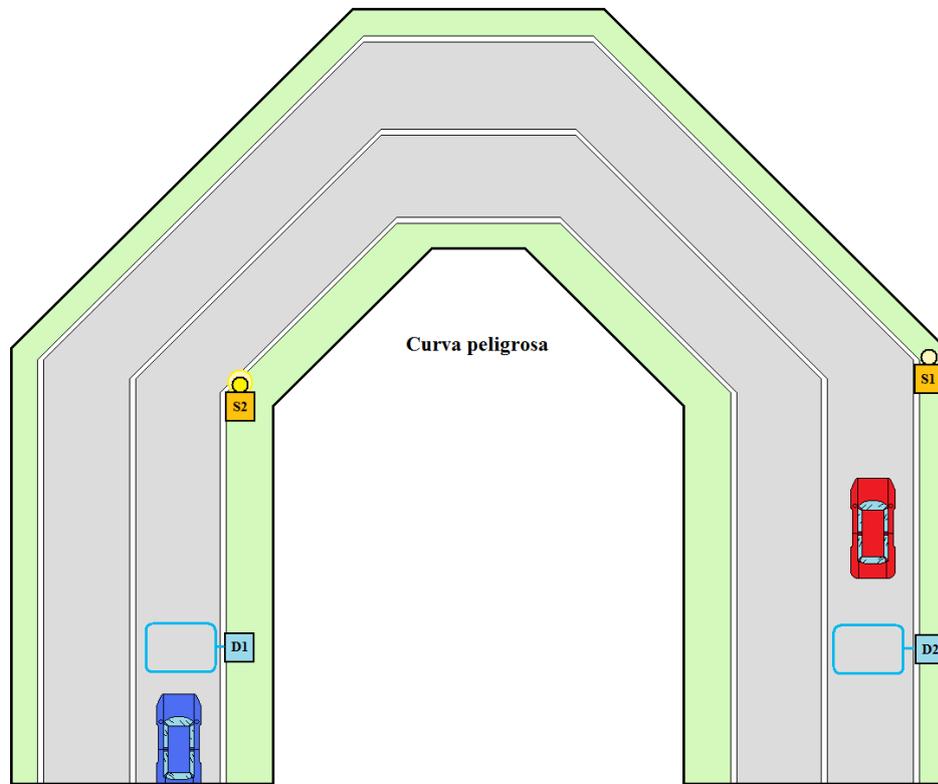


Figura 18 Situación Tipo 1 doble.

3.1.1.1 Ejemplo en una ubicación real Tipo 1

En este caso la situación elegida se trata de la incorporación de la Calleja Castro con la Calle el Castro de la N-611. Esta incorporación se encuentra al lado de un cambio de rasante el cual impide que dicha incorporación a la circulación en la Calle el Castro se haga en las mejores condiciones de seguridad.



Figura 19 vista aérea situación Tipo 1.

Con esta vista a pie de calle desde el punto opuesto a la incorporación, se puede apreciar mejor que la visibilidad debido al cambio de rasante es escasa además de que aunque la Calle del Castro es una vía limitada a 50km/h a menudo los usuarios de esta, circulan a mayor velocidad.



Figura 20 Vista a pie de calle Tipo 1.

La solución en este caso sería la instalación de un dispositivo detector en la cuesta a una distancia adecuada como para advertir al conductor que se va a incorporar a la circulación por medio de un dispositivo señalizador en un lugar apropiado, a la vista, para que sirva de apoyo a la hora de incorporarse. La señalización deberá ser configurada para que este activa el tiempo necesario.

3.1.2 Tipo 2: Detectores y señalizadores múltiples

Esta es una situación en la que en una o varias zonas de detección y señalización, pudiendo ser necesaria la señalización en varias zonas para una sola detección, una sola señalización para varias zonas de detección o cualquier combinación necesaria. Un ejemplo para de este caso podría ser la incorporación de varias vías a una principal, en la cual se hace la detección y en las incorporaciones se señala.

En la *Figura 21* se puede ver el esquema de una situación con tres dispositivos, un detector y dos señalizadores. El detector capta el paso de vehículos que suben por la calle, por otro lado, tras el cambio de rasante dos señalizadores advierten a los usuarios de los ceda al paso, que se aproxima un vehículo.

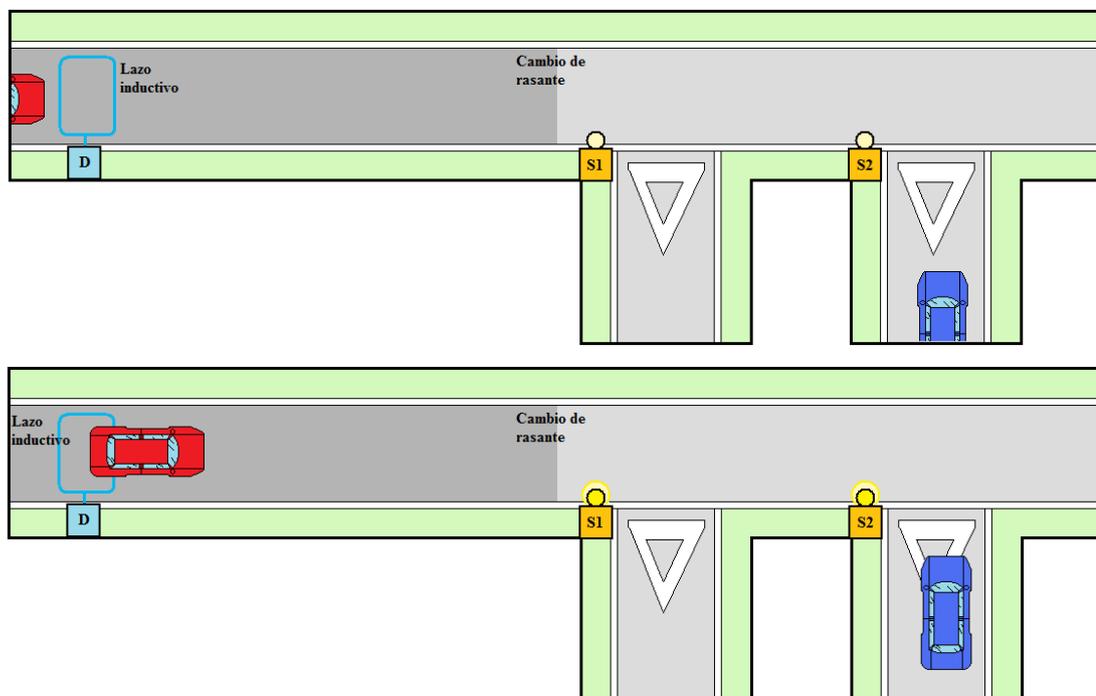


Figura 21 Situación Tipo 2 con un detector y dos señalizadores.

En la *Figura 22* podemos ver como ver otra situación en la que hay dos dispositivos de detección por uno de señalización. El vehículo que está en el ceda puede girar a la izquierda o a la derecha, pero por la izquierda tiene un cambio de rasante y por la derecha justo tiene una curva que dificulta ver con suficiente tiempo los vehículos que se aproximan. Tanto si un vehículo cruza por la zona de detección del lazo inductivo 1 ó 2, se activara la señalización ubicada en el ceda el paso.

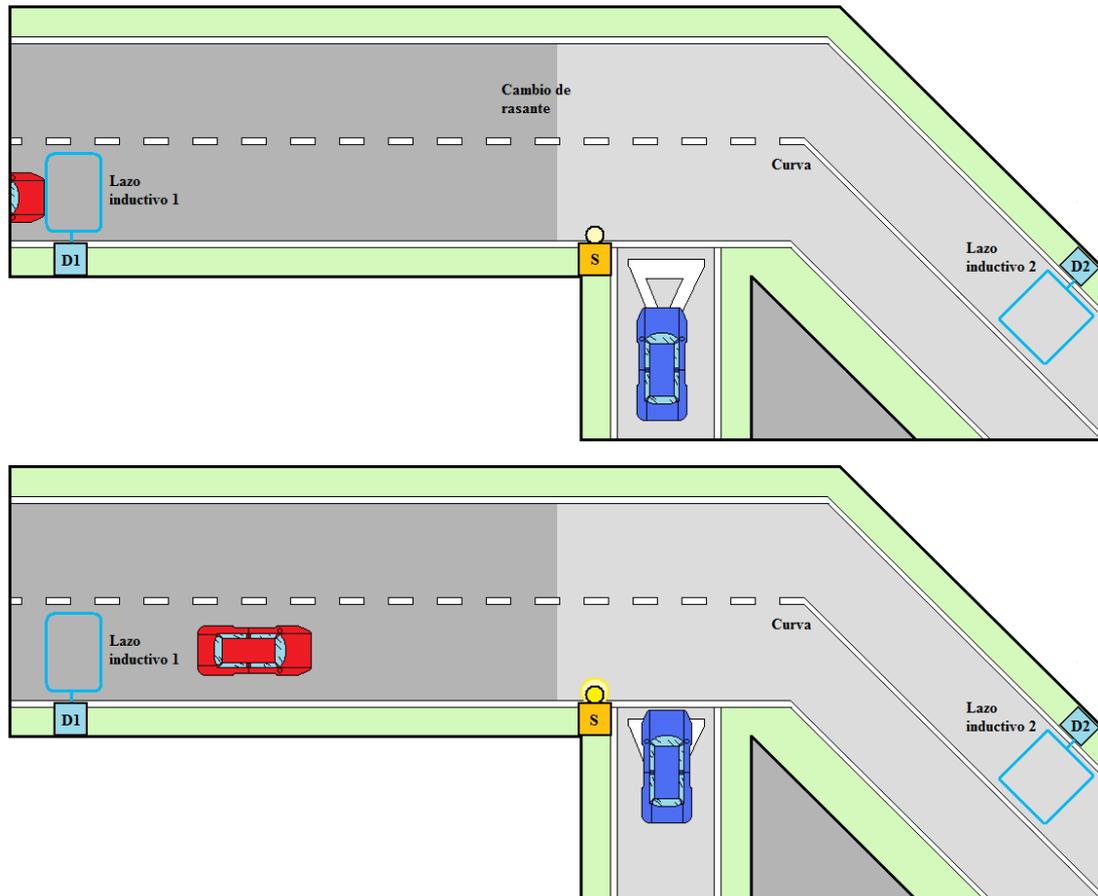


Figura 22 situación Tipo 2 con un señalizador y dos detectores.

Para el correcto funcionamiento del sistema, al igual que en el caso anterior, se deben configurar correctamente las direcciones de envío y recepción de cada zona y llegado el caso, debido a la complejidad de la situación, configurar diferentes datos de envío.

3.1.2.1 Ejemplo en una ubicación real Tipo 2

En este ejemplo real nos encontramos con un cruce en la Av. Bilbao en Torrelavega en el que la calle que llega tiene una señalización de stop *Figura 23*.



Figura 23 Vista aérea situación Tipo 2.

El usuario parado en el stop debe de atender a la circulación que le viene tanto por la izquierda como por la derecha. Por razones de visibilidad se han instalado un par de espejos enfrente del cruce (*Figura 24*).



Figura 24 Vista de detalle en situación Tipo 2.

En este caso para apoyar la función de los espejos y hacer saber al usuario parado en el stop que ese vehículo que ve reflejado en alguno de los espejos si está bastante cerca su posición como para incorporarse con seguridad se podría instalar dos dispositivos detectores uno para cada sentido de la circulación y un dispositivo señalizador en el mismo lugar que los espejos.

3.1.3 Tipo 3: Zonas de detección y señalización muy cercanas

Se trata de situaciones en que debido a la cercanía entre la zona de detección y la zona de señalización no es necesario el uso de dos tarjetas. Teniendo en cuenta estos casos, con el fin de dar al sistema versatilidad y como se verá mas adelante con mayor detalle, el diseño de las tarjetas ya sea para la zona de detección o la zona de señalización es idéntico, incorporando o no los componentes necesarios si su función es detectar o señalar. De esta manera, tenemos la posibilidad de que en una tarjeta preparada para detectar también tenga una salida a relé haciendo posible que también señalice. Gracias a esto, determinadas situaciones se pueden resolver con un menor número de tarjetas con su consecuente disminución del coste.

3.1.4 Otros casos no contemplados

Gracias a la versatilidad de la que se le ha dotado al sistema, se pueden dar situaciones no contempladas en los anteriores puntos y que se puedan solucionar con la selección adecuada de dispositivos detectores y señalizadores y sus correspondientes configuraciones de comunicación.

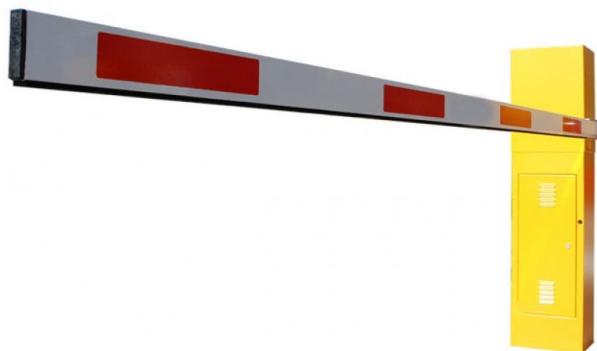


Figura 25 Barrera de paso.

Por otro lado, al tratarse de un sistema que detecta vehículos, el sistema puede tener aplicaciones en parkings, barreras de paso para vehículos (*Figura 25*), etc.

3.2 Resumen de prestaciones del sistema

El sistema tendrá las siguientes prestaciones:

- Las tarjetas tienen un consumo de baja potencia (menor de 1W).
- 8 canales de comunicación.
- 8 Direcciones propias seleccionables.
- Hasta 1000 metros de alcance de comunicación en espacio abierto.
- En el caso de la tarjeta detectora, hasta 7 direcciones de recepción diferentes.
- Posibilidad de detectar y señalar al mismo tiempo.
- Tiempo entre recalibraciones automáticas del lazo seleccionable.
- Duracion de señalización seleccionable.
- Configuración con visualización por medio de un LCD.
- Cuatro frecuencias de oscilación para la detección seleccionable.
- Alimentacion por medio de paneles solares.

CAPÍTULO 4. FUNCIONAMIENTO POR BLOQUES

CAPÍTULO 4. FUNCIONAMIENTO POR BLOQUES

4.1 Funcionamiento por bloques

A continuación se verán al detalle los bloques del sistema diseñado en el proyecto. Se verá de que elementos constan, su funcionamiento y su relación con los demás bloques.

4.2 Bloque de detección y acondicionado de la señal

Como se ha visto en anteriores puntos, la detección de los vehículos se realizara por medio de un bucle inductivo. Este bucle, es la bobina perteneciente a un oscilador del tipo Colpitts que para la detección de vehículos deberá funcionar a una frecuencia que estará aproximadamente en el rango entre 100KHz y 200KHz dependiendo la selección que se haga de los condensadores del oscilador LC. La bobina a su vez creara un campo magnético que será modificado si un cuerpo metálico cruza sobre ella, haciendo de esta manera que su inductancia baje aumentando la frecuencia de oscilación. A continuación un amplificador operacional en configuración de comparador acondicionara la señal, convirtiéndola en una señal cuadrada que sea capaz de interpretar por el microcontrolador. En los siguientes puntos se podrá ver en más detalle cada parte.

4.2.1 Oscilador inductivo

El oscilador inductivo, formado por la etapa que determina la frecuencia, el circuito tanque (oscilador LC que veremos en el siguiente punto) y una etapa de realimentación regenerativa. A continuación podemos ver su diagrama de bloques en la *Figura 26*.

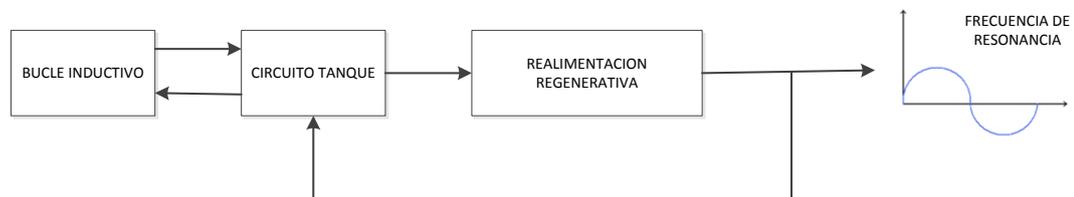


Figura 26 Diagrama de bloques del oscilador.

Un oscilador retroalimentado es un amplificador con un lazo de retroalimentación, es decir, con un paso para que la energía se propague desde la salida y regrese a la entrada.

Una vez encendido, un oscilador retroalimentado genera una señal de salida de CA, de la cual se regresa una pequeña parte a la entrada, donde se amplifica. La señal amplificada en la entrada aparece en la salida, y el proceso se repite; se produce un proceso regenerativo, en el que la salida depende de la entrada y viceversa.

En el caso de nuestro sistema se ha elegido un oscilador de tipo Colpitts cuyas características veremos más adelante.

4.2.1.1 Oscilador LC

Un oscilador LC está formado por una bobina y un condensador en paralelo. Su funcionamiento se basa en el almacenamiento de energía en forma de carga eléctrica en el condensador y en forma de campo magnético en la bobina.

Al estar el condensador y la bobina en paralelo, la energía almacenada por el campo eléctrico del condensador (en forma de cargas electroestáticas), es absorbida por la bobina, que la almacena en su campo magnético, pero a continuación es absorbida y almacenada por el condensador, para ser nuevamente absorbida por la bobina, y así sucesivamente. Esto crea un vaivén de la corriente entre el condensador y la bobina. Este vaivén constituye una oscilación electromagnética, en la cual el campo eléctrico y el magnético son perpendiculares entre sí, lo que significa que nunca existen los dos al mismo tiempo, ya que cuando está el campo eléctrico en el condensador no existe campo magnético en la bobina, y viceversa.

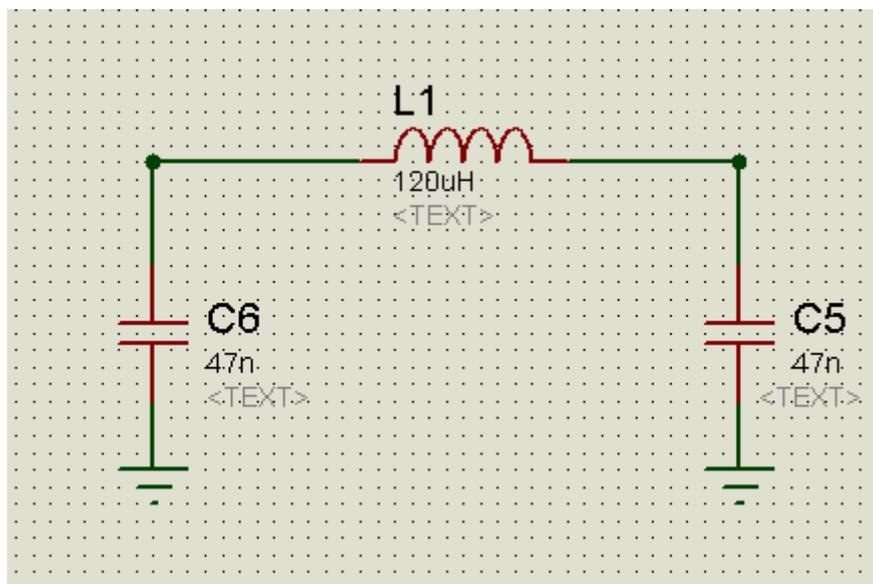


Figura 27 Oscilador LC.

La característica de este tipo de circuito, también conocido como circuito tanque LC, es que la velocidad con que fluye y regresa la corriente desde el condensador a la bobina o viceversa, se produce con una frecuencia (f) propia, denominada frecuencia de resonancia, que depende de los valores del condensador (C) y de la bobina (L), y viene dada por la siguiente fórmula.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Figura 28 Formula de la frecuencia de resonancia de un oscilador LC.

4.2.1.2 Oscilador Colpitts

El oscilador Colpitts es un tipo de oscilador es muy utilizado en generadores de frecuencia de alta calidad y se usa principalmente para obtener frecuencia por encima de 1 MHz. Su estabilidad es superior a la del oscilador Hartley.

Para poder lograr la oscilación este circuito utiliza un divisor de tensión formado por dos capacitores: C3 y C4. De la unión de estos capacitores sale una conexión a tierra. De esta manera la tensión en los terminales, superior de C3 e inferior de C4, tendrán tensiones opuestas.

La realimentación positiva se obtiene del terminal inferior de C4 y es llevada a la base del transistor a través de una resistencia y un condensador.

La bobina L2 (choke) se utiliza para evitar que la señal alterna no pase a la fuente Vcc.

Este oscilador se utiliza para bandas de VHF (Very High Frequency), frecuencias que van de 1 Mhz a 30 Mhz.

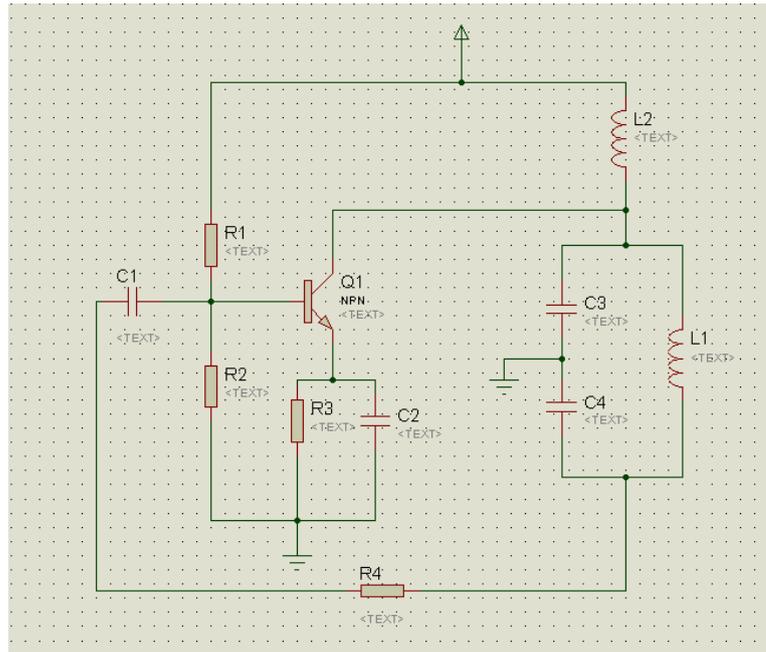


Figura 29 Oscilador Colpitts.

Por otro lado, para que el sistema sea adaptable diferentes situaciones, se ha incluido varios condensadores de diferentes valores en el oscilador LC de manera que se cubre un rango de frecuencias más amplio en el cual, independientemente de la variación de la inductancia en el lazo, se pueda conseguir una frecuencia adecuada. Como podemos ver en la siguiente *Figura 30*, la selección se hará por medio de jumpers y para un caso de ejemplo en el que el lazo tenga una inductancia de 120uH se obtienen valores de frecuencia entre aproximadamente unos 100KHz y 200KHz.

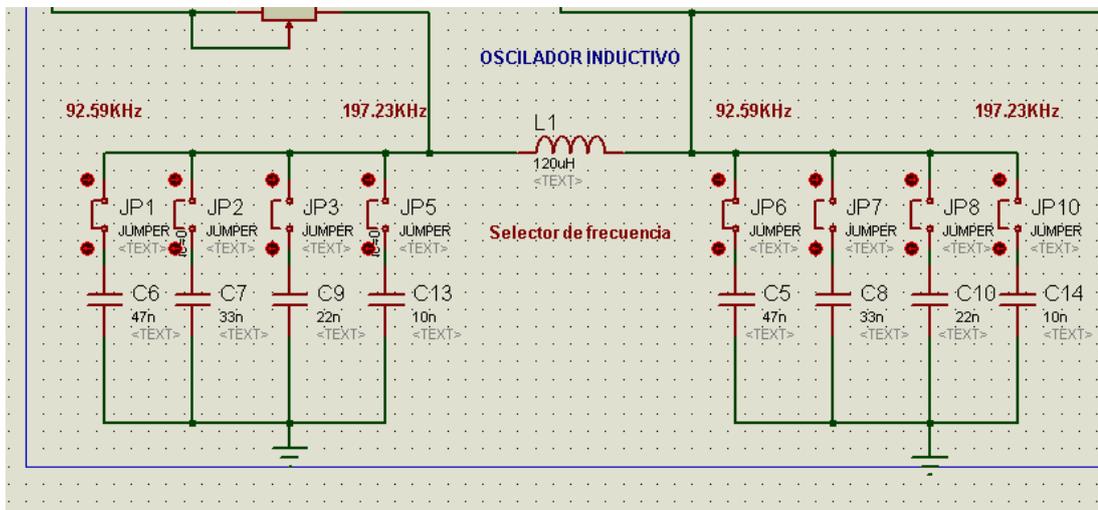


Figura 30 Selector de frecuencia en el oscilador LC.

4.2.1.3 Bucle inductivo

Un detector de bucle de inducción es un término usado para describir un sistema electromagnético de detección, a partir del hecho de que un imán en movimiento induce una corriente eléctrica en un cable próximo a él, o que un material ferromagnético altera el campo magnético de una bobina cuando se encuentra cerca de ella, y por tanto, pueden ser detectados.

Los bucles de inducción se utilizan, para la detección de objetos metálicos en los detectores de metales, en los indicadores de presencia de vehículos, en los sistemas de seguridad de los aeropuertos o en la transmisión y recepción de señales de comunicaciones.

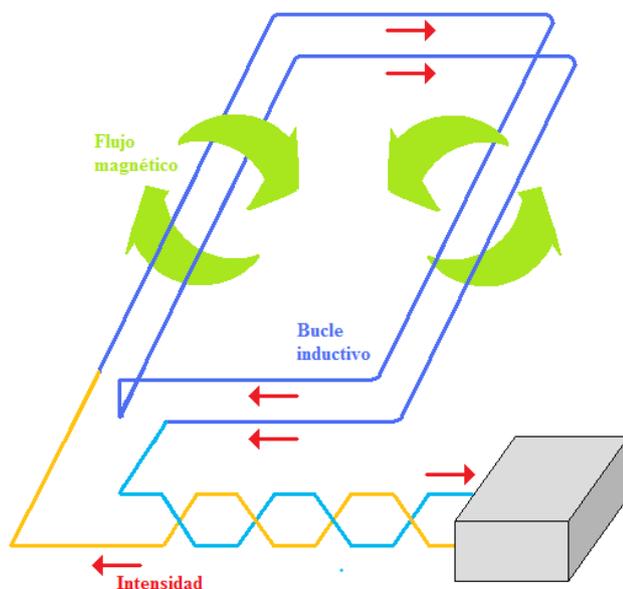


Figura 31 Funcionamiento del lazo inductivo.

En la detección de vehículos (por inducción) se utilizan lazos para contar los vehículos que pasan o llegan a un punto determinado, por ejemplo delante de un semáforo, y en la gestión de autopistas de tránsito. Se instala un bucle conductor de la electricidad, adecuadamente aislado, bajo la carretera, generándose una tensión eléctrica cada vez que un cuerpo con masa ferrosa (que contiene hierro o acero) pasa cerca de los alambres o del bucle.

Una definición alternativa popular de bucle de inducción "es el aplicado a los detectores de metales, donde una gran bobina, que forma parte de un circuito de resonancia, es efectivamente " desafinado " por la proximidad de la bobina de un objeto conductor.

El objeto detectado puede ser metálico, (detección de metales y cables) o conductor/capacitivo (detección de la capacidad)



Figura 32 Lazo inductivo en la calzada.

Otras configuraciones de estos equipos utiliza dos o más bobinas de recepción, y el objeto detectado modifica el acoplamiento inductivo o altera el ángulo de fase de la tensión inducida a la bobina receptora en relación con la bobina del oscilador.

4.2.1.4 Acondicionado de la señal

La siguiente etapa después del oscilador inductivo es el acondicionamiento de la señal. Ya se tiene una oscilación que varía en su frecuencia si un cuerpo metálico cruza el campo magnético creado por la bobina, pero la señal no es la adecuada para que el microcontrolador pueda interpretarla. Por esta razón, inmediatamente después del oscilador inductivo situamos un amplificador operacional en configuración de comparador.

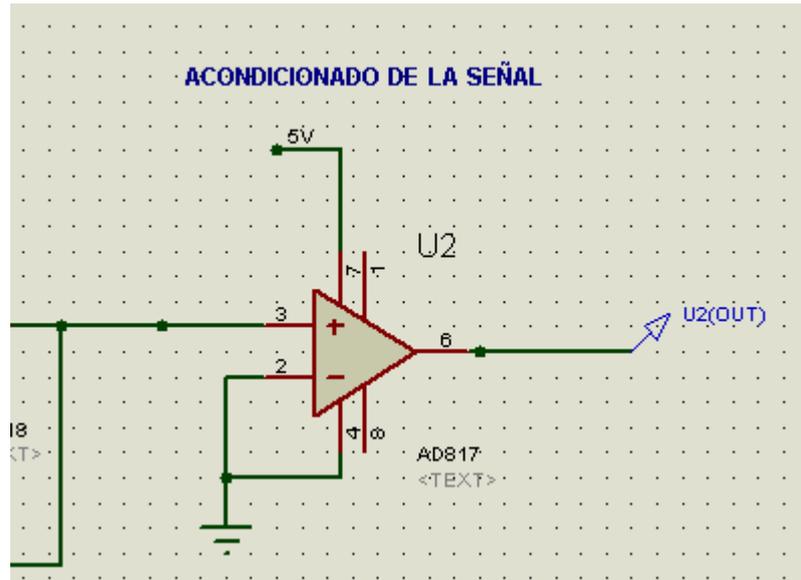


Figura 33 Acondicionado de la señal mediante un comparador AD817.

Como se puede ver en la *Figura 33*, se trata de un amplificador operacional AD817 que comparará el valor de tensión entre sus terminales de entrada y que está alimentado con de forma no simétrica entre 5V y 0V. Si el valor de tensión en la patilla positiva es superior a la tensión en la patilla negativa, que está conectada a tierra, tendremos en la salida un $+V_{sat}$. Por el contrario, si la patilla positiva tiene un valor de tensión inferior a la negativa, habrá un valor de $-V_{sat}$ en la salida. De esta manera conseguiremos una señal cuadrada que oscilara, en el peor de los casos, entre un nivel alto de 3,8V y un nivel bajo de 1,2V, valores que el microcontrolador puede interpretar.

Posteriormente, una vez realizado el prototipo se realizaron modificaciones en el bloque de acondicionado de la señal como se puede ver en la *Figura 34*. Estos cambios se llevaron a cabo con el fin de lograr una mejor adecuación del ciclo de trabajo de la señal con RV3 y de la amplitud de esta con RV4.

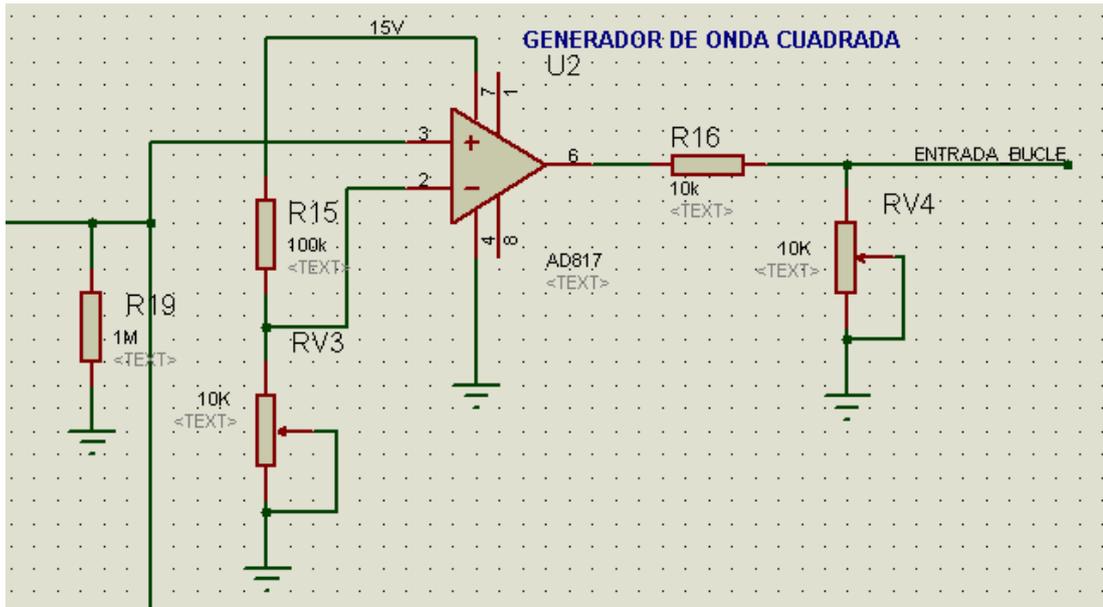


Figura 34 Solución en el acondicionado de la señal.

4.2.2 Sistema de control

Para hacer el control de la señal proveniente del oscilador inductivo y ya con ella debidamente adecuada, se utilizará, como ya se ha visto anteriormente, un microcontrolador PIC16F877A. En los siguientes puntos se verán las partes más destacables respecto del microcontrolador en nuestro sistema.

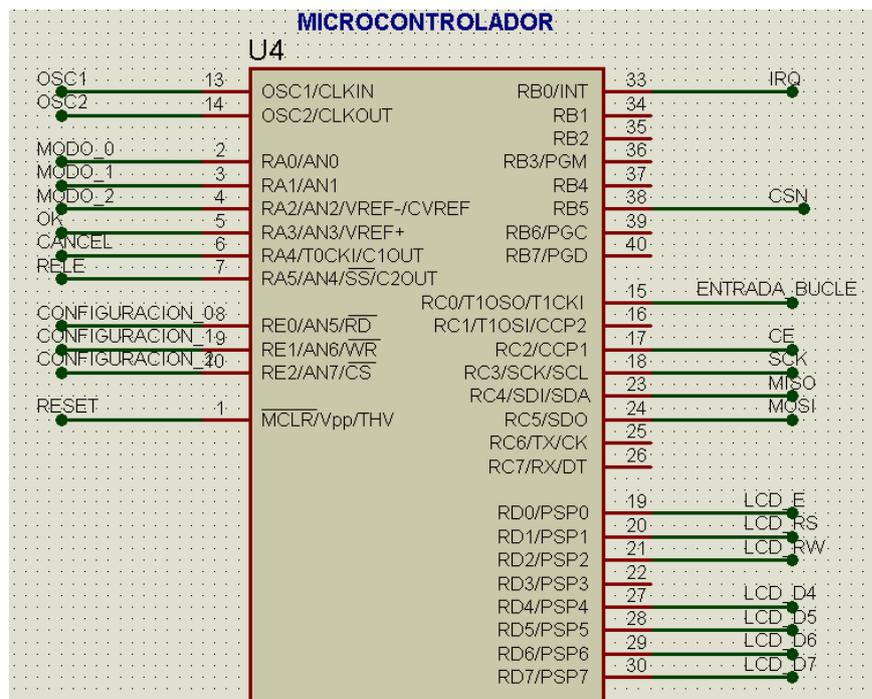


Figura 35 Esquema del PIC16F877A.

4.2.2.1 Frecuencia de funcionamiento

La frecuencia de funcionamiento será de 4MHz suficiente para hacerle el control a la señal de entrada que está en el orden de los KHz. La señal de reloj le será suministrada por un cristal de cuarzo de 4MHz con sus respectivos condensadores de 22pF encargados de atenuar el ruido eléctrico y darle más estabilidad a la señal.

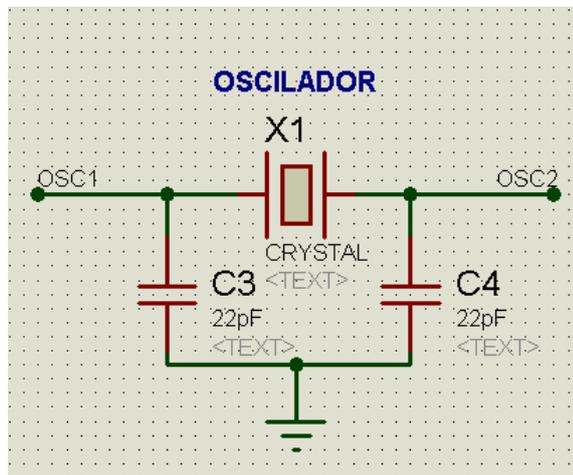


Figura 36 Esquema del oscilador de cristal.

4.2.2.2 Reset global

El microcontrolador llevara un pulsador de reset en su pin MCRL. Este pulsador es esencial ya que después de hacer las configuraciones necesarias para la comunicación y la precisión en la detección, se debe hacer un reset global para que el programa vuelva a comenzar con los nuevos valores de configuración que se hayan creído apropiados. El PIC hará reset al introducirle un valor de tensión de 0V.

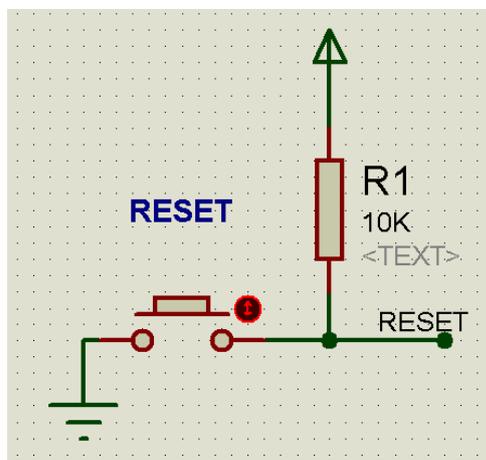


Figura 37 Esquema del reset.

4.2.2.3 Puertos del PIC

El PIC16F877A tiene cinco puertos de entrada/salida que en el sistema tendrán diferentes usos y configuraciones como se podrá ver a continuación.

4.2.2.3.1 Port A

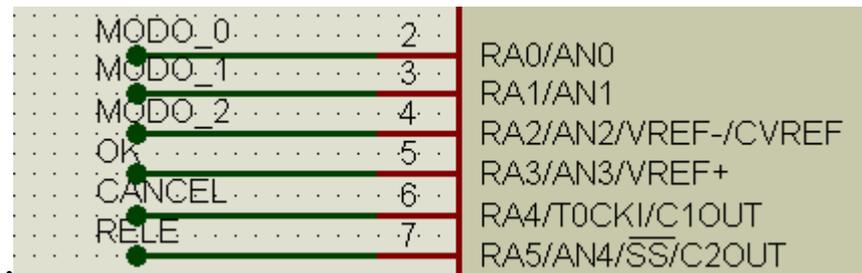


Figura 38 Detalle del Puerto A.

Configurado como entrada-salida, la función del puerto A es la configuración y le modo de funcionamiento así como de activar la salida a relé de la señalización. Por lo tanto, de estos pines colgaran los interruptores, pulsadores y jumpers encargados de llevar a cabo esa función. Se puede ver en la *Figura 39* y *Figura 40*.

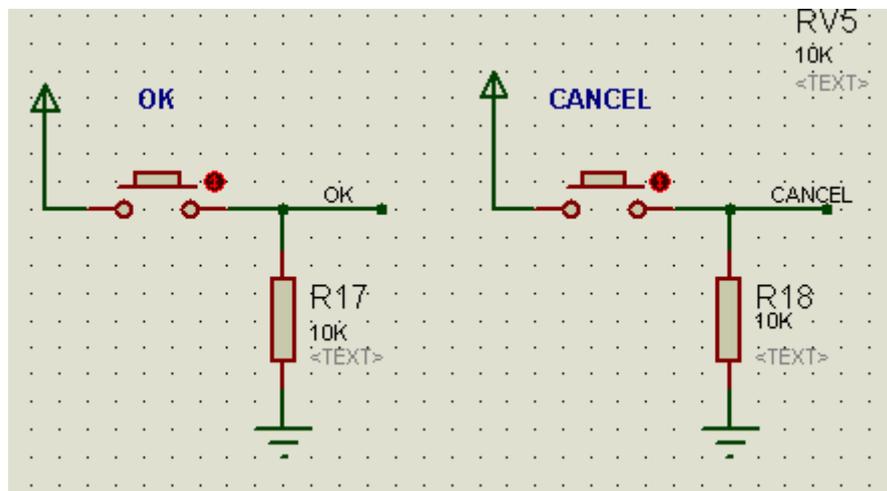


Figura 39 Esquema de los pulsadores OK y CANCEL.

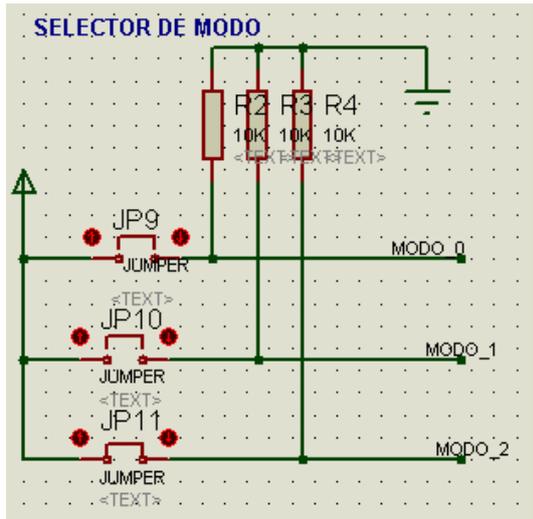


Figura 40 Esquema de los jumpers selectores del modo.

Por otro lado, el pin RA6 estará configurado como salida y será el encargado de la salida a relé en el caso de la tarjeta del sistema de señalización. También será así en la tarjeta transmisora si la situación lo requiere. Como se puede ver en la Figura 41, el relé se activará mediante un transistor PN2222A el cual tiene su base conectado a la salida RA5 del PIC. El relé tiene conectado un diodo encargado de eliminar la fuerza contra electromotriz que se produce en la bobina de relé cuando el transistor deja de conducir.

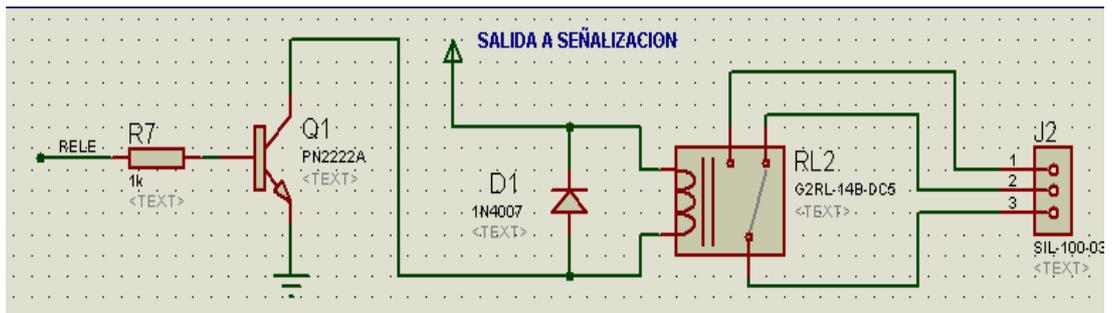


Figura 41 Esquema de la salida a relé para la señalización.

4.2.2.3.2 Port B

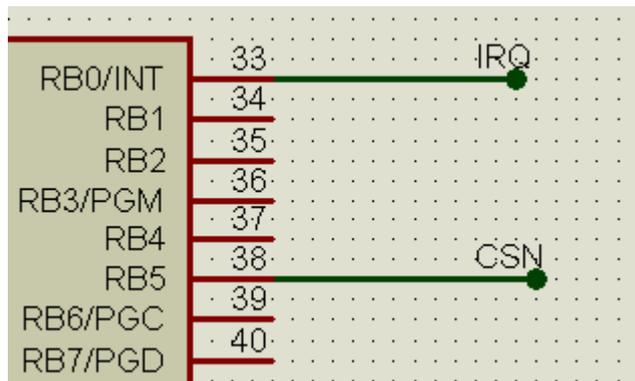


Figura 42 Detalle del Puerto B.

El puerto B será configurado como entrada y tendrá funciones en la comunicación por radiofrecuencia. En este puerto se encuentra la entrada que activa la interrupción externa (RB0).

4.2.2.3.3 Port C

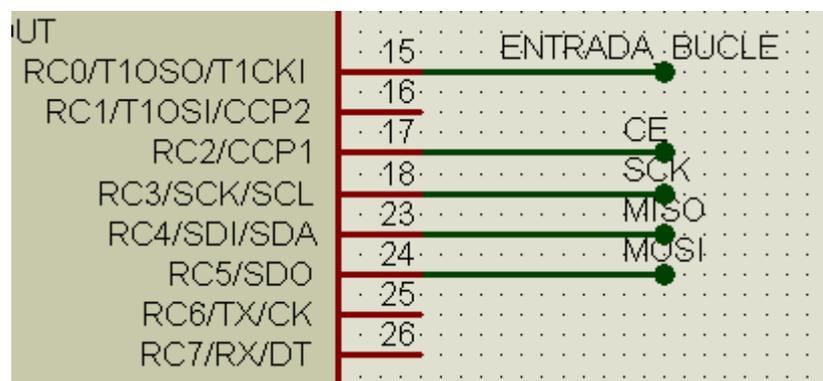


Figura 43 Detalle del Puerto C.

El puerto C tendrá una configuración con entradas y salidas. El pin RC0 estará configurado como entrada y será la entrada de la señal proveniente del lazo inductivo. Para hacer el conteo de los pulsos está configurada como la entrada del Timer 1 que a su vez está configurado como contador asíncrono.

Los pines RC1-RC5 tienen diferentes funciones a la hora de la utilización del transceptor y por lo tanto, en la comunicación inalámbrica.

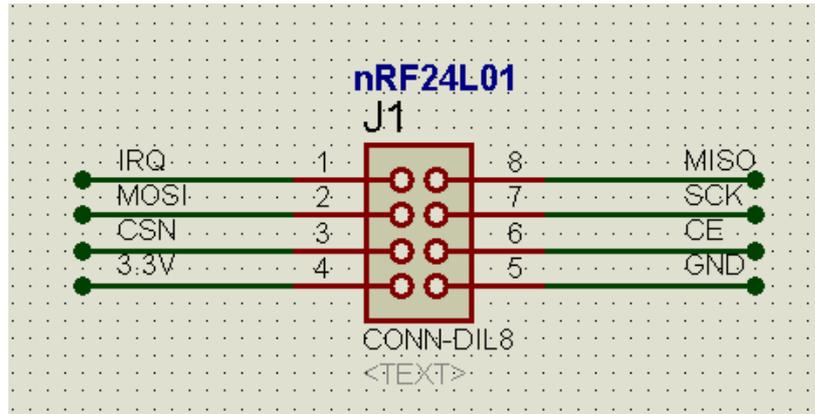


Figura 44 Esquema del conector del nRF24L01.

4.2.2.3.4 Puerto D

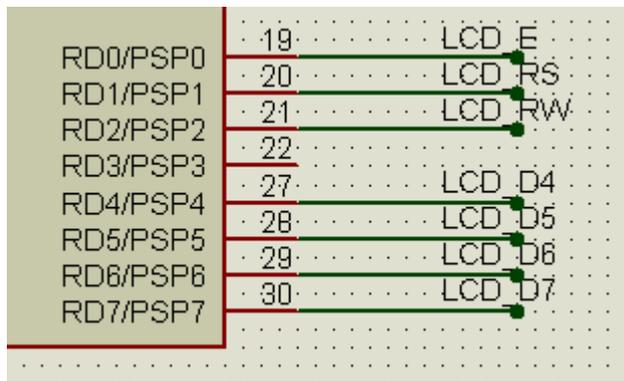


Figura 45 Detalle del Puerto D.

El puerto D está configurado como salida y es el encargado del control del LCD. Por lo tanto este puerto será encargado de la visualización del menú en la configuración del dispositivo y de ver el estado de las comunicaciones entre tarjetas.

En la *Figura 46* se puede ver la conexión de LCD.

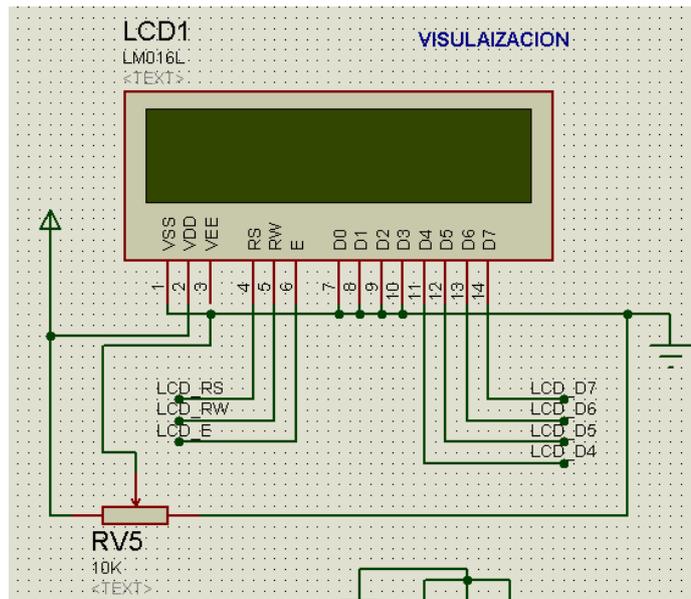


Figura 46 Esquema del LCD.

4.2.2.3.5 Puerto E

El puerto E estará configurado como entrada y tiene la función de seleccionar durante la configuración todos los parámetros. Cada configuración de estos interruptores (8 posibles) corresponderá a un valor para la opción que se este configurando.

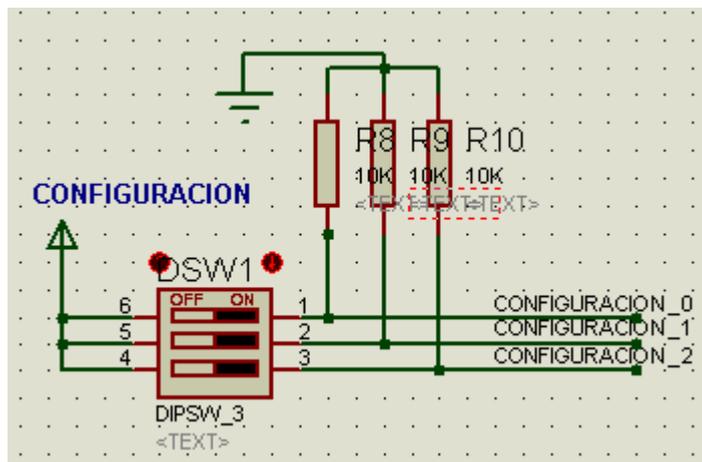


Figura 47 Esquema de los interruptores de configuración.

4.2.3 Bloque de comunicación

La comunicación entre el sistema de detección y el sistema de señalización se realizará, como hemos visto anteriormente, de forma inalámbrica por medio de radio frecuencia. Se utilizarán transceptores basados en el integrado NRF24L01 de Nordic semiconductor.

4.2.4 Sistema de señalización

La señalización será activada por medio de la salida a relé que ya vimos anteriormente. Deberá ser de bajo consumo. Se recomienda que el color sea ámbar para que al usuario le indique que tenga precaución. Pero los detalles de esta así como su significado, llegado el caso de su implantación, deberán decidirlo DGTráfico. En la *Figura 48* podemos ver un ejemplo de señalización que podría ser adecuada.



Figura 48 Ejemplo de señalización.

Este tipo de señalizaciones funcionan con la tensión continua suministrada por el panel solar que llevan incorporado. La potencia que entregan no es muy elevada pero si suficiente como para poder realizar la señalización y suministrar energía al dispositivo receptor-señalizador al mismo tiempo.

4.2.5 Sistema de alimentación

En el caso de la alimentación del sistema se podrá llevar a cabo o bien conectándole al alumbrado público o para darle mayor independencia podría instalarse un pequeño panel solar que gracias al bajo consumo de los dispositivos, como hemos podido ver en el punto anterior podría ser el mismo que viene suministrado junto con la señalización en el caso del dispositivo receptor-señalizador. Para la adaptación de la tensión del alumbrado público o del panel solar se utilizara alguna de las múltiples soluciones que se encuentran en el mercado, necesitándose en el caso de la conexión al alumbrado público un convertidor AC/DC y en el del panel solar DC/DC. En el caso concreto de este proyecto, se considerara a la hora de la elección del convertidor y el coste en presupuesto que los dispositivos estarán alimentados mediante paneles solares. Para hacer la labor de selección más sencilla y económica se redujeron el número de las tensiones de alimentación de los dispositivos, eliminando posibles necesidades de tensiones negativas (para el caso del operacional que acondiciona la señal) siendo las tensiones necesitadas 5, 3.3 y 12 voltios para el trasmisor-detector y 5 y 3.3 voltios para el receptor-señalizador.

CAPÍTULO 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

CAPÍTULO 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

5.1 Características técnicas de los elementos del sistema

A continuación se expondrán las características técnicas de los elementos más importantes constituyentes del proyecto

5.2 Características técnicas del PIC16f877

El PIC16F877 es un microcontrolador con memoria de programa tipo FLASH, lo que representa gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no se requiere borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM, sino que permite reprogramarlo nuevamente sin ser borrado con anterioridad.

El PIC16F877 es un microcontrolador de Microchip Technology fabricado en tecnología CMOS, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden.

El encapsulado más común para este microcontrolador es el DIP (Dual In-line Pin) de 40 pines, propio para usarlo en experimentación. La referencia completa es PIC16F877-04 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 4 MHz, PIC16F877-20 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 20 MHz o PIC16F877A-I para el dispositivo tipo industrial que puede trabajar hasta a 20 MHz. Sin embargo, hay otros tipos de encapsulado que se pueden utilizar según el diseño y la aplicación que se quiere realizar. Por ejemplo, el encapsulado tipo surface mount (montaje superficial) tiene un reducido tamaño y bajo costo, que lo hace propio para producciones en serie o para utilizarlo en lugares de espacio muy reducido.

5.2.1 Configuración de pines

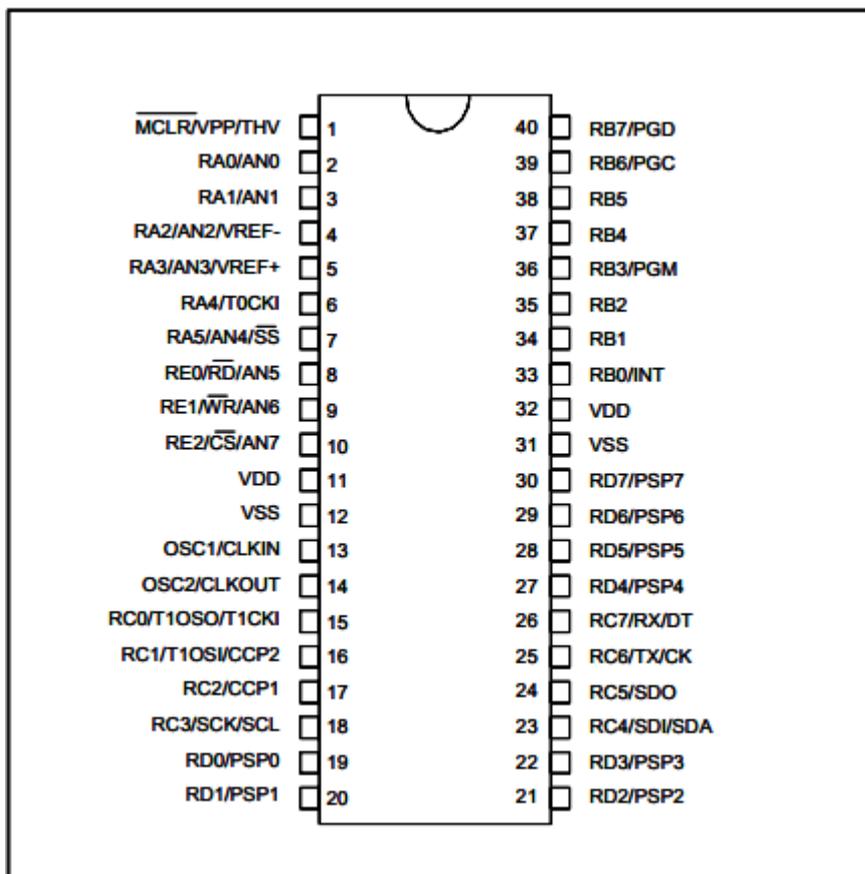


Figura 49 Distribución de pines del PIC16F877.

Los pines de entrada/salida de este microcontrolador están organizados en cinco puertos, el puerto A con 6 líneas, el puerto B con 8 líneas, el puerto C con 8 líneas, el puerto D con 8 líneas y el puerto E con 3 líneas. Cada pin de esos puertos se puede configurar como entrada o como salida independiente programando un par de registros diseñados para tal fin. En ese registro un bit en "0" configura el pin del puerto correspondiente como salida y un bit en "1" lo configura como entrada. Dichos pines del microcontrolador también pueden cumplir otras funciones especiales, siempre y cuando se configuren para ello, según se verá más adelante.

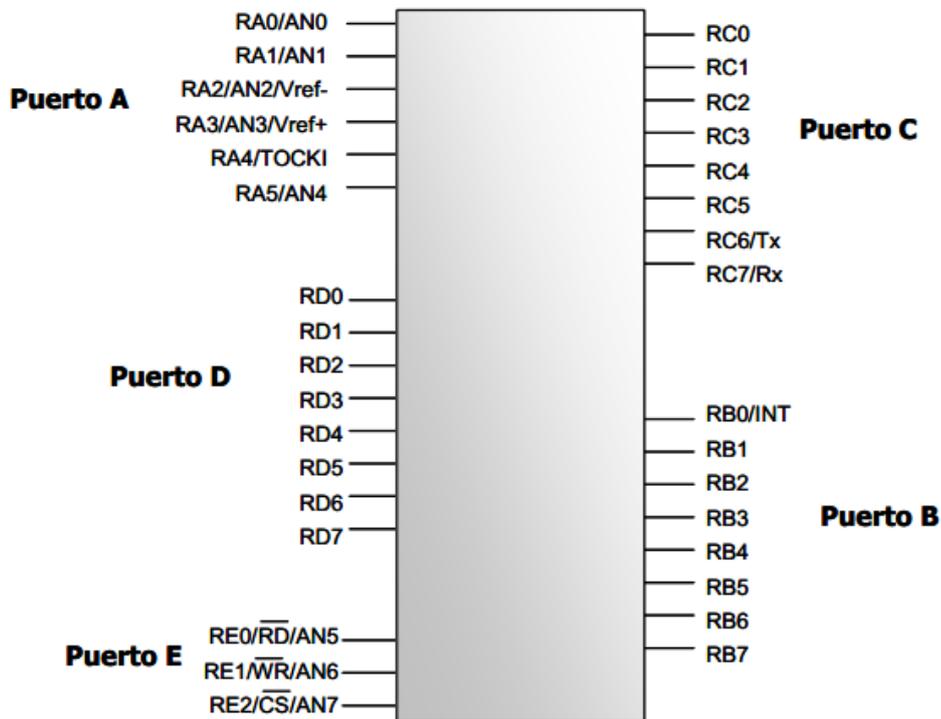


Figura 50 Distribución de los puertos del PIC16F877.

Los pines del puerto A y del puerto E pueden trabajar como entradas para el convertidor Análogo a Digital interno, es decir, allí se podría conectar una señal proveniente de un sensor o de un circuito analógico para que el microcontrolador la convierta en su equivalente digital y pueda realizar algún proceso de control o de instrumentación digital. El pin RB0/INT se puede configurar por software para que funcione como interrupción externa, para configurarlo se utilizan unos bits de los registros que controlan las interrupciones.

El pin RA4/TOCKI del puerto A puede ser configurado como un pin de entrada/salida o como entrada del temporizador/contador. Cuando este pin se programa como entrada digital, funciona como un disparador de Schmitt (Schmitt trigger), puede reconocer señales un poco distorsionadas y llevarlas a niveles lógicos (cero y cinco voltios). Cuando se usa como salida digital se comporta como colector abierto (open collector), por lo tanto, se debe poner una resistencia de pull-up (resistencia externa conectada a un nivel de cinco voltios). Como salida, la lógica es inversa: un "0" escrito al pin del puerto entrega en el pin un "1" lógico.

Además, como salida no puede manejar cargas como fuente, sólo en el modo sumidero. El puerto E puede controlar la conexión en modo microprocesador con otros dispositivos utilizando las líneas RD (read), WR (write) y CS (chip select). En este modo el puerto D funciona como un bus de datos de 8 bits (pines PSP).

La máxima capacidad de corriente de cada uno de los pines de los puertos en modo sumidero (sink) o en modo fuente (source) es de 25 mA . La máxima capacidad de corriente total de los puertos es:

	PUERTO A	PUERTO B	PUERTO C	PUERTO D
Modo sumidero	150 mA	200 mA	200 mA	200 mA
Modo fuente	150 mA	200 mA	200mA	200mA

El consumo de corriente del microcontrolador para su funcionamiento depende del voltaje de operación, la frecuencia y de las cargas que tengan sus pines. Para un oscilador de 4 MHz el consumo es de aproximadamente 2 mA; aunque este se puede reducir a 40 microamperios cuando se está en el modo sleep (en este modo el micro se detiene y disminuye el consumo de potencia). Se sale de ese estado cuando se produce alguna condición especial que veremos más adelante.

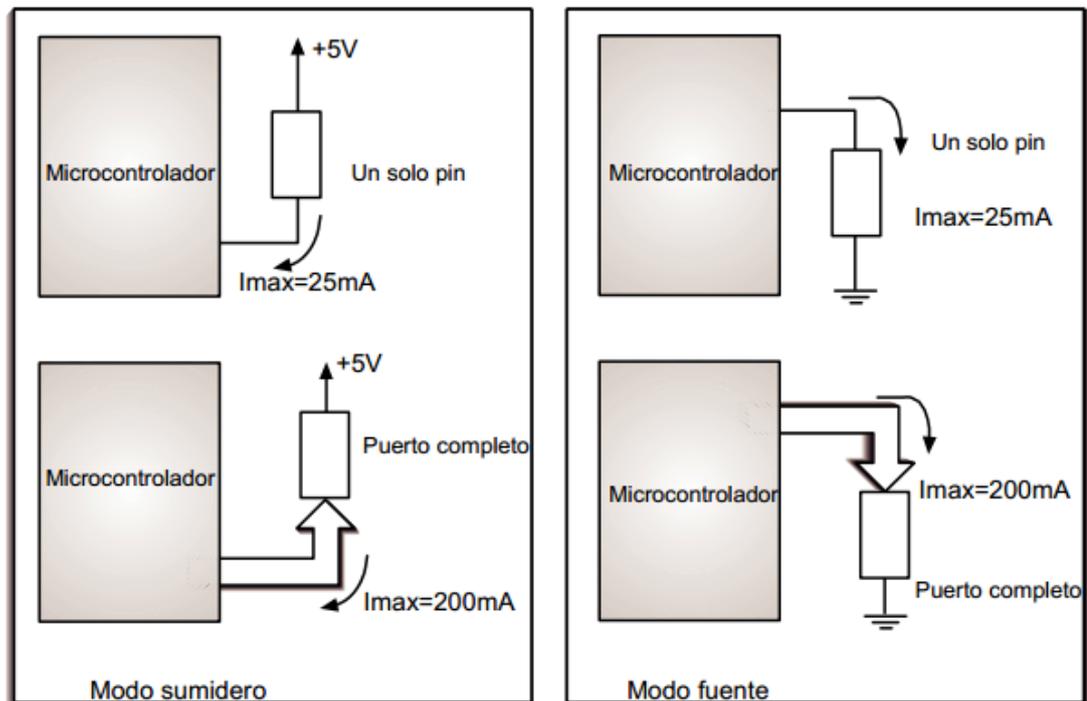


Figura 51 Capacidad de corriente de los pines y puertos.

5.2.2 Oscilador externo

Todo microcontrolador requiere un circuito externo que le indique la velocidad a la que debe trabajar. Este circuito, que se conoce como oscilador o reloj, es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F877 puede utilizar cuatro tipos de oscilador diferentes. Estos tipos son:

- RC. Oscilador con resistencia y condensador.
- XT. Cristal (por ejemplo de 1 a 4 MHz).
- HS. Cristal de alta frecuencia (por ejemplo 10 a 20 MHz).
- LP. Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia.

En el momento de programar o “quemar” el microcontrolador se debe especificar que tipo de oscilador se usa. Esto se hace a través de unos fusibles llamados “fusibles de configuración”.

El tipo de oscilador que se sugiere para las prácticas es el XT con un cristal de 4 MHz, porque garantiza precisión y es muy comercial. Internamente esta frecuencia es dividida por cuatro, lo que hace que la frecuencia efectiva de trabajo sea de 1 MHz en este caso, por lo que cada instrucción se ejecuta en un microsegundo. El cristal debe ir acompañado de dos condensadores y se conecta como se muestra en la *Figura 52*.

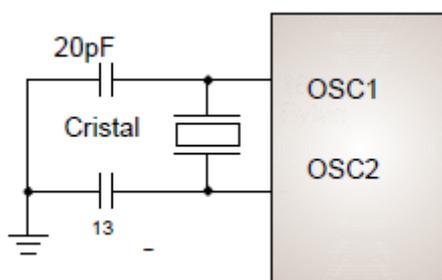


Figura 52 Conexión de un oscilador XT.

Si no se requiere mucha precisión en el oscilador y se quiere economizar dinero, se puede utilizar una resistencia y un condensador, como se muestra en la *Figura 53*.

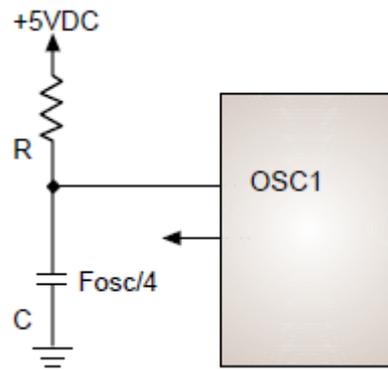


Figura 53 Conexión de un oscilador RC.

5.2.3 Reset

En los microcontroladores se requiere un pin de reset para reiniciar el funcionamiento del sistema cuando sea necesario, ya sea por una falla que se presente o porque así se haya diseñado el sistema. El pin de reset en los PIC es llamado MCLR (master clear). Existen varias formas de resetear o reiniciar el sistema:

- Al encendido (Power On Reset)
- Pulso en el pin MCLR durante operación normal
- Pulso en el pin MCLR durante el modo de bajo consumo (modo sleep)
- El rebase del conteo del circuito de vigilancia (watchdog) durante operación normal
- El rebase del conteo del circuito de vigilancia (watchdog) durante el modo de bajo consumo (sleep)

El reset al encendido se consigue gracias a dos temporizadores. El primero de ellos es el OST (Oscillator Start-Up Timer: Temporizador de encendido del oscilador), orientado a mantener el microcontrolador en reset hasta que el oscilador del cristal es estable. El segundo es el PWRT (Power-Up Timer: Temporizador de encendido), que provee un retardo fijo de 72 ms (nominal) en el encendido únicamente, diseñado para mantener el dispositivo en reset mientras la fuente se estabiliza. Para utilizar estos temporizadores, sólo basta con conectar el pin MCLR a la fuente de alimentación, evitándose utilizar las tradicionales redes de resistencias externas en el pin de reset.

El reset por MCLR se consigue llevando momentáneamente este pin a un estado lógico bajo, mientras que el watchdog WDT produce el reset cuando su

temporizador rebasa la cuenta, o sea que pasa de 0FFh a 00h. Cuando se quiere tener control sobre el reset del sistema se puede conectar un botón como se muestra en la *Figura 54*.

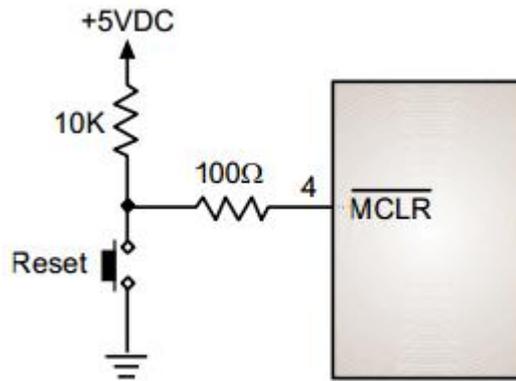


Figura 54 Conexión del botón reset.

5.2.4 Arquitectura interna del microcontrolador

Este término se refiere a los bloques funcionales internos que conforman el microcontrolador y la forma en que están conectados, por ejemplo la memoria FLASH (de programa), la memoria RAM (de datos), los puertos, la lógica de control que permite que todo el conjunto funcione, etc.

Dispositivo	Memoria de programa	Memoria de datos	Memoria EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes

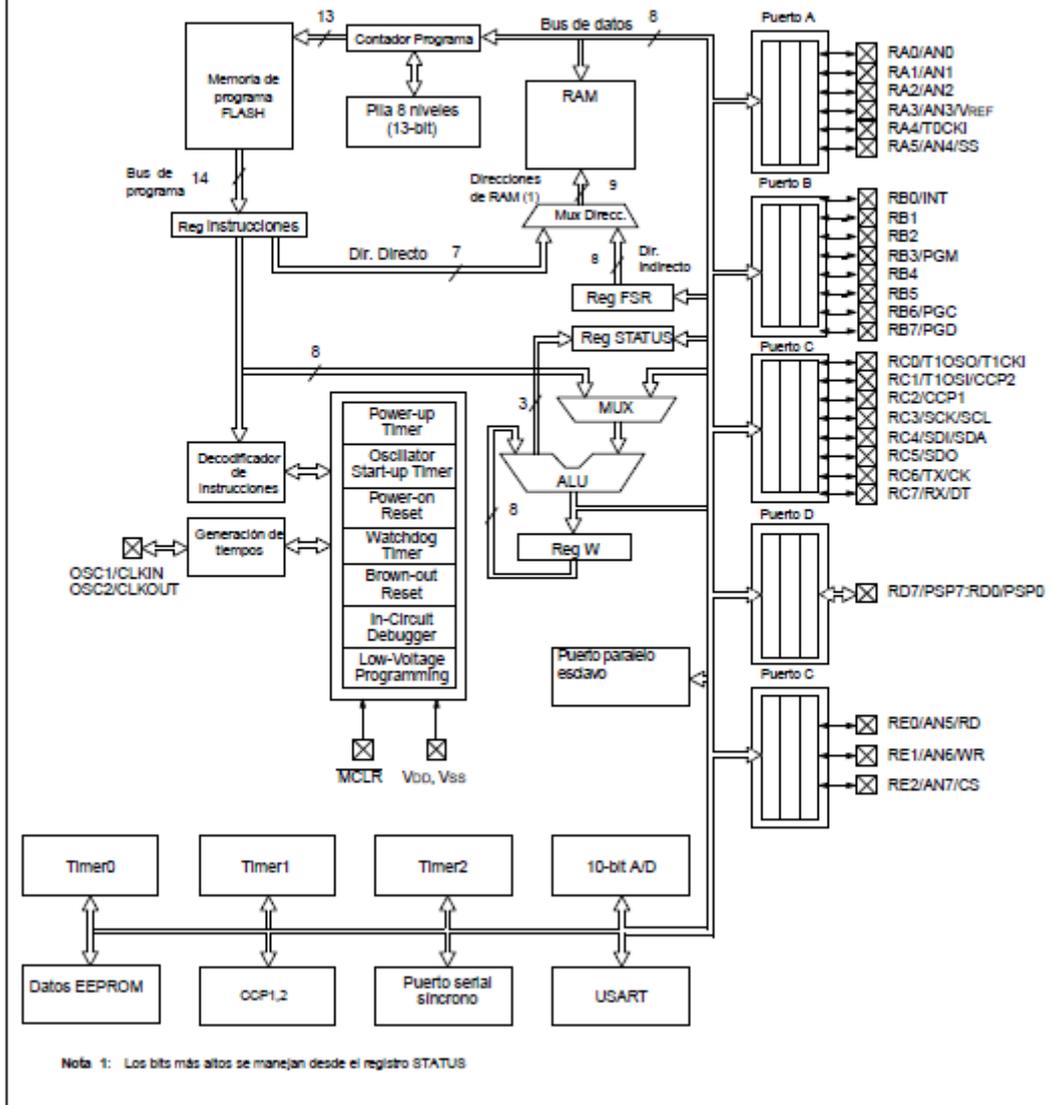


Figura 55 Arquitectura del PIC16F877.

La Figura 55 muestra la arquitectura general del PIC16F877, en ella se pueden apreciar los diferentes bloques que lo componen y la forma en que se conectan. Se muestra la conexión de los puertos, las memorias de datos y de programa, los bloques especiales como el watchdog, los temporizadores de arranque, el oscilador, etc.

Todos los elementos se conectan entre sí por medio de buses. Un bus es un conjunto de líneas que transportan información entre dos o más módulos. Vale la pena destacar que el PIC16F877 tiene un bloque especial de memoria de datos de

256 bytes del tipo EEPROM, además de los dos bloques de memoria principales que son el de programa y el de datos o registros.

El PIC16F877 se basa en la arquitectura Harvard, en la cual el programa y los datos se pueden trabajar con buses y memorias separadas, lo que posibilita que las instrucciones y los datos posean longitudes diferentes. Esta misma estructura es la que permite la superposición de los ciclos de búsqueda y ejecución de las instrucciones, lo cual se ve reflejado en una mayor velocidad del microcontrolador.

5.2.5 Memoria de programa (FLASH)

Es una memoria de 8K de longitud con datos de 14 bits en cada posición. Como es del tipo FLASH se puede programar y borrar eléctricamente, lo que facilita el desarrollo de los programas y la experimentación. En ella se graba o almacena el programa o códigos que el microcontrolador debe ejecutar. En la figura 3.8 se muestra el mapa de la memoria de programa.

La memoria de programa está dividida en cuatro bancos o páginas de 2K cada uno. El primero va de la posición de memoria 0000h a la 07FFh, el segundo va de la 0800h a la 0FFFh, el tercero de la 1000h a la 17FFh y el cuarto de la 1800h a la 1FFFh.

5.2.6 Vector de reset

Cuando ocurre un reset al microcontrolador, el contador de programa se pone en ceros (0000H). Por esta razón, en la primera dirección del programa se debe escribir todo lo relacionado con la iniciación del mismo.

5.2.7 Vector de interrupción

Cuando el microcontrolador recibe una señal de interrupción, el contador de programa apunta a la dirección 04H de la memoria de programa, por eso, allí se debe escribir toda la programación necesaria para atender dicha interrupción.

5.2.8 Pila (Stack)

Estos registros no forman parte de ningún banco de memoria y no permiten el acceso por parte del usuario. Se usan para guardar el valor del contador de programa cuando se hace un llamado a una subrutina o cuando se atiende una interrupción; luego, cuando el micro regresa a seguir ejecutando su tarea normal, el contador de

programa recupera su valor leyéndolo nuevamente desde la pila. El PIC16F877 tiene una pila de 8 niveles, esto significa que se pueden anidar 8 llamados a subrutina sin tener problemas.

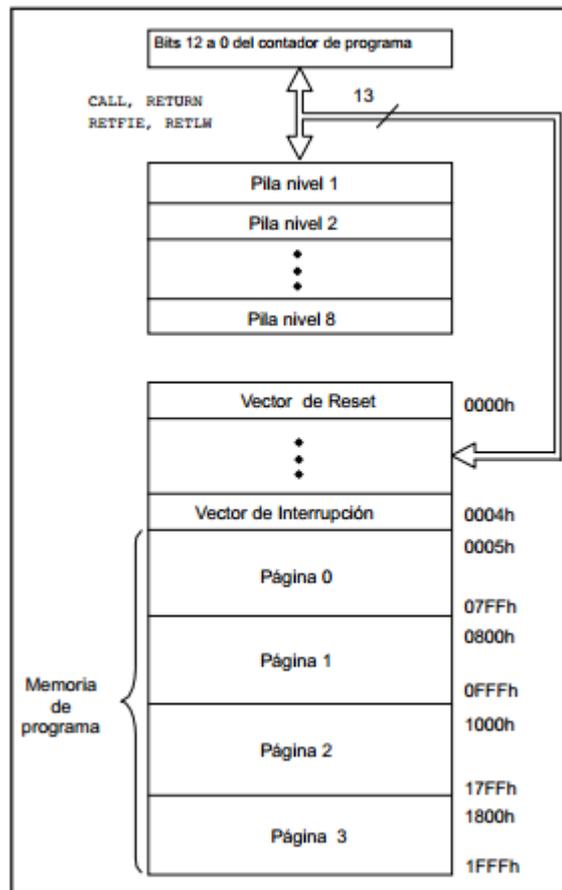


Figura 56 Memoria de programa del PIC16F877.

5.2.9 Memoria de datos (RAM)

El PIC16F877 posee cuatro bancos de memoria RAM, cada banco posee 128 bytes. De estos 128 los primeros 32 (hasta el 1Fh) son registros que cumplen un propósito especial en el control del microcontrolador y en su configuración. Los 96 siguientes son registros de uso general que se pueden usar para guardar los datos temporales de la tarea que se está ejecutando, *Figura 57*.

Todas las posiciones o registros de memoria se pueden acceder directa o indirectamente (esta última forma a través del registro selector FSR). Para seleccionar que página o banco de memoria se trabaja en un momento determinado se utilizan los bits RP0 y RP1 del registro STATUS.

Resumen de algunos de los registros de configuración

BANCO 0:

- TMR0: Registro del temporizador/contador de 8 bits.
- PCL: Byte menos significativo del contador de programa (PC).
- STATUS: Contiene banderas (bits) que indican el estado del procesador después de una operación aritmética/lógica.
- FSR: Registro de direccionamiento indirecto.
- PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE: Registro de puertos de E/S de datos. Conectan con los pines físicos del micro.
- PCLATH: Byte alto (más significativo) del contador de programa (PC).
- INTCON: Registro de control de las interrupciones.
- ADRESH: Parte alta del resultado de la conversión A/D.
- ADCON0: Controla la operación del módulo de conversión A/D

BANCO 1:

- OPTION: Registro de control de frecuencia del TMR0.
- TRISA, TRISB, TRISC, TRISD. TRISE: Registros de configuración de la operación de los pines de los puertos.
- ADRESL: Parte baja del resultado de la conversión A/D.
- ADCON1: Controla la configuración de los pines de entrada análoga.

BANCO 2:

- TMR0: Registro del temporizador/contador de 8 bits.
- PCL: Byte menos significativo del contador de programa (PC).
- FSR: Registro de direccionamiento indirecto.
- EEDATA: Registro de datos de la memoria EEPROM.
- EEADR: Registro de dirección de la memoria EEPROM.
- PCLATH: Byte alto (más significativo) del contador de programa (PC).
- INTCON: Registro de control de las interrupciones.

BANCO 3:

- OPTION: Registro de control de frecuencia del TMR0.
- EECON1: Control de lectura/escritura de la memoria EEPROM de datos.
- EECON2: No es un registro físico.

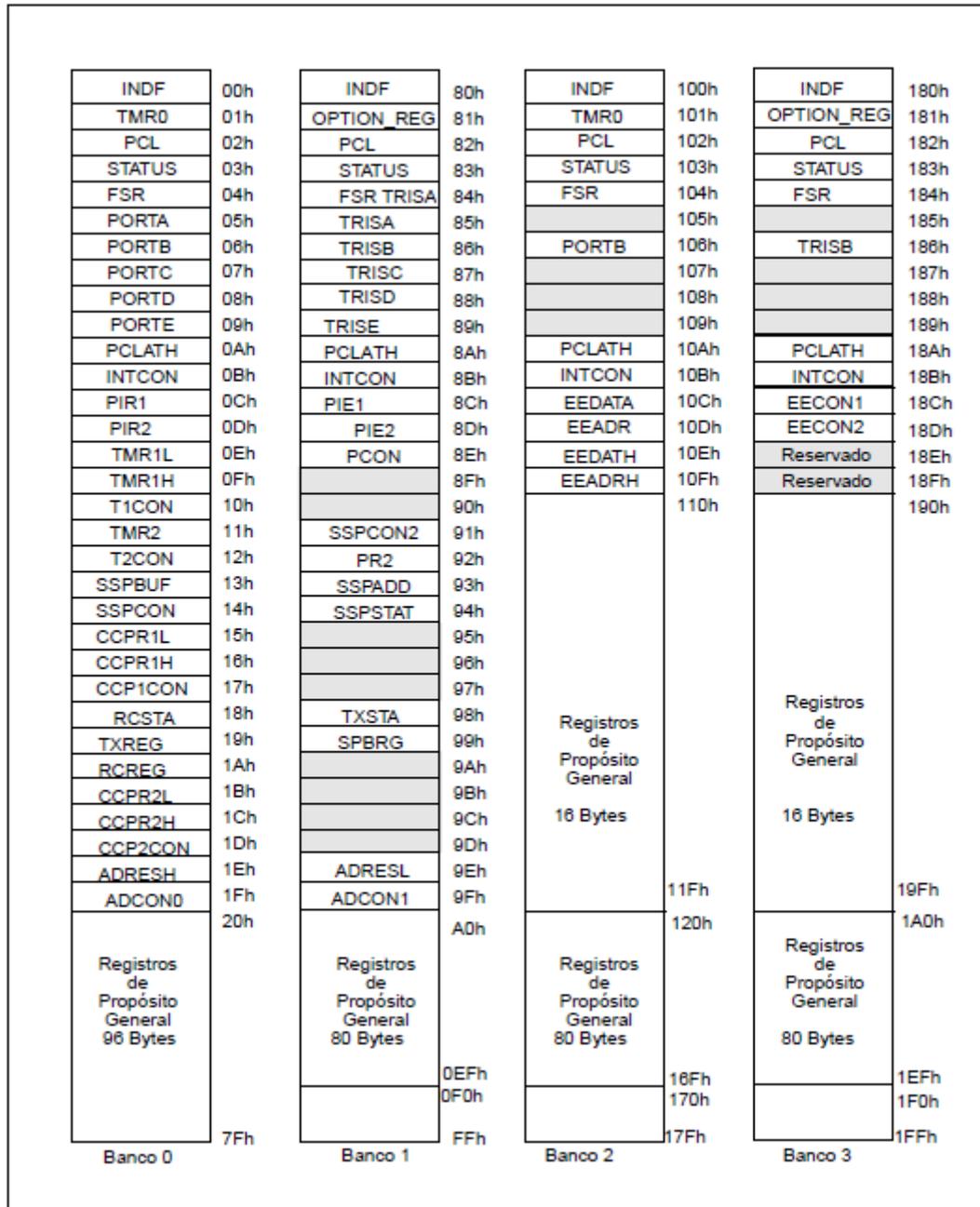


Figura 57 Organización de la memoria RAM.

5.2.10 Función de algunos registros especiales

00h o INDF: Registro para direccionamiento indirecto de datos. Este no es un registro disponible físicamente; utiliza el contenido del registro FSR y los bits RP0 y RP1 del registro STATUS para seleccionar indirectamente la memoria de datos, la instrucción que lo acompañe determinará que se debe realizar con el registro señalado.

01h o TMR0. Temporizador/contador de 8 bits. Este es un contador que se puede incrementar con una señal externa aplicada al pin RA4/TOCKI o de acuerdo a una señal interna proveniente del reloj de instrucciones del microcontrolador. La rata de incremento del registro se puede determinar por medio de un preescalador o divisor de frecuencia, localizado en el registro OPTION. Como una mejora con respecto a referencias anteriores, se le ha agregado la generación de interrupción cuando se rebasa la cuenta (el paso de 0FFh a 00h).

02h o PCL: Contador de programa. Se utiliza para direccionar las palabras de 14 bits del programa que se encuentra almacenado en la memoria ROM; este contador de programas es de 13 bits de ancho, *Figura 58*. Sobre el byte bajo, se puede escribir o leer directamente, mientras que sobre el byte alto, no. El byte alto se maneja mediante el registro PCLATH (0Ah). Ante una condición de reset el microcontrolador inicia el contador de programa con todos sus bits en “cero”. Durante la ejecución normal del programa, y dado que todas las instrucciones ocupan sólo una posición de memoria, el contador se incrementa en uno con cada instrucción, a menos que se trate de alguna instrucción de salto.

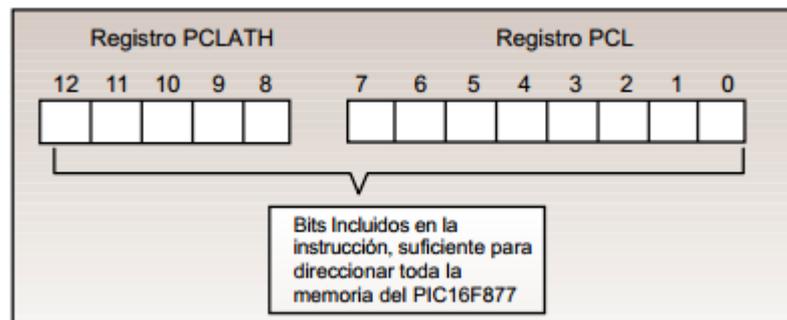


Figura 58 Registros que conforman el contador del programa.

En una instrucción CALL o GOTO la dirección de memoria a donde se quiere ir, es decir, los bits 12 a 0 del contador de programa se cargan desde el código de operación de la instrucción. En algunas instrucciones donde la parte baja del contador de programa, es decir los ocho bits bajos del registro PCL, es el destino, los otros cinco bits se cargan directamente desde el PCLATH (bits 4 a 0), por ejemplo en el caso de la instrucción ADDWF. Esto se debe tener en cuenta cuando se desea hacer lectura de tablas usando el comando: ADDWF PC,1 , en este caso se debe

tener en cuenta que la tabla debe estar comprendida dentro de un solo bloque de 256 bytes (0-255, 256-511, etc.).

03h o STATUS: Registro de estados. Contiene el estado aritmético de la ALU, la causa del reset y los bits de preselección de página para la memoria de datos. La *Figura 59* muestra los bits correspondientes a este registro. Los bits 5 y 6 (RP0 y RP1) son los bits de selección de página para el direccionamiento directo de la memoria de datos; solamente RP0 se usa en los PIC16F84. RP1 se puede utilizar como un bit de propósito general de lectura/escritura. Los bits TO y PD no se pueden modificar por un proceso de escritura; ellos muestran la condición por la cual se ocasionó el último reset.

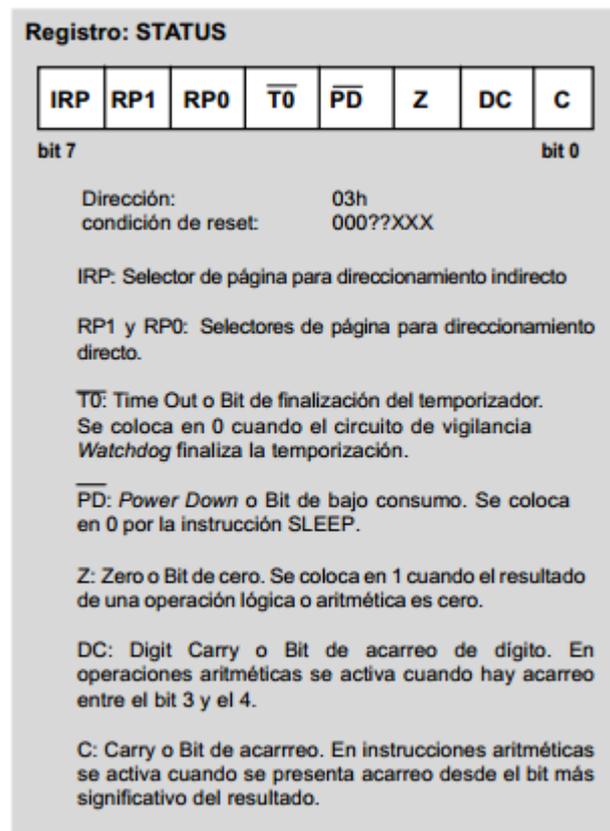


Figura 59 Bits del registro de estados.

04h o FSR: Registro selector de registros. En asocio con el registro IND0, se utiliza para seleccionar indirectamente los otros registros disponibles. Si en el programa no se utilizan llamadas indirectas, este registro se puede utilizar como un registro de propósito general.

Para entender mejor el funcionamiento de este registro veamos un programa simple que borra el contenido de la memoria RAM, empleando direccionamiento indirecto.

```
    MOVLW    20h    ;inicializa el puntero en la posición de memoria RAM
    MOVWF    FSR    ;que se va a borrar
NEXT CLRF    INDO  ;borra el registro indexado (es decir el que está
                    ;siendo direccionado por el FSR)
    INCF     FSR,1 ;incrementa el puntero
    BTFSS   FSR,6 ;pregunta por el bit 6 para ver si ya acabó de borrar
    GOTO    NEXT ;sigue borrando los registros que faltan
```

(Continúa)

05h o PORTA: Puerto de Entrada/Salida de 6 bits. Este puerto, al igual que todos sus similares en los PIC, puede leerse o escribirse como si se tratara de un registro cualquiera. El registro que controla el sentido (entrada o salida) de los pines de este puerto está localizado en la página 1, en la posición 85h y se llama TRISA. El puerto A también puede ser configurado para que trabaje como entradas análogas para el convertidor Análogo a Digital interno del microcontrolador.

06h o PORTB: Puerto de entrada/salida de 8 bits. Al igual que en todos los PIC, este puede leerse o escribirse como si se tratara de un registro cualquiera; algunos de sus pines tienen funciones alternas en la generación de interrupciones. El registro de control para la configuración de la función de sus pines se localiza en la página 1, en la dirección 86h y se llama TRISB. Puede ser configurado también para cumplir otras funciones.

07h o PORTC: Puerto de entrada/salida de 8 bits. Al igual que en todos los PIC, este puede leerse o escribirse como si se tratara de un registro cualquiera; algunos de sus pines tienen funciones alternas. El registro de control para la configuración de la función de sus pines se localiza en la página 1, en la dirección 87h y se llama TRISC. Puede ser configurado también para cumplir otras funciones.

08h o PORTD: Puerto de entrada/salida de 8 bits. Al igual que en todos los PIC, este puede leerse o escribirse como si se tratara de un registro cualquiera; algunos de sus pines tienen funciones alternas cuando se utiliza el micro en modo microprocesador. El registro de control para la configuración de la función de sus

pines se localiza en la página 1, en la dirección 88h y se llama TRISD. Puede ser configurado también para cumplir otras funciones.

09h o PORTE: Puerto de Entrada/Salida de 3 bits. Este puerto, al igual que todos sus similares en los PIC, puede leerse o escribirse como si se tratara de un registro cualquiera. El registro que controla el sentido (entrada o salida) de los pines de este puerto está localizado en la página 1, en la posición 89h y se llama TRISE. El puerto E también puede ser configurado para que trabaje como entradas análogas para el convertidor Análogo a Digital interno del microcontrolador o para que maneje las señales de control en el modo microprocesador.

85h o TRISA: Registro de configuración del puerto A. Como ya se mencionó, es el registro de control para el puerto A. Un “cero” en el bit correspondiente al pin lo configura como salida, mientras que un “uno” lo hace como entrada.

86h o TRISB: Registro de configuración del puerto B. Orientado hacia el control del puerto B. Son válidas las mismas consideraciones del registro TRISA.

87h o TRISC: Registro de configuración del puerto C. Orientado hacia el control del puerto C. Son válidas las mismas consideraciones del registro TRISA.

88h o TRISD: Registro de configuración del puerto D. Orientado hacia el control del puerto D. Son válidas las mismas consideraciones del registro TRISA.

89h o TRISE: Registro de configuración del puerto E. Orientado hacia el control del puerto E. Son válidas las mismas consideraciones del registro TRISA.

020h a 7Fh: Registros de propósito general. Estas 96 posiciones están implementadas en la memoria RAM estática, la cual conforma el área de trabajo del usuario. Pueden ser utilizadas para almacenar cualquier dato de 8 bits.

Registro de trabajo W. Este es el registro de trabajo principal, se comporta de manera similar al acumulador en los microprocesadores. Este registro participa en la mayoría de las instrucciones. Está directamente relacionado con la Unidad Aritmética y Lógica ALU.

5.2.11 Módulo del convertidor Analógico a Digital

Este módulo permite la conversión de una señal de entrada análoga a su correspondiente valor numérico de 10 bits. El módulo tiene ocho entradas análogas, las cuales son multiplexadas dentro de un circuito de muestreo y retención. La salida

del multiplexor es la entrada al convertidor, el cual genera el resultado por medio de aproximaciones sucesivas, *Figura 60*.

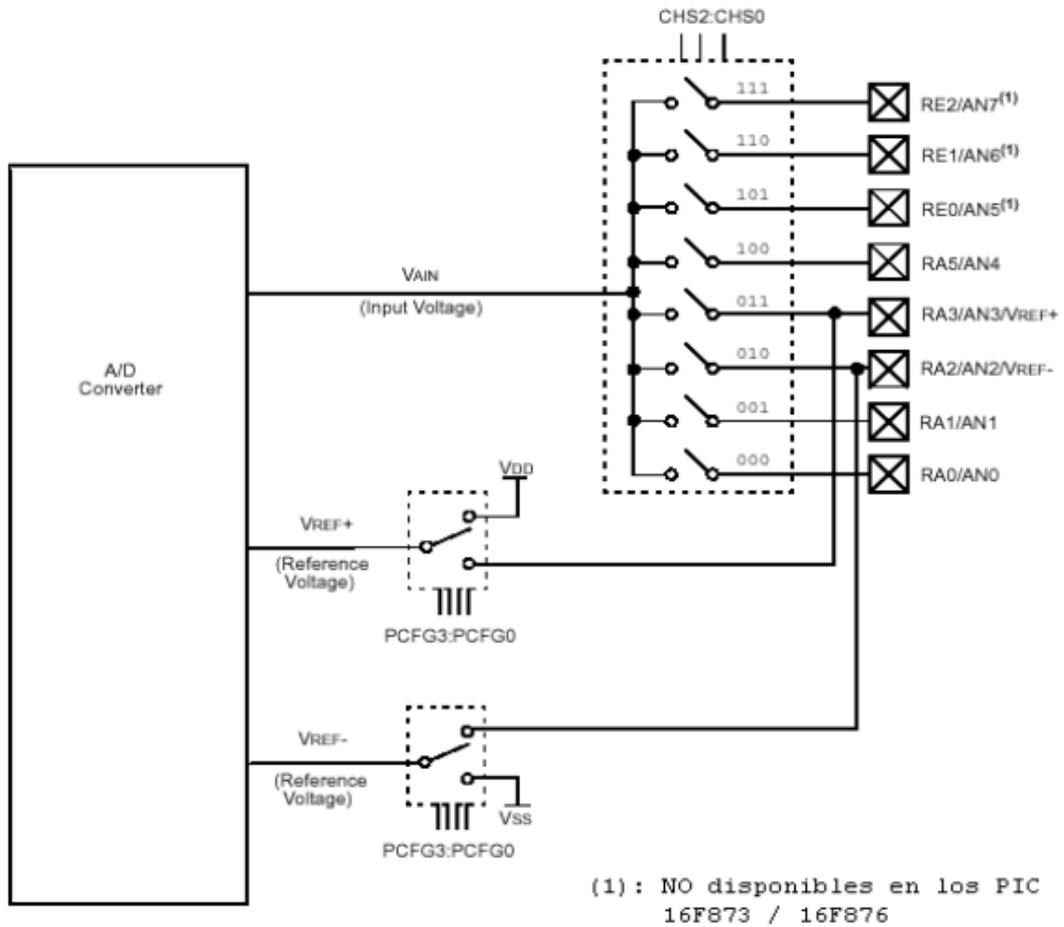


Figura 60 Módulo del convertidor A/D.

La referencia analógica de voltaje es seleccionada por software permitiendo utilizar la fuente de alimentación del PIC (VDD) o un nivel de voltaje externo aplicado al pin 5 (RA3/AN3/ VREF +).

El módulo tiene los siguientes registros asociados:

- ADCON0 : Controla la operación del módulo A/D.
- ADCON1 : Configura las funciones de los pines del puerto analógico.
- ADRESL : Contiene la parte BAJA del resultado de la conversión A/D.
- ADRESH : Contiene la parte ALTA del resultado de la conversión A/D.

5.2.11.1 Registros de control del módulo A/D

Registro ADCON0: Este es un registro que permite seleccionar cual de las entradas análogas va a ser leída y permite dar la orden de iniciar el proceso de conversión, sus ocho bits son los siguientes:

ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	-	ADON
bit7							bit 0

Bit 0 (ADON): Bit de activación del módulo. ADON = 1, Módulo A/D operando.

ADON = 0, Módulo A/D desactivado.

- Bit 2 (GO/DONE): Estado de conversión: GO = 1, Empieza conversión. GO = 0, conversión finalizada.

Si ADON = 0, Este bit es cero.

- Bits 3, 4 y 5 (CHS0, CHS1, CHS2): Selección del canal a convertir (canal 0 - 7).

- Bits 6 y 7(ADCS0, ADCS1): Selección del reloj de conversión.

ADCS1	ADCS0	FRECUENCIA DE CONVERSIÓN
0	0	$F_{osc} / 2$
0	1	$F_{osc} / 8$
1	0	$F_{osc} / 32$
1	1	FRC

Figura 61 Frecuencias de conversión para el módulo A/D.

Registro ADCON1: Este es un registro que permite seleccionar como se ubican los diez bits resultado de la conversión A/D y permite seleccionar cuales de los pines del puerto A trabajarán como entradas análogas y cuales como entradas digitales. Adicionalmente, permite seleccionar los voltajes de referencia del convertidor.

ADFM	-	-	-	-	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit7							bit 0

El bit 7 (ADFM) selecciona el formato del resultado de la conversión:

Si ADFM = 1, el resultado se justifica a la derecha: Los 6 bits más significativos de ADRESH son cero.

Si ADFM = 0, el resultado se justifica a la izquierda: Los 6 bits menos significativos de ADRESL son cero.

Con los tres bits (PCFG0, PCFG1, PCFG2) se configuran los pines del puerto A como de entradas análogas o entrada/salida digital, así como la referencia de voltaje que utilizará el convertidor. *Figura 62.*

PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN / REFS
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Entrada Análoga

D = Entrada/Salida Digital

Nota 1: Estos canales no están disponibles en los dispositivos de 28 pines

Figura 62 Selección de los canales analógicos a utilizar.

Cuando se completa la conversión A/D, el resultado se carga en los registros ADRESH y ADRESL (en el formato configurado por el bit ADFM).

El bit GO/DONE (ADCON0<2>) se pone en cero y el bit bandera de la interrupción A/D (ADIF) se pone en uno.

Después de que el módulo ha sido configurado, al canal seleccionado se debe hacer un muestreo antes de empezar la conversión. El tiempo requerido para el muestreo es definido como T_{ad}.

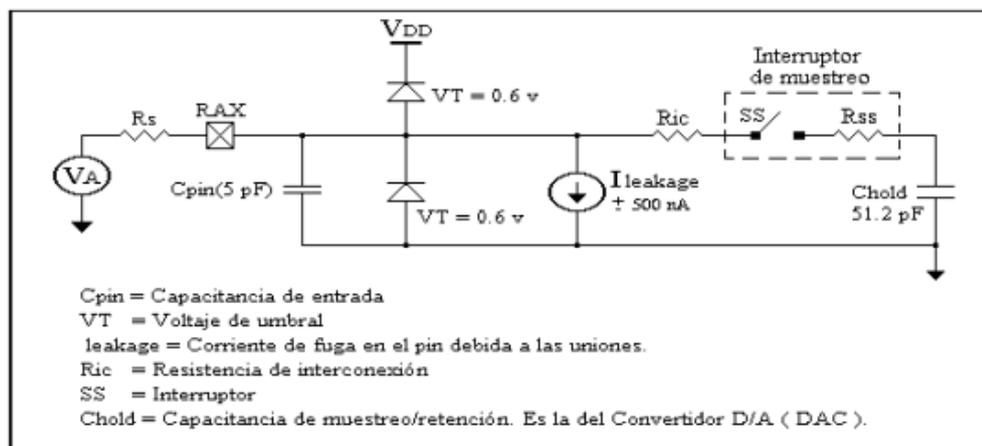


Figura 63 Circuito de la entrada analógica.

5.2.11.2 Requerimientos para el muestreo

Para que el convertidor A/D tenga precisión, se debe permitir que el condensador de retención se cargue con todo el nivel de voltaje del canal de entrada. En la figura 3.15. se muestra el modelo de entrada análoga. La máxima impedancia recomendada para las fuentes análogas es de 10 Kohm. Después que se selecciona el canal de entrada análoga (o es cambiado) se debe esperar un tiempo de muestreo antes de que la conversión se inicie.

5.2.11.3 Selección de la frecuencia de conversión

La conversión A/D requiere $10 T_{ad}$. La fuente del reloj de conversión es seleccionada por software. Las cuatro opciones posibles para T_{ad} son:

- 2 T_{osc}
- 8 T_{osc}
- 32 T_{osc}
- Oscilador interno RC

Para conversiones correctas, el reloj de conversión (T_{ad}) debe ser seleccionado para tener un tiempo mínimo T_{ad} de 1.6 μseg .

5.2.11.4 Forma de realizar una conversión A/D

- Configurar el módulo A/D:
 - Configurar los pines análogos, referencia de voltaje y E/S digitales (ADCON1).
 - Seleccionar canal de entrada A/D.
 - Seleccionar reloj de conversión A/D.
 - Activar el módulo A/D.
- Configurar la interrupción A/D (si se requiere): $ADIF = 0$ (PIR1<6>); $ADIE = 1$ (PIE1<6>) y $GIE = 1$ (INTCON<7>).
- Asegurar el tiempo de muestreo requerido [T_{ad}].
- Empezar la conversión.
- Esperar que se realice la conversión, así :
 - Haciendo un muestreo al bit GO/DONE hasta que éste es cero.
 - Esperar la interrupción del convertidor.
- Leer los registros ADRESH y ADRESL. ADIF se debe resetear si se usa interrupción.
- Para una siguiente conversión vaya al paso primero o segundo según se requiera.

Antes de empezar otro muestreo se debe esperar como mínimo 2 Tad.

5.2.12 Resumen de las principales características del PIC16F877

- Memoria de programa : FLASH, 8 K de instrucciones de 14 bits c/u.
- Memoria de datos : 368 bytes RAM, 256 bytes EEPROM.
- Pila (Stack) : 8 niveles (14 bits).
- Fuentes de interrupción : 13
- Instrucciones : 35
- Encapsulado : DIP de 40 pines.
- Frecuencia oscilador : 20 MHz (máxima)
- Temporizadores/Contadores: 1 de 8 bits (Timer 0); 1 de 16 bits (Timer 1); 1 de 8 bits (Timer 2) con pre y post escalador. Un perro guardián (WDT)
- Líneas de E/S : 6 del puerto A, 8 del puerto B, 8 del puerto C, 8 del puerto D y 3 del puerto E, además de 8 entradas análogas.
- Dos módulos de Captura, Comparación y PWM:
 - Captura: 16 bits. Resolución máx. = 12.5 nseg.
 - Comparación: 16 bits. Resolución máx. = 200 nseg.
 - PWM: Resolución máx. = 10 bits.
- Convertidor Análogo/Digital de 10 bits multicanal (8 canales de entrada).
- Puerto serial síncrono (SSP) con bus SPI (modo maestro) y bus I²C (maestro/esclavo).
- USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con dirección de detección de 9 bits.
- Corriente máxima absorbida/suministrada (sink/source) por línea (pin): 25 mA
- Oscilador : Soporta 4 configuraciones diferentes: XT, RC, HS, LP.
- Tecnología de Fabricación: CMOS
- Voltaje de alimentación: 3.0 a 5.5 V DC
- Puede operar en modo microprocesador

5.3 Características técnicas del oscilador

A continuación veremos algunas de las características técnicas de los elementos más importantes usados en el oscilador como son el transistor PN2222A usado en el Colpitt, el AD817 empleado en el acondicionamiento de la señal y el bucle inductivo.

5.3.1 Características técnicas del PN2222A

El PN2222A es un transistor bipolar npn de propósito general. Es usado como amplificador de media potencia y como conmutador que requiera corrientes de conmutación en torno a 500 mA. Tiene un empaquetamiento plástico TO-92.

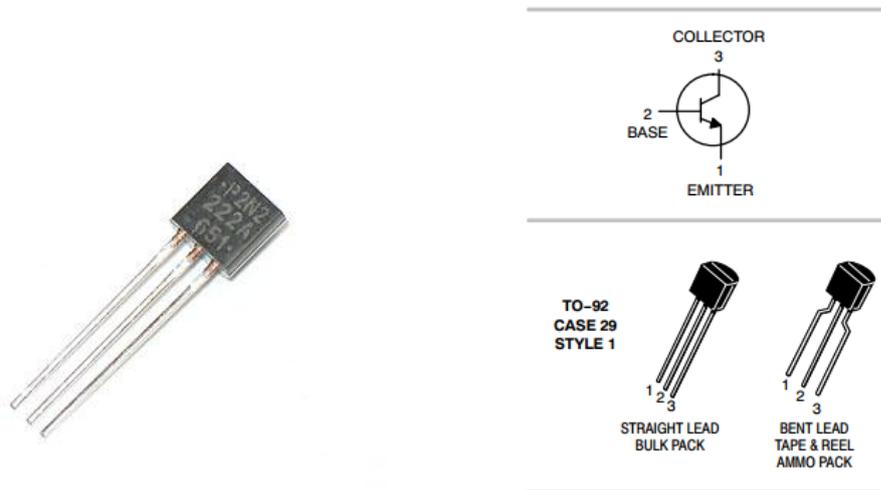


Figura 64 Transistor PN2222A junto con su encapsulado.

A continuación un cuadro extraído de su datasheet con algunas de sus características principales:

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage PN2222 PN2222A	V_{CE0}	30 40	Vdc
Collector-Base Voltage PN2222 PN2222A	V_{CBO}	60 75	Vdc
Emitter-Base Voltage PN2222 PN2222A	V_{EBO}	5.0 6.0	Vdc
Collector Current - Continuous	I_C	600	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	W mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	83.3	$^\circ\text{C}/\text{W}$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

5.3.2 Características técnicas del AD817

El AD817 es un integrado económico, de bajo consumo, que puede funcionar con una alimentación simple o simétrica. Es un operacional de alta velocidad útil para un amplio espectro en el acondicionamiento de señales y usos de adquisición de datos.

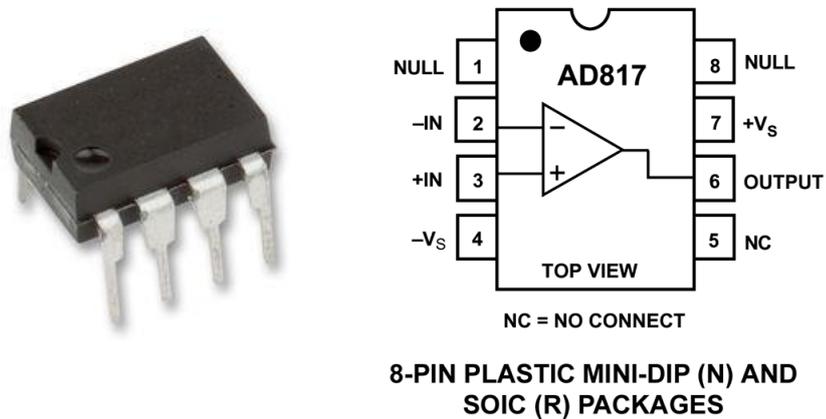


Figura 65 AD817 junto con su encapsulado.

A continuación sus características extraídas de su datasheet:

FEATURES

Low Cost

High Speed

50 MHz Unity Gain Bandwidth

350 V/ μ s Slew Rate

45 ns Settling Time to 0.1% (10 V Step)

Flexible Power Supply

Specified for Single (+5 V) and

Dual (± 5 V to ± 15 V) Power Supplies

Low Power: 7.5 mA max Supply Current

High Output Drive Capability

Drives Unlimited Capacitive Load

50 mA Minimum Output Current

Excellent Video Performance

70 MHz 0.1 dB Bandwidth (Gain = +1)

0.04% & 0.08° Differential Gain & Phase Errors

@ 3.58 MHz

Available in 8-Pin SOIC and 8-Pin Plastic Mini-DIP

5.3.3 Características técnicas del bucle inductivo

A continuación se verán algunas de las características que debe tener el bucle inductivo, así como que pasos hay que seguir para instalarlo y algunas recomendaciones.

5.3.3.1 Geometría e instalación

La geometría del lazo inductivo debe adaptarse a su respectiva aplicación. La configuración será óptima si el lazo inductivo tiene el mismo tamaño que el objeto que se vaya a detectar. Tras determinar la geometría del lazo inductivo, debe hacerse un corte en el suelo para instalarlo.

Debe hacerse un corte inclinado en un ángulo de 45° en las esquinas del lazo inductivo, lo que lo protegerá de un desgaste excesivo. Limpie la humedad de la ranura y coloque el hilo lo más apretado posible a lo largo del fondo del corte. Antes de taparlo, es recomendable comprobar la inductancia del lazo con un aparato de medición. Valor óptimo: 80-300 μH .

Al taparlo, asegúrese de que la temperatura de la pasta de sellado no supera la temperatura máxima de aislamiento del lazo inductivo, ya que esto podría provocar un defecto a tierra.

5.3.3.2 Numero de vueltas del lazo inductivo

El número de vueltas (o espiras) de un solo lazo es función de su perímetro, en orden a obtener un valor de la inductancia del orden de 100 μH o superior. Una formula utilizable para calcular la inductancia del lazo es:

$$L \text{ (inductancia en } \mu\text{H)} = 3.28 \times P \text{ (perímetro en m)} * (n^2 + n)/4$$

Siendo n = número de vueltas (o espiras)

Algunas configuraciones típicas:

perímetro (m)	4	5	6	7	8	9
A (m) x L (m)	1.00 x 1.00	1.00 x 1.50	2.00 x 1.00	2.00 x 1.50	2.00 x 2.00	2.00 x 2.50
Num. vueltas	6	5	5	4	4	4
Inductancia (μH)	137	123	147	114	131	147

Deberá considerarse una inductancia de 0.72 $\mu\text{H}/\text{m}$ a añadir a la inductancia del lazo.

Al salir del lazo inductivo, el cable deberá estar trenzado a razón de 20 vueltas por metro, hasta su conexión al detector de lazo. La máxima distancia será de 20 metros.

5.3.3.3 Recomendaciones y características del cable

- Usar un cable de 1,5 mm². Usar cable aislado de silicona si se coloca directamente en el suelo.
- Dejar 2 m de separación entre dos lazos contiguos.
- Usar cable de interconexión apantallado en entornos con perturbaciones eléctricas o donde este cable vaya paralelo a los cables de potencia.
- La profundidad de las espiras del lazo inductivo debe ser como mínimo 2 cm por debajo de la superficie del pavimento.
- Las espiras han de estar dentro del pavimento subsuelo.
- El lazo no debe estar cerca de partes metálicas.
- Es conveniente sellar las rozas lo antes posible una vez instalado el lazo y comprobado su funcionamiento.
- **Inductancia:** La inductancia vista desde el detector estará comprendida entre 20 y 700 μH , dependiendo de la sensibilidad del detector utilizado. Los valores normalmente utilizados están entre 100 y 200 μH .
- **Resistencia:** La resistencia total vista desde el detector, incluyendo el cable de alimentación, será inferior a 10 Ω . La resistencia tipo de un conductor calibre 16 AWG es del orden de 13.5 Ω por 1000 m.
- **Aislamiento:** El aislamiento con relación a tierra, de la red de lazos, será superior a 10 M Ω .
- **Geometría:** El perímetro del lazo estará comprendido entre 3.5m y 25.0m. Las geometrías típicas son lazos de 2.0m x 2.0m; 2.0m x 1.5m; 1.5m x 1.5m; 2.0m x 1.0m; etc. dependiendo de la aplicación. Si por ejemplo, se utiliza un lazo de 2.0m x 2. m el conjunto del tractor y de los remolques se consideraran como un solo vehículo. Si se utiliza un lazo de 2.0 m x 1.0 m, o más estrecho, el tractor y los remolque pueden verse como vehículos independientes entre sí.

5.4 Características técnicas de los transceptores

La comunicación por radio frecuencia se llevara a cabo por medio de transceptores basados en el integrado nRF24L01 fabricado por Nordic Semiconductors y que tiene las siguientes características:

- Rango de radiofrecuencia en la cual trabaja (2.4 – 2.5 GHz), antena integrada en la placa.
- Comunicación SPI. (Max. Velocidad 8Mhz).
- 128 canales de transmisión seleccionables por el bus SPI.
- Implementación capas OSI por hardware.
- Tensión de alimentación (1.9 a 3.6 V).
- Máxima velocidad de transferencia en radiofrecuencia 2Mbps.
- Pines de entrada con tolerancia a 5V (Niveles TTL).

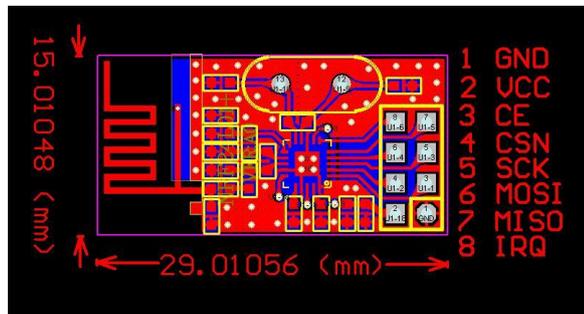


Figura 66 PCB y pines de los transceptores.

Especificaciones técnicas:

- Tensión mínima de alimentación 1.9 V
- Tensión máxima de alimentación 3.6 V
- Potencia máxima de salida 0 dBm
- Velocidad máxima de transmisión 2000 Kbps
- Corriente en modo transmisión @ 0dbm potencia de salida 11.3 mA
- Corriente en modo recepción @ 2000kbps 12.3 mA
- Corriente en modo *Power Down* 900 nA
- Frecuencia máxima del bus SPI 8 Mhz
- Rango de temperatura -40 a +85 °C

Para el caso del sistema real y no del prototipo, se utilizara un nRF24L01 2.4GHz de ultra-largo alcance con supresión de ruido y el módulo inalámbrico amplificador que tiene un alcance de hasta 1000m.

Las características de esta versión son las siguientes:

- Alimentación: 3 a 3.6V (recomendado: 3.3V)
- Máxima potencia de salida: +19dBm
- Corriente máxima en transmisión: 115mA
- Corriente máxima en recepción: 45mA
- Corriente en power down: 4.2 uA
- Sensibilidad de recepción a 2Mbps: -92dBm
- Sensibilidad de recepción a 1Mbps: -95dBm
- Sensibilidad de recepción a 250kbps: -104dBm
- Ganancia del amplificador de potencia: 20dB
- Ganancia del LNA del receptor: 10dB
- Cifra de ruido del LNA: 2.6dB
- Ganancia de la antena suministrada: 2dBi
- Alcance aproximado en campo abierto a 2Mbps: 520 metros
- Alcance aproximado en campo abierto a 1Mbps: 750 metros
- Alcance aproximado en campo abierto a 250kbps: 1000 metros
- Tamaño: 45.54 x 16.46 mm

5.5 Características técnicas del convertidor DC/DC

Se seleccionó un convertidor DC/DC Buck entre la amplia gama que existe en el mercado para conseguir las tensiones de 5V y 3.3V (la tensión de 12V se suministra directamente mediante el panel como veremos posteriormente).



Figura 67 Convertidor DC/DC.

Sus características técnicas son las siguientes:

- Tensión de entrada: 9-25V
- Tensión de salida: 5V y 3.3V
- Corriente máxima de salida: sobre 3A
- Eficiencia de la conversión: por encima del 92%
- Frecuencia de operación: 380kHz
- Protección: Cortocircuito a la salida y sobrecalentamiento con auto recuperación
- Asignación de pines para P2, P3 y P4:
 - P2 es el Puerto de entrada de 12V: 12V 12V GND GND
 - P3 es el puerto de salida de 12V: GND GND ADJ SW 12V 12V
 - P4 es el Puerto de salida de 5V y 3.3V: ADJ SW GND GND GND GND 5V 5V 3.3V 3.3V

5.6 Características técnicas de la caja

Para la instalación de los dispositivos será necesaria la utilización de cajas herméticas al agua. Para este fin se selecciono un proveedor que suministra este tipo de artículos incluyendo cubierta, base sellado y tornillos además de modificaciones tales como agujeros para botones y pantallas y pilares internos para la sujeción de las PCBs a petición del cliente.



Figura 68 Caja hermética para los dispositivos.

Características técnicas:

- Material: ABS
- Protección: IP65
- Medidas: 160x160x90mm
- Rango de temperatura: -20°C a 80°C

5.7 Características técnicas de la señalización y paneles solares

Con el fin de la señalización se selecciono el siguiente artículo de la empresa Shenzhen Noble Opto. En el caso del trasmisor-detector se adquirirá el panel y la batería por separado sin la señalización led.



Figura 69 Señalización con panel solar.

Sus características técnicas son las siguientes:

- Fuente de luz: $\Phi 5\text{mm}$ LED brillante estupendo
- Dimensiones: $\Phi 200\text{mm}/\Phi 300\text{m}$ m, vario polígono
- Colores de la exhibición: amarillo, rojo, blanco
- Vida del panel solar: 8W, 10years.
- Vida de la batería: 12V7AH, 12V12AH, 2 años.
- Modo de trabajo: destellando todo el día/destellando solamente en la noche
- Frecuencia que destella: tiempo 35 (de +-2) por minuto
- Grado de la protección: IP54.
- Intensidad de la luminancia: 4000 cd/m.
- Ángulo visual del LED: 60degree.
- Material: Policarbonato. (PC)
- Voltaje de Reted: DC12V.
- Luz/contraste oscuro, 1: 5
- Consumo de la energía: 3W (7W)
- Dimensión: 250mm*98mm*250mm; 350*350*180mm.

CAPÍTULO 6. PROGRAMACIÓN

CAPÍTULO 6. PROGRAMACIÓN

6.1 Programación de los dispositivos

En este capítulo se tratara la programación de los dispositivos, del trasmisor-detector y del receptor-senalizador. Se verá cual fue el lenguaje, entorno y hardware utilizados para la programación. También se incluirán los flujogramas de los programas para una mejor comprensión de los mismos.

6.2 Lenguaje, entorno y hardware

La programación del proyecto se llevara a cabo por medio de lenguaje C y se utilizara el compilador PCW de la casa CCS Inc. A su vez, el compilador lo integraremos en un entorno de desarrollo integrado (IDE) que nos va a permitir desarrollar todas y cada una de las fases que se compone un proyecto, desde la edición hasta la compilación pasando por la depuración de errores. La última fase, a excepción de la depuración y retoques hardware finales, será programar el PIC.

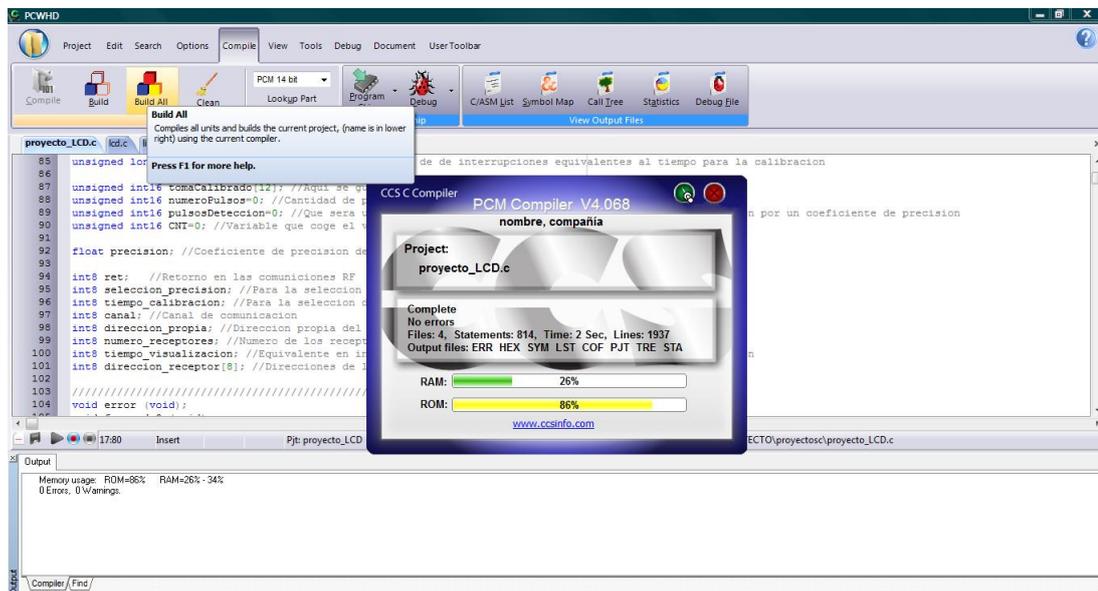


Figura 70 Entorno de programación PCW.

Para grabar el programa en el PIC se utilizó un software y tarjeta programadora K150. Se trata de un programador sencillo y económico capaz de programar gran cantidad de dispositivos. Podemos verlos en la *Figura 71* y *Figura 72*.

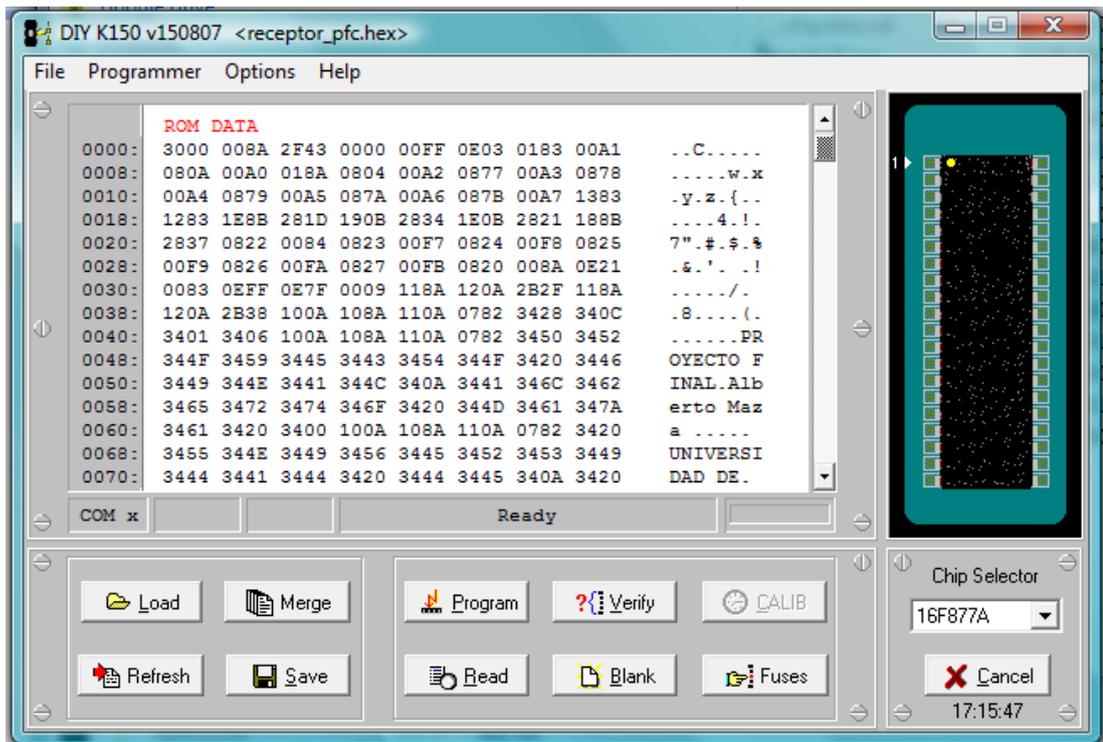


Figura 71 Software programador utilizado en el proyecto.



Figura 72 Tarjeta programadora K150.

Para realizar el debug también se utilizó el simulador ISIS de Proteus que además se utilizó a la hora de la simulación de las demás partes del sistema. En la Figura 73 se puede ver una captura de un diseño del PIC hecho en ISIS con el cual se está efectuando el debug del programa del transmisor-detector.

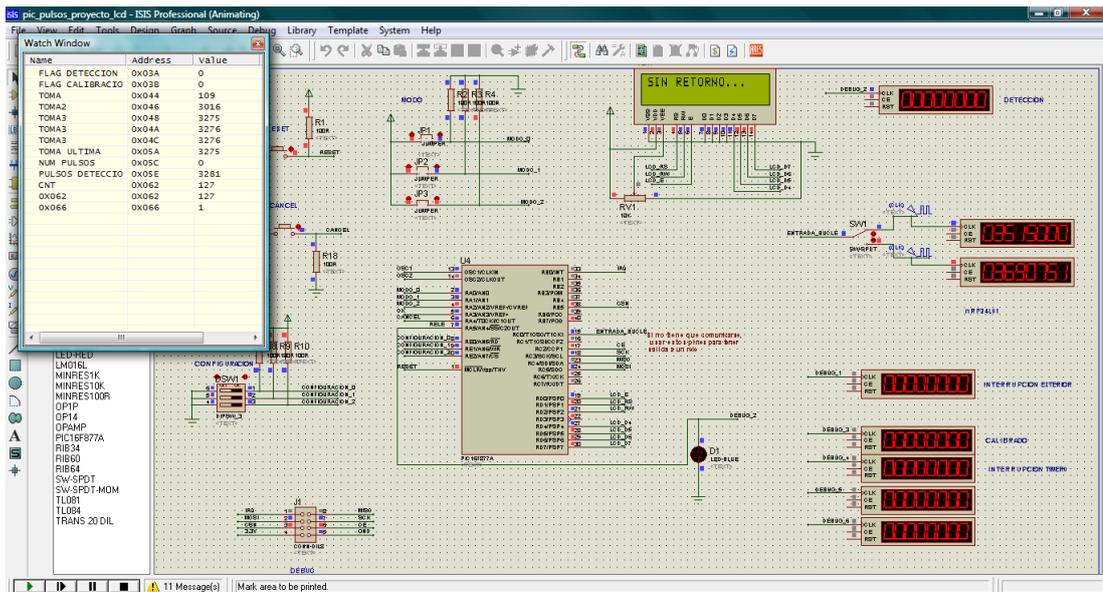


Figura 73 Captura del debug del programa con ISIS.

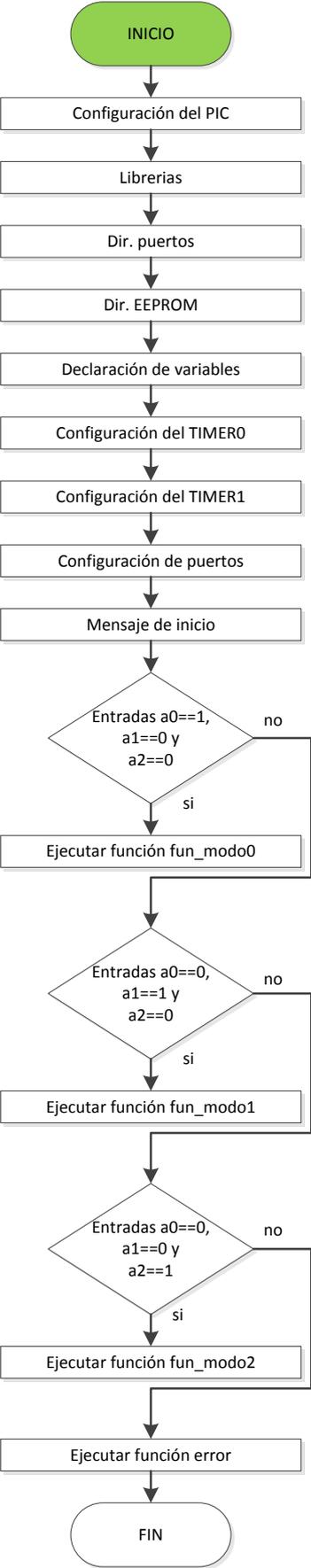
6.3 Programa del dispositivo Trasmisor-Detector

A continuación se verán los diagramas de flujo y el código del programa encargado de detectar los vehículos por medio del lazo inductivo y posteriormente comunicárselo por radiofrecuencia al dispositivo cuya función es señalar esta presencia. El funcionamiento del programa esta detallado en la cabecera del código de este, en el punto 6.3.2.

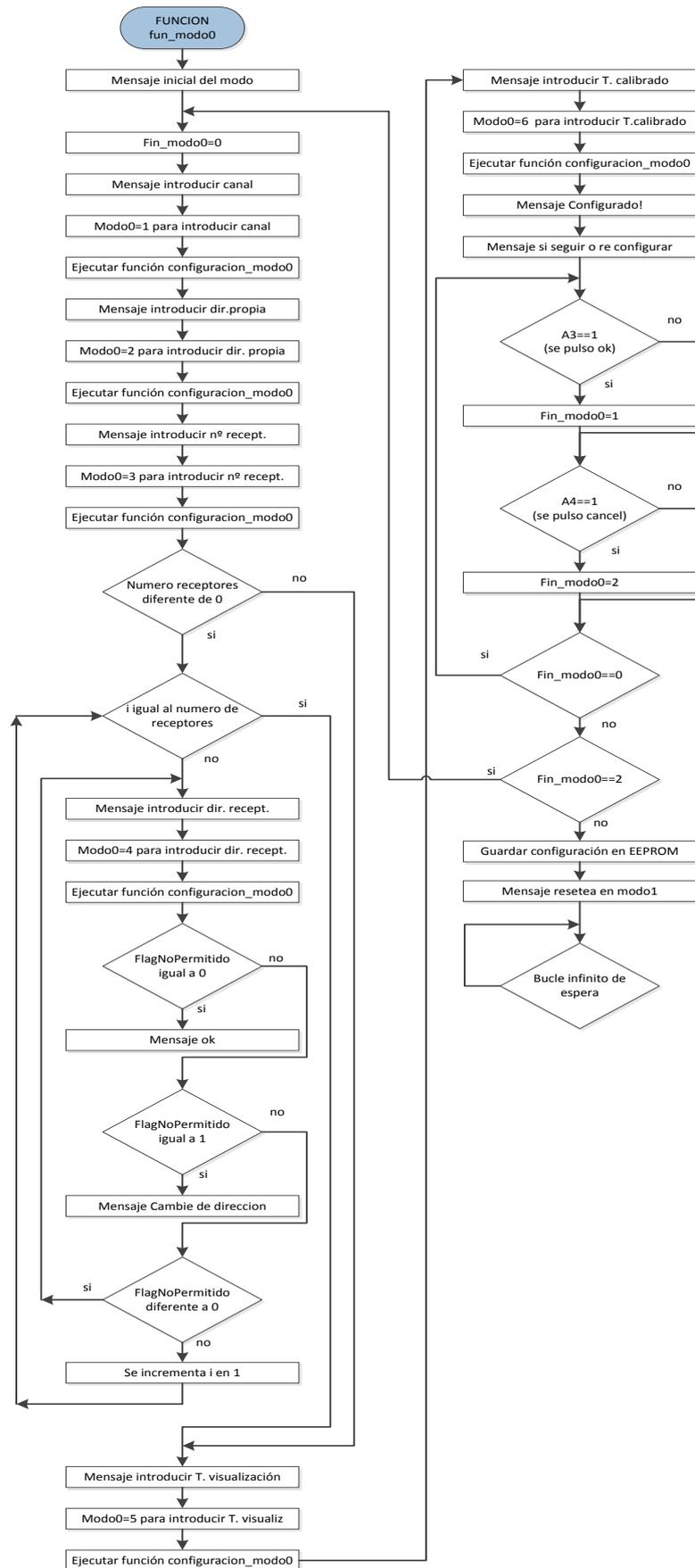
6.3.1 Flujogramas programa Trasmisor-Detector

En los siguientes puntos se podrán ver los diagramas de flujo de cada una de las partes del programa trasmisor-detector. Estos diagramas son claves a la hora de entender el funcionamiento del sistema e indispensables para una correcta documentación del código.

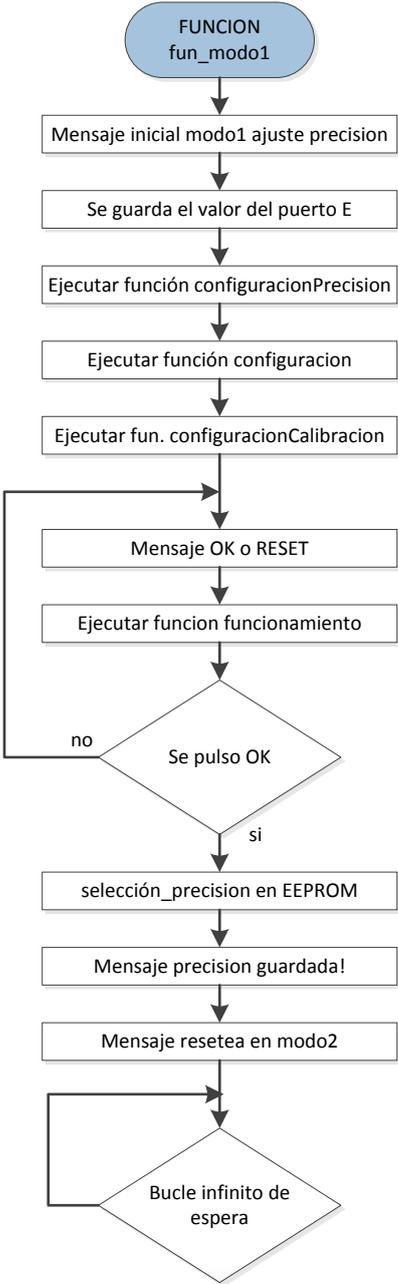
6.3.1.1 Función principal del programa transmisor-detector



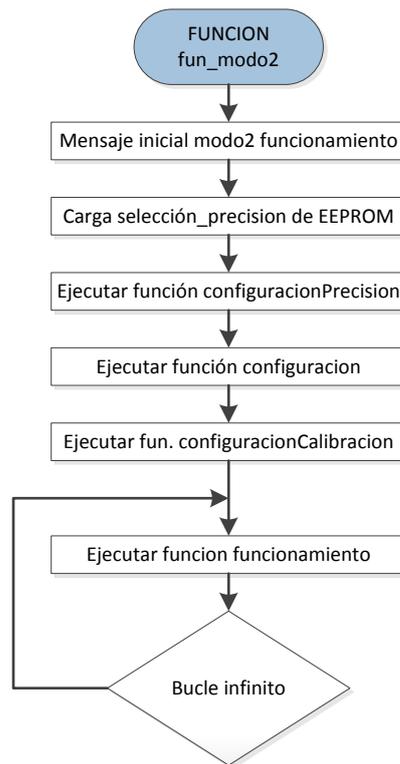
6.3.1.2 Función fun_modo0 transmisor-detector



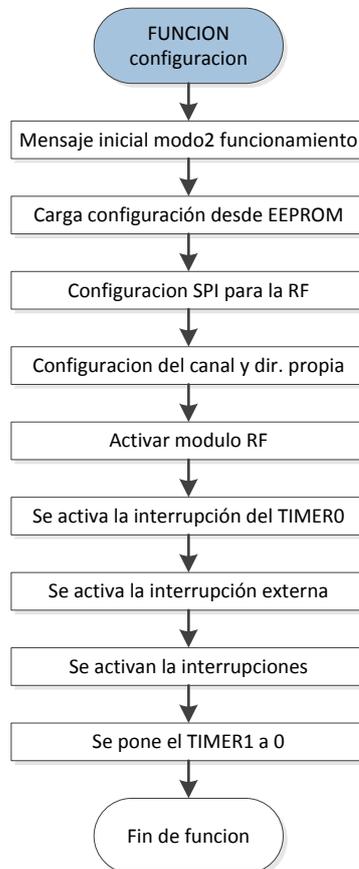
6.3.1.3 Función fun_modo1 trasmisor-detector



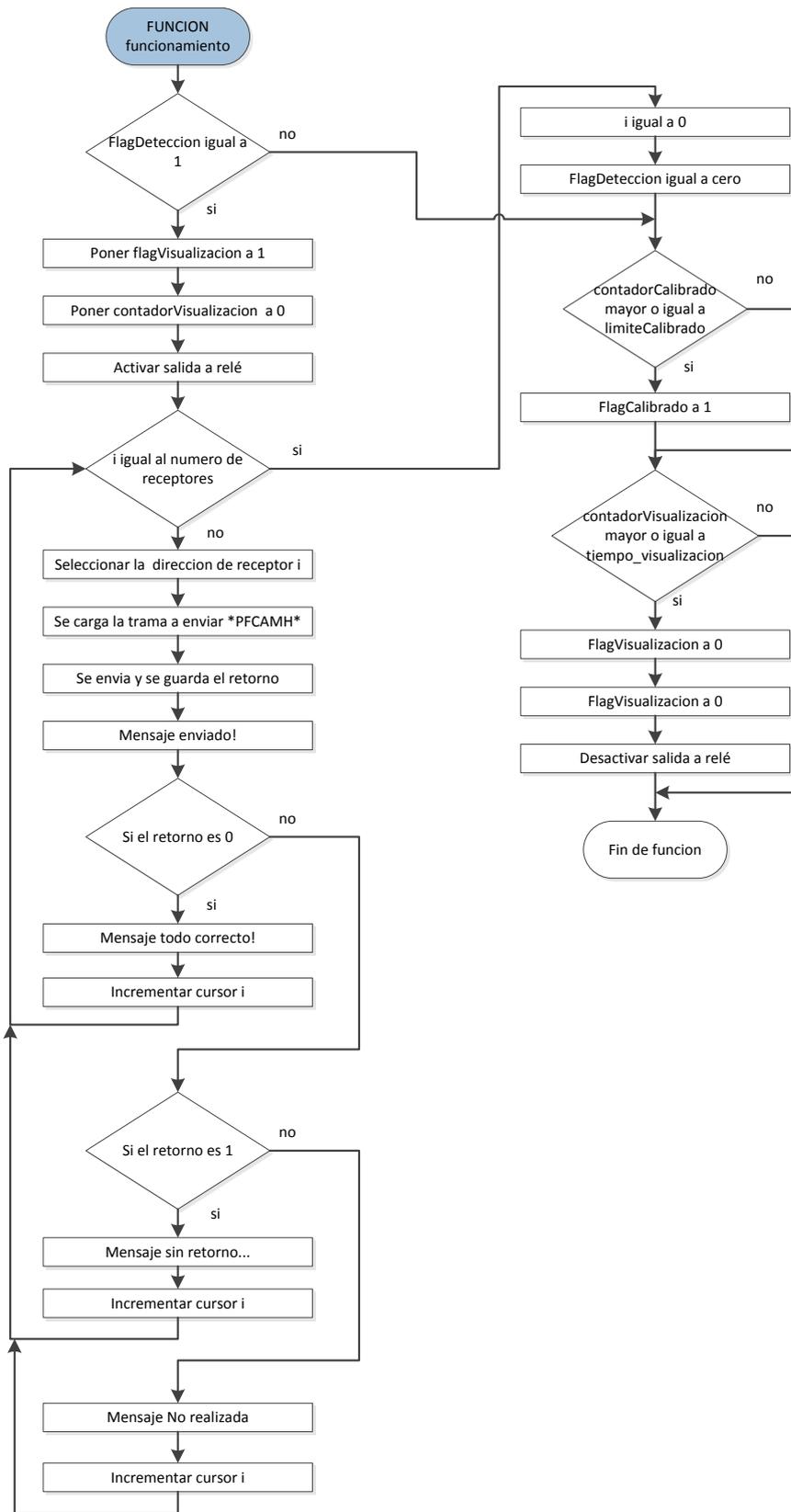
6.3.1.4 Función fun_modo2 transmisor-detector



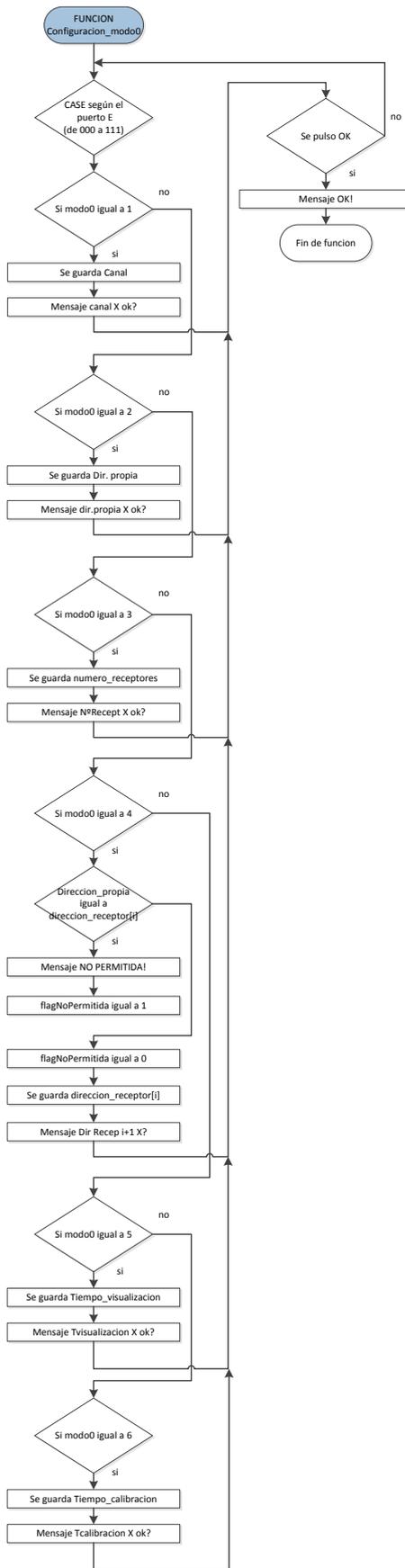
6.3.1.5 Función configuración transmisor-detector



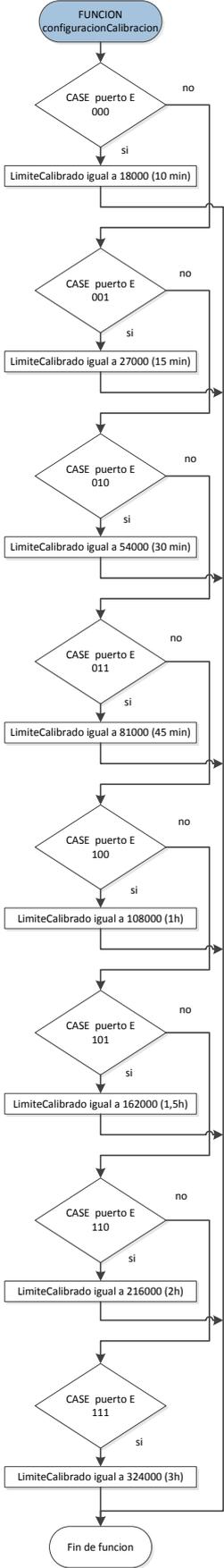
6.3.1.6 Función funcionamiento transmisor-detector



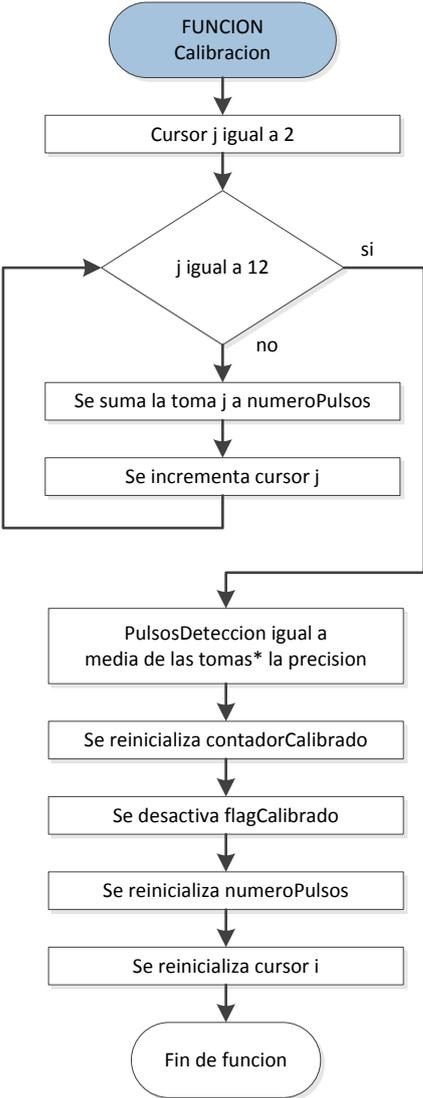
6.3.1.7 Función configuración_modo0 transmisor-detector



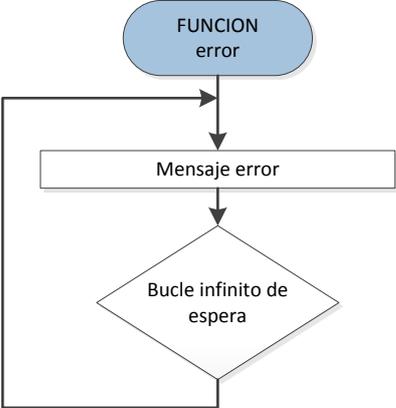
6.3.1.8 Función configuración Calibracion transmisor-detector



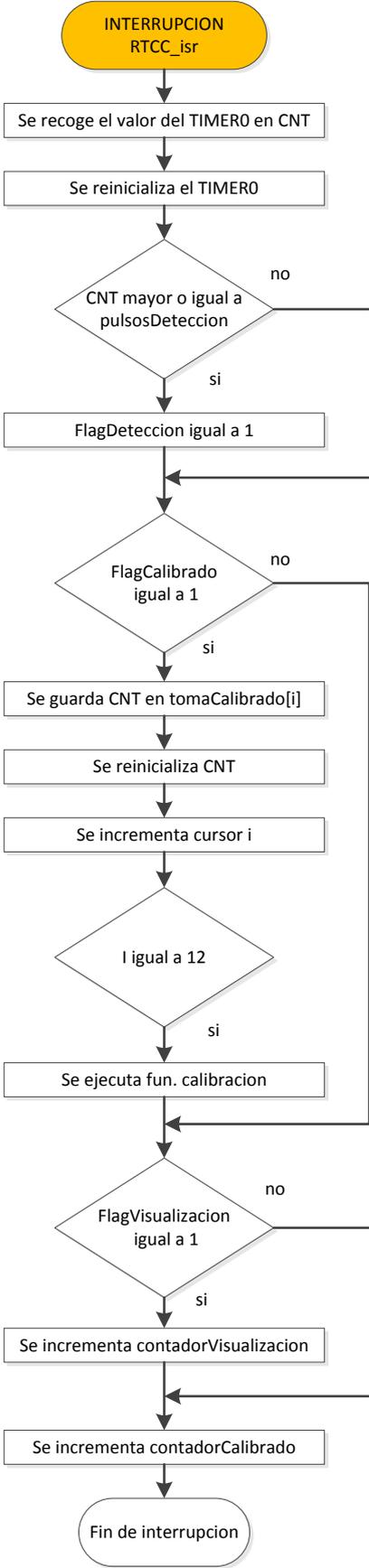
6.3.1.9 Función calibración transmisor-detector



6.3.1.10 Función error transmisor-detector



6.3.1.11 Interrupción RTCC_isr transmisor-detector



6.3.2 Código del programa Transmisor-Detector

/******
PROYECTO FINAL DE CARRERA de Alberto Maza Herrero
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación
Universidad de Cantabria
////////////////////////////////////
Sistema de deteccion-señalización de vehiculos a distancia

Programa detector-trasmisor

Descripcion:
Este es el programa encargado de la detección de vehículos por medio de un bucle inductivo. Al microcontrolador le llega una señal de pulsos provenientes del lazo y que son contados con el TIMER1 configurado como contador asíncrono. Cuando un vehículo cruza el bucle interfiere en su campo magnético reduciendo la inductancia del lazo e incrementando la frecuencia de la señal de pulsos. Cada vez que se ejecute una interrupción por del TIMER0 configurada cada 33,33ms se comparara la cantidad se pulsos recogida en el TIMER1 con una media de una serie de tomas con el lazo sin detectar y multiplicada por un coeficiente de precisión. Si la cantidad recogida en el TIMER1 es superior al valor establecido como detección, se enviara una trama a los señalizadores-receptores.

El funcionamiento del programa se realizara por medio de tres pasos o modos de funcionamiento seleccionables por hardware. En el primero de ellos se configuraran los parámetros para la comunicación por radiofrecuencia, cada cuanto tiempo se va a llevar a cabo la re calibración del lazo y el tiempo de visualización si se diese el caso de que la zona de detección y señalización estuviesen muy próximas. En el segundo paso o modo, se seleccionara la precisión del sistema debiéndose hacer pruebas in situ. El tercer y último modo será el de funcionamiento.

*****/

#include <16f877a.h>

////////////////////////////////////CONFIG.PIC
#FUSES NOWDT
#FUSES XT
#FUSES PUT
#FUSES NOPROTECT
#FUSES NODEBUG
#FUSES NOBROWNOUT
#FUSES NOLVP
#FUSES NOCPD

```

#FUSES NOWRT
#FUSES HS

#use delay(clock=4000000)
#use fast_io(c)

////////////////////////////////////LIBRERIAS
#include "lib_rf2gh4_10.h" //libreria para la comunicacion RF
#include <LCD.c>//libreria para el uso del LCD

////////////////////////////////////DIR.PUERTOS
#byte puerto_b = 6 //dirección del puerto B
#byte puerto_e = 9 //dirección del puerto E
#byte PORTD = 0X08 //dirección del puerto D

////////////////////////////////////DIR.EEPROM
#define seleccion_precision_eeprom 1
#define tiempo_calibracion_eeprom 2
#define canal_eeprom 3
#define direccion_propia_eeprom 4
#define numero_receptores_eeprom 5
#define tiempo_visualizacion_eeprom 6
#define direccion_receptor_eeprom1 7
#define direccion_receptor_eeprom2 8
#define direccion_receptor_eeprom3 9
#define direccion_receptor_eeprom4 10
#define direccion_receptor_eeprom5 11
#define direccion_receptor_eeprom6 12
#define direccion_receptor_eeprom7 13

////////////////////////////////////VARIABLES
int modo0; //Para la configuracion derl modo 0
int fin_modo0; //Para finalizar el modo 0
int flagNoPermitido=0; //Como control de configuraciones no permitidas
int flagDeteccion=0; //Se pondra a '1' cuando se detecte un vehiculo
int flagVisualizacion=0; //Se pondra a '1' al durante el periodo de visualizacion
int flagCalibrado=1; //Que indicara cuando se debe calibrar el sistema
int i=0; //Usado en bucles for
int j=0; //Usado en bucles for

unsigned long contadorCalibrado=0; //Cuando llegue a al valor establecido
//se debera efectuar una nueva calibracion
unsigned long contadorVisualizacion=0; //Que hara que haya una salida activa
//para señalar durante un tiempo marcado

```

```

unsigned long limiteCalibrado=0; //Se guarda el valor de de interrupciones
//equivalentes al tiempo para la calibracion

unsigned int16 tomaCalibrado[12]; //Tomas de datos al calibrar
unsigned int16 numeroPulsos=0; //Cantidad de pulsos que se esperan
//cada 33,33ms si no hay deteccion
unsigned int16 pulsosDeteccion=0; //Valor resultado de la media de las tomas
// de la calibracion por un coeficiente de precision
unsigned int16 CNT=0; //Variable que coge el valor del contador timer1

float precision; //Coeficiente de precision deseada

int8 ret; //Retorno en las comunicaciones RF
int8 seleccion_precision; //Para la seleccion de la precision
int8 tiempo_calibracion; //Para la seleccion del tiempo de calibracion
int8 canal; //Canal de comunicacion
int8 direccion_propia; //Direccion propia del dispositivo en la comunicaion
inalambrica
int8 numero_receptores; //Numero de los receptores en el sistema
int8 tiempo_visualizacion; //Equivalente en interrupciones al tiempo
//que debe estar activa la señalizacion
int8 direccion_receptor[8]; //Direcciones de los receptores

//////////////////////////////////////FUNCIONES
void error (void);
void fun_mod0 (void);
void fun_mod1 (void);
void fun_mod2 (void);
void configuracionCalibracion(void);
void calibracion(void);
void configuracionPrecision(void);
void configuracion_mod0(void);
void configuracion(void);
void funcionamiento(void);

//////////////////////////////////////INTERRUPCIONES
#int_rtcc // Interrupción por desbordamiento cada 33,33ms
void RTCC_isr() {

    CNT=get_timer1(); //Se recoge el valor del timer1
    set_timer1(0); //Se resetea el timer1

    if(CNT>=pulsosDeteccion){ //Se chequea si hay deteccion
        flagDeteccion=1;
    }
}

```

```

    }

    if(flagCalibrado==1){ //Se chequea si es necesaria una calibracion
        tomaCalibrado[i]=CNT; // Hago las tomas de datos para la calibracion
        CNT=0;
        i++;
        if(i==12){ //Chequea si se han hecho todas las tomas
            calibracion();
        }
    }

    if(flagVisualizacion==1){ //Chequea si se esta señalizando una deteccion
        contadorVisualizacion++;
    }

    contadorCalibrado++;          // Se incrementa el contador para la calibracion
}

//////////////////////////////////////INICIO
void main( void )
{
    delay_ms(333); //Tiempo para que se estabilicen las configuraciones
    setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_128); //TIMER0: Clock Interno,
        //Prescaler 128 para una RTCC cada 33,33 ms (1 Segundo=30 RTCC)
    setup_timer_1(T1_EXTERNAL|T1_DIV_BY_1); //TIMER1: Contador asincrono

    set_tris_a( 011111 ); //Puerto A como entrada-salida
    set_tris_b( 0xff ); //Puerto B como entrada
    set_tris_e( 0xff ); //Puerto E como entrada
    set_tris_d( 0x00 ); //Puerto D como salida

    lcd_init(); //Mensajes iniciales
    printf(lcd_putc,"PROYECTO FINAL\nAlberto Maza ");
    delay_ms(1000);
    lcd_init();
    printf(lcd_putc," UNIVERSIDAD DE\n CANTABRIA ");
    delay_ms(1000);

    //Se chequea el modo de funcionamiento
    ////////////////////////////////////////MODO 0
    if (input(pin_a0)==1 && input(pin_a1)==0 && input(pin_a2)==0){
        fun_mod0(); //Modo de configuracion
    }
}

```

```

////////////////////////////////////MODO 1
else if (input(pin_a0)==0 && input(pin_a1)==1 && input(pin_a2)==0){
    fun_mod01();//Modo de seleccion de precision
}

////////////////////////////////////MODO 2
else if (input(pin_a0)==0 && input(pin_a1)==0 && input(pin_a2)==1){
    fun_mod02();//Modo de funcionamiento
}

////////////////////////////////////NO PERMITIDO
else{
    error();
}
}

////////////////////////////////////FUNCIONES
void error (void){//En caso de una seleccion indebida en los jumpers de seleccion de
modo

    do{
        lcd_init();
        printf(lcd_putc,"ERROR, MODO\nINCORRECTO");
        delay_ms(1000);
    }while(true);
}

void fun_mod00 (void){//Modo de configuracion

    lcd_init();//Mensaje inicial
    printf(lcd_putc,"MODO 0\nConfiguracion");
    delay_ms(1000);

    do{
        fin_mod00=0;

        lcd_init(); //Para la configurar el canal de comunicacion
        printf(lcd_putc,"Introd Canal");
        modo0=1;
        configuracion_mod00();

        lcd_init(); //Para la configurar la direccion propia
        printf(lcd_putc,"Introd Dir.Disp");
        modo0=2;

```

```

configuracion_modo0();

lcd_init(); //Para la configurar numero receptores
printf(lcd_putc,"Introd N° Recep");
modo0=3;
configuracion_modo0();

if(numero_receptores!=0){ //rutina que introduce las idrecciones de los
receptores
    for(i=0;i<numero_receptores;i++){
        do{
            lcd_init();
            printf(lcd_putc,"Introd DirRecept");
            modo0=4;
            configuracion_modo0();
            if(flagNoPermitido==0){
                lcd_init();
                printf(lcd_putc,"    OK!");
                delay_ms(500);
            }
            else if(flagNoPermitido==1){ //si la direccion elegida como receptor es la
propia
                lcd_init();
                printf(lcd_putc,"Cambie direccion");
                delay_ms(500);
            }
        }while(flagNoPermitido!=0);
    }
}

lcd_init();//Para la configurar el tiempo de visualizacion
printf(lcd_putc,"Introd T.Visuali");
modo0=5;
configuracion_modo0();

lcd_init();//Para la configurar el tiempo de calibracion
printf(lcd_putc,"Introd T.Calib");
modo0=6;
configuracion_modo0();

lcd_init();//Se chequea si se quiere terminar o configurar de nuevo
printf(lcd_putc," Configurado!");
delay_ms(1000);
lcd_init();

```

```

printf(lcd_putc,"OK Fin Modo0\nCANCEL Reconfig");
do{//Se chequea si se quiere terminar o configurar de nuevo
  delay_ms(20);
  if(input(pin_a3)==1){
    fin_mod0=1;
  }
  else if(input(pin_a4)==1){
    fin_mod0=2;
  }
}while(fin_mod0==0);

}while(fin_mod0==2);

//Se guardan la configuracion en la EEPROM
write_eeprom(canal_eeprom,canal);
write_eeprom(direccion_propia_eeprom,direccion_propia);
write_eeprom(numero_receptores_eeprom,numero_receptores);
write_eeprom(tiempo_visualizacion_eeprom,tiempo_visualizacion);
write_eeprom(tiempo_calibracion_eeprom,tiempo_calibracion);
write_eeprom(direccion_receptor_eeprom1,direccion_receptor[0]);
write_eeprom(direccion_receptor_eeprom2,direccion_receptor[1]);
write_eeprom(direccion_receptor_eeprom3,direccion_receptor[2]);
write_eeprom(direccion_receptor_eeprom4,direccion_receptor[3]);
write_eeprom(direccion_receptor_eeprom5,direccion_receptor[4]);
write_eeprom(direccion_receptor_eeprom6,direccion_receptor[5]);
write_eeprom(direccion_receptor_eeprom7,direccion_receptor[6]);

lcd_init(); //Mensaje de cierre
printf(lcd_putc,"Resetea en Modo1");

do{//Bucle de espera al reinicio
  delay_ms(1000);
}while(true);
}

void fun_mod01 (void){//Modo de ajuste de la precision
//Esta funcion ejecuta el programa con si estuviese en modo funcionamiento pero
cargando
//la precision desde los switches de configuracion y no desde la EEPROM. Al
finalizarlo el
//valor de precision se guarda en la EEPROM

  lcd_init(); //Mensaje inicial
  printf(lcd_putc,"MODO 1\nAjuste Precision");

```

```

delay_ms(1000);

seleccion_precision=puerto_e; //Carga de la precision desde
                               //los switches de configuracion
//Funciones de configuracion previas al funcionamiento
configuracionPrecision();
delay_ms(1000);
configuracion();
configuracionCalibracion();
delay_ms(1000);

do{ //Se ejecuta el funcionamiento chequeado si se quiere guardar esa precision
  lcd_init();
  printf(lcd_putc,"OK para guardar\nRESET otro ajust");
  funcionamiento();
}while(input(pin_a3)==0);

write_eeprom(seleccion_precision_eeprom,seleccion_precision); //Se guarda la
                                                             //precision en la
EEPROM
  lcd_init();//Mensaje de cierre
  printf(lcd_putc,"Precision \nGuardada!");
  delay_ms(500);
  lcd_init();
  printf(lcd_putc,"Resetea en Modo2");

  do{//Bucle de espera al reinicio
    delay_ms(1000);
  }while(true);
}

void fun_modos2 (void){//Modo de funcionamiento

  lcd_init(); //Mensaje de inicio
  printf(lcd_putc,"MODO 2\nFuncionamiento");
  delay_ms(1000);

  seleccion_precision=read_EEPROM (seleccion_precision_eeprom); //Se carga la
                                                             //precision desde la
EEPROM
  //Llamada a las funciones de configuracion
  configuracionPrecision();
  configuracion();
  configuracionCalibracion();

```

```

delay_ms(1000);

do{//Bucle infinito de funcionamiento
    funcionamiento();
}while(true);
}

void configuracion(void){

    //Carga de la configuracion desde la EEPROM
    canal = read_EEPROM (canal_eeprom);
    direccion_propia = read_EEPROM (direccion_propia_eeprom);
    numero_receptores = read_EEPROM (numero_receptores_eeprom);
    tiempo_visualizacion = read_EEPROM (tiempo_visualizacion_eeprom);
    tiempo_calibracion = read_EEPROM (tiempo_calibracion_eeprom);
    direccion_receptor[0]= read_EEPROM (direccion_receptor_eeprom1);
    direccion_receptor[1]= read_EEPROM (direccion_receptor_eeprom2);
    direccion_receptor[2]= read_EEPROM (direccion_receptor_eeprom3);
    direccion_receptor[3]= read_EEPROM (direccion_receptor_eeprom4);
    direccion_receptor[4]= read_EEPROM (direccion_receptor_eeprom5);
    direccion_receptor[5]= read_EEPROM (direccion_receptor_eeprom6);
    direccion_receptor[6]= read_EEPROM (direccion_receptor_eeprom7);

    RF_CONFIG_SPI(); //Configurar módulos SPI del PIC
    RF_CONFIG(canal,direccion_propia); //Configurar módulo RF (canal y dirección)
    RF_ON(); //Activación módulo RF

    enable_interrupts(int_rtcc); // Habilito Interrupción RTCC
    enable_interrupts(int_ext); // Habilito Interrupción Externa
    enable_interrupts(global); // Habilito el conjunto de las interrupciones
    set_timer1(0); //Se pone el contador del TIMER1 a cero
}

void funcionamiento(void){
    //Esta es la rutina de funcionamiento que se ejecutara haciendo chequeos sobre
    //detecciones,
    //el calibrado y tiempos de visualizacion y que toma los datos para realizar este control
    //del codigo en la interrupcion del TIMER0

    if(flagDeteccion==1){ //Chequea si hubo una deteccion
        flagVisualizacion=1; //Se activa la visualizacion
        contadorVisualizacion=0; //Se resetea el contador de la visualizacion
        output_bit(pin_a5,1); //Se activa la salida a rele
    }
}

```

```

for(i=0;i<numero_receptores;i++){ //Se envia la señal de detección a los
receptores
    //Preparación de la dirección del receptor y de los datos
    RF_DIR=direccion_receptor[i];

    RF_DATA[0]=0x24;/'*'
    RF_DATA[1]=0x50;/'P'
    RF_DATA[2]=0x46;/'F'
    RF_DATA[3]=0x43;/'C'
    RF_DATA[4]=0x41;/'A'
    RF_DATA[5]=0x4D;/'M'
    RF_DATA[6]=0x48;/'H'
    RF_DATA[7]=0x24;/'*'

    ret=RF_SEND(); //Se guarda el retorno

    lcd_init();
    printf(lcd_putc,"ENVIADO! ");

    //Sentencias de chequeo del retorno para comprobar la comunicación por RF
    if(ret==0){ //Envío realizado y ACK recibido
        lcd_init();
        printf(lcd_putc,"TODO CORRECTO! ");
    }
    else if(ret==1){ //Envío realizado y ACK no recibido
        lcd_init();
        printf(lcd_putc,"SIN RETORNO...");
    }
    else{ //Envío no realizado
        lcd_init();
        printf(lcd_putc,"NO REALIZADA");
    }

    }
    i=0; //Se resetean variables
    flagDeteccion=0; //Se resetea flag detección
}

if(contadorCalibrado>=limiteCalibrado){ //Chequea si es el momento de calibrar
    flagCalibrado=1;
}

if(contadorVisualizacion>=tiempo_visualizacion){ //Chequea si hay que terminar

```

```

//con la visualizacion
    flagVisualizacion=0;
    contadorVisualizacion=0;
    output_bit(pin_a5,0);
}
}

void configuracion_modo0(void){
//Rutina que conkfigura los parametros del sistema segun el paso en el que se este
//y la entrada de los switchs de configuracion del puerto E
do{
switch(puerto_e)
{
case 0: //Para el puerto E 000
if(modos0==1){
    canal=0x40;
    printf(lcd_putc,"\nCanal 40 ok?");
}

else if(modos0==2){
    direccion_propia=0x01;
    printf(lcd_putc,"\nDir.Propia 1 ok?");
}

else if(modos0==3){
    numero_receptores=0x00;
    printf(lcd_putc,"\nN°Recept 0 ok?");
}

else if(modos0==4){
if(direccion_propia==0x01){
    printf(lcd_putc,"\nNO PERMITIDA! ");
    flagNoPermitido=1;
}
else{
    flagNoPermitido=0;
    direccion_receptor[i]=0x01;
    printf(lcd_putc,"\nDirRecep%d 1 ok?", i+1);
}
}

else if(modos0==5){
    tiempo_visualizacion=0;
    printf(lcd_putc,"\nTvisualiz 0s ok?");
}
}
}

```

```

}

else if(modos==6){
    tiempo_calibracion=0x00;
    printf(lcd_putc, "\nTcalib 10min ok?");
}

break;
case 1: //Para el puerto E 001
if(modos==1){
    canal=0x43;
    printf(lcd_putc, "\nCanal 43 ok?");
}

else if(modos==2){
    direccion_propia=0x02;
    printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 2 ok?");
}

else if(modos==3){
    numero_receptores=0x01;
    printf(lcd_putc, "\nNºRecept 1 ok?");
}

else if(modos==4){
    if(direccion_propia==0x02){
        printf(lcd_putc, "\nNO PERMITIDA! ");
        flagNoPermitido=1;
    }
    else{
        flagNoPermitido=0;
        direccion_receptor[i]=0x02;
        printf(lcd_putc, "\nDirRecep%d 2 ok?", i+1);
    }
}

else if(modos==5){
    tiempo_visualizacion=60; //2segundos->60ciclos de tmr0
    printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 2s ok?");
}

else if(modos==6){
    tiempo_calibracion=0x01;
    printf(lcd_putc, "\nTcalib 15min ok?");
}

```

```

}
break;

case 2: //Para el puerto E 010
    if(modos==1){
        canal=0x46;
        printf(lcd_putc, "\nCanal 46 ok?");
    }

    else if(modos==2){
        direccion_propia=0x03;
        printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 3 ok?");
    }

    else if(modos==3){
        numero_receptores=0x02;
        printf(lcd_putc, "\nNºRecept 2 ok?");
    }

    else if(modos==4){
        if(direccion_propia==0x03){
            printf(lcd_putc, "\nNO PERMITIDA! ");
            flagNoPermitido=1;
        }
        else{
            flagNoPermitido=0;
            direccion_receptor[i]=0x03;
            printf(lcd_putc, "\nDirRecep%d 3 ok?", i+1);
        }
    }
    else if(modos==5){
        tiempo_visualizacion=90;
        printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 3s ok?");
    }
    else if(modos==6){
        tiempo_calibracion=0x02;
        printf(lcd_putc, "\nTcalib 30min ok?");
    }
    break;

case 3: //Para el puerto E 011
    if(modos==1){
        canal=0x49;
        printf(lcd_putc, "\nCanal 49 ok?");
    }

```

```

}

else if(modo0==2){
    direccion_propia=0x04;
    printf(lcd_putc,"\nDir.Propia 4 ok?");
}

else if(modo0==3){
    numero_receptores=0x03;
    printf(lcd_putc,"\nN°Recept 3 ok?");
}

else if(modo0==4){
    if(direccion_propia==0x04){
        printf(lcd_putc,"\nNO PERMITIDA! ");
        flagNoPermitido=1;
    }
    else{
        flagNoPermitido=0;
        direccion_receptor[i]=0x04;
        printf(lcd_putc,"\nDirRecep%d 4 ok?", i+1);
    }
}

else if(modo0==5){
    tiempo_visualizacion=120;
    printf(lcd_putc,"\nTvisualiz 4s ok?");
}

else if(modo0==6){
    tiempo_calibracion=0x03;
    printf(lcd_putc,"\nTcalib 45min ok?");
}
break;
case 4: //Para el puerto E 100
if(modo0==1){
    canal=0x4C;
    printf(lcd_putc,"\nCanal 4C ok?");
}

else if(modo0==2){
    direccion_propia=0x05;
    printf(lcd_putc,"\nDir.Propia 5 ok?");
}

```

```

else if(modos==3){
    numero_receptores=0x04;
    printf(lcd_putc, "\nNºRecept 4 ok?");
}

else if(modos==4){
    if(direccion_propia==0x05){
        printf(lcd_putc, "\nNO PERMITIDA! ");
        flagNoPermitido=1;
    }
    else{
        flagNoPermitido=0;
        direccion_receptor[i]=0x05;
        printf(lcd_putc, "\nDirRecep%d 5 ok?", i+1);
    }
}

else if(modos==5){
    tiempo_visualizacion=150;
    printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 5s ok?");
}

else if(modos==6){
    tiempo_calibracion=0x04;
    printf(lcd_putc, "\nTcalib 1h ok? ");
}
break;

case 5: //Para el puerto E 101
    if(modos==1){
        canal=0x4F;
        printf(lcd_putc, "\nCanal 4F ok?");
    }

    else if(modos==2){
        direccion_propia=0x06;
        printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 6 ok?");
    }

    else if(modos==3){
        numero_receptores=0x05;
        printf(lcd_putc, "\nNºRecept 5 ok?");
    }
}

```

```

else if(modo0==4){
    if(direccion_propia==0x06){
        printf(lcd_putc, "\nNO PERMITIDA! ");
        flagNoPermitido=1;
    }
    else{
        flagNoPermitido=0;
        direccion_receptor[i]=0x06;
        printf(lcd_putc, "\nDirRecep%d 6 ok?", i+1);
    }
}

else if(modo0==5){
    tiempo_visualizacion=180;
    printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 6s ok?");
}

else if(modo0==6){
    tiempo_calibracion=0x05;
    printf(lcd_putc, "\nTcalib 1,5h ok? ");
}
break;

case 6: //Para el puerto E 110
if(modo0==1){
    canal=0x52;
    printf(lcd_putc, "\nCanal 52 ok?");
}
else if(modo0==2){
    direccion_propia=0x06;
    printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 6 ok?");
}

else if(modo0==3){
    numero_receptores=0x06;
    printf(lcd_putc, "\nN°Recept 6 ok?");
}

else if(modo0==4){
    if(direccion_propia==0x07){
        printf(lcd_putc, "\nNO PERMITIDA! ");
        flagNoPermitido=1;
    }
}

```

```

else{
flagNoPermitido=0;
direccion_receptor[i]=0x07;
printf(lcd_putc, "\nDirRecep%d 7 ok?", i+1);
}
}

else if(modos==5){
tiempo_visualizacion=210;
printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 7s ok?");
}

else if(modos==6){
tiempo_calibracion=0x06;
printf(lcd_putc, "\nTcalib 2h ok? ");
}
break;

case 7: //Para el puerto E 111
if(modos==1){
canal=0x54;
printf(lcd_putc, "\nCanal 54 ok?");
}
else if(modos==2){
direccion_propia=0x07;
printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 7 ok?");
}

else if(modos==3){
numero_receptores=0x07;
printf(lcd_putc, "\nN°Recept 7 ok?");
}

else if(modos==4){
if(direccion_propia==0x08){
printf(lcd_putc, "\nNO PERMITIDA! ");
flagNoPermitido=1;
}
else{
flagNoPermitido=0;
direccion_receptor[i]=0x08;
printf(lcd_putc, "\nDirRecep%d 3 ok? ", i+1);
}
}
}

```

```

else if(modos==5){
    tiempo_visualizacion=240;
    printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 8s ok?");
}

else if(modos==6){
    tiempo_calibracion=0x07;
    printf(lcd_putc, "\nTcalib 3h ok?");
}
break;
}
}while(input(pin_a3)!=1); //Mientras no se pulse OK
    lcd_init();
    printf(lcd_putc, "    OK!");
    delay_ms(500);
}

void configuracionPrecision(void){
//Esta rutina carga el valor de precision segun lo que se seleccionado
switch(seleccion_precision)
{
    case 0:
        lcd_init();
        printf(lcd_putc, "\nPrecision 0,2o/o");
        delay_ms(500);
        precision=1.002;
        break;
    case 1:
        lcd_init();
        printf(lcd_putc, "\nPrecision 0,5o/o");
        delay_ms(500);
        precision=1.005;//2%
        break;
    case 2:
        lcd_init();
        printf(lcd_putc, "\nPrecision 1o/o");
        delay_ms(500);
        precision=1.01;
        break;
    case 3:
        lcd_init();
        printf(lcd_putc, "\nPrecision 1,5o/o");
        delay_ms(500);

```

```

    precision=1.015;
    break;
case 4:
    lcd_init();
    printf(lcd_putc, "\nPrecision 2o/o");
    delay_ms(500);
    precision=1.02;
    break;
case 5:
    lcd_init();
    printf(lcd_putc, "\nPrecision 2,5o/o");
    delay_ms(500);
    precision=1.025;
    break;
case 6:
    lcd_init();
    printf(lcd_putc, "\nPrecision 3o/o");
    delay_ms(500);
    precision=1.03;
    break;
case 7:
    lcd_init();
    printf(lcd_putc, "\nPrecision 4o/o");
    delay_ms(500);
    precision=1.04;
    break;

}
}

void configuracionCalibracion(void){
//Esta rutina carga el valor del tiempo entre calibraciones segun lo que se seleccionado
switch(tiempo_calibracion)
{
case 0:
    limiteCalibrado= 18000; //10 minutos
    break;

case 1:
    limiteCalibrado=27000;
    break;

case 2:
    limiteCalibrado=54000;

```

```

        break;

    case 3:
        limiteCalibrado=81000;
        break;

    case 4:
        limiteCalibrado=108000;
        break;

    case 5:
        limiteCalibrado=162000;
        break;

    case 6:
        limiteCalibrado=216000;
        break;

    case 7:
        limiteCalibrado=324000;
        break;
    }
}

void calibracion(void){
// Funcion que obtiene el valor del numero de pulsos que recibe el PIC
for(j=2;j<12;j++){ //Se suman las muestras
    numeroPulsos=numeroPulsos+(tomaCalibrado[j]);
}

pulsosDeteccion=(numeroPulsos/10)*precision; //Se calcula el numero de pulsos
                                                //al darse una deteccion

contadorCalibrado=0; //Se reinician las variables
flagCalibrado=0;
numeroPulsos=0;
i=0;
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

```

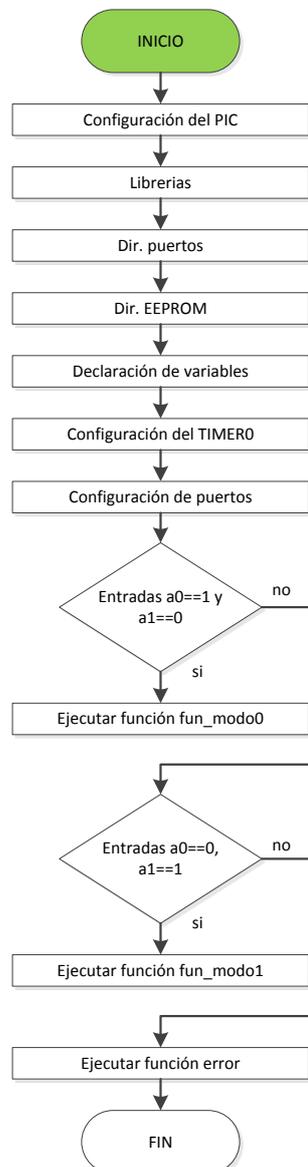
6.4 Programa del dispositivo Receptor-Señalizador

A continuación se verán los diagramas de flujo y el código del programa encargado de señalar la presencia de los vehículos detectados al recibir la señal procedente del trasmisor-detector.

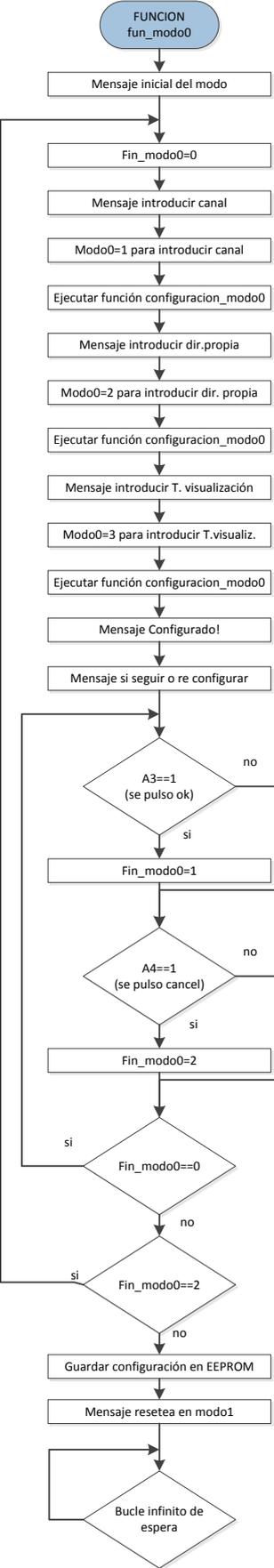
6.4.1 Flujogramas programa Receptor-Señalizador

En los siguientes puntos se podrán ver los diagramas de flujo de cada una de las partes del programa receptor-señalizador. Estos diagramas son claves a la hora de entender el funcionamiento del sistema e indispensables para una correcta documentación del código.

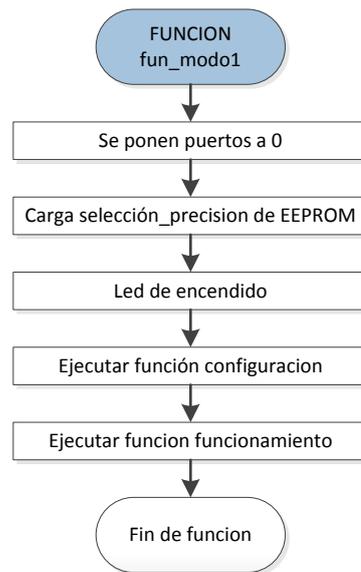
6.4.1.1 Función principal receptor-señalizador



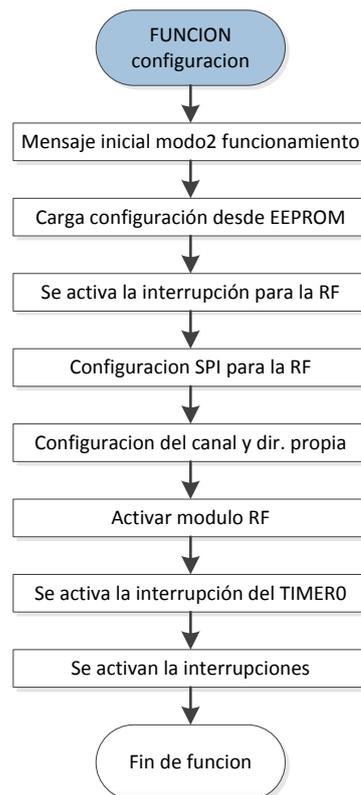
6.4.1.2 Función fun_modo0 receptor-señalizador



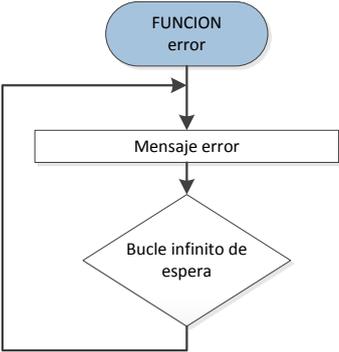
6.4.1.3 Función fun_modo1 receptor-señalizador



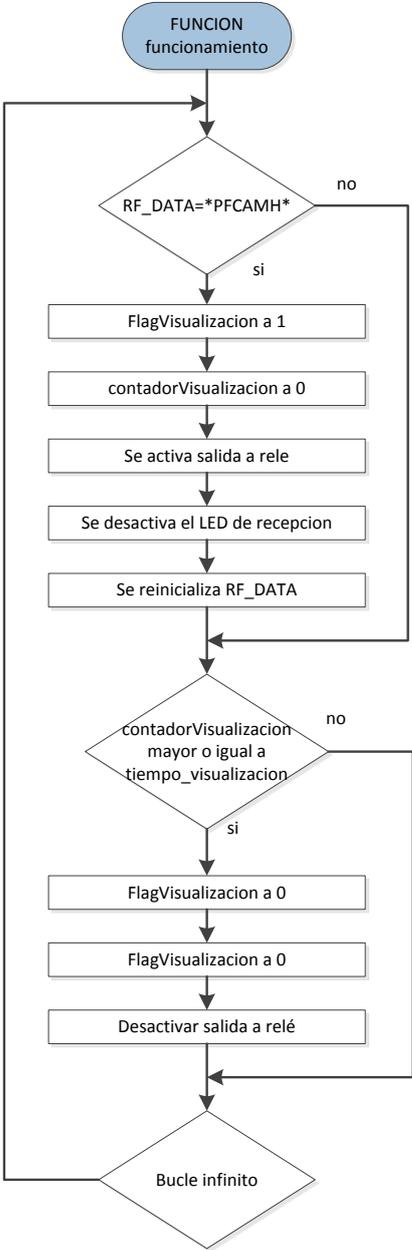
6.4.1.4 Función configuracion receptor-señalizador



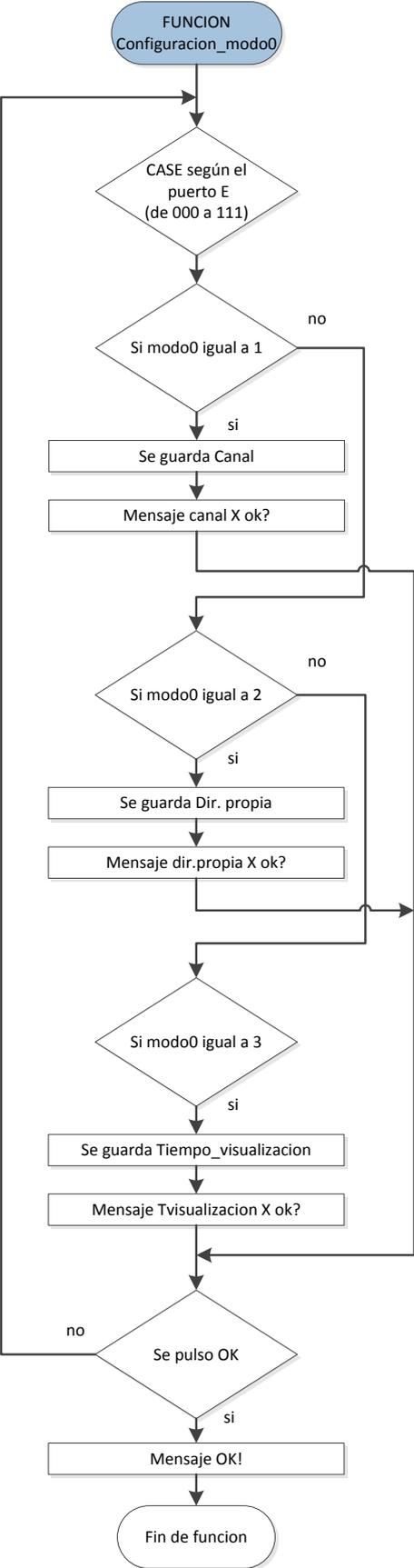
6.4.1.5 Función error receptor-señalizador



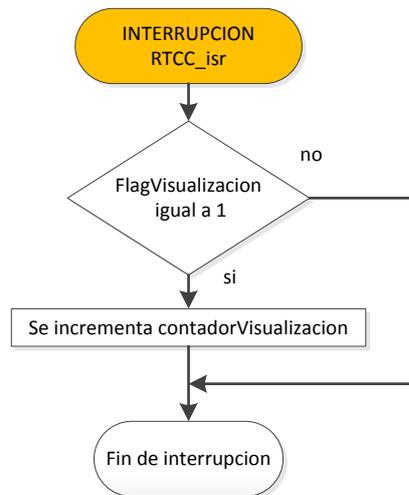
6.4.1.6 Función funcionamiento receptor-señalizador



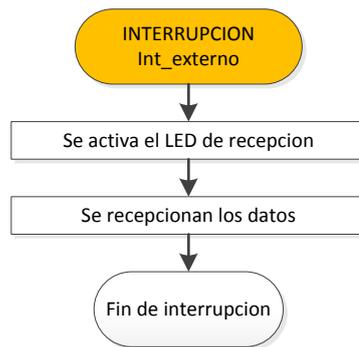
6.4.1.7 Función configuración_modo0 receptor-señalizador



6.4.1.8 Interrupción RTCC_isr receptor-señalizador



6.4.1.9 Interrupción int_externo receptor-señalizador



6.4.2 Código del programa transmisor-detector

/******

PROYECTO FINAL DE CARRERA de Alberto Maza Herrero
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación
Universidad de Cantabria

////////////////////////////////////

Sistema de detección-señalización de vehículos a distancia

Programa receptor-señalizador

Descripción:

Este es el programa encargado de señalar que se ha detectado un vehículo. Cuando reciba la señal de la detección por RF proveniente del transmisor-detector activará la salida a rele y la mantendrá activa durante un tiempo fijado en la configuración del dispositivo.

El funcionamiento del programa se realizará por medio de dos pasos o modos de funcionamiento seleccionables por hardware. En el primero de ellos se configurarán los parámetros para la comunicación por radiofrecuencia y el tiempo de visualización. El segundo modo será el de funcionamiento.

*****/

```
#include <16f877a.h>
```

```
////////////////////////////////////CONFIG.PIC
```

```
#FUSES NOWDT
```

```
#FUSES XT
```

```
#FUSES PUT
```

```
#FUSES NOPROTECT
```

```
#FUSES NODEBUG
```

```
#FUSES NOBROWNOUT
```

```
#FUSES NOLVP
```

```
#FUSES NOCPD
```

```
#FUSES NOWRT
```

```
#FUSES HS
```

```
#use delay(clock=4000000)
```

```
#use fast_io(c)
```

```

////////////////////////////////////LIBRERIAS
#include "lib_rf2gh4_10.h"
#include <LCD.c>

////////////////////////////////////DIR.PUERTOS

#byte PORTA=0x05 //dirección del puerto A
#byte puerto_b = 6 //dirección del puerto B
#byte puerto_e = 9 //dirección del puerto E
#byte PORTD = 0X08 //dirección del puerto D

////////////////////////////////////DIR.EEPROM
#define seleccion_precision_eeprom 1
#define canal_eeprom 3
#define direccion_propia_eeprom 4
#define tiempo_visualizacion_eeprom 6

////////////////////////////////////VARIABLES
int modo0; //Para la configuracion del modo 0
int fin_mod0; //Para finalizar el modo 0
int flagVisualizacion=0; //Se pondra a '1' al detectarse un vehiculo

unsigned long contadorVisualizacion=0; //Que hara que haya una salida activa para
//señalizar durante un tiempo marcado

int8 ret; //Retorno en las comunicaciones RF
int8 canal; //Canal de comunicacion
int8 direccion_propia; //Direccion propia del dispositivo en la comunicaion
inalambrica
int8 tiempo_visualizacion; //Equivalente en interrupciones al tiempo que debe
//estar activa la señalizacion

////////////////////////////////////DECLARACION DE FUNCIONES
void error (void);
void fun_mod0 (void);
void fun_mod1 (void);
void configuracion_mod0(void);
void configuracion(void);
void funcionamiento(void);

////////////////////////////////////INTERRUPCIONES
#int_rtcc // Interrupción por desbordamiento cada 33,33ms
void RTCC_isr() {

```

```

    if(flagVisualizacion==1){ //Chequea si se esta señalizando una deteccion
        contadorVisualizacion++;
    }
}

#int_ext //Interrupción del módulo RF
void int_externo() {
    output_bit(pin_d0,1); //Señalizador de que se esta recibiendo algo

    ret = RF_RECEIVE(); //Recepcion de los datos

}

//////////////////////////////////////INICIO
void main( void )
{
    delay_ms(333); //Tiempo para que se estabilicen las cosas
    setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_128); //TIMER0: Clock Interno,
                                                //Prescaler 128 para una RTCC cada 33,33 ms
                                                //(1 Segundo=30 RTCC)

    set_tris_a( 011111 ); // Puerto A como entrada-salida
    set_tris_b( 0xff ); // Puerto B como entrada
    set_tris_e( 0xff ); // Puerto E como entrada
    set_tris_d( 0x00 ); // Puerto D como salida

    ////////////////////////////////////////MODO 0
    if (input(pin_a0)==1 && input(pin_a1)==0){ //Modo de configuracion
        lcd_init();
        printf(lcd_putc,"PROYECTO FINAL\nAlberto Maza ");
        delay_ms(1000);
        lcd_init();
        printf(lcd_putc," UNIVERSIDAD DE\n CANTABRIA ");
        delay_ms(1000);
        fun_mod0();
    }

    ////////////////////////////////////////MODO 1
    else if (input(pin_a0)==0 && input(pin_a1)==1){ //Modo de funcionamiento
        fun_mod1();
    }

    ////////////////////////////////////////NO PERMITIDO
    else{

```

```

    error();
}
}

//////////////////////////////////////FUNCIONES
void error (void){ //Si se da una seleccion indebida con los jumpers de seleccion de
modo

    do{
        lcd_init();
        printf(lcd_putc,"ERROR, MODO\nINCORRECTO");
        delay_ms(1000);
    }while(true);
}

void fun_modoo0 (void){ //Modo de configuracion

    lcd_init();//Mensaje inicial
    printf(lcd_putc,"MODO 0\nConfiguracion");
    delay_ms(1000);
    do{
        fin_modoo0=0;

        lcd_init(); //Para la configurar el canal de comunicacion
        printf(lcd_putc,"Introd Canal");
        modo0=1;
        configuracion_modoo0();

        lcd_init(); //Para la configurar la direccion propia
        printf(lcd_putc,"Introd Dir.Disp");
        modo0=2;
        configuracion_modoo0();

        lcd_init(); //Para la configurar el tiempo de visualizacion
        printf(lcd_putc,"Introd T.Visuali");
        modo0=3;
        configuracion_modoo0();

        lcd_init(); //Se chequea si se quiere terminar o configurar de nuevo
        printf(lcd_putc," Configurado!");
        delay_ms(1000);
        lcd_init();
        printf(lcd_putc,"OK Fin Modo0\nCANCEL Reconfig");
        do{ //Se chequea si se quiere terminar o configurar de nuevo

```

```

        delay_ms(20);
        if(input(pin_a3)==1){
            fin_mod0=1;
        }
        else if(input(pin_a4)==1){
            fin_mod0=2;
        }
    }while(fin_mod0==0);

}while(fin_mod0==2);

//Se guarda la configuracion en la EEPROM
write_eeprom(canal_eeprom,canal);
write_eeprom(direccion_propia_eeprom,direccion_propia);
write_eeprom(tiempo_visualizacion_eeprom,tiempo_visualizacion);

lcd_init(); //Mensaje de cierre
printf(lcd_putc,"Resetea en Modo1");

do{//Bucle de espera al reinicio
    delay_ms(1000);
}while(true);
}

void fun_mod01 (void){

    PORTA=0; //Se ponen los puertos a cero
    PORTD=0;

    output_bit(pin_d2,1); //Led der puesto en marcha en modo funcionamiento
    delay_ms(1000); //No se usa LCD en este modo
    output_bit(pin_d2,0);

    configuracion(); //Se carga la configuracion
    delay_ms(1000);
    funcionamiento(); //Se pone a funcionar

}

void configuracion(void){

    //Carga de la configuracion desde la EEPROM
    canal = read_EEPROM (canal_eeprom);
    direccion_propia = read_EEPROM (direccion_propia_eeprom);

```

```

tiempo_visualizacion = read_EEPROM (tiempo_visualizacion_eeprom);

RF_INT_EN(); //Habilitar interrupciones
RF_CONFIG_SPI(); //Configurar módulos SPI del PIC
RF_CONFIG(canal,direccion_propia); //Configurar módulo RF (canal y dirección)
RF_ON(); //Activación módulo RF

enable_interrupts(int_rtcc); // Habilito Interrupción RTCC
enable_interrupts(global); // Habilito el conjunto de las interrupciones
}

void funcionamiento(void){
//En esta funcion se mantiene a la espera de la recepcion por parte del trasmisor.
//Si la trama es correcta se pasara a la activacion de la señalizacion durante
//el tiempo de visualizacion

do{
    if (RF_DATA[0]==0x24 && RF_DATA[1]==0x50 && RF_DATA[2]==0x46
    && RF_DATA[3]==0x43 && RF_DATA[4]==0x41 && RF_DATA[5]==0x4D
    && RF_DATA[6]==0x48 && RF_DATA[7]==0x24){

        flagVisualizacion=1; //Se activa orden de señalizacion
        contadorVisualizacion=0;

        output_bit(pin_a5,1); //rele
        output_bit(pin_d0,0); //indicador recepcion

        //Se resetea la trama recibida
        RF_DATA[0]=0x00;
        RF_DATA[1]=0x00;
        RF_DATA[2]=0x00;
        RF_DATA[3]=0x00;
        RF_DATA[4]=0x00;
        RF_DATA[5]=0x00;
        RF_DATA[6]=0x00;
        RF_DATA[7]=0x00;

    }

    if(contadorVisualizacion>=tiempo_visualizacion){//Chequea si hay que
        //detener la visualizacion

        flagVisualizacion=0;
        contadorVisualizacion=0;
        output_bit(pin_a5,0);
    }
}

```

```

    }
}while(true);
}

void configuracion_modo0(void){
//Rutina que conkfigura los parametros del sistema segun el paso en el que se este
//y la entrada de los switches de configuracion del puerto E
do{
switch(puerto_e)
{
case 0: //Para el puerto E 000
if(modos0==1){
canal=0x40;
printf(lcd_putc, "\nCanal 40 ok?");
}

else if(modos0==2){
direccion_propia=0x01;
printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 1 ok?");
}

else if(modos0==3){
tiempo_visualizacion=0;
printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 0s ok?");
}
break;

case 1: //Para el puerto E 001
if(modos0==1){
canal=0x43;
printf(lcd_putc, "\nCanal 43 ok?");
}

else if(modos0==2){
direccion_propia=0x02;
printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 2 ok?");
}

else if(modos0==3){
tiempo_visualizacion=60; //2segundos->60ciclos de tmr0
printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 2s ok?");
}
break;

```

```

case 2: //Para el puerto E 010
    if(modos==1){
        canal=0x46;
        printf(lcd_putc, "\nCanal 46 ok?");
    }

    else if(modos==2){
        direccion_propia=0x03;
        printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 3 ok?");
    }

    else if(modos==3){
        tiempo_visualizacion=90;
        printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 3s ok?");
    }
    break;

case 3: //Para el puerto E 011
    if(modos==1){
        canal=0x49;
        printf(lcd_putc, "\nCanal 49 ok?");
    }

    else if(modos==2){
        direccion_propia=0x04;
        printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 4 ok?");
    }

    else if(modos==3){
        tiempo_visualizacion=120;
        printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 4s ok?");
    }
    break;

case 4: //Para el puerto E 100
    if(modos==1){
        canal=0x4C;
        printf(lcd_putc, "\nCanal 4C ok?");
    }

    else if(modos==2){
        direccion_propia=0x05;
        printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 5 ok?");
    }

```

```

else if(modos==3){
    tiempo_visualizacion=150;
    printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 5s ok?");
}
break;

case 5: //Para el puerto E 101
    if(modos==1){
        canal=0x4F;
        printf(lcd_putc, "\nCanal 4F ok?");
    }

    else if(modos==2){
        direccion_propia=0x06;
        printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 6 ok?");
    }

    else if(modos==3){
        tiempo_visualizacion=180;
        printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 6s ok?");
    }
    break;

case 6: //Para el puerto E 110
    if(modos==1){
        canal=0x52;
        printf(lcd_putc, "\nCanal 52 ok?");
    }

    else if(modos==2){
        direccion_propia=0x06;
        printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 6 ok?");
    }

    else if(modos==3){
        tiempo_visualizacion=210;
        printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 7s ok?");
    }
    break;

case 7: //Para el puerto E 111
    if(modos==1){
        canal=0x54;

```

```

    printf(lcd_putc, "\nCanal 54 ok?");
}

else if(modo0==2){
    direccion_propia=0x07;
    printf(lcd_putc, "\nDir.Propia 7 ok?");
}

else if(modo0==3){
    tiempo_visualizacion=240;
    printf(lcd_putc, "\nTvisualiz 8s ok?");
}
break;
}
}while(input(pin_a3)!=1); //Mientras no se pulse OK
    lcd_init();
    printf(lcd_putc, "    OK!");
    delay_ms(500);
}

```

CAPÍTULO 7. PROTOTIPOS

CAPÍTULO 7. PROTOTIPOS

7.1 Prototipos

En este capítulo se verá cuales fueron los dispositivos y lazos construidos como primeros prototipos del sistema y que fueron usados hacer pruebas, depurar errores en la programación, encontrar fallos de diseño y finalmente probar el funcionamiento correcto del sistema y con ello alcanzar los objetivos del proyecto. Los esquemáticos de dichos prototipos ya se vieron en el Capítulo 4 Funcionamiento por bloques, y se podrán ver más adelante en la sección de planos del proyecto.

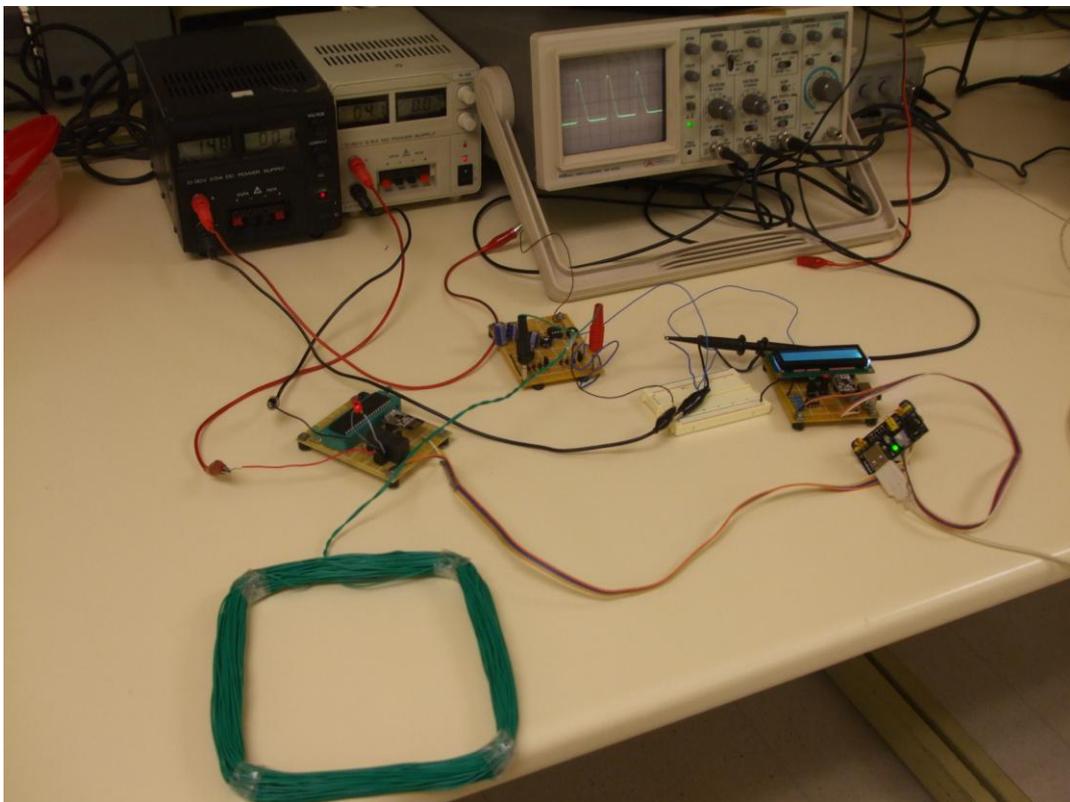


Figura 74 Sistema prototipo en funcionamiento.

Su diseño, construcción y prueba fue un proceso largo y laborioso pero que concluyo satisfactoriamente tras muchos errores de diseño, construcción y programación. Para su construcción se utilizaron tanto elementos nuevos comprados a proveedores de electrónica, como reciclados de antiguos o estropeados dispositivos electrónicos *Figura 75*.

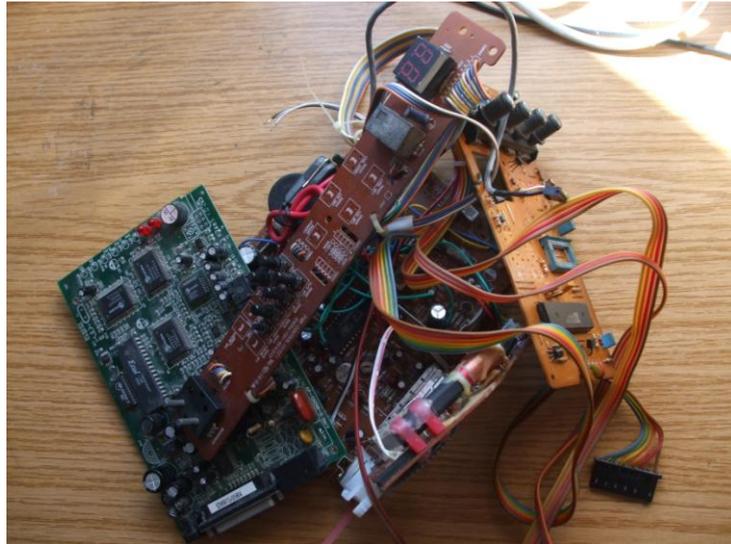


Figura 75 Elementos electrónicos antiguos.

En las primeras fases se utilizaron placas de prototipos sin soldadura donde los elementos eran colocados en dichas placas cuyos agujeros están interconexiónados entre sí *Figura 76*. Como se puede ver en la *Figura 77* uno de los dispositivos (el receptor-senalizador) montado sobre una de dichas placas mientras se realiza el depurado del programa.



Figura 76 Placa de prototipos con pines interconexiónados.

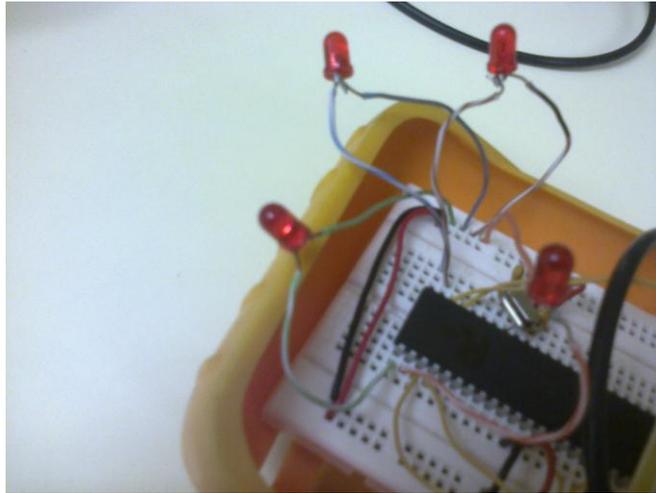


Figura 77 Dispositivo montado en una placa de prototipos.

Posteriormente para evitar problemas de desconexiones de cables a la hora de hacer las pruebas del sistema, se montaron los prototipos de los dispositivos sobre placas perforadas con pines de cobre *Figura 79* en las cuales los elementos eran soldados con estaño e interconexionados entre ellos con cables igualmente soldados. En la *Figura 78* podemos ver utensilios tales como el soldador, el desoldador y el estaño, utilizados en el montaje de los prototipos.



Figura 78 Útiles para la soldadura.

En la *Figura 80* se puede ver a uno de los dispositivos (transmisor-detector) en una de las fases intermedia del diseño mientras se realizaban pruebas de la comunicación por radiofrecuencia.



Figura 79 Placas perforadas con pines de cobre.



Figura 80 Dispositivo realizando pruebas de comunicación RF.

En los siguientes puntos veremos al detalle estos dispositivos así como cual es el proceso a seguir a la hora de configurarlos y ponerlos en funcionamiento.

7.2 Dispositivo Transmisor-Detector

El transmisor-detector es el dispositivo encargado de la detección y la transmisión de la orden de señalización por radio frecuencia a sus receptores. El prototipo de dicho dispositivo consta de dos placas. Una de ellas alberga el oscilador inductivo, con el oscilador de colpitts, el acondiciono de la señal, el selector de frecuencia y los conectores para el lazo inductivo. La otra tarjeta contiene el microcontrolador PIC16F877A así los elementos interruptores, pulsadores y el LCD necesarios para la configuración del dispositivo.

7.2.1 Tarjeta del oscilador inductivo

Como se comento anteriormente, esta placa contiene todo lo referente al oscilador inductivo. En la *Figura 81* se puede ver dicha placa.

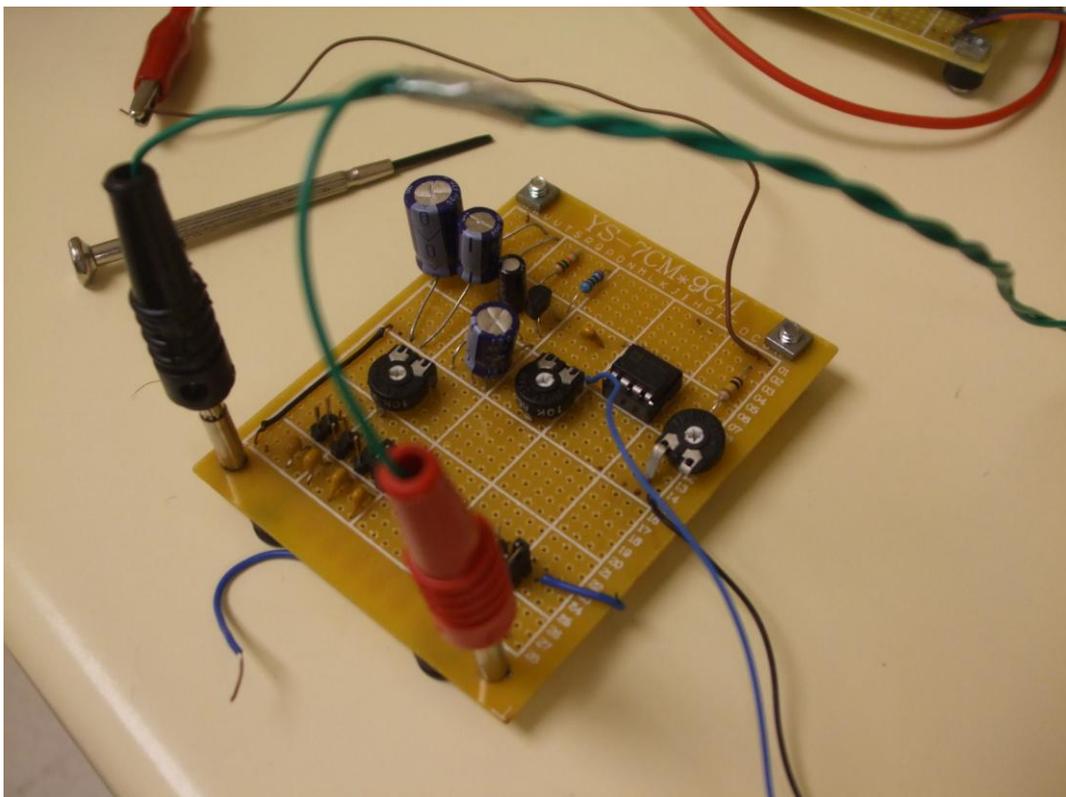


Figura 81 Placa del oscilador inductivo.

A continuación podemos ver la *Figura 82* en la que se puede ver con mayor detalle y con una numeración de sus principales elementos.

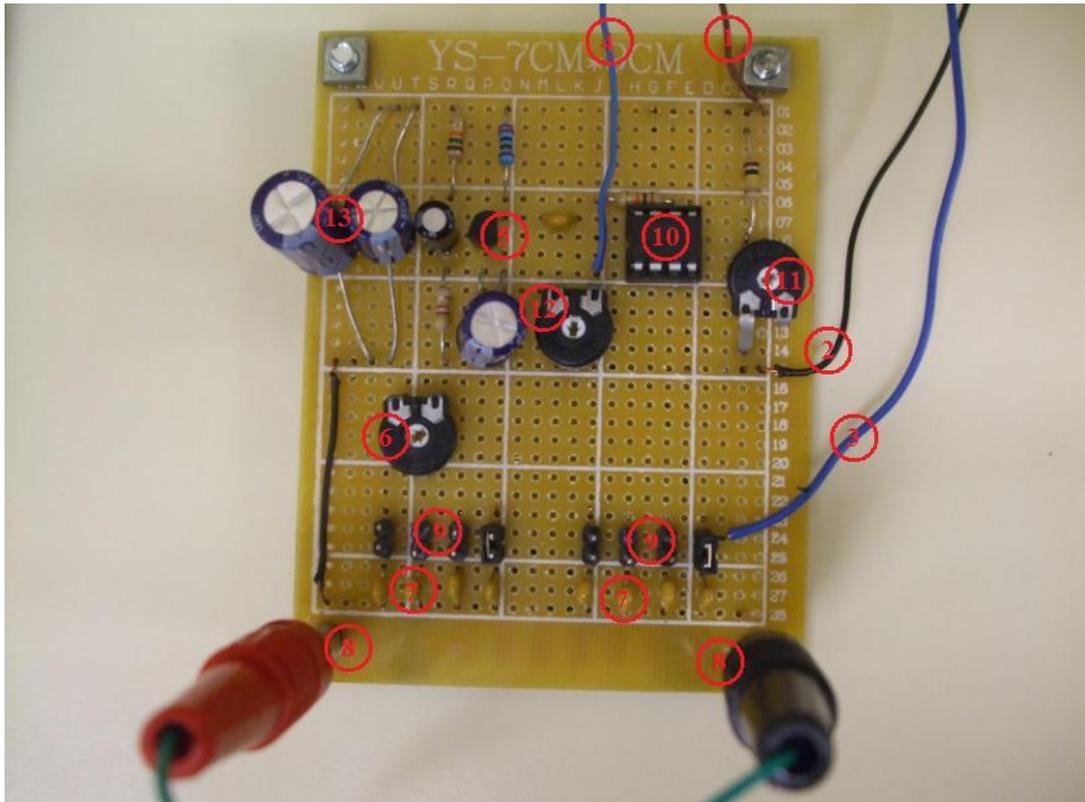


Figura 82 Tarjeta del oscilador numerado.

A continuación se nombraran los elementos numerados:

- 1- Alimentación de 12V.
- 2- Conexión a GND.
- 3- Salida sinusoidal del oscilador colpitts.
- 4- Salida cuadrada acondicionada para el PIC.
- 5- Transistor que forma parte de la realimentación regenerativa del colpitts.
- 6- Potenciómetro que regula la realimentación del colpitts.
- 7- Condensadores del oscilador LC.
- 8- Conexiones a la bobina (lazo inductivo) del oscilador LC.
- 9- Jumpers para la selección de condensadores (selección de frecuencia).
- 10- Comparador AD817 encargado de generar la onda cuadrada.
- 11- Potenciómetro que regula el ciclo de trabajo de la señal.
- 12- Potenciómetro que regula la tensión pico a pico de la señal cuadrada.
- 13- Condensadores de filtrado de la alimentación.

Aunque no está reflejada, posteriormente se le añadió una resistencia de 1M Ω entre la salida del oscilador colpitts y GND para darle mayor estabilidad al sistema.

7.2.2 Tarjeta del controlador

Esta tarjeta es la que contiene el microcontrolador PIC16F877A encargado del hacerle en controlador al oscilador inductivo y transmitir la orden de señalización a sus receptores. Contiene todo lo necesario para la configuración del dispositivo, de hecho, en estos primeros prototipos, con el fin del ahorro de material, esta tarjeta también se utiliza para configurar el microcontrolador del dispositivo receptor-señalizador al no poseer la tarjeta de este de los elementos necesarios para efectuarla. Podemos ver esta tarjeta en la *Figura 83*.

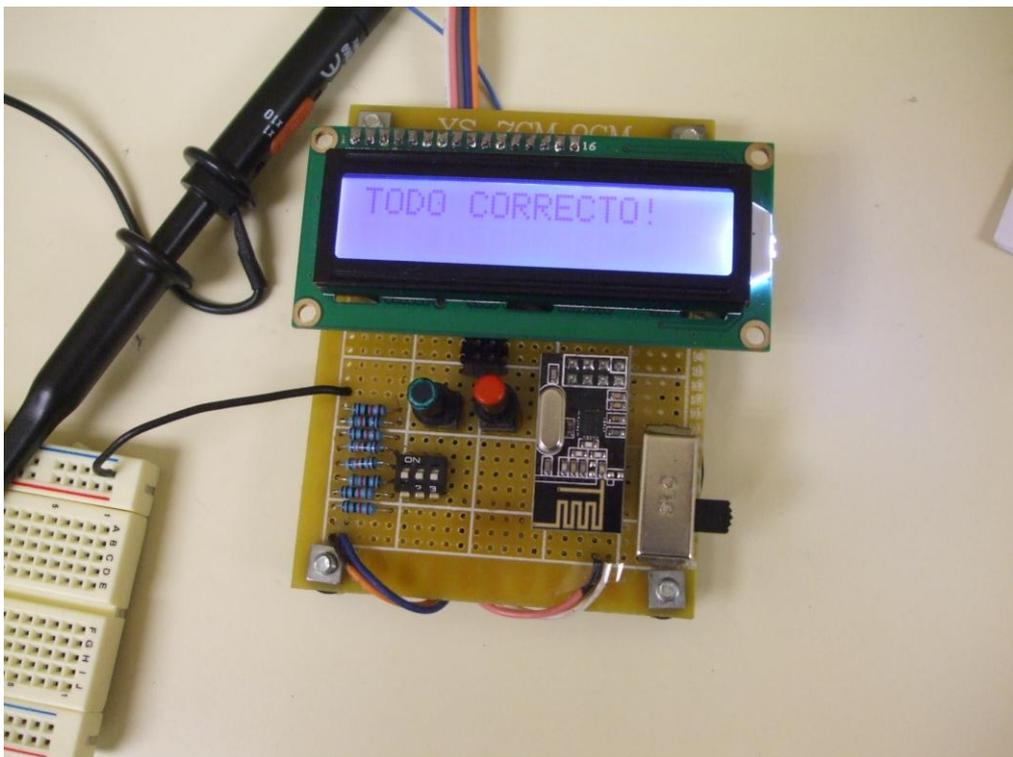


Figura 83 Tarjeta controladora del trasmisor-detector.

A continuación podemos ver la *Figura 84* en la que se puede ver con mayor detalle y con una numeración de sus principales elementos.

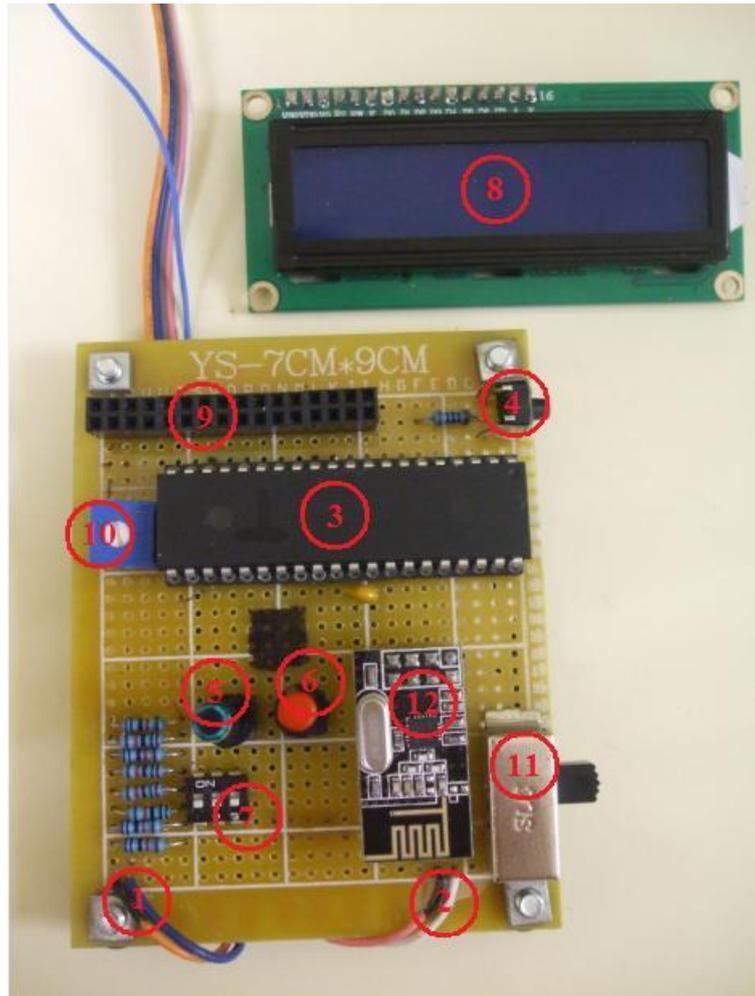


Figura 84 Tarjeta controladora numerada.

A continuación se nombraran los elementos numerados:

- 1- Alimentación de 5V y GND.
- 2- Alimentación de 3,3V y GND.
- 3- Microcontrolador PIC16F877A (el oscilador de cristal debajo de él).
- 4- Pulsador de reset del PIC.
- 5- Pulsador OK.
- 6- Pulsador CANCEL.
- 7- Interruptores para la configuración.
- 8- LCD.
- 9- Conector del LCD.
- 10- Potenciómetro para el contraste del LCD.
- 11- Selector del modo de funcionamiento.
- 12- Transceptor.

7.3 Dispositivo Receptor-Señalizador

El receptor-señalizador es el dispositivo en cargador de señalar durante un tiempo configurado la detección de un vehículo que circula por una zona alejada de él. Para esto, este dispositivo estará constantemente comprobando si el dispositivo trasmisor-detector le ha enviado la orden de señalar. En la *Figura 85* podemos ver la tarjeta.

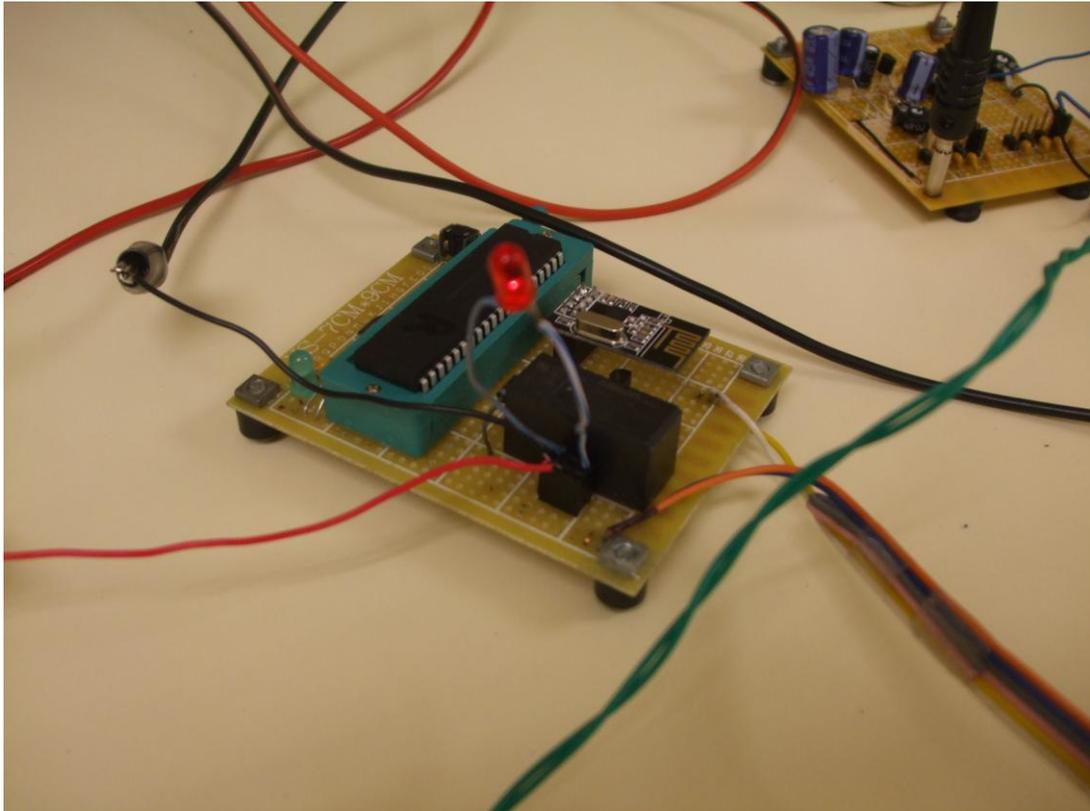


Figura 85 Tarjeta receptora-señalizador.

A continuación podemos ver la *Figura 86* en la que se puede ver con mayor detalle y con una numeración de sus principales elementos.

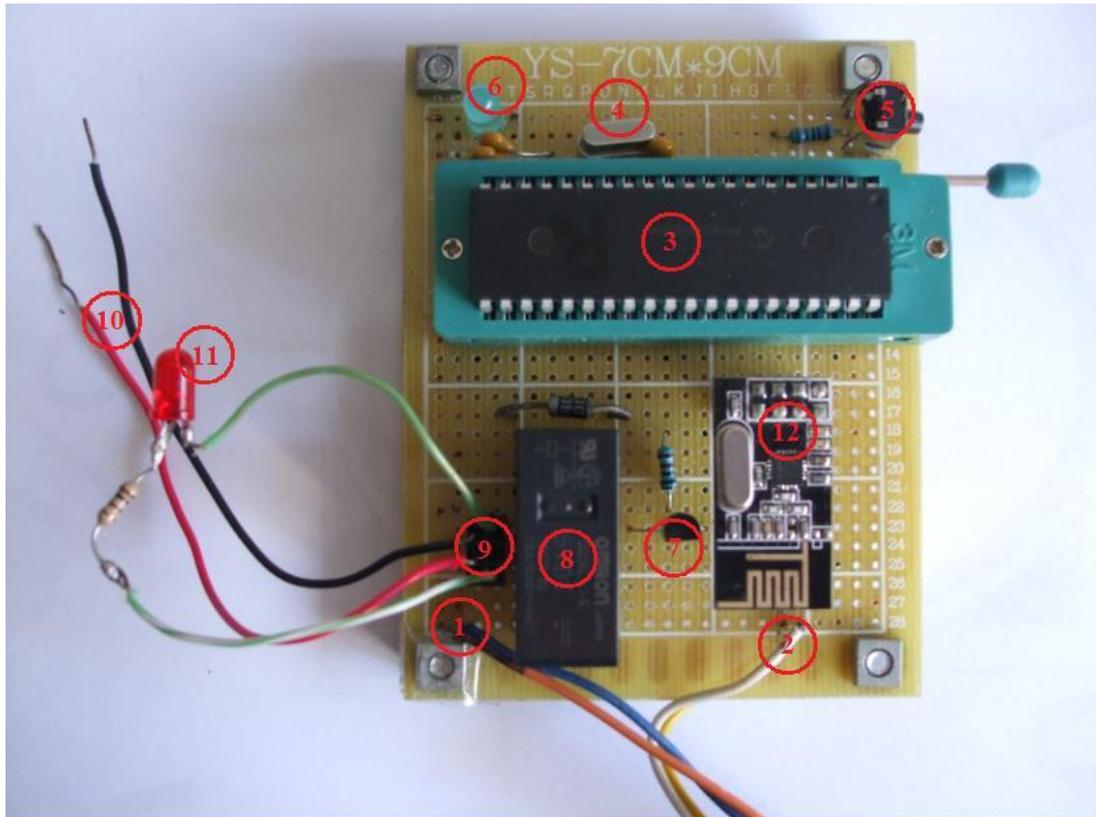


Figura 86 Dispositivo receptor-señalizador numerado.

A continuación se nombrarán los elementos numerados:

- 1- Alimentación de 5V y GND.
- 2- Alimentación de 3,3V y GND.
- 3- Microcontrolador PIC16F877A.
- 4- Oscilador de cristal del PIC.
- 5- Pulsador de reset del PIC.
- 6- Led indicador de recepción.
- 7- Transistor que activa el relé.
- 8- Relé.
- 9- Conector del relé.
- 10- Alimentación de la señalización conectada al relé.
- 11- Señalización (un led).
- 12- Transceptor.

7.4 Lazos inductivos

A la hora de hacer las pruebas se utilizaron mayoritariamente dos lazos inductivos (la bobina en el oscilador LC). Uno de ellos pequeño y de unas medidas aproximadas de 150x150mm con una inductancia de 1mH y que se utilizó debido a que aunque no tenía un tamaño apropiado para la detección de vehículos, resultaba muy útil y cómodo a la hora de hacer pruebas sobre la mesa del laboratorio. Podemos verlo en la *Figura 87*. Conectado al circuito del oscilador inductivo se obtienen frecuencias de oscilación de entre aproximadamente 33Khz y 66Khz dependiendo de los condensadores escogidos con el selector.

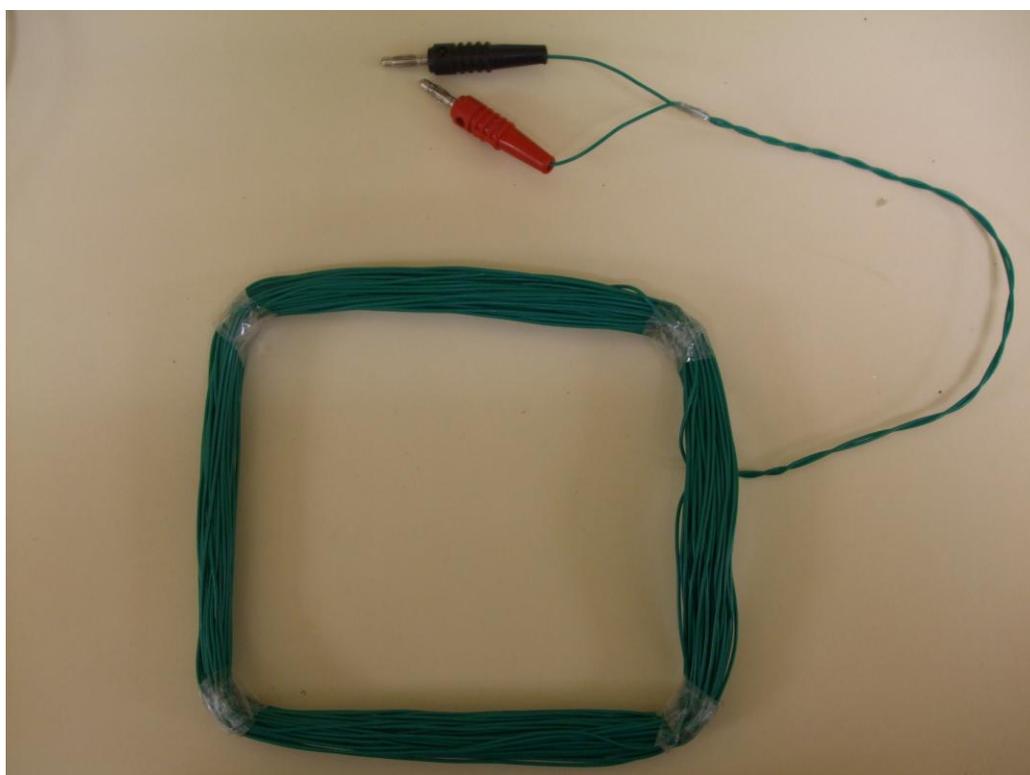


Figura 87 Lazo inductivo de 150x150mm.

El otro lazo fabricado, tiene unas medidas 2x1,5m siendo este un lazo de dimensiones suficientes para aplicaciones de transito. La inductancia de este lazo es de aproximadamente 120uH, esto se verá a mayor detalle en capítulos posteriores. Las frecuencias de oscilación generadas con este lazo están entre aproximadamente 100Khz y 200Khz, como en el caso anterior dependiendo de los condensadores escogidos con el selector de frecuencia.

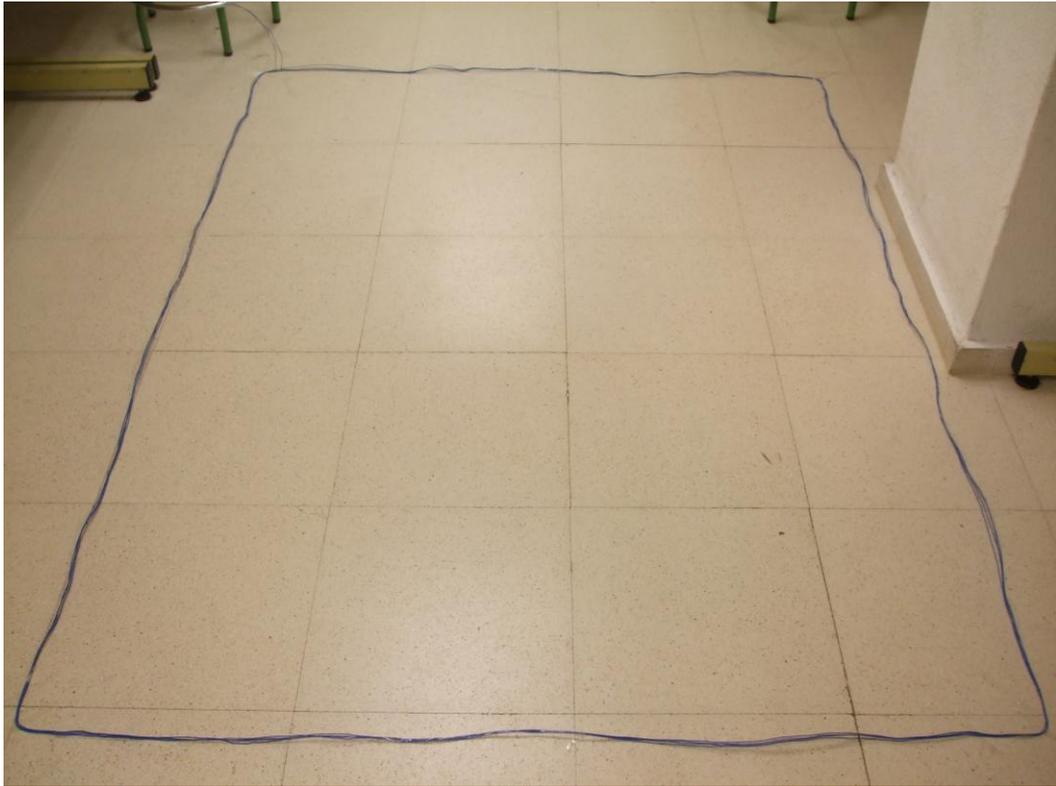


Figura 88 Lazo inductivo de 2x1,5m.

7.5 Proceso de configuración de los dispositivos

A la hora de instalar el sistema en un lugar, se debe hacer antes un estudio de la situación en la que se quiere instalar y del tipo de sistema que requiere dicha situación. Se deben determinar los siguientes factores:

- Cuantos dispositivos se van a necesitar, cuantos detectores y cuantos señalizadores.
- Si alguno de los detectores además señala.
- Como se relacionan los dispositivos del sistema, determinando las direcciones de cada uno.
- El tipo de geometría y características necesarias en el lazo inductivo dependiendo de lo que se quiera detectar, anchura de la vía, etc.
- Si existen otros sistemas o interferencias cercanos a la hora de seleccionar el canal de comunicación.
- El tiempo de visualización que deben estar activas las señalizaciones, dependiendo de las condiciones de visibilidad de la vía, de la velocidad de circulación, etc.

- El intervalo de tiempo adecuado para las recalibraciones del lazo, por los cambios de temperatura, el tráfico, etc.
- La precisión y frecuencia a priori más adecuada para la situación.

Una vez se tengan claros estos elementos, los dispositivos se configuraran en el lugar donde van a ser instalados siguiendo unos sencillos pasos que veremos en los siguientes puntos.

7.5.1 Configuración de un Trasmisor-Detector

A continuación veremos los pasos a seguir:

- 1- Se selecciona el Modo 0 de funcionamiento con el switch de selección de modo *Figura 89*.

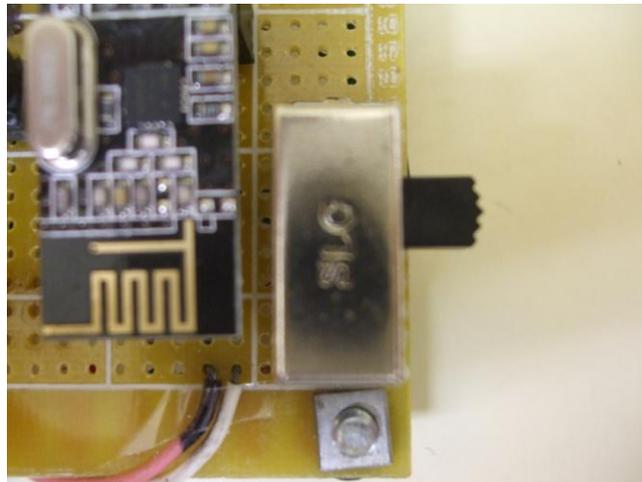


Figura 89 Switch de selección de modo.

- 2- Se enciende el dispositivo conectando la alimentación *Figura 90* (la de la tarjeta de control y la de la tarjeta del oscilador inductivo que aunque aun no es necesaria asi la señal se va estabilizando).

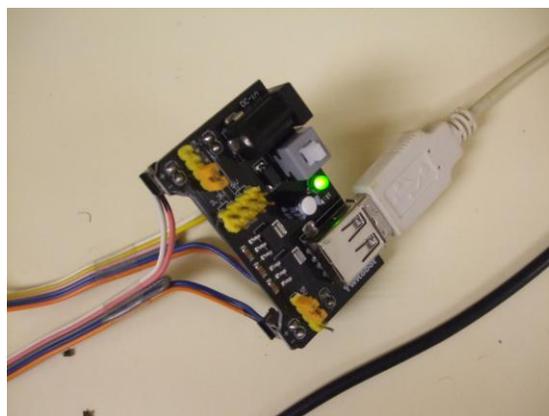


Figura 90 Alimentación.

- 3- Se espera a que pasen los mensajes iniciales *Figura 91* y nos comunique estamos en el Modo 0.



Figura 91 Mensajes iniciales Modo 0.

- 4- Aparecerá en el LCD que debemos configurar el canal de comunicación *Figura 92* con los microswitchs DIP que se pueden ver en la *Figura 93*.



Figura Mensaje para introducir canal.

Cuando el canal que aparezca en el LCD sea el deseado, se pulsa OK (pulsador verde de la izquierda que se puede ver en la *Figura 93*).

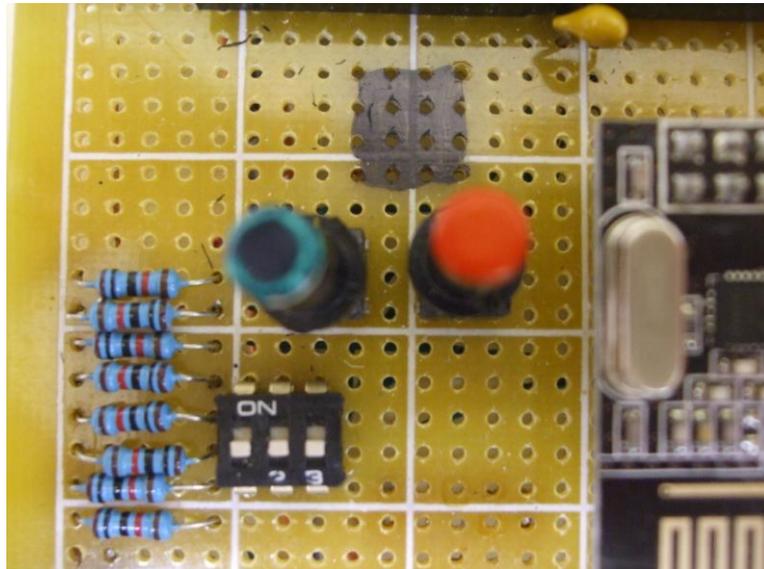


Figura 93 OK, CANCEL y DIP de configuración.

Aparecerá el mensaje 'OK!' en el LCD con en la Figura 94.



Figura 94 Mensaje OK!

- 5- Ahora el LCD nos muestra que debemos seleccionar la dirección propia del dispositivo *Figura 95*. Se procede de la misma manera que en el caso anterior, seleccionando con los microswitchs DIP la dirección deseada y pulsando OK cuando este correcta.



Figura 95 Mensaje para introducir dirección propia.

- 6- Ahora el LCD nos muestra que debemos seleccionar el número de receptores *Figura 96*. Se procede de la misma manera que en el caso anterior, seleccionando con los microswitchs DIP la dirección deseada y pulsando OK cuando este correcta.



Figura 96 Mensaje para introducir el número de receptores.

- 7- Ahora se introducen las direcciones los receptores *Figura 97* de la misma manera que en los casos anteriores de, este paso se repetirá por cada receptor que vaya a haber.



Figura 97 Mensaje para introducir la dirección del receptor 1.

En el caso de varios receptores como se puede ver en la *Figura 98*, tras configurar la dirección del primero te pediría la dirección de los siguientes uno por uno.



Figura 98 Mensaje para introducir la dirección del receptor 2.

Si tratásemos de configurar un receptor con la dirección de propia del dispositivo nos daría el mensaje de error por el LCD que se ve en la *Figura 99* y deberemos cambiar la dirección.



Figura 99 Mensaje de dirección no permitida.

8- A continuación el LCD nos indica que se debe seleccionar el tiempo de visualización *Figura 100* que es el tiempo que debe estar funcionando la señalización cuando se detecte un vehículo. Este parámetro solo se programara con tiempo si es el caso de un dispositivo Trasmisor-Detector que además señalice (o por ejemplo con algunas modificaciones activar una barrera de paso), si no se necesita señalizar se debe poner a cero aunque no tiene ninguna importancia si se pone una cantidad diferente, no tendrá relé y será indiferente para el funcionamiento del sistema.

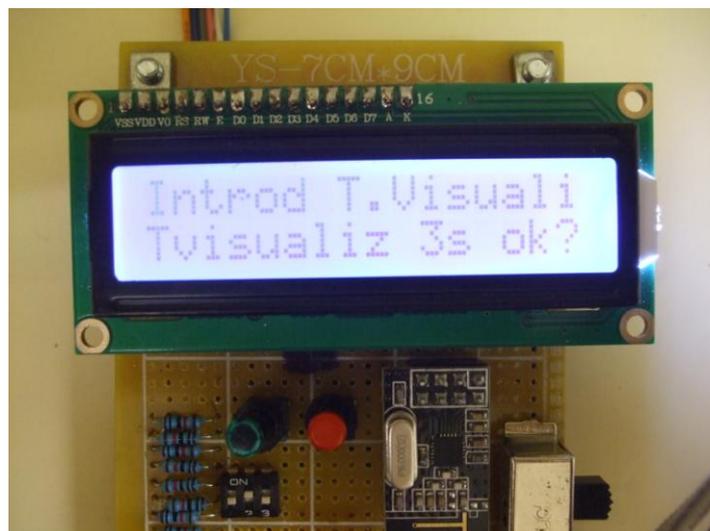


Figura 100 Mensaje para introducir el tiempo de visualización.

- 9- Ahora como indica el LCD *Figura 101* es el momento de seleccionar el tiempo de intervalo entre recalibrados del lazo.



Figura 101 Mensaje para introducir tiempo para el recalibrado

- 10- Una vez seleccionada esta ultima opción aparecerá el mensaje de 'configurado!' en el LCD *Figura 102*.



Figura 102 Mensaje configurado!

A continuación aparecerá otro mensaje, en el que nos da la opción de aceptar configuración pulsando OK o en el caso de que hayamos cometido algún error volver a configurar de nuevo el dispositivo pulsando CANCEL (el pulsador rojo de la izquierda en la *Figura 93*).

11-Tras pulsar OK, nos aparecerá el mensaje *Figura 103* de hacer reset en Modo 1. Por lo tanto debemos seleccionar el Modo 1 en el switch de la FIGURA y a continuación pulsar el reset del microcontrolador.



Figura 103 Mensaje hacer reset en Modo 1.

12-Al hacer reset en Modo 1 un mensaje en el LCD nos indicará que el dispositivo esta en dicho modo, también llamado ajuste de precisión *Figura 104*.

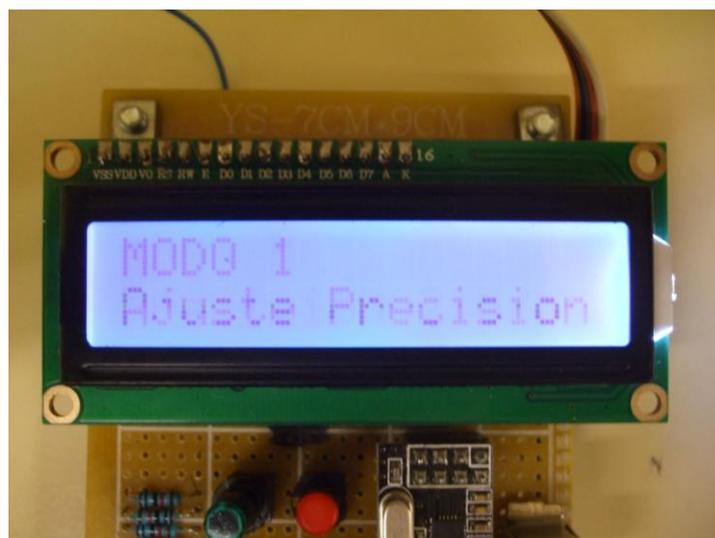


Figura 104 mensaje Modo 1.

Inmediatamente después el LCD nos mostrara el valor de la precisión en la detección que tenemos seleccionado, siendo este valor el porcentaje de aumento en la frecuencia que el sistema considerará una detección. En este modo se deben hacer pruebas se paso de vehículos sobre el lazo inductivo para elegir el valor correcto de precisión. Si este valor se quiere cambiar se deberá cambiar la precisión con los microswitchs y resetear el dispositivo. Durante este proceso el mensaje en el display será el de la siguiente *Figura 105*.



Figura 105 Mensaje OK o RESET.

En el momento que se pulse OK la precisión será guardada y el LCD mostrará lo siguiente *Figura 106*.

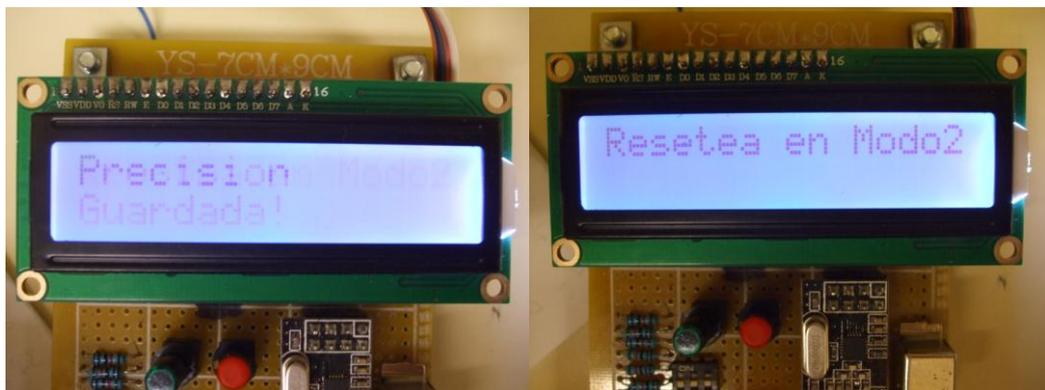


Figura 106 Mensajes al finalizar el Modo 1

13- Al seleccionar el Modo 2 en el selector de modo, hacer reset y tras los mensajes iniciales, nos aparecerá el siguiente mensaje en el LCD *Figura 107* y el dispositivo ya estará configurado y funcionando.



Figura 107 Mensaje Modo 2 Funcionamiento.

7.5.2 Configuración de un Receptor-Señalizador

El modo de configurar un Receptor-Señalizador es similar al del Transmisor-Detector pero más sencillo. Puesto que no tiene que detectar, este dispositivo no tiene el modo de Ajuste de Precisión (Modo 1 en el dispositivo Transmisor-Detector) teniendo solo dos modos de funcionamiento, el Modo 0 o de Configuración y el Modo 1 o de Funcionamiento.

Además al no tener que transmitir, su Modo de Configuración es más sencillo teniendo solo que configurar los parámetros de canal, dirección propia y tiempo de visualización, de la misma manera que se vio en el punto anterior.

En este caso al seleccionar el Modo de Funcionamiento el LCD no se activará para evitar problemas a la hora de la recepción.

7.6 Diseño del PCB

Con el fin de dar el siguiente paso para el prototipo se diseñó un PCB para el sistema. El diseño de tarjeta es universal y funcionará como Transmisor-Detector o Receptor-Señalizador en función de la programación del PIC y de los elementos que se pongan en la tarjeta, si se le pone el bloque del oscilador inductivo podrá detectar y si dotamos a la tarjeta desalida a relé, podrá señalar.

7.6.1 Software utilizado

Para el diseño del PCB utilizaremos de nuevo, en primer lugar el ISIS de PROTEUS, para el diseño de los esquemáticos del sistema. Posteriormente, se utilizará el ARES también de PROTEUS para la elaboración del PCB. En la *Figura 108* se puede ver un paso en el proceso del diseño en ARES. El PCB se puede ver con más detalle en la sección de planos del proyecto.

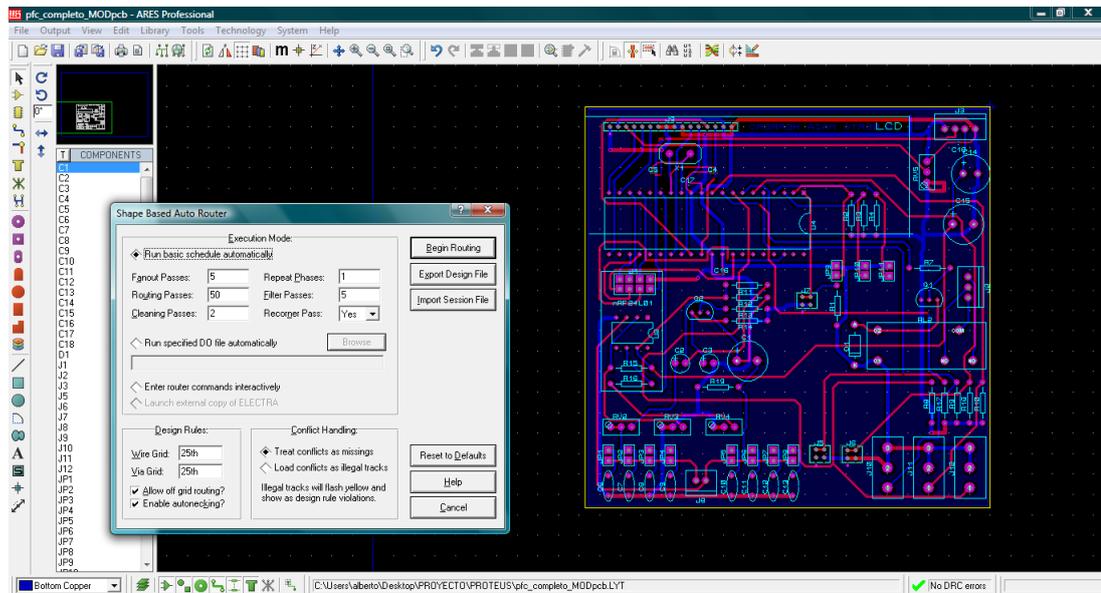


Figura 108 Proceso de diseño en ARES.

En la siguiente *Figura 109* se puede ver la visión superior en 3D que ofrece ARES del circuito. Hay que destacar que en esta visión solo aparecen los conectores del LCD y del transceptor.

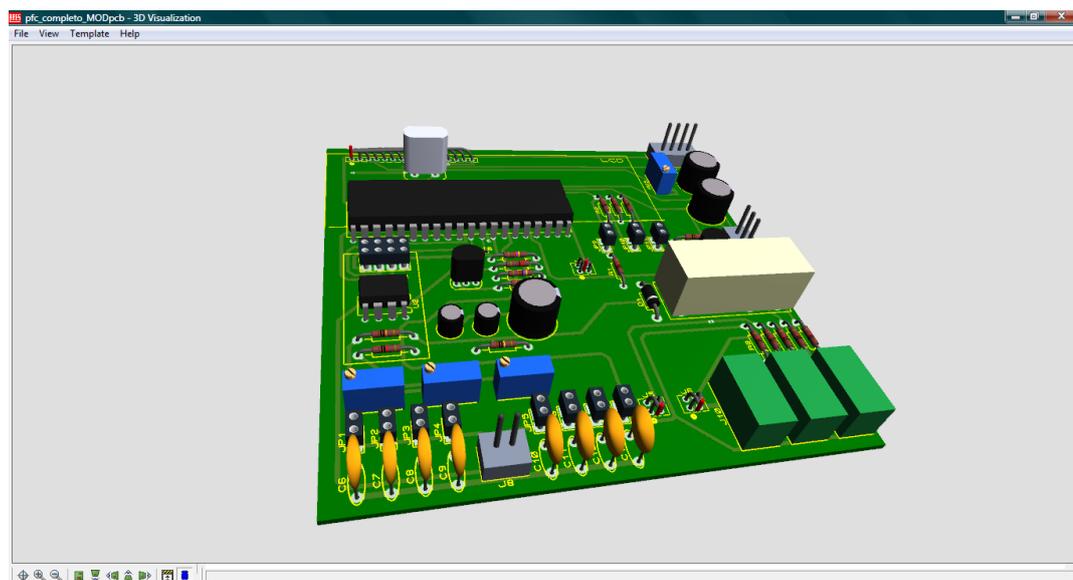


Figura 109 Vista 3D superior de la tarjeta.

CAPÍTULO 8. SIMULACIONES Y RESULTADOS PRÁCTICOS

CAPÍTULO 8. SIMULACIONES Y RESULTADOS PRÁCTICOS

8.1 Simulaciones y resultados prácticos

En este capítulo se expondrán algunos de los resultados obtenidos al realizar simulaciones de diferentes partes del sistema con el software ISIS de PROTEUS. Además se pondrán ver los resultados experimentales obtenidos en el laboratorio.

8.2 Instrumentación y software utilizado

Para realizar las diferentes simulaciones y experimentos se utilizaron la siguiente instrumentación y software:

- Software de simulación ISIS de PROTEUS *Figura 110*, que como se vio anteriormente se utilizo tanto a la hora de hacer simulaciones del oscilador inductivo, como para simulaciones y debug de la programación del microcontrolador asi como para la comprobación del funcionamiento de diferentes partes del sistema tales como la salida a rele o el LCD.



Figura 110 ISIS de PROTEUS.

- Fuentes de tensión para alimentar el sistema *Figura 111*.



Figura 111 Fuente de alimentación.

- Multímetros para realizar medidas de tensión e intensidad *Figura 112*.



Figura 112 Multímetros.

- Osciloscopio *Figura 113*.

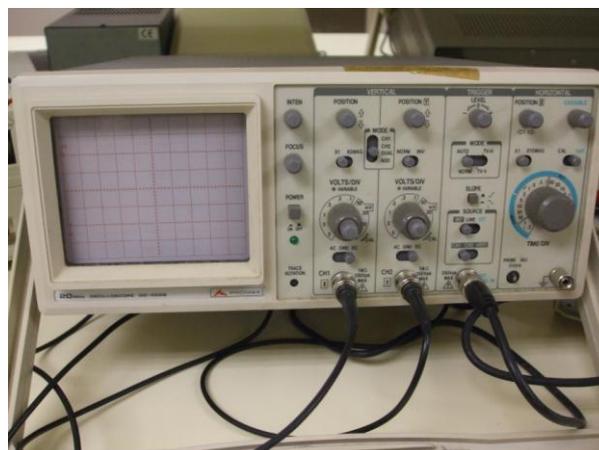


Figura 113 Osciloscopio.

- Generador de funciones *Figura 114*.

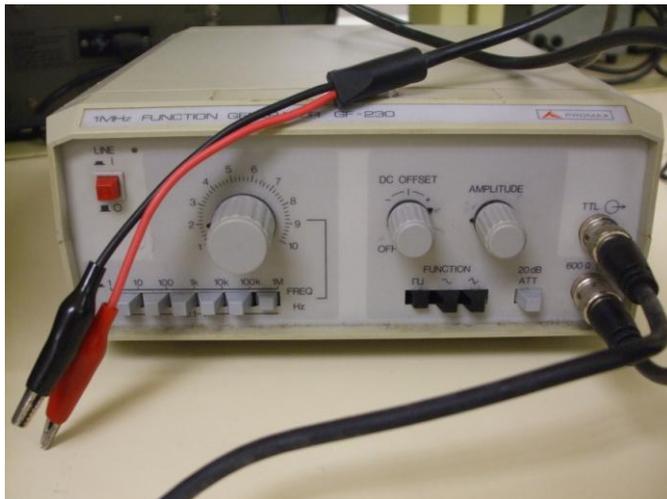


Figura 114 Generador de funciones.

- Medidor de inductancias *Figura 115*.

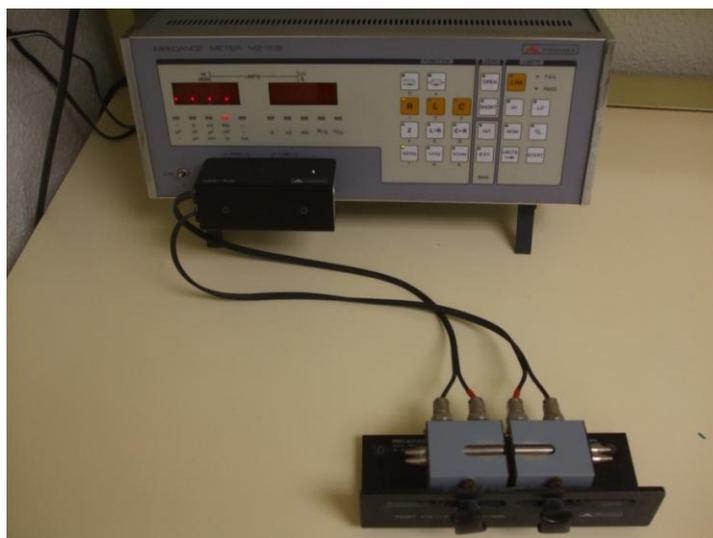


Figura 115 Medidor de inductancias.

8.3 Consumo de potencia de las tarjetas

Para conocer la potencia del circuito se realizaron medidas de la intensidad de entrada de cada tensión que alimentaba los dispositivos.

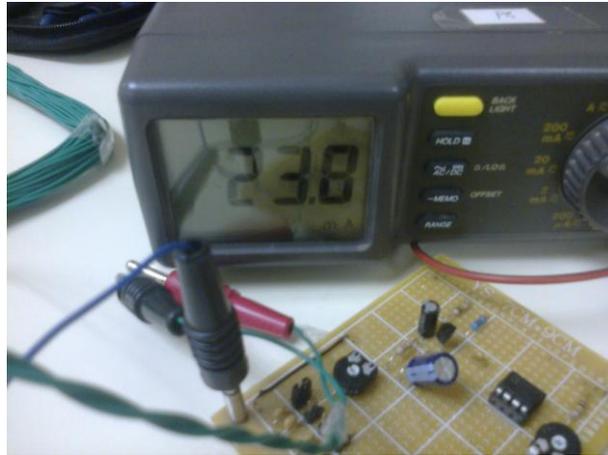


Figura 116 Toma de una de las intensidades de entrada.

- Potencia de la tarjeta del oscilador inductivo del Trasmisor-Detector:

$$V = 12V$$

$$I_{in} = 19.56mA$$

$$P(12V) = V * I_{in} = 234.75mW$$

- Potencia de la tarjeta de control del Trasmisor-Detector:

$$V_1 = 5V$$

$$I_{in}(5V) = 23.8mA$$

$$P(5V) = V_1 * I_{in}(5V) = 119mW$$

$$V_2 = 3.3V$$

(Dato de intensidad máxima en transmisión extraído de su hoja de características)

$$I_{in}(3.3V) = 115mA$$

$$P(3.3V) = V_1 * I_{in}(3.3V) = 379.5mW$$

- Potencia del dispositivo Trasmisor-Detector:

$$P_{total} = P(12V) + P(5V) + P(3.3V) = 498.5mW$$

Si el dispositivo Trasmisor-Detector además señalizase, a la potencia consumida por la tarjeta debería sumársele la potencia de la señalización.

- Potencia de la tarjeta del Receptor-Señalizador:

$$V1 = 5V$$

$$I_{in}(5V) = 49.7mA$$

$$P(5V) = V1 * I_{in}(5V) = 248.5mW$$

$$V2 = 3.3V$$

(Dato de intensidad máxima en recepción extraído de su hoja de características)

$$I_{in}(3.3V) = 45mA$$

$$P(3.3V) = V1 * I_{in}(3.3V) = 148.5mW$$

- Potencia de la tarjeta Receptor-Señalizador:

$$P_{total} = P(5V) + P(3.3V) = 397mW$$

Para conocer el consumo total de potencia del dispositivo Receptor-Señalizador al consumo de potencia de la tarjeta habría que añadirle la potencia consumida por la señalización elegida.

8.4 Simulaciones y resultados prácticos del oscilador inductivo

En este punto se verán los resultados anteriormente comentados para la parte del oscilador inductivo, tales como medidas de los lazos y frecuencias de oscilación.

8.4.1 Medidas de los lazos inductivos

A continuación se expondrán las medidas de inductancia de los lazos inductivos construidos.

8.4.1.1 Medidas del lazo inductivo de medidas 2x1,5m



Figura 117 Medida del lazo 2x1,5m.

Inductancia: 128,5 uH

Resistencia: 2,32 omh

8.4.1.2 Medidas del lazo inductivo de medidas 150x150mm

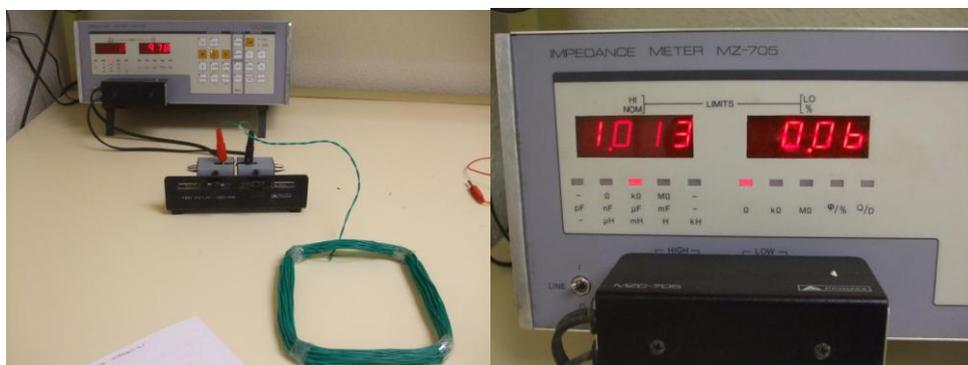


Figura 118 Medida del lazo 150x150mm.

Inductancia: 1,013 mH

Resistencia: 0,06 omh

8.4.2 Medidas y simulaciones de frecuencias de oscilación

A continuación se verán los resultados de las medidas de las frecuencias de oscilación para cada lazo con cada selección de frecuencia.

8.4.2.1 Medidas de frecuencia con el lazo inductivo 2x1,5m

Se realizaron mediciones para cada uno de los condensadores del selector de frecuencia.

8.4.2.1.1 Medidas con el lazo inductivo 2x1,5m C=47nF

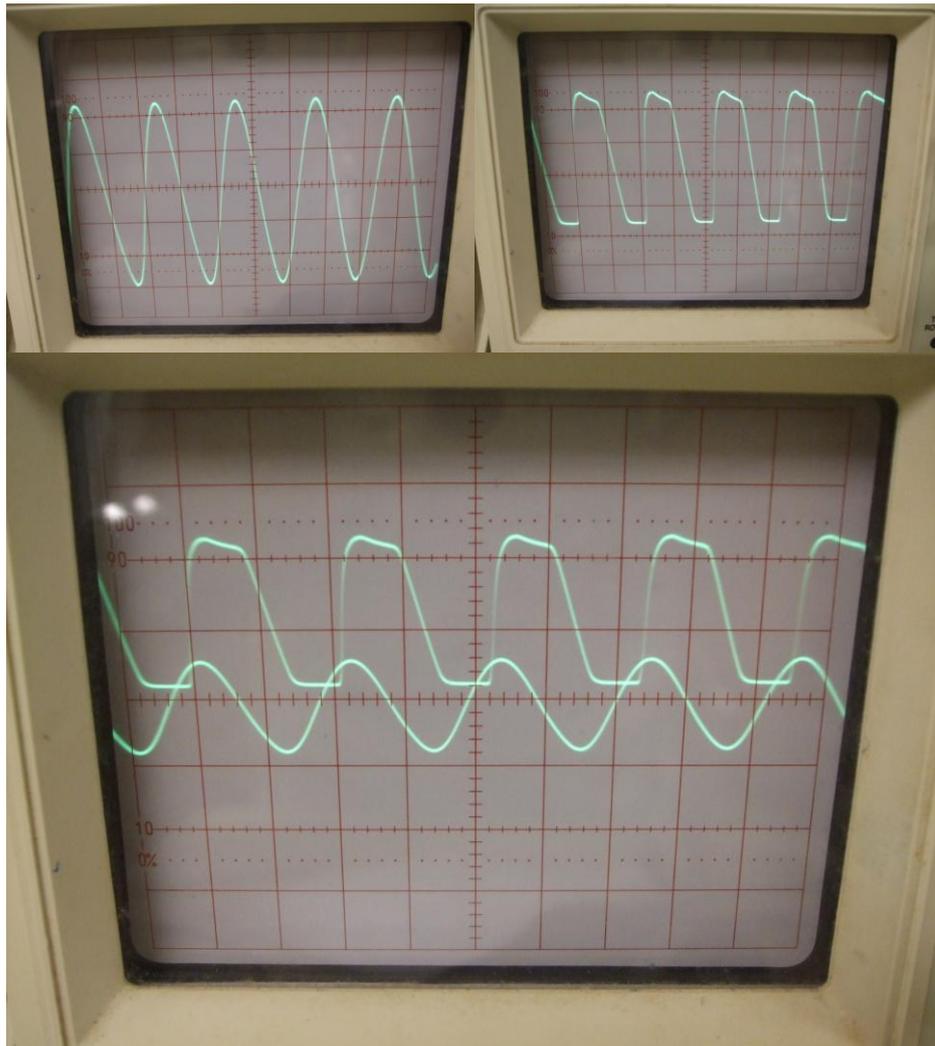


Figura 119 Mediciones lazo 2x1,5m con 47nF

	Eje Y V/div	Eje X us/div	Div Eje Y	Div Eje X
Señal sinusoidal	0,5	5	5,4	2,1
Señal cuadrada	1	5	4	2,1
	Vpp (V)	F practica (Khz)	F teórica (Khz)	ERROR (%)
Señal sinusoidal	2,7	95,24	96,90	1,72%
Señal cuadrada	4	95,24	96,90	1,72%

8.4.2.1.2 Medidas con el lazo inductivo 2x1,5m C=33nF

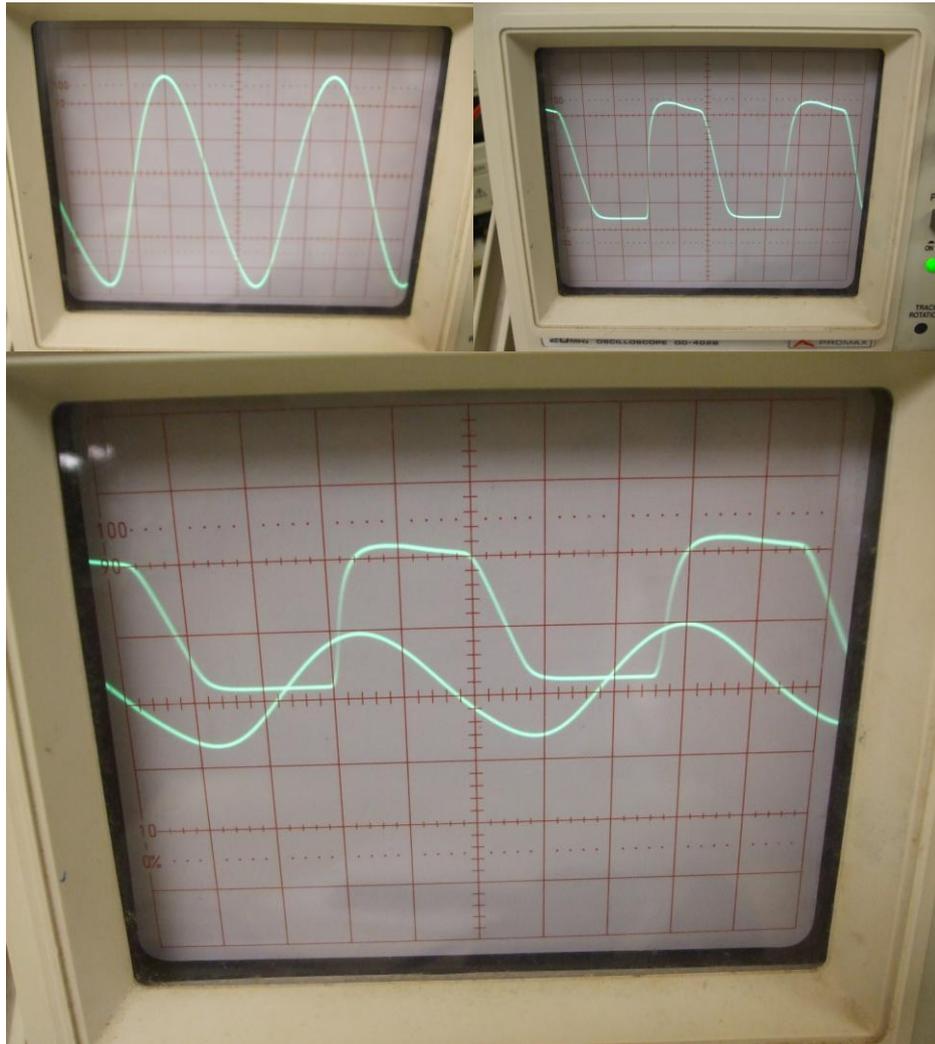


Figura 120 Mediciones lazo 2x1,5m con 33nF

	Eje Y V/div	Eje X us/div	Div Eje Y	Div Eje X
Señal sinusoidal	0,5	2	6,4	4,6
Señal cuadrada	1	2	4	4,6
	Vpp (V)	F practica (Khz)	F teórica (Khz)	ERROR (%)
Señal sinusoidal	3,2	108,70	115,64	6,01%
Señal cuadrada	4	108,70	115,64	6,01%

8.4.2.1.3 Medidas con el lazo inductivo 2x1,5m C=22nF

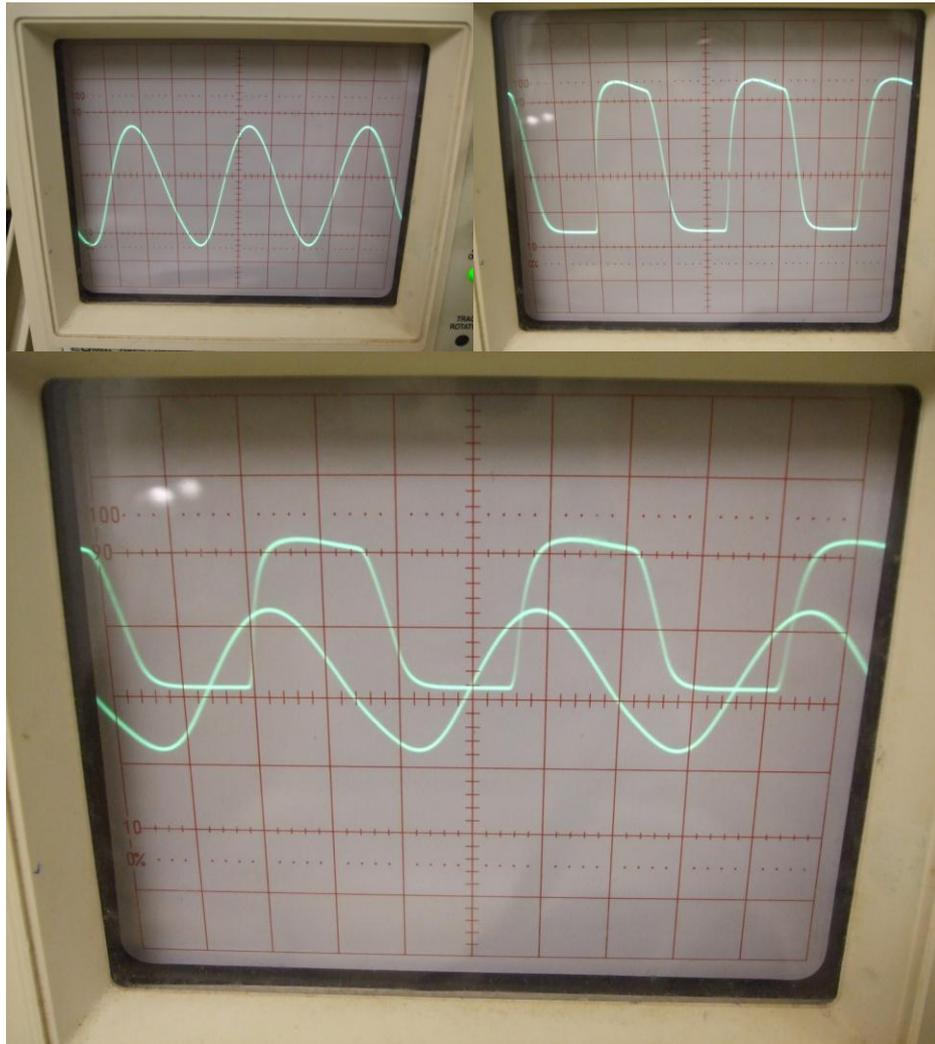


Figura 121 Mediciones lazo 2x1,5m con 22nF.

	Eje Y V/div	Eje X us/div	Div Eje Y	Div Eje X
Señal sinusoidal	1	2	4	3,6
Señal cuadrada	1	2	4	3,6
	Vpp (V)	F practica (Khz)	F teórica (Khz)	ERROR (%)
Señal sinusoidal	4	138,89	141,63	1,94%
Señal cuadrada	4	138,89	141,63	1,94%

8.4.2.1.4 Medidas con el lazo inductivo 2x1,5m C=10nF

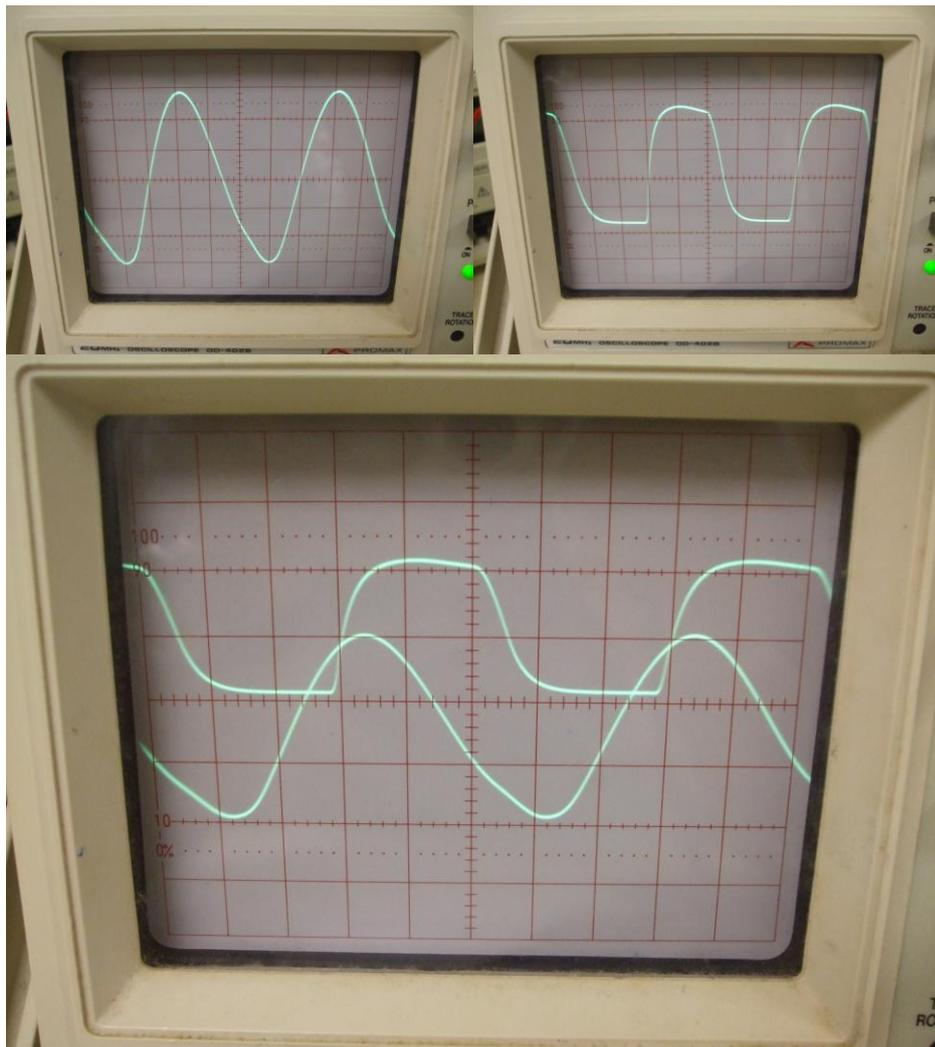


Figura 122 Mediciones lazo 2x1,5m con 10nF.

	Eje Y V/div	Eje X us/div	Div Eje Y	Div Eje X
Señal sinusoidal	1	1	5,9	4,9
Señal cuadrada	1	1	4	4,9
	Vpp (V)	F practica (Khz)	F teórica (Khz)	ERROR (%)
Señal sinusoidal	5,9	204,08	210,07	2,85%
Señal cuadrada	4	204,08	210,07	2,85%

8.4.2.2 Medidas de frecuencia con el lazo inductivo 150x150mm

Al tratarse de un lazo construido solo para hacer pruebas de funcionamiento solo se realizaron medidas con dos selecciones de condensadores 47nF y 10nF y no se hicieron simulaciones con él.

8.4.2.2.1 Medidas con el lazo inductivo 150x150mm C=47nF

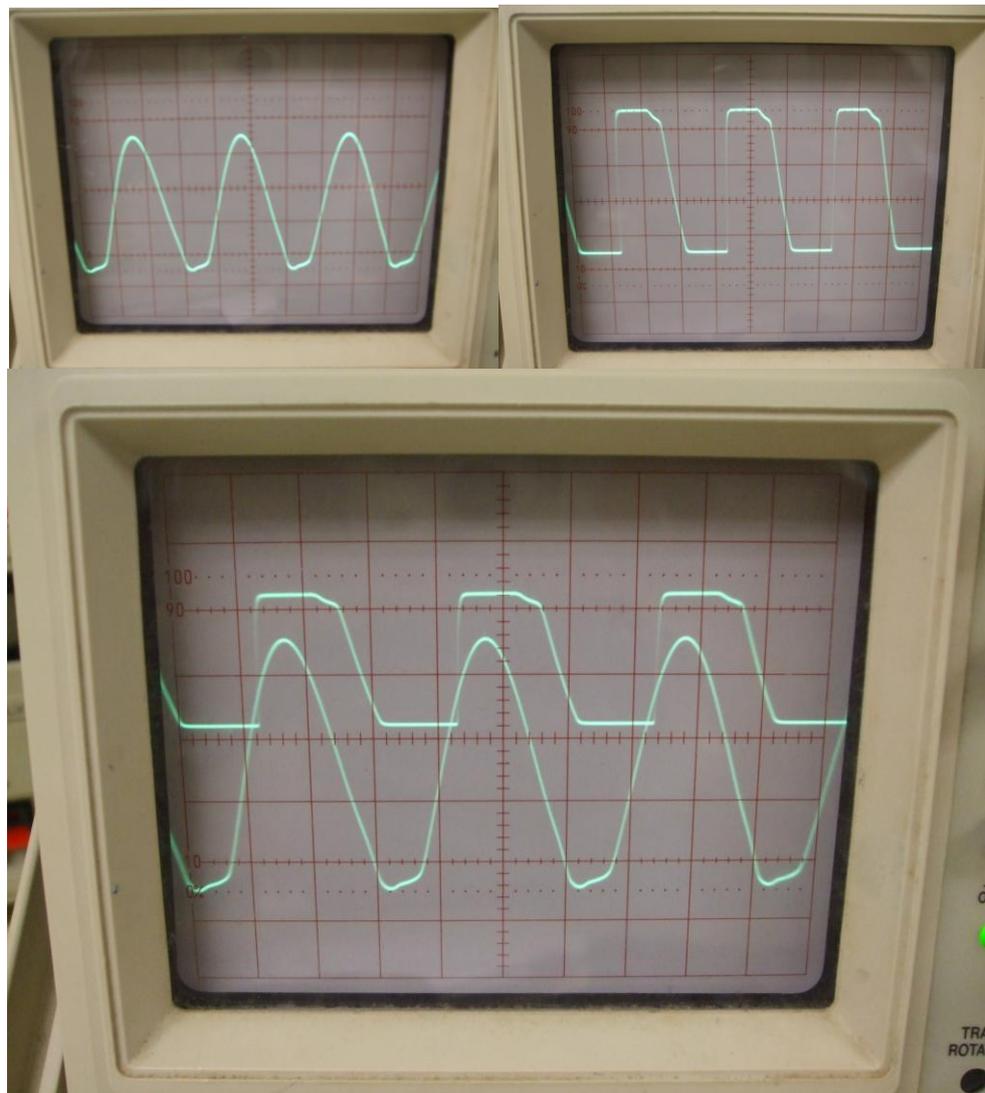


Figura 123 Mediciones lazo 150x150mm con 47nF.

	Eje Y V/div	Eje X us/div	Div Eje Y	Div Eje X
Señal sinusoidal	2	10	4	3
Señal cuadrada	1	10	4	3
	Vpp (V)	F practica (Khz)		
Señal sinusoidal	8	33,33		
Señal cuadrada	4	33,33		

8.4.2.2.2 Medidas con el lazo inductivo 150x150mm C=10nF

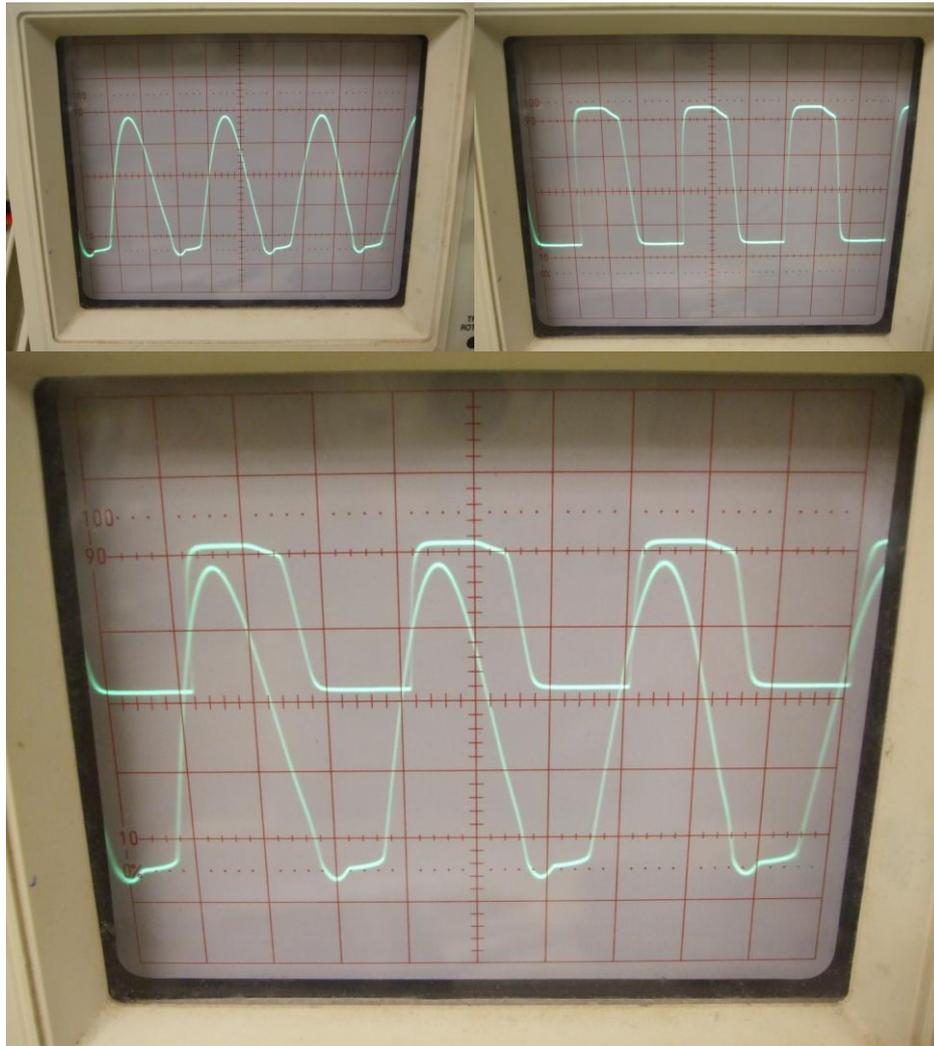


Figura 124 Mediciones lazo 150x150mm con 10nF.

	Eje Y V/div	Eje X us/div	Div Eje Y	Div Eje X
Señal sinusoidal	2	5	4,5	3
Señal cuadrada	1	5	4	3
	Vpp (V)	F practica (Khz)		
Señal sinusoidal	9	66,67		
Señal cuadrada	4	66,67		

8.4.2.3 Simulación de frecuencia con el lazo inductivo 2x1,5m

Se realizaron simulaciones en ISIS para obtener las frecuencias de oscilación con cada uno de los condensadores *Figura 125*.

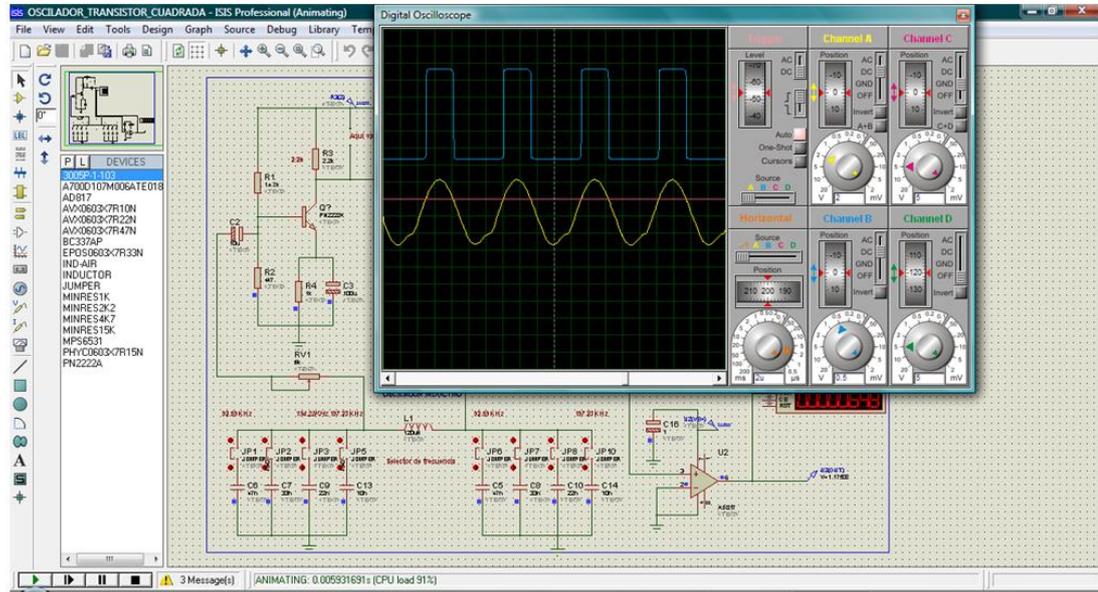


Figura 125 Simulación del oscilador inductivo en ISIS.

A continuación un cuadro comparativo entre los resultados de la simulación y los datos teóricos de la frecuencia para los diferentes condensadores

	F simulación (Khz)	F teórica (Khz)	ERROR (%)
C=47nF	94,78	96,9	2,19%
C=33nF	113,11	115,64	2,19%
C=22nF	138,53	141,63	2,19%
C=10nF	205,47	210,07	2,19%

8.5 Simulaciones y resultados prácticos del control

A continuación veremos algunas de las simulaciones en ISIS del funcionamiento del sistema.

8.5.1 Simulación sin detección

En la siguiente *Figura 126* podemos ver una captura del entorno ISIS durante la simulación en un momento en el que no hay detección de vehículo.

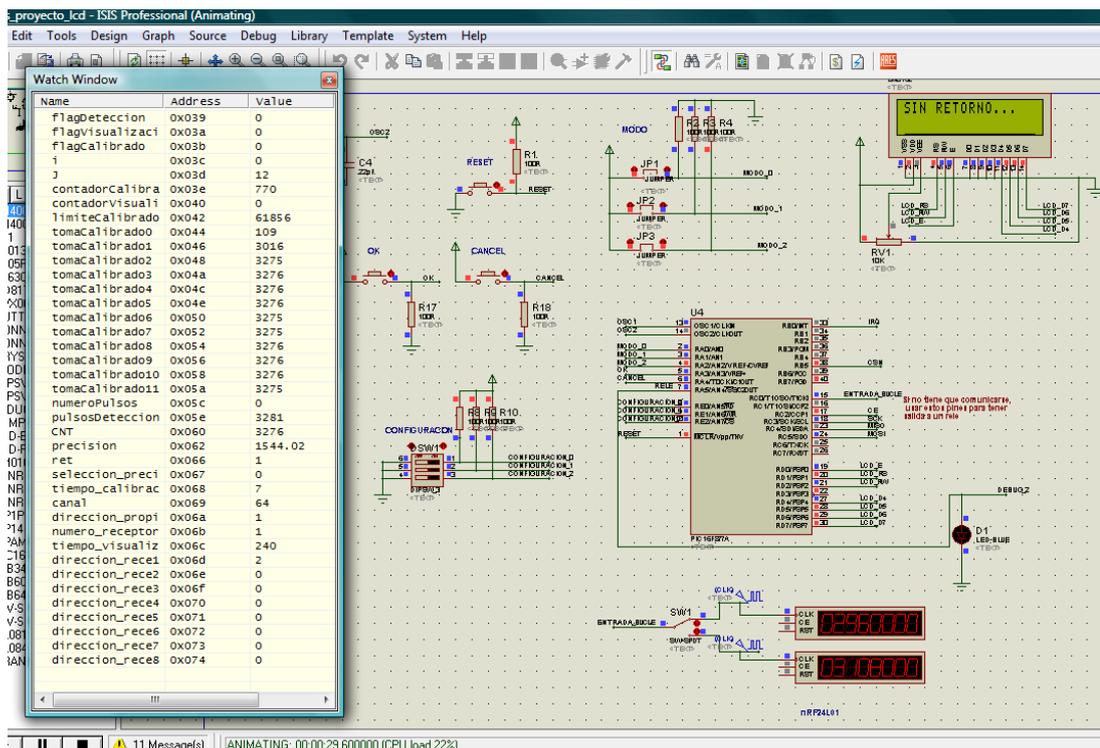


Figura 126 Captura ISIS sin detección.

En esta imagen hay que destacar que a la entrada del lazo hay dos generadores de pulsos seleccionables con un conmutador, uno con una frecuencia de 100Khz y otro con una frecuencia de 101Khz para simular una detección de vehículo (esta entrada se encuentra debajo del PIC en la imagen). Por otro lado es importante el led que se encenderá cuando haya una detección y permanecerá encendido durante el tiempo de visualización (a la derecha del PIC).

A continuación en la *Figura 127* podemos ver en detalle cómo se encuentran los registros de las variables del programa en el instante de no tener detección. Hay que destacar que tanto la flagDeteccion y flagVisualizacion están a cero, que se han realizado las tomas en la calibración. Las dos primeras tomas, en la primera

calibración, no son correctas y siempre se desechan. El numero de pulsos necesarios para la detección 3281 un 0,2% mayor a la media de las tomas y que la entrada de pulsos registra una toma de 3276 pulsos, menor que los pulsos para la detección y por lo tanto no detectando un vehículo. Otra variable a destacar es contadorCalibrado que avanza a cada interrupción hasta que llegue al valor de limiteCalibrado, momento en el que se efectuara una recalibración del lazo. Al final de la lista encontramos las selecciones que se hicieron en el Modo de Configuración tales como el canal, dirección propia, número de receptores, etc.

Name	Address	Value
flagDeteccion	0x039	0
flagVisualizaci	0x03a	0
flagCalibrado	0x03b	0
i	0x03c	0
J	0x03d	12
contadorCalibra	0x03e	770
contadorVisuali	0x040	0
limiteCalibrado	0x042	61856
tomaCalibrado0	0x044	109
tomaCalibrado1	0x046	3016
tomaCalibrado2	0x048	3275
tomaCalibrado3	0x04a	3276
tomaCalibrado4	0x04c	3276
tomaCalibrado5	0x04e	3276
tomaCalibrado6	0x050	3275
tomaCalibrado7	0x052	3275
tomaCalibrado8	0x054	3276
tomaCalibrado9	0x056	3276
tomaCalibrado10	0x058	3276
tomaCalibrado11	0x05a	3275
numeroPulsos	0x05c	0
pulsosDeteccion	0x05e	3281
CNT	0x060	3276
precision	0x062	1544.02
ret	0x066	1
seleccion_preci	0x067	0
tiempo_calibrac	0x068	7
canal	0x069	64
direccion_propi	0x06a	1
numero_receptor	0x06b	1
tiempo_visualiz	0x06c	240
direccion_rece1	0x06d	2
direccion_rece2	0x06e	0
direccion_rece3	0x06f	0
direccion_rece4	0x070	0
direccion_rece5	0x071	0
direccion_rece6	0x072	0
direccion_rece7	0x073	0
direccion_rece8	0x074	0

Figura 127 Registros sin detección.

8.5.2 Simulación con detección

Ahora en la *Figura 128* se puede ver el instante en el que cruza un vehículo y es detectado.

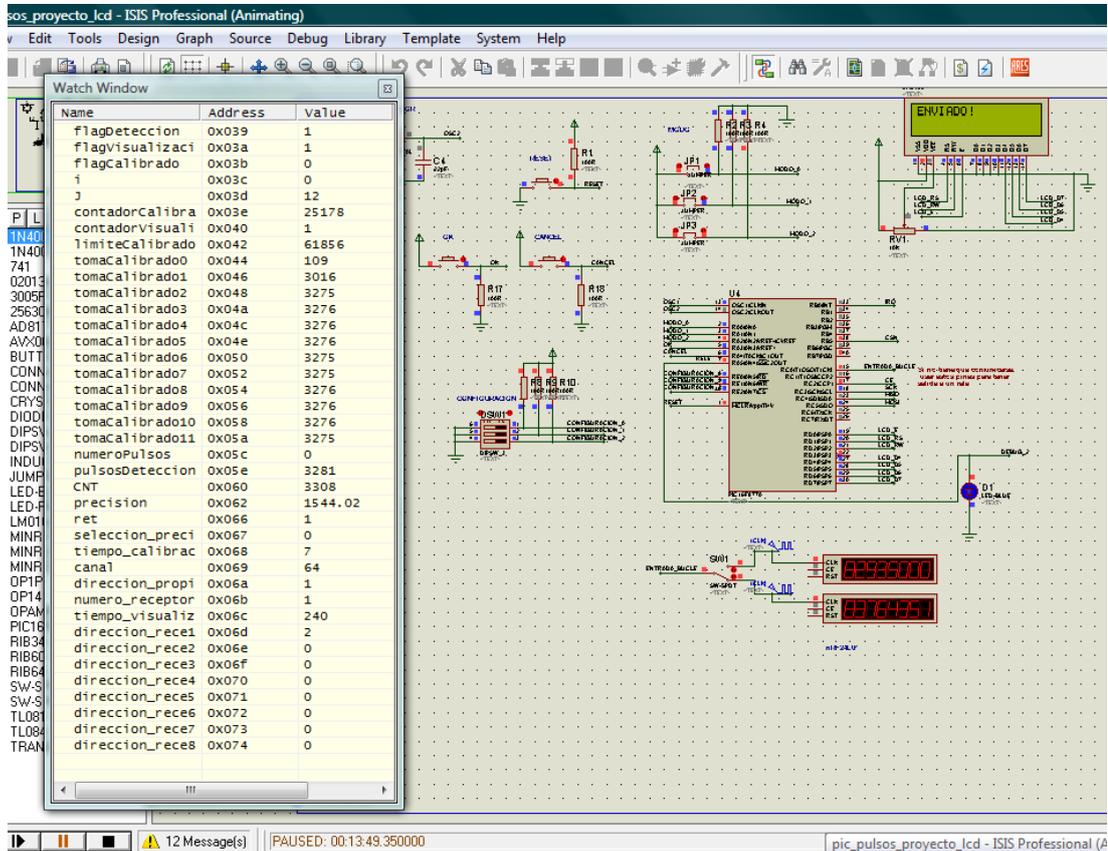


Figura 128 Captura ISIS detección.

En esta imagen cabe destacar que la entrada del lazo se ha cambiado a la señal de 101Khz para simular el incremento de frecuencia que se da en el lazo cuando un vehículo lo cruza. En el LCD aparece el mensaje 'ENVIADO!' señal que significa que se envió al receptor la orden de señalizar. Por último el led de señalización se ha encendido.

A continuación, en la *Figura 129* podemos ver los registros con mayor detalle, teniendo que destacar que tanto `flagDeteccion` como `flagVisualizacion` se han puesto a uno y por lo tanto se está detectando y señalizándose a la vez. Como el sistema se encuentra en el momento exacto de la detección el `contadorVisualizacion` está constantemente reiniciándose y comenzara a contar en el momento en que se termine la detección.

Name	Address	Value
flagDeteccion	0x039	1
flagVisualizaci	0x03a	1
flagCalibrado	0x03b	0
i	0x03c	0
J	0x03d	12
contadorCalibra	0x03e	25178
contadorVisuali	0x040	1
limiteCalibrado	0x042	61856
tomaCalibrado0	0x044	109
tomaCalibrado1	0x046	3016
tomaCalibrado2	0x048	3275
tomaCalibrado3	0x04a	3276
tomaCalibrado4	0x04c	3276
tomaCalibrado5	0x04e	3276
tomaCalibrado6	0x050	3275
tomaCalibrado7	0x052	3275
tomaCalibrado8	0x054	3276
tomaCalibrado9	0x056	3276
tomaCalibrado10	0x058	3276
tomaCalibrado11	0x05a	3275
numeroPulsos	0x05c	0
pulsosDeteccion	0x05e	3281
CNT	0x060	3308
precision	0x062	1544.02
ret	0x066	1
seleccion_preci	0x067	0
tiempo_calibrac	0x068	7
canal	0x069	64
direccion_propi	0x06a	1
numero_receptor	0x06b	1
tiempo_visualiz	0x06c	240
direccion_rece1	0x06d	2
direccion_rece2	0x06e	0
direccion_rece3	0x06f	0
direccion_rece4	0x070	0
direccion_rece5	0x071	0
direccion_rece6	0x072	0
direccion_rece7	0x073	0
direccion_rece8	0x074	0

Figura 129 Registros con detección.

8.5.3 Simulación tras la detección

Ahora en la *Figura 130* podemos ver el instante en el que el vehículo ya ha pasado y de nuevo no se está detectando.

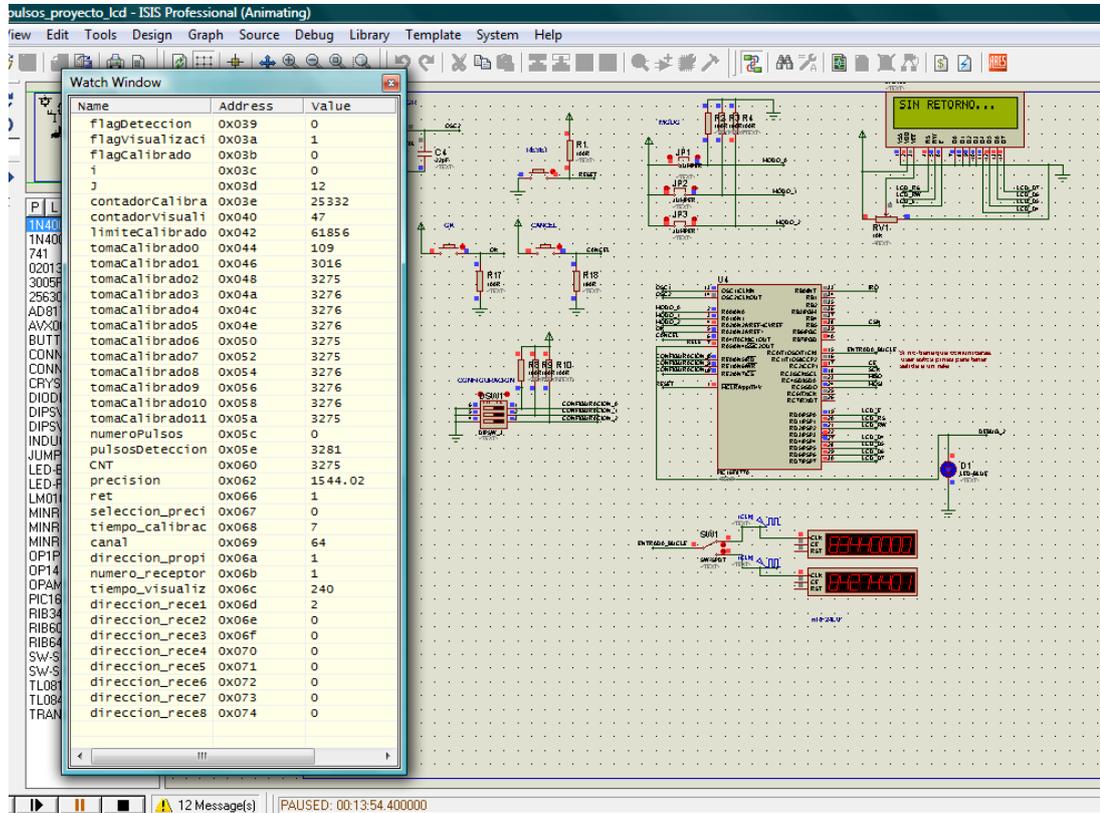
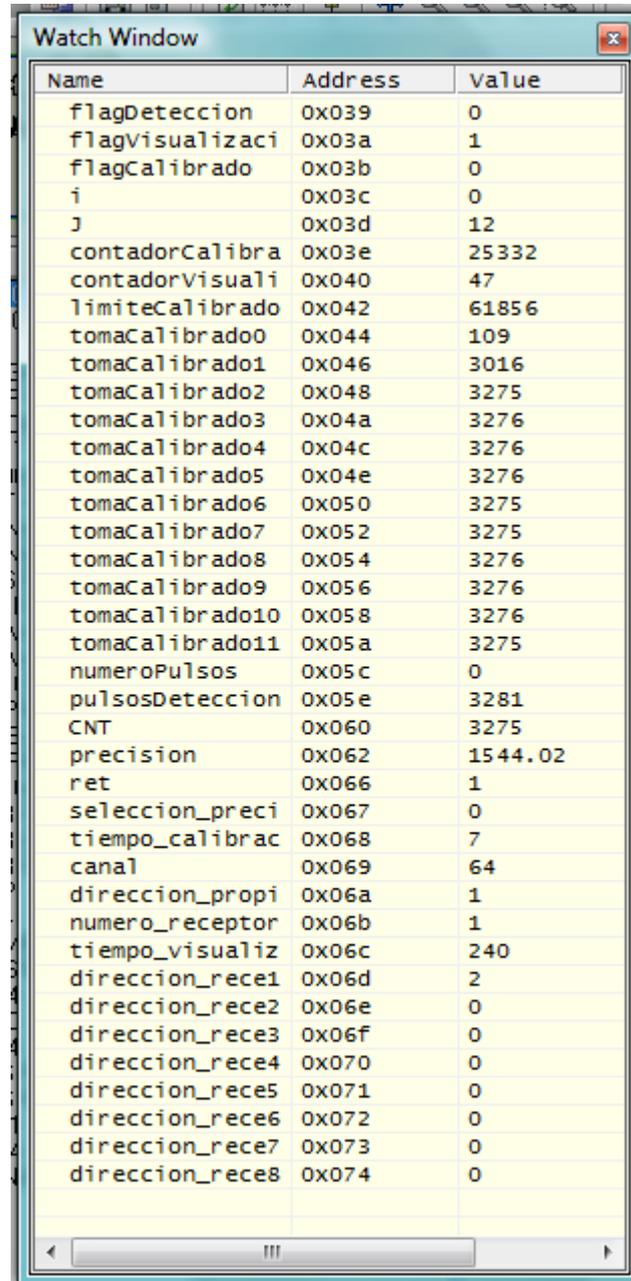


Figura 130 Captura ISIS tras la detección.

En la imagen hay que destacar que la entrada del lazo es de nuevo de 100Khz (no detección) pero sin embargo el led de señalización se encuentra encendido debido a que permanecerá encendido durante el tiempo de visualización que se haya configurado, a menos que se produzca otra detección y por lo tanto en contadorVisualizacion se volverá a poner a cero.

En la siguiente *Figura 131* habría que destacar como flagDeteccion se ha puesto de nuevo a cero pero sin embargo flagVisualizacion sigue a uno hasta que contadorVisulizacion alcance el valor de tiempo_visualizacion, momento en el cual volveremos a la situación del punto 8.4.1 donde no hay detección.



Name	Address	Value
flagDeteccion	0x039	0
flagVisualizaci	0x03a	1
flagCalibrado	0x03b	0
i	0x03c	0
j	0x03d	12
contadorCalibra	0x03e	25332
contadorVisuali	0x040	47
limiteCalibrado	0x042	61856
tomaCalibrado0	0x044	109
tomaCalibrado1	0x046	3016
tomaCalibrado2	0x048	3275
tomaCalibrado3	0x04a	3276
tomaCalibrado4	0x04c	3276
tomaCalibrado5	0x04e	3276
tomaCalibrado6	0x050	3275
tomaCalibrado7	0x052	3275
tomaCalibrado8	0x054	3276
tomaCalibrado9	0x056	3276
tomaCalibrado10	0x058	3276
tomaCalibrado11	0x05a	3275
numeroPulsos	0x05c	0
pulsosDeteccion	0x05e	3281
CNT	0x060	3275
precision	0x062	1544.02
ret	0x066	1
seleccion_preci	0x067	0
tiempo_calibrac	0x068	7
canal	0x069	64
direccion_propi	0x06a	1
numero_receptor	0x06b	1
tiempo_visualiz	0x06c	240
direccion_rece1	0x06d	2
direccion_rece2	0x06e	0
direccion_rece3	0x06f	0
direccion_rece4	0x070	0
direccion_rece5	0x071	0
direccion_rece6	0x072	0
direccion_rece7	0x073	0
direccion_rece8	0x074	0

Figura 131 Registros tras la detección.

8.5.4 Conclusiones de las simulaciones y medidas del control

Tras las simulaciones se realizaron pruebas físicas con los prototipos resultando estas satisfactorias. La única excepción fue en el caso de mayor frecuencia (mayor de 200Khz) en cuyo caso se detectó que por programación la variable pulsosDeteccion se desbordaba por encima de su límite haciéndose un control incorrecto, este fallo se solucionó en la siguiente revisión del código. En la Figura 132 se puede ver como el registro pulsosDeteccion a esas frecuencias no tiene un valor apropiado. Dicho fallo se corroboró mediante pruebas en el laboratorio.

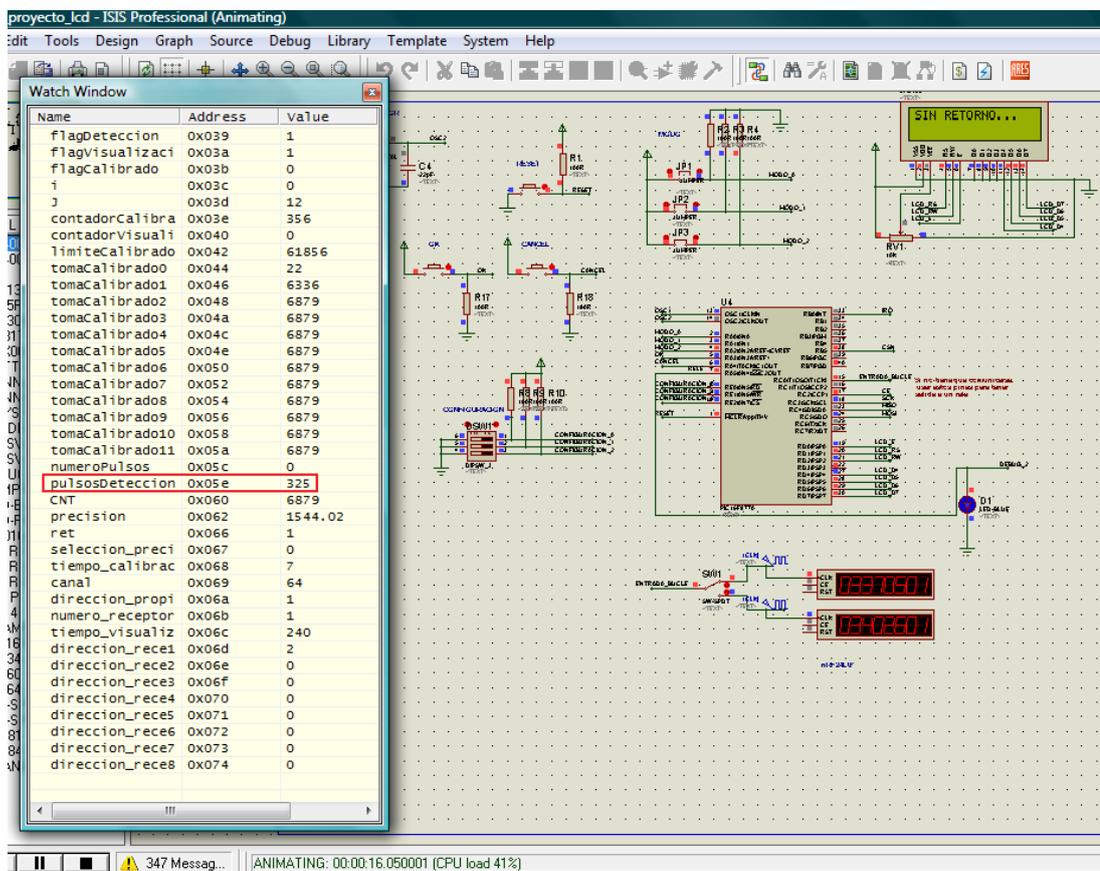


Figura 132 fallo en funcionamiento en frecuencias por encima de los 200Khz.

Por otro lado, se hicieron pruebas de funcionamiento del sistema durante horas sin dar falsos positivos en la detección. También se comprobó el correcto funcionamiento de las señalizaciones por medio de las salidas a relé estuviesen activas durante el tiempo de visualización seleccionado así como que las recalibraciones se realizasen en los intervalos deseados.



Figura 133 Diferentes pruebas con los lazos inductivos.



Figura 134 Pruebas con el oscilador en diferentes etapas del proyecto.

Además de esto, se puede ajustar en el código valores de precisión mucho más ajustados de los que inicialmente se programaron (precisiones de hasta el 0,2%) debido a la estabilidad que demostró el oscilador consiguiéndose detecciones de cuerpos más pequeños, más rápidamente y a mayor distancia.

También se hicieron pruebas de la comunicación por radiofrecuencia, enviándose en primer lugar la orden para señalización más simple (8bits) pasando luego al envío de la trama, como la que finalmente está reflejada en el código y que hace la comunicación más segura en cuanto a interferencias.

Se realizaron además otras pruebas de detección, como la ilustrada por la *Figura 135* en la que se puede ver como el lazo inductivo de 15x15mm detecta el larguero de metal de la mesa con la madera de por medio.

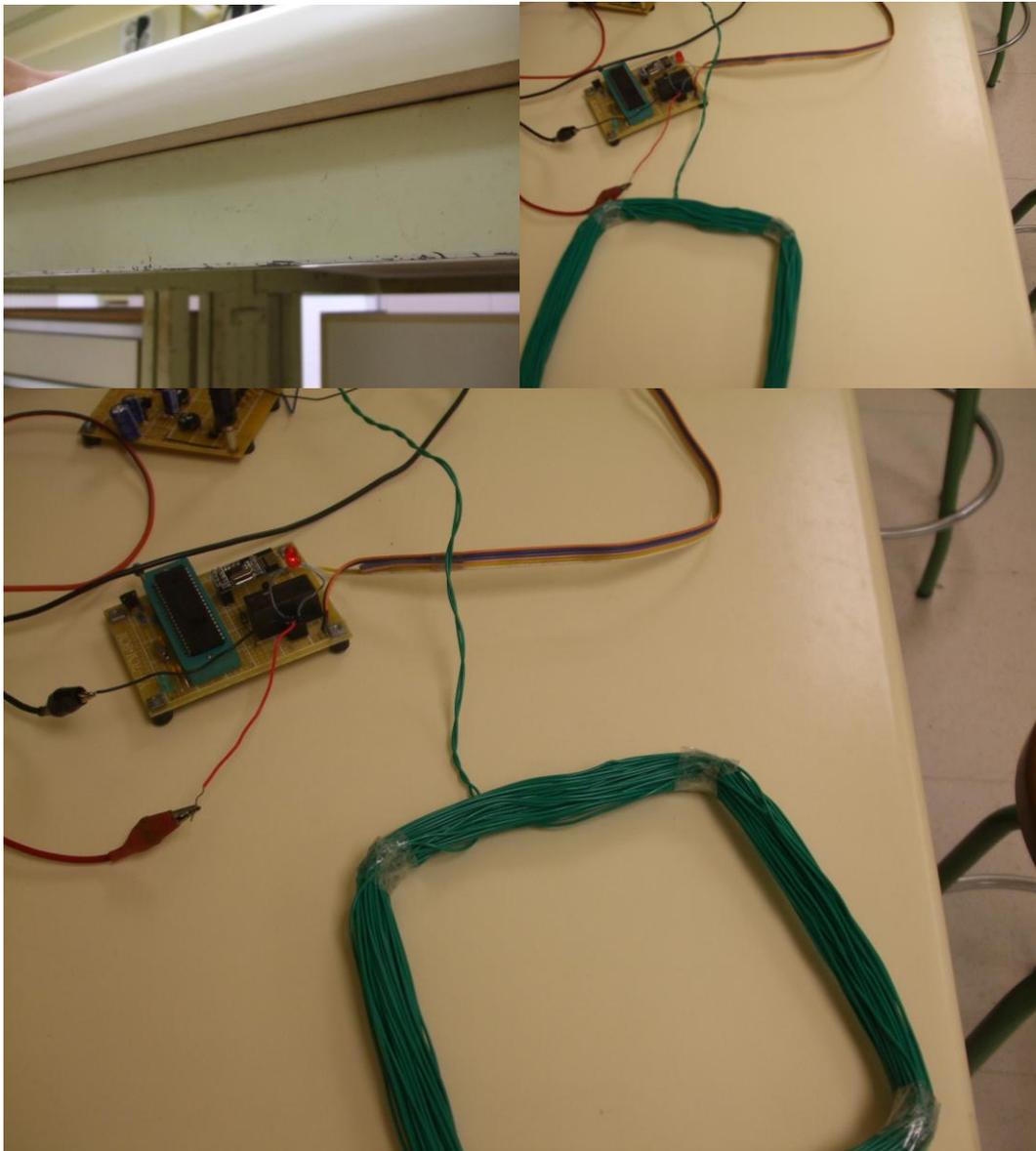


Figura 135 Detección del larguero de la mesa.

En conclusión, los resultados aportados por las simulaciones y la experimentación con los prototipos en el laboratorio son muy positivos y nos muestran que el sistema funciona correctamente pudiéndose hacer mejoras en futuras versiones. Se concluye así satisfactoriamente el objetivo aportar una solución funcional al problema planteado en el proyecto.

CAPÍTULO 9. CÁLCULOS

CAPÍTULO 9. CÁLCULOS

9.1 Cálculos

En este capítulo encontraremos los cálculos del diseño de un lazo inductivo de geometría aplicable para la detección de vehículos (2x1,5m), así como para la selección de los condensadores y obtención de las frecuencias de resonancia teóricas del oscilador.

9.2 Cálculos del oscilador para el lazo de 2x1,5m a 100Khz

Datos:

Geometría del lazo= 2x1,5m

Frecuencia deseada=100Khz

Utilizando la siguiente fórmula para calcular la inductancia del lazo:

$$L = 3,28 \cdot P \frac{(n^2+n)}{4}$$

donde:

P es el perímetro del lazo

n es el numero de espiras del lazo

Y también utilizando la formula de la frecuencia de resonancia en un oscilador LC:

$$F = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

donde:

L es el la inductancia del lazo

C es igual a:

$$C = \frac{C1 \cdot C2}{C1+C2}$$

Siendo:

$$C1 = C2$$

Llevando estas formulas a una hoja de cálculo obtenemos las siguientes posibles soluciones de inductancia y condensadores en función al número de espiras del lazo inductivo. Se elige un lazo con 4 espiras.

Nº ESPIRAS	INDUCTANCIA (uH)	C1 y C2 (nF)
3	68,88	73,55
4	114,8	44,13
5	172,2	29,42
6	241,08	21,01
7	321,44	15,76

El valor comercial de condensadores más cercano a 44,13nF es 47nF, por lo tanto:

$$C = 47\text{nF}$$

Recalculando la frecuencia de nuevo con este valor de condensadores obtenemos una frecuencia teórica de 96,90Khz, por lo tanto:

$$F = 96,90\text{Khz}$$

9.3 Cálculos de las frecuencias con los otros condensadores

Como se pudo ver el sistema podrá seleccionar entre cuatro frecuencias diferentes. Esto es gracias a la incorporación de más condensadores seleccionables de diferentes valores al de 47nF calculado en el punto anterior.

Los valores de los condensadores elegidos para el oscilador son 33nF, 22nF y 10nF. Utilizando las formulas del punto anterior en una hoja de cálculo obtenemos las siguientes frecuencias teóricas para el lazo inductivo de 2x1,5m:

CONDENSADOR (nF)	INDUCTANCIA	FRECUENCIAS TEÓRICAS (Khz)
47	114,8	96,90
33	114,8	115,64
22	114,8	141,63
10	114,8	210,07

CAPÍTULO 10. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

CAPÍTULO 10. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

10.1 Impacto medioambiental

El objeto del presente capítulo es determinar las posibles consecuencias medioambientales y sociales de la instalación del sistema de seguridad Detección-Señalización para situaciones viales de escasa visibilidad.

10.2 Legislación aplicable

La legislación que se aplica es la siguiente:

Real Decreto 1302/1986, Decreto General de Impacto Medioambiental.

10.3 Riesgos en el suelo

La sistema durante su funcionamiento no producirá ningún daño sobre el suelo al instalarse los lazos inductivos en ranuras hechas en la calzada.

10.4 Riesgos de emisiones gaseosas

Durante el funcionamiento del sistema no se produce ninguna emisión a la atmósfera.

10.5 Riesgos de vertidos líquidos

El sistema durante su funcionamiento no produce vertidos de ninguna clase.

10.6 Impacto visual

El sistema aunque es visible y debe estar bien a la vista de los usuarios a quienes va dirigida la señalización no producirá ningún impacto visual especial o diferente al resto de las señalizaciones instaladas actualmente en las carreteras y ciudades.

10.7 Generación de ruidos

El sistema durante su funcionamiento no genera ruido alguno.

10.8 Generación de residuos

El sistema durante funcionamiento normal no genera residuos. Una vez terminada la vida útil de las baterías, en el caso de estar utilizando como medio de alimentación paneles solares, deberán ser sustituidas por otras depositándose las viejas en un punto limpio.

10.9 Impacto sobre la fauna y avifauna

Las instalaciones de estos sistemas no son agresivas sobre la fauna. Son equipos estáticos, fácilmente identificables por la fauna, que no generan ruido ni emisiones.

10.10 Impacto sobre la flora

En las localizaciones que serían susceptibles para la instalación del sistema no causaría ningún impacto sobre la flora al ser localizaciones previamente pavimentadas.

10.11 Impacto social

Debido a que el sistema tiene como objetivo mejorar la seguridad en la carretera ayudando a los usuarios de estas y que su principal forma de alimentación se realiza a través de paneles solares. Se tiene prevista una buena aceptación social, aunque como es lógico deberá haber un periodo de adaptación de los usuarios a este nuevo tipo de señalización.

10.12 Resumen del impacto ambiental del sistema

En el caso más general el sistema obtendrá la energía para funcionar sol, inagotable a escala humana, unas herramientas que en su mayor parte (hierro y paneles solares) son largas de vida y reutilizables o reciclables. El sistema que únicamente requiere la inversión de la mano de obra humana en el mantenimiento

Por lo tanto, la implantación del sistema es muy positiva, ya que ayudaría a incrementar la seguridad vial de una forma sostenible, sin generar emisiones, ruidos ni impactos importantes.

CAPÍTULO 11. BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO 11. BIBLIOGRAFÍA

9.1 Libros

Compilador C CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC por Eduardo Garcia Breijo

Manual usuario detector magnetico DMF10 VER 1.0

Lazos inductivos para detectar la presencia de vehículos construidos en sitio de TISSA

Manual BZI-RF2GH4

Datasheet AD817

Datasheet PIC16F87XA

Datasheet pn2222a

Datasheet G2RL

Convenio Ingenierias 2012-2013

Convenio Industria Siderometalurgica Cantabria

Sistema digital detector de vehículos para el ingreso a un estacionamiento por Oslo Zambrano Sanchez

Guia uso Programador PIC B

Compilador C CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC por Eduardo Garcia Breijo

Manual Compilador CCS PICC por Andrés Cánovas López

Diseño y desarrollo de una estación meteorológica automática utilizando Radiofrecuencia y comunicación USB por Carlos Abad Gonzalez

Fisica para ciencias e ingenieria tomo II de Raymond A Serway 5ta-ed.

9.2 Apuntes

Instrumentacion Electrónica. Elena Mediavilla Bolado

Informatica Industrial. Jesús Arce Hernando

Microprocesadores. Luciano Alonso Rentería

Oficina Tecnica. Blanca Rosa Díaz González

Electronica Digital I y II. Miguel Ángel Ayende

Componentes Electrónicos. Francisco Javier Madruga Saavedra

9.1 Paginas web

<http://upcommons.upc.edu/>
www.automatica-elec.es
<http://www.tyssatransito.com/>
<http://www.sistemasdepesaje.com>
<http://iesmachado.org>
www.dgt.es
<https://maps.google.es/>
<http://www.antury.net/>
<http://www.ucontrol.com.ar>
<http://www.ctmelectronica.com.ar>
<http://fanaticodeelectronica.blogspot.com.es>
<http://www.aquihayapuntes.com>
<http://picmania.garcia-cuervo.net>
<http://todoconc.blogspot.com.es>
<http://es.aliexpress.com>
<http://www.alos.5u.com>
<http://www.ieespain.com>
<http://www.utp.edu.co>
<http://foro.elhacker.net>
<http://www.todopic.com.ar>
<http://www.ctmelectronica.com.ar>
<http://www.openhacks.com>
<http://www.ekswai.com>
<https://sites.google.com/site/proyectosroboticos/nrf24l01>
<http://www.prototiposelectronicos.com>
<http://davidcominotoca.wordpress.com>
<http://sistemas11.blogspotcom.blogspot.com.es>
<http://www.actum.es>
<http://www.maps.es>
<http://spanish.alibaba.com>
<http://es.wikipedia.org>
<http://www.unican.es>
<http://dx.com/>

<http://es.rs-online.com>
<http://felixmaocho.wordpress.com>
<http://www.unicrom.com>
<http://electronicayrobotica.wordpress.com>
<http://rinconmatematico.com>
<http://amplificadoroperacional.blogspot.com.es>
<http://www.eeweb.com>
<http://ayudaelectronica.com>
<http://electronica.yoreparo.com>

El Ingeniero Técnico Industrial con especialidad en Electrónica Industrial

Alberto Maza Herrero
Santander, Septiembre de 2013

B. ANEXOS

B. ANEXOS

1.1 Código de las librerías usadas en la programación del sistema

En los siguientes puntos se podrá ver el código en lenguaje C de las dos librerías utilizadas tanto por el programa del Transmisor-Detector como el del Receptor-Señalizador. Estas librerías no son de creación propia.

1.2 Código de la librería lib_rf2gh4_10.h

```
/**
lib_rf2gh4_10.h
version: 1.0
Esta librería contiene las funciones necesarias para gestionar el módulo
RF2GH4 con programas del compilador CCS
Copyright (C) 2007 Bizintek Innova S.L.
**/

/**
This program is free software; you can redistribute it and/or modify
it under the terms of the GNU General Public License as published by
the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or
(at your option) any later version.

**/

/**
This program is distributed in the hope that it will be useful,
but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.
See the GNU General Public License for more details.

**/

/**
You should have received a copy of the GNU General Public License along
with this program; if not, write to the Free Software Foundation, Inc.,
51 Franklin Street, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA.
**/

/**
DEFINICIONES
**/
```

```

// PORTB
#define RF_IRQ  PIN_B0
#define RF_CS   PIN_B5

// PORTC
#define RF_CE  PIN_C2
#define SCK   PIN_C3
#define SDI   PIN_C4
#define SDO   PIN_C5

// PORTB
#define RF_IRQ_TRIS  TRISB,0
#define RF_CS_TRIS  TRISB,7

// PORTC
#define RF_CE_TRIS  TRISC,2
#define SCK_TRIS   TRISC,3
#define SDI_TRIS   TRISC,4
#define SDO_TRIS   TRISC,5

//*****
//*  VARIABLES  *
//*****

#BYTE TRISA  = 0x85
#BYTE TRISB  = 0x86
#BYTE TRISC  = 0x87
#BYTE INTCON = 0x00B

//Variables internas
static int1  interRF;
static int16 noRF;

```

```

static int1    RCVNW=0;
static int8    DATA_N_SND=0;
static int8    DATA_N_RCV=0;

//Variables configurables
static int8    RF_DATA[8];
static int8    RF_DIR;

//*****
//*  CÓDIGO  *
//*****

//*****
//*          RF_CONFIG_SPI()          *
//*****
//*Descripción: La función configura el módulo SPI del*
//*microcontrolador.En ella se especifica como salida *
//*SDO y como entrada SDI entre otros parámetros del *
//*protocolo SPI.          *
//*****
//*Variables de entrada:          *
//*Variables de salida:          *
//*****
void RF_CONFIG_SPI()
{
    //Configuración I/O.
    bit_clear(SCK_TRIS);
    bit_set(SDI_TRIS);
    bit_clear(SDO_TRIS);

    //Configuración módulo comunicaciones.
    setup_spi(SPI_MASTER|SPI_L_TO_H|SPI_XMIT_L_TO_H
|SPI_CLK_DIV_4|SPI_SAMPLE_AT_END);

```

```

}
//*****

//*****

/**      RF_INT_EN()      *
//*****

/**Descripción:Se encarga de habilitar la interrupción*
/**externa (RB0) utilizada por el módulo de RF en la *
/**recepción de datos.      *
//*****

/**Variables de entrada:      *
/**Variables de salida:      *
//*****

void RF_INT_EN()
{
    //Habilitar interrupciones externas con flanco de
    //bajada.
    disable_interrupts(global);
    enable_interrupts(int_ext);
    ext_int_edge( H_TO_L );
    bit_set(RF_IRQ_TRIS);
    enable_interrupts(global);
}

//*****

//*****

/**      RF_CONFIG(int canal, int dir)      *
//*****

/**Descripción:Esta función se encarga de configurar *
/**el transceptor habilitando su propia dirección de *
/**escucha y el canal entre otros parámetros.      *
//*****

/**Variables de entrada:- Canal      *
/**      - Direccion      *

```

```

/*Variables de salida:                *
*****
void RF_CONFIG(int canal, int dir)
{

    bit_clear(RF_CS_TRIS);
    bit_set(RF_IRQ_TRIS);
    bit_clear(RF_CE_TRIS);

    output_low(RF_CE);

    // TX_ADDR (0xFF)
    //Configuración de la dirección de envío aleatoria.
    //En la función de enviar se configura la dirección
    //deseada por el usuario.
    output_low(RF_CS);
    spi_write(0x30);
    spi_write(0xFF);
    spi_write(0xC2);
    spi_write(0xC2);
    spi_write(0xC2);
    spi_write(0xC2);
    spi_write(0xC2);
    output_high(RF_CS);

    // RX_ADDR_P0 (0xFF) ACK
    //Configuración de la dirección del Pipe0 para la
    //recepción de ACK.
    output_low(RF_CS);
    spi_write(0x2A);
    spi_write(0xFF);
    spi_write(0xC2);
    spi_write(0xC2);
    spi_write(0xC2);
    spi_write(0xC2);
}

```

```

output_high(RF_CS);

// RX_ADDR_P1 (dir)
//Configuración de la dirección del Pipe1 para la
//recepción de tramas.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x2B);
spi_write(dir);
spi_write(0xC2);
spi_write(0xC2);
spi_write(0xC2);
spi_write(0xC2);
output_high(RF_CS);

// RX_ADDR_P2 (0x00) BROADCAST
//Configuración de la dirección del Pipe2 para la
//recepción de tramas
output_low(RF_CS);
spi_write(0x2C);
spi_write(0x00);
output_high(RF_CS);

// EN_AA
//Habilitar AutoAck en los Pipe0,Pipe1 y Pipe2.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x21);
spi_write(0x07);
output_high(RF_CS);

// EN_RXADDR
//Habilitar los Pipe0,Pipe1 y Pipe2.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x22);
spi_write(0x07);

```

```

output_high(RF_CS);

// SETUP_AW
//Configuración de la longitud de las direcciones.
//Direcciones de 5 bytes.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x23);
spi_write(0x03);
output_high(RF_CS);

//SETUP_RETR
//Configuración de las retransmisiones en la transmisión.
//Diez retransmisiones cada 336us.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x24);
spi_write(0x0A);
output_high(RF_CS);

//RF_CH
//Configuración del canal.
//Canal elegido por el usuario (0x01 - 0x7F).
output_low(RF_CS);
spi_write(0x25);
spi_write(canal);
output_high(RF_CS);

//RF_SETUP
//Configuración aspectos RF.
//Ganancia máxima de LNA, 0dBm potencia de salida y 2Mbps de velocidad.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x26);
spi_write(0x0F);
output_high(RF_CS);

```

```

//STATUS
//Reseteo del registro STATUS
output_low(RF_CS);
spi_write(0x27);
spi_write(0x70);
output_high(RF_CS);

//RX_PW_P0
//N° de bytes en Pipe0.
//1 byte (ACK).
output_low(RF_CS);
spi_write(0x31);
spi_write(0x01);
output_high(RF_CS);

//RX_PW_P1
//N° de bytes en Pipe1.
//10 byte (Direccion emisor y trama).
output_low(RF_CS);
spi_write(0x32);
spi_write(0x0A);
output_high(RF_CS);

//RX_PW_P2
//N° de bytes en Pipe2.
//10 byte (Direccion emisor y trama).
output_low(RF_CS);
spi_write(0x33);
spi_write(0x0A);
output_high(RF_CS);
}
//*****

//*****

```

```

/**          RF_ON()          *
/*******
/**Descripción:Esta rutina activa el módulo de      *
/**radiofrecuencia en modo escucha para poder recibir *
/**datos enviados a su dirección.          *
/*******
/**Variables de entrada:          *
/**Variables de salida:          *
/*******

void RF_ON()
{

    output_low(RF_CE);

    // CONFIG
    //Se activa el modulo, se pone en recepción,
    //se activa el CRC para que utilice 2 bytes.
    output_low(RF_CS);
    spi_write(0x20);
    spi_write(0x0F);
    output_high(RF_CS);

    delay_ms(2);
    output_high(RF_CE);
    delay_us(150);
}
/*******

/*******

/**          RF_OFF()          *
/*******
/**Descripción:Este procedimiento desactiva el módulo *
/**de radiofrecuencia.          *
/*******

```

```

/**Variables de entrada:          *
/**Variables de salida:          *
/*******
void RF_OFF()
{
    output_low(RF_CE);

    // CONFIG
    //Se desactiva el modulo
    output_low(RF_CS);
    spi_write(0x20);
    spi_write(0x0C);
    output_high(RF_CS);
}
/*******

/*******

/**          RF_SEND()          *
/*******

/**Descripción:Esta función envía 8 Bytes de datos a *
/**la dirección indicada informando de la correcta *
/**recepción en el destinatario.          *
/*******

/**Variables de entrada:- RF_DATA[]          *
/**          - RF_DIR
/**Variables de salida: -          *
/**Salida:          - 0: Envío correcto (ACK OK) *
/**          - 1: No recepcibido (NO ACK) *
/**          - 2: No enviado          *
/*******

int RF_SEND()
{
    int i;
    int estado;

```

```

if(bit_test(INTCON,7))
    interRF=1;
else
    interRF=0;

disable_interrupts(GLOBAL);

// INICIO
output_low(RF_CE);

//STATUS
//Reseteo del registro STATUS
output_low(RF_CS);
spi_write(0x27);
spi_write(0x70);
output_high(RF_CS);

// EN_RXADDR
//Se habilita el Pipe0 para la recepción del ACK
output_low(RF_CS);
spi_write(0x22);
spi_write(0x01);
output_high(RF_CS);

// TX_ADDR
//Se configura la dirección de transmisión=RF_DIR
output_low(RF_CS);
spi_write(0x30);
spi_write(RF_DIR);
spi_write(0xC2);
spi_write(0xC2);
spi_write(0xC2);

```

```

spi_write(0xC2);
output_high(RF_CS);

// RX_ADDR_P0
//Para la recepción del ACK se debe configurar el Pipe0 con
//la misma dirección a transmitir.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x2A);
spi_write(RF_DIR);
spi_write(0xC2);
spi_write(0xC2);
spi_write(0xC2);
spi_write(0xC2);
output_high(RF_CS);

// RX_ADDR_P1
//Se mete en RF_DIR la dirección propia.
//De esta manera el receptor sabe la dirección
//del transmisor.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x0B);
RF_DIR=spi_read(0);
spi_read(0);
spi_read(0);
spi_read(0);
spi_read(0);
output_high(RF_CS);

// W_TX_PAYLOAD
//Se manda los datos al transductor
output_low(RF_CS);
spi_write(0xA0);

DATA_N_SND++;

```

```

spi_write(DATA_N_SND);
spi_write(RF_DIR);
for (i=0;i<8;i++)
    spi_write(RF_DATA[i]);

output_high(RF_CS);

// CONFIG
//Se pasa a modo transmisión.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x20);
spi_write(0x0E);
output_high(RF_CS);

// Pulso de comienzo de envío
output_high(RF_CE);
delay_us(15);
output_low(RF_CE);

noRF=0;

while (input(RF_IRQ)==1) {
    noRF++;
    //Si no da respuesta en 7ms, no se ha enviado.
    if(noRF==500){
        break;
    }
}

// STATUS
//Lectura del estado en el registro estatus.
output_low(RF_CS);
estado=spi_read(0x27);

```

```

spi_write(0x70);
output_high(RF_CS);

// EN_RXADDR
//Habilitar los Pipe0,Pipe1 y Pipe2.
output_low(RF_CS);
spi_write(0x22);
spi_write(0x07);
output_high(RF_CS);

// TX_FLUSH
//Limpieza de la FIFO de salida
output_low(RF_CS);
spi_write(0xE1);
output_high(RF_CS);

// CONFIG
//Paso a modo recepción
output_low(RF_CS);
spi_write(0x20);
spi_write(0x0F);
output_high(RF_CS);

// FIN
output_high(RF_CE);

delay_us(150);

//Si no da respuesta en 7ms, no se ha enviado.
if(noRF==500){
    if(interRF==1)
        enable_interrupts(GLOBAL);
    clear_interrupt(int_ext);
}

```

```

        return(2);
    }

//estado
//Chequeo de los bit del registro STATUS que indican si se ha recibido
//ACK y si se ha terminado las retransmisiones sin ningun ACK.
if ((bit_test(estado,4)==0) && (bit_test(estado,5)==1)){
    if(interRF==1)
        enable_interrupts(GLOBAL);
        clear_interrupt(int_ext);
        return(0);
    }
else{
    if(interRF==1)
        enable_interrupts(GLOBAL);
        clear_interrupt(int_ext);
        return(1);
    }
}

//*****

//*****

/*          RF_RECEIVE()          */
//*****

/*Descripción: Esta rutina se encarga de comprobar si*
/*se ha producido una recepción y de ser así,      *
/*devuelve la trama recibida.                      */
//*****

/*Variables de entrada:-          */
/*Variables de salida: - RF_DATA[]      */
/*          - RF_DIR          */
/*Salida:      - 0: Recepción correcta y única *
/*            - 1: Recepción correcta y múltiple *
/*            - 2: No se ha producido recepción *

```

```

/**          - 3: No se ha producido recepción  *
/*******
int RF_RECEIVE()
{

    int i;
    int mas;
    int estado;

    if (input(RF_IRQ)==1 && RCVNW==0){
        return (2);
    }

    //STATUS
    //Lectura y reseteo del registro STATUS
    output_low(RF_CS);
    estado=spi_read(0x27);
    spi_write(0x70);
    output_high(RF_CS);

    //estado
    //Chequeo de la interrupción de recepción.
    if (bit_test(estado,6)==0 && RCVNW==0){
        return(3);
    }

    //R_RX_PAYLOAD
    //Lectura de los datos recibidos.
    output_low(RF_CS);
    spi_write(0x61);
    DATA_N_RCV=spi_read(0);
    RF_DIR=spi_read(0);
    for (i=0;i<8;i++)
    {

```

```

    RF_DATA[i]=spi_read(0);
}
output_high(RF_CS);

//FIFO_STATUS
//Comprobación del estado de la FIFO de
//recepción para comprobar si hay más datos
output_low(RF_CS);
spi_write(0x17);
mas=spi_read(0);
output_high(RF_CS);

if (bit_test(mas,0)==0){
    RCVNW=1;
    return(1);
}
RCVNW=0;
return(0);
}
//*****

```

1.3 Código de la librería LCD.c

```
////////////////////////////////////
///          LCD.C          ///
///      Driver for common LCD modules      ///
///                                          ///
/// lcd_init() Must be called before any other function.  ///
///                                          ///
/// lcd_putc(c) Will display c on the next position of the LCD.  ///
///          The following have special meaning:          ///
///          \f Clear display          ///
///          \n Go to start of second line          ///
///          \b Move back one position          ///
///                                          ///
/// lcd_gotoxy(x,y) Set write position on LCD (upper left is 1,1)  ///
///                                          ///
/// lcd_getc(x,y) Returns character at position x,y on LCD          ///
///                                          ///
////////////////////////////////////
///      (C) Copyright 1996,2003 Custom Computer Services      ///
/// This source code may only be used by licensed users of the CCS C  ///
/// compiler. This source code may only be distributed to other  ///
/// licensed users of the CCS C compiler. No other use, reproduction  ///
/// or distribution is permitted without written permission.  ///
/// Derivative programs created using this software in object code  ///
/// form are not restricted in any way.          ///
////////////////////////////////////
//
// As defined in the following structure the pin connection is as follows:
// D0 enable
// D1 rs
// D2 rw
// D4 D4
// D5 D5
// D6 D6
```

```

// D7 D7
//
// LCD pins D0-D3 are not used and PIC D3 is not used.
//
// Un-comment the following define to use port B
// #define use_portb_lcd TRUE
//
struct lcd_pin_map {          // This structure is overlaid
    BOOLEAN enable;          // on to an I/O port to gain
    BOOLEAN rs;              // access to the LCD pins.
    BOOLEAN rw;              // The bits are allocated from
    BOOLEAN unused;          // low order up. ENABLE will
    int data : 4;            // be pin B0.
} lcd;
//
#if defined(__PCH__)
#if defined use_portb_lcd
    #byte lcd = 0xF81        // This puts the entire structure
#else
    #byte lcd = 0xF83        // This puts the entire structure
#endif
#else
#if defined use_portb_lcd
    #byte lcd = 6            // on to port B (at address 6)
#else
    #byte lcd = 8            // on to port D (at address 8)
#endif
#endif
//
#if defined use_portb_lcd
    #define set_tris_lcd(x) set_tris_b(x)
#else
    #define set_tris_lcd(x) set_tris_d(x)
#endif
#endif

```

```

//
#define lcd_type 2      // 0=5x7, 1=5x10, 2=2 lines
#define lcd_line_two 0x40 // LCD RAM address for the second line
//
BYTE const LCD_INIT_STRING[4] = {0x20 | (lcd_type << 2), 0xc, 1, 6};
        // These bytes need to be sent to the LCD
        // to start it up.
        // The following are used for setting
        // the I/O port direction register.
struct lcd_pin_map const LCD_WRITE = {0,0,0,0,0}; // For write mode all pins
are out
struct lcd_pin_map const LCD_READ = {0,0,0,0,15}; // For read mode data pins
are in
//
BYTE lcd_read_byte() {
    BYTE low,high;
    set_tris_lcd(LCD_READ);
    lcd.rw = 1;
    delay_cycles(1);
    lcd.enable = 1;
    delay_cycles(1);
    high = lcd.data;
    lcd.enable = 0;
    delay_cycles(1);
    lcd.enable = 1;
    delay_us(1);
    low = lcd.data;
    lcd.enable = 0;
    set_tris_lcd(LCD_WRITE);
    return( (high<<4) | low);
}
//
void lcd_send_nibble( BYTE n ) {
    lcd.data = n;

```

```

    delay_cycles(1);
    lcd.enable = 1;
    delay_us(2);
    lcd.enable = 0;
}
//
void lcd_send_byte( BYTE address, BYTE n ) {
    lcd.rs = 0;
    while ( bit_test(lcd_read_byte(),7) );
    lcd.rs = address;
    delay_cycles(1);
    lcd.rw = 0;
    delay_cycles(1);
    lcd.enable = 0;
    lcd_send_nibble(n >> 4);
    lcd_send_nibble(n & 0xf);
}
//
void lcd_init() {
    BYTE i;
    set_tris_lcd(LCD_WRITE);
    lcd.rs = 0;
    lcd.rw = 0;
    lcd.enable = 0;
    delay_ms(15);
    for(i=1;i<=3;++i) {
        lcd_send_nibble(3);
        delay_ms(5);
    }
    lcd_send_nibble(2);
    for(i=0;i<=3;++i)
        lcd_send_byte(0,LCD_INIT_STRING[i]);
}
//

```

```

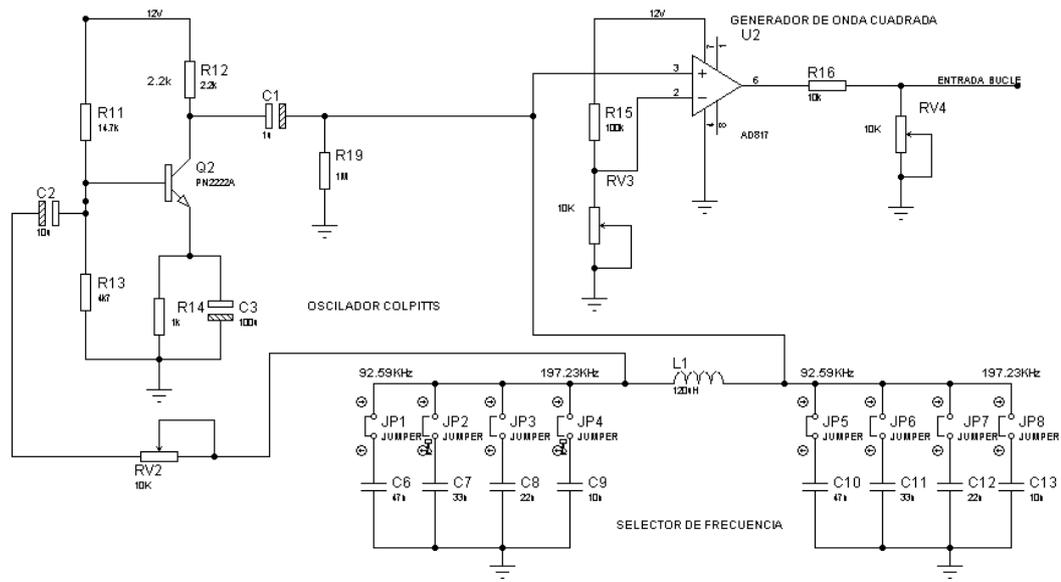
void lcd_gotoxy( BYTE x, BYTE y) {
    BYTE address;
    if(y!=1)
        address=lcd_line_two;
    else
        address=0;
    address+=x-1;
    lcd_send_byte(0,0x80|address);
}
//
void lcd_putc( char c) {
    switch (c) {
        case '\f' : lcd_send_byte(0,1);
                    delay_ms(2);
                    break;
        case '\n' : lcd_gotoxy(1,2);    break;
        case '\b' : lcd_send_byte(0,0x10); break;
        default  : lcd_send_byte(1,c);   break;
    }
}
//
char lcd_getc( BYTE x, BYTE y) {
    char value;
    lcd_gotoxy(x,y);
    while ( bit_test(lcd_read_byte(),7) ); // wait until busy flag is low
    lcd.rs=1;
    value = lcd_read_byte();
    lcd.rs=0;
    return(value);
}

```

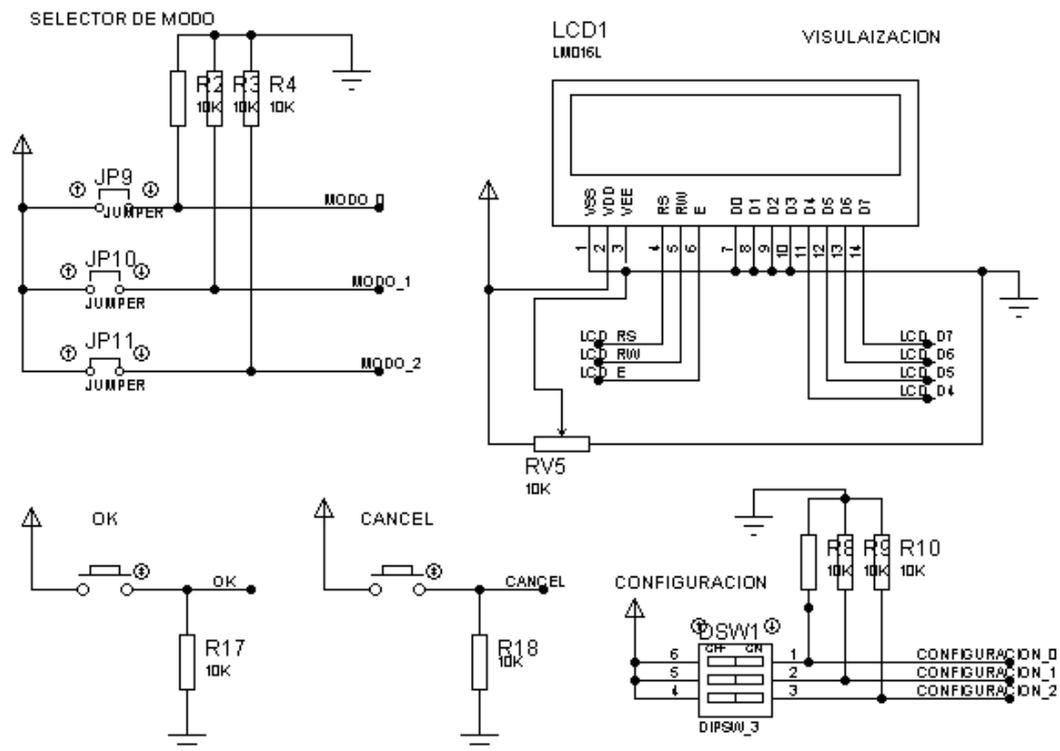
El Ingeniero Técnico Industrial con especialidad en Electrónica Industrial

Alberto Maza Herrero
Santander, Septiembre de 2013

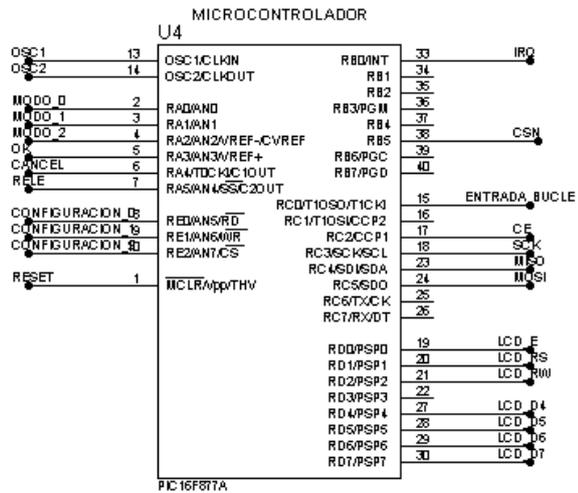
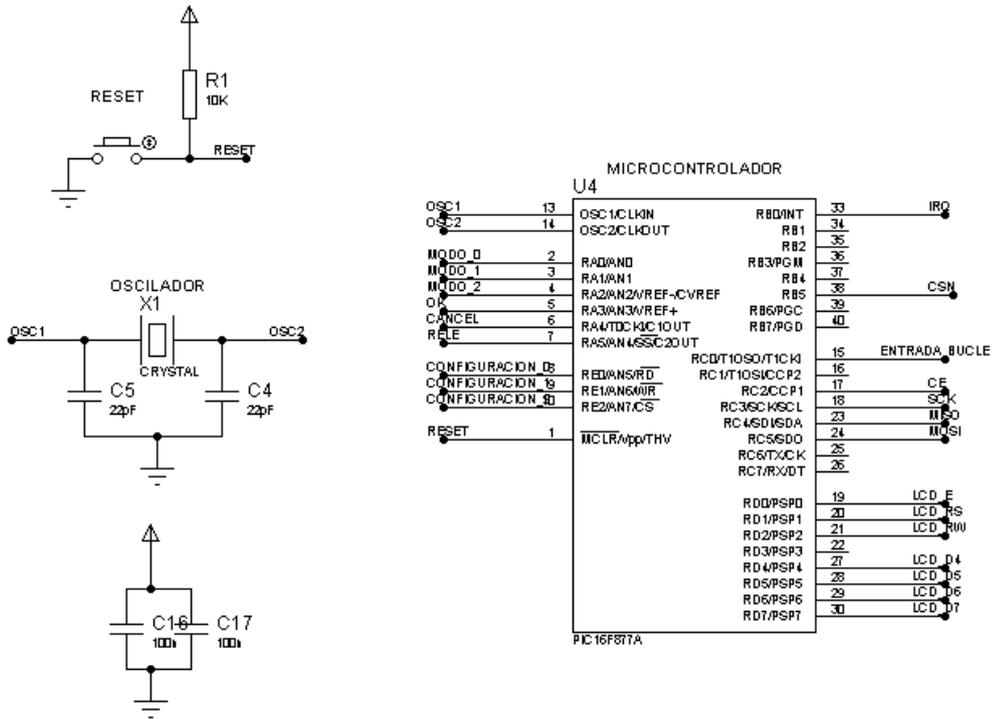
C. PLANOS



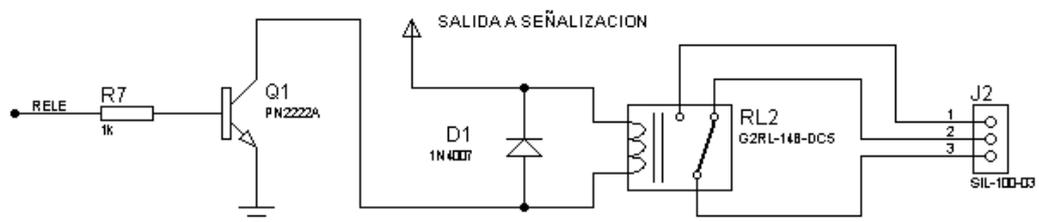
	Fecha	Nombre	FIRMAS	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	
Dibujado	4-8-2013	Alberto Maza			
Comprobado					
Id. s. normas					
Escala	Esquemático del oscilador inductivo			PLANO Nº1	Sustituye a
					Sustituido por



	Fecha	Nombre	FIRMAS	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	
Dibujado	4-8-2013	Alberto Maza			
Comprobado					
Id. s. normas					
Escala	Esquemático de los elementos de configuración			PLANO Nº2	Sustituye a
					Sustituido por

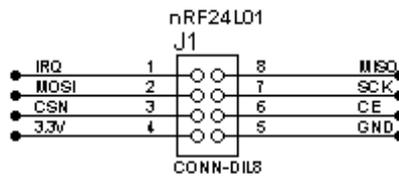
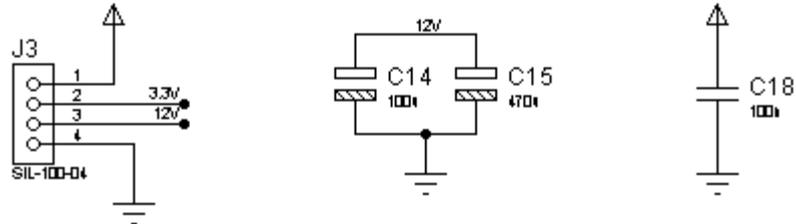


	Fecha	Nombre	FIRMAS	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	
Dibujado	4-8-2013	Alberto Maza			
Comprobado					
Id.s.normas					
Escala	Esquemático del microcontrolador PIC16F877A				PLANO N°3
					Sustituye a
					Sustituido por

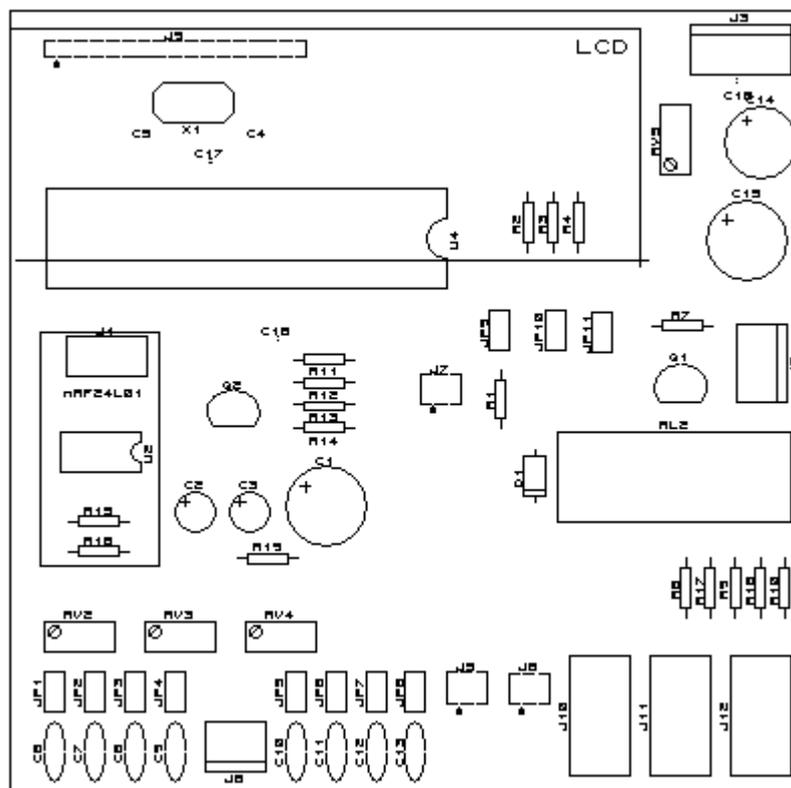


	Fecha	Nombre	FIRMAS	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	
Dibujado	4-8-2013	Alberto Maza			
Comprobado					
Id. s. normas					
Escala	Esquemático de la salida a relé				PLANO Nº4
					Sustituye a
					Sustituido por

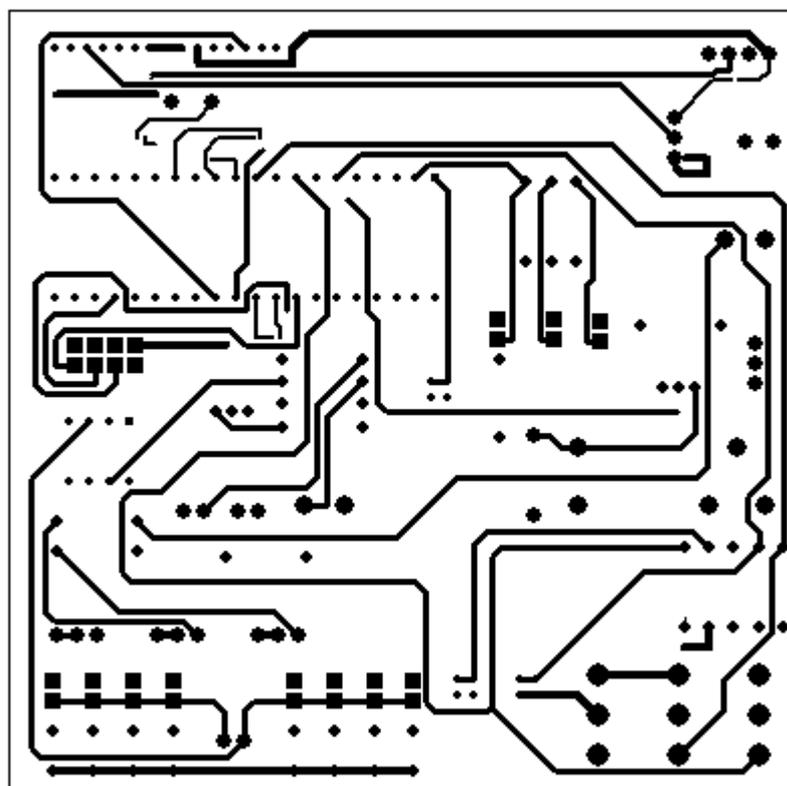
ALIMENTACION



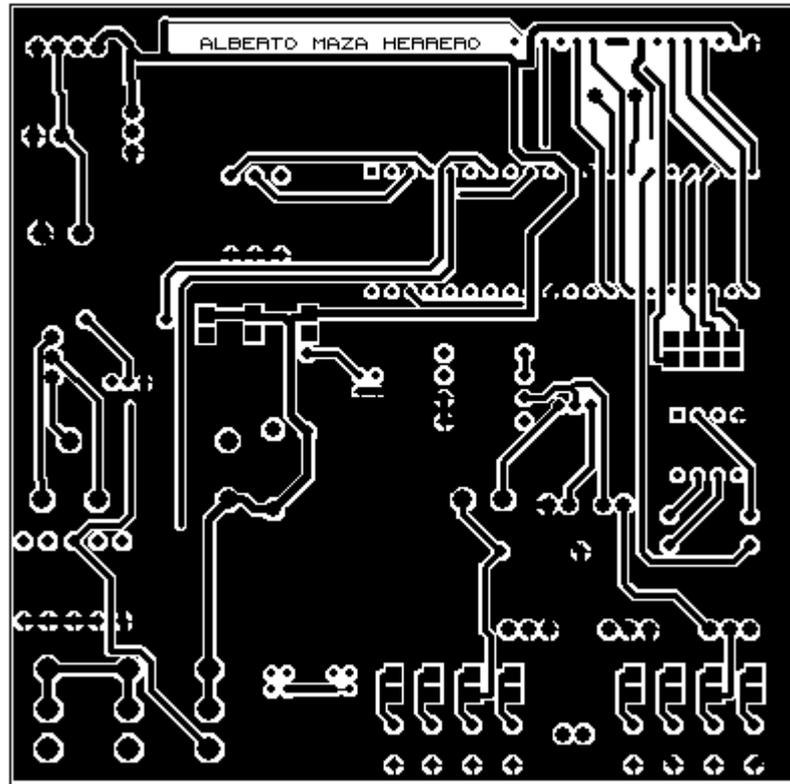
	Fecha	Nombre	FIRMAS	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	
Dibujado	4-8-2013	Alberto Maza			
Comprobado					
Id. s. normas					
Escala	Esquemático de la alimentación y el conector del nRF24L01			PLANO N°5	Sustituye a Sustituido por



	Fecha	Nombre	FIRMAS	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	
Dibujado	4-8-2013	Alberto Maza			
Comprobado					
Id. s. normas					
Escala	PCB Posición de los elementos			PLANO N°6	Sustituye a
1:1					Sustituido por



	Fecha	Nombre	FIRMAS	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	
Dibujado	4-8-2013	Alberto Maza			
Comprobado					
Id. s. normas					
Escala	PCB Capa TOP			PLANO Nº7	Sustituye a
1:1					Sustituido por



	Fecha	Nombre	FIRMAS	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	
Dibujado	4-8-2013	Alberto Maza			
Comprobado					
Id. s. normas					
Escala	PCB Capa BOTTOM				PLANO Nº8
1:1					Sustituye a
					Sustituido por

D. PLIEGO DE CONDICIONES

D. PLIEGO DE CONDICIONES

1. Descripción del producto

El producto diseñado es un sistema de detección de vehículos con señalización a distancia. Consiste en una o más tarjetas con la funcionalidad de poder acoplarles los elementos capaces para detectar vehículos, los elementos necesarios para señalar la presencia de vehículos o ambos para señalar los vehículos que la una misma tarjeta detecta. La comunicación entre las tarjetas que detectan y las que señalizan se llevara a cabo de forma inalámbrica por radiofrecuencia en un rango de 2,4-2,5 Ghz.

La detección de los vehículos se realizara mediante lazos inductivos instalados en la calzada. Las características y geometría de los lazos instalados deberán ser específicas para cada situación y que tipo de detección se quiera realizar. El sistema cuenta con cuatro frecuencias seleccionables para cubrir mayor rango de lazos con los que el sistema oscile a una frecuencia adecuada para la detección.

La alimentación del sistema se llevara a cabo por medio de paneles solares de baja potencia pero pudiendose conectar, con los convertidores adecuados, al alumbrado publico. Las tarjetas tienen un consumo de baja potencia (menor que 1W) aunque a esta potencia en caso de ser un sistema señalizador deberá añadirse el la potencia de la señalización. Las tensiones de alimentación del sistema son 5V y 3,3V, teniendo además una tensión de alimentación de 12V en caso de ser una tarjeta detectora.

2. Revisión de precios

El precio del circuito dependerá del coste que sus componentes tengan en el mercado en el momento de su compra, a lo que se añade el coste adicional de la mano de obra y de la tecnología empleada en su diseño, verificado y construcción. El presupuesto general total que supone la redacción y ejecución del proyecto sufrirá un incremento mensual que se evaluara aplicando a dicho presupuesto la tasa internacional de inflación y el índice de precios al consumo que se establezca en el mes transcurrido.

3. Garantía

El periodo de garantía se corresponderá con el señalado en el contrato y empezará a contabilizar desde la fecha de aprobación del “Acta de recepción”. Hasta que tenga lugar la recepción definitiva el Ingeniero Técnico responsable del correcto montaje y funcionamiento tendrá a su cuenta y riesgo las reparaciones por defecto de ejecución o mala calidad de los materiales.

4. Verificación y funcionamiento

Se ha resalizado la verificación del funcionamiento de cada una de las partes que integran el sistema electrónico por separado, así como su totalidad una vez construido, siendo todo ello, previo a la entrega en el plazo de ejecución dado.

5. Seguridad e higiene

Se tendrán en cuenta las leyes de seguridad e higiene pertinentes con respecto al trabajo de diseño, así como las referentes a la construcción del conjunto.

6. Disposiciones aplicables

De cara a una posible comercialización del proyecto se deberán cumplir una serie de normativas vigentes, entre las que destacan:

- Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por el decreto 842/2002 del 2 de Agosto así como las instrucciones complementarias de este reglamento, ICT y modificaciones sucesivas de años posteriores.
- Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo aprobada por orden ministerial de 9 de Marzo de 1971, del ministerio de trabajo.
- Ley de prevención de riesgos laborales 31/1995 de 8 de Noviembre.
- Normas UNE.
- Normas DIN.
- Normas ISO9000.

El Ingeniero Técnico Industrial con especialidad en Electrónica Industrial

Alberto Maza Herrero
Santander, Septiembre de 2013

E. PRESUPUESTO

E. PRESUPUESTO

1.1 Introducción

El precio del sistema de Detección-Señalización dependerá del coste de sus componentes en el momento de su compra, además tendremos que añadir el precio de la mano de obra y de la tecnología utilizada en su diseño, verificación y construcción.

El presupuesto general total que supone la redacción y ejecución del proyecto, sufrirá un incremento mensual que se evaluará aplicando a dicho presupuesto la tasa de inflación y el índice de precios al consumo que establezca en el tiempo transcurrido. Se realizará un presupuesto para una producción base de 500 sistemas Detección-Señalización, o lo que es lo mismo, 1000 dispositivos, 500 Trasmisores-Detectores y 500 Receptores-Señalizadores.

1.2 Mano de Obra

Para realizar este proyecto se necesitará contratar como mano de obra un oficial de primera, un oficial de segunda y un oficial de tercera. El oficial de primera será el encargado de supervisar la correcta realización del trabajo y suministrar el material necesario para la realización del proyecto. Las funciones del oficial de segunda serán realizar las placas de circuito impreso asegurándose de su correcta fabricación. Finalmente, el oficial de tercera será el encargado del montaje de los componentes electrónicos y la posterior comprobación del funcionamiento.

Para calcular el coste de la mano de obra tendremos que tener en cuenta las horas trabajadas por cada oficial y el coste por hora de cada uno. El cálculo de horas trabajadas por cada oficial es el estimado sobre la fabricación del lote de 1000 unidades considerando que el tiempo en fabricar un Trasmisor-Detector es igual al de un Receptor-Señalizador, sabiendo que el tiempo necesario para la fabricación calculado para cada unidad será de 30 minutos para el oficial de 2ª y de 1 hora para el oficial de 3ª.

Tendremos los siguientes costes de mano de obra, según el convenio regional de siderometalurgia de 2013 UGT:

Categoría	Nº Horas trabajadas	Coste por hora	Coste total
Oficial 1ª	160	9,56 €	1.529,60 €
Oficial 2ª	500	9,29 €	4.645,00 €
Oficial 3ª	1000	9,02 €	9.020,00 €

COSTE TOTAL M.O.:	15.194,60 €
--------------------------	--------------------

1.3 Materias Primas

A continuación se mostrarán las tablas con los precios de los elementos necesarios para la fabricación de los sistemas.

1.3.1 Materias Primas Transmisor-Detector

Resistencias	Cantidad	Coste unitario	Coste total
10 k Ω	10	0,01 €	0,08 €
14,7 k Ω	1	0,01 €	0,01 €
2,2 k Ω	1	0,01 €	0,01 €
4,7 k Ω	1	0,01 €	0,01 €
1 k Ω	1	0,01 €	0,01 €
100 k Ω	1	0,01 €	0,01 €
1 M Ω	1	0,01 €	0,01 €
RV 10 k Ω	4	0,20 €	0,80 €

Condensadores	Cantidad	Coste unitario	Coste total
1 uF	1	0,05 €	0,05 €
10 uF	1	0,06 €	0,06 €
22 pF	2	0,05 €	0,10 €
47 nF	2	0,05 €	0,10 €
33 nF	2	0,05 €	0,10 €
22 nF	2	0,05 €	0,10 €
10 nF	2	0,05 €	0,10 €
100 uF	2	0,03 €	0,06 €
470 uF	1	0,07 €	0,07 €
100 nF	3	0,05 €	0,15 €

Integrados	Cantidad	Coste unitario	Coste total
AD817	1	3,30 €	3,30 €
PIC16F877A	1	4,10 €	4,10 €

Transistores	Cantidad	Coste unitario	Coste total
PN2222A	1	0,06 €	0,06 €

Otros	Cantidad	Coste unitario	Coste total
JUMPER	11	0,11 €	1,21 €
CONECTOR JUMPER	3	0,13 €	0,39 €
ZOCALO 40 DIP	1	0,41 €	0,41 €
ZOCALO 8 DIP	1	0,30 €	0,30 €
HEADER HEMBRA 4X2	1	0,23 €	0,23 €
HEADER HEMBRA 16X1	1	0,60 €	0,60 €
CRYSTAL 4 MHZ	1	1,26 €	1,26 €
TERMINAL BLOCKS 2PIN	3	0,09 €	0,27 €
NRF24L01	1	18,23 €	18,23 €
PULSADOR	3	0,11 €	0,33 €
SWITCH	3	0,16 €	0,48 €
LCD 16X2	1	3,68 €	3,68 €
PLACA FOTOSENSIBLE	1	2,27 €	2,27 €
CAJA TARJETAS	1	0,77 €	0,77 €
TORNILLOS 2MM	8	0,02 €	0,16 €
CABLEADO BUCLE 16AWG (M)	50	0,11 €	5,50 €

ALIMENTACION	Cantidad	Coste unitario	Coste total
PANEL 8W + SOPORTE + BATERIA7AH/12V	1	141,89 €	141,89 €
CONVERTIDO DC/DC	1	6,45 €	6,45 €
CABLEADO ALIMENTACION (M)	2	0,18 €	0,36 €

Coste unitario MP del Sistema Trasmisor-Detector:	194,07 €
--	-----------------

1.3.2 Materias Primas Receptor-Señalizador

Resistencias	Cantidad	Coste unitario	Coste total
10 k Ω	9	0,01 €	0,07 €
1 k Ω	1	0,01 €	0,01 €
RV 10 k Ω	1	0,20 €	0,20 €

Condensadores	Cantidad	Coste unitario	Coste total
22 nF	2	0,05 €	0,10 €
100 uF	1	0,03 €	0,03 €
470 uF	1	0,07 €	0,07 €
100 nF	3	0,05 €	0,15 €

Integrados	Cantidad	Coste unitario	Coste total
PIC16F877A	1	4,10 €	4,10 €

Transistores	Cantidad	Coste unitario	Coste total
PN2222A	1	0,06 €	0,06 €

Diodos	Cantidad	Coste unitario	Coste total
1N4007	1	0,05 €	0,05 €

Otros	Cantidad	Coste unitario	Coste total
JUMPER	3	0,11 €	0,33 €
CONECTOR JUMPER	1	0,13 €	0,13 €
ZOCALO 40 DIP	1	0,41 €	0,41 €
HEADER HEMBRA 4X2	1	0,23 €	0,23 €
HEADER HEMBRA 16X1	1	0,60 €	0,60 €
CRYSTAL 4 MHZ	1	1,26 €	1,26 €
TERMINAL BLOCKS 2PIN	2	0,09 €	0,18 €
TERMINAL BLOCKS 3PIN	1	0,15 €	0,15 €
NRF24L01	1	18,23 €	18,23 €
PULSADOR	3	0,11 €	0,33 €
SWITCH	3	0,16 €	0,48 €
RELÉ G2RL-14B-DC5	1	2,32 €	2,32 €
LCD 16X2	1	3,68 €	3,68 €
CAJA TARJETAS	1	0,77 €	0,77 €
PLACA FOTOSENSIBLE	1	2,27 €	2,27 €
TORNILLOS 2MM	8	0,02 €	0,16 €

ALIMENTACION	Cantidad	Coste unitario	Coste total
PANEL 8W + SOPORTE + BATERIA7AH/12V + SEÑALIZACION	1	197,98 €	197,98 €
CONVERTIDO DC/DC	1	6,45 €	6,45 €
CABLEADO ALIMENTACION (M)	2	0,18 €	0,36 €

Coste unitario MP del Sist. Receptor-Señalizador:	241,16 €
--	-----------------

1.3.3 Coste Total Materias Primas

	Cantidad	Coste MP unitario	Coste total MP
Sistema Trasmisor-Detector	500	194,07 €	97.034,50 €
Sistema Receptor-Señalizador	500	241,16 €	120.580,00 €

Coste total MP 500uds Sist. Detector-Señalizador:	217.614,50 €
--	---------------------

1.4 Puesto de trabajo

Se deberá tener en cuenta que para el montaje de los sistemas se utilizarán diversos materiales de uso común en un taller de producción y equipos específicos.

Se especifican a continuación:

Osciloscopio Digital 100Mhz 2 CH	594,00 €
Multimetro digital BENNING MM1	359,51 €
Aplicaciones y herramientas PCB	198,20 €
Soporte de trabajo de soldadura	116,10 €
Insoladora UV Doble Cara MEGAELECTRONICS 300-030	780,00 €
Tanque triple tratamiento MEGAELECTRONICS 500-06	674,00 €
Cubeta para preparación PCB MEGAELECTRONICS	338,20 €
Puntas y repuestos del soldador	150,00 €
Puntas y repuestos de la fresadora	320,00 €
Micro fresadora, conector europeo 100W	255,00 €
RF Loss Test JDSU OLT-55	570,00 €
Rack para PCBs	31,51 €
Estación soldadura AOYUE 2702	277,22 €

Coste Total Equipos Puesto de Trabajo:	4.663,74 €
---	-------------------

Calcularemos ahora los gastos de amortización de los aparatos y equipos utilizados, sabiendo que su coste de instalación es de 4663,74€. Teniendo en cuenta un periodo de amortización de 6 años:

Coste amortización = Coste instalación / Periodo amortización

Coste amortización = 4663,74 / 6

Coste amortización = 777.29€

Teniendo en cuenta que las horas laborales en un año de la empresa serán de 1968 horas (calculado sobre 8 horas diarias de trabajo, 5 días laborables, 52 semanas anuales y descontando los 14 días que según el Calendario Laboral de 2013 son fiesta en Cantabria). Calcularemos el coste de amortización por hora en esos seis años:

Coste amortización = Coste de la instalación / Periodo de amortización

Coste amortización / hora = 4663,74 / (1968 horas · 6 años)

Coste amortización / hora = 0,3949 €/hora

Ademas deberemos calcular el coste del puesto de trabajo teniendo en cuenta la energía eléctrica consumida durante las 1660 horas de trabajo que requiere el lote de 1000 dispositivos.

Coste puesto de trabajo = Horas Fabricacion · (C. amortización + Coste luz)

Coste puesto de trabajo = 1660 · (0,3949 €/h + (20kW · 0,1407 €/kWh))

COSTE DEL PUESTO DE TRABAJO:	5.326,77 €
-------------------------------------	-------------------

1.5 Coste de Fabricación

El coste de fabricación es la suma de los costes de la mano de obra directa, de las materias primas y del puesto de trabajo. Así que será el siguiente:

Coste de fabricación = MOD + Materia Prima + Puesto de trabajo

MANO DE OBRA DIRECTA	15.194,60 €
MATERIA PRIMA	217.614,50 €
PUESTO DE TRABAJO	5.326,77 €
COSTE DE FABRICACIÓN	238.135,87 €

1.6 Gastos Generales y Gastos Sociales

Debe tenerse en cuenta el trabajo de diseño invertido en el producto. Este será el empleado por un Ingeniero Tecnico Industrial, cuyo salario asciende a 15,38€ por hora por convenio. Si se estima que el tiempo empleado es de unas 300 horas, se obtendrá un coste de 4614€. Además del trabajo de diseño, se tiene en cuenta el trabajo de la asesoría y el trabajo administrativo. Todos estos gastos suponen un 23% de la MOD. El coste final de la MOI será el coste de diseño mas el resto de costes indirectos. El coste final de la MOI será el coste del diseño mas el resto de costes indirectos.

Mano de Obra Indirecta (MOI) = Coste de diseño + 23% de MOD

Mano de Obra Indirecta (MOI) = 4614€ + (0,23 · 15.194,60€)

COSTE TOTAL M.O.I.:	8.108,76 €
----------------------------	-------------------

Además tendremos otros Gastos Generales que suponen un 13% del coste de mano de obra directa (MOD).

Gastos Generales = 13% de MOD

Gastos Generales = 13% de 15.194,60€

COSTE GASTOS GENERALES:	1.975,30 €
--------------------------------	-------------------

Los gastos sociales serán un 17% de la suma de la mano de obra directa e indirecta. Tendremos los siguientes Gastos Sociales:

Gastos Sociales = 17% de (MOD+MOI)

Gastos Sociales = 17% de 23303,36€

COSTE GASTOS SOCIALES:	3.961,57 €
-------------------------------	-------------------

1.7 Coste en Fábrica

El coste en fábrica es la suma de todos los factores anteriormente expuestos, coste de fabricación, mano de obra indirecta, gastos generales totales y gastos sociales.

$$\text{Coste en Fábrica} = \text{Coste de Fabricación} + \text{MOI} + \text{GG} + \text{GS}$$

Coste de Fabricación	238.153,87 €
MOI	8.108,76 €
Gastos Generales	1.975,30 €
Gastos Sociales	3.961,57 €

Coste en Fábrica	252.199,50 €
-------------------------	---------------------

El Coste en Fábrica asciende a doscientos cincuenta y dos mil ciento noventa y nueve euros con cincuenta céntimos.

1.8 Gastos comerciales, Coste Total y Beneficios

Suponiendo que los gastos comerciales son un 4% del Coste en Fábrica:

Gastos Comerciales = 4% de Coste en Fábrica

Gastos Comerciales = 4% de 252.199,50€

COSTE GASTOS COMERCIALES:	10.087,98 €
----------------------------------	--------------------

Obtenemos el Coste Total:

Coste Total = Coste en Fábrica + Gastos Comerciales

Coste Total = 252.199,50€ + 10.087,98€

COSTE TOTAL:	262.287,48 €
---------------------	---------------------

Queriendo un Beneficio del 6% sobre el Coste Total:

Beneficio = 6% del Coste Total

Beneficio = 6% de 262.287,48€

BENEFICIO:	15.737,25 €
-------------------	--------------------

1.9 Precio de venta al público

Para calcular el presupuesto final del producto se suman los beneficios al coste total:

Coste Total = 262.287,48€

Beneficios = 15.737,25€

Presupuesto facturado = Coste Total + Beneficios

Presupuesto facturado = 262.287,48€ + 15.737,25€

PRESUPUESTO FACTURADO:	278.024,73 €
-------------------------------	---------------------

Este presupuesto facturado es el calculado sobre 500 unidades de sistemas Detección-Señalización cada uno formado por un dispositivo Transmisor-Detector y un Receptor-Señalizador; o lo que es lo mismo, 1000 dispositivos, 500 Transmisores-Detectores y 500 Receptores-Señalizadores. El precio de venta al público se obtendrá dividiendo ese presupuesto entre el número de unidades sistemas producidos:

Precio Venta al Público (sin IVA) = Presupuesto Facturado / N° de Unidades

PVP UNITARIO (SIN IVA):	556,05 €
--------------------------------	-----------------

Para hallar el presupuesto de facturación final, se aplica al Coste Total un 21% correspondiente al I.V.A.:

Presupuesto facturado Final = Presupuesto facturado + 21% Presupuesto facturado

Presupuesto facturado Final = 278.024,73€ + 58385,19€

PRESUPUESTO FACTURADO FINAL:	336.409,92 €
-------------------------------------	---------------------

El Presupuesto Facturado final asciende a trescientos treinta y seis mil cuatrocientos nueve euros con noventa y dos céntimos.

Por lo tanto, El Precio de Venta al Público unitario con IVA de un Sistema de Detección-Señalización formado por un dispositivo Trasmisor-Detector y un dispositivo Receptor-Señalizador será igual a:

Precio Venta al Público (con IVA) = Presupuesto Facturado Final / N° de Unidades

Precio Venta al Público (con IVA) = 336.409,92€ / 500

PVP UNITARIO (CON IVA):	672,82 €
--------------------------------	-----------------

El Precio de Venta al Público Unitario con IVA asciende a seiscientos setenta y dos euros con ochenta y dos céntimos.

El Ingeniero Técnico Industrial con especialidad en Electrónica Industrial

Alberto Maza Herrero

Santander, Septiembre de 2013

F. CONCLUSIÓN

F. CONCLUSIÓN

El objetivo del proyecto en su conjunto era el de encontrar un problema real al que dar una solución gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera (y gracias a otros tantos que adquiriría durante la realización del proyecto). Además me propuse utilizar software para el diseño, simulación y programación diferentes a los vistos en la carrera con el fin de ampliar conocimientos, esta fue la razón de utilizar software de Proteus y CCS así como la utilización del lenguaje C en la programación de los PIC en vez de Assembler.

Al finalizar proyecto quedan detrás muchas horas hasta encontrar la mejor solución al problema y de concretar las partes que finalmente integraron el sistema como fueron la detección de los vehículos, la comunicación entre los dispositivos y la configuración de estos. En este proceso se descartaron muchas soluciones y fueron muchas las horas de programación, simulación y prueba para solucionar primeramente errores en el diseño, después en la programación y simulación y finalmente, en el montaje y prueba del sistema.

A pesar de estar muy conforme con la conclusión del proyecto, si me hubiese gustado poder dar el siguiente paso con la fabricación de los PCBs y su prueba pero no fue posible por cuestiones de tiempo. Además hubo ideas para determinadas partes que por llegar cuando ya se tenía demasiado avanzada la anterior no se llevaron a cabo, como fue el caso de la no utilización de un convertidor analógico-digital en la configuración de los dispositivos, cuyo uso creo que habría ampliado las prestaciones y versatilidad del sistema.

En conclusión, creo que este proyecto aporta una solución a un problema real como son las situaciones de visibilidad reducida en la carretera, sin obviamente poderse usar en todos las situaciones pero si pudiendo resultar de utilidad en muchas de ellas y además de esto poder ser utilizado para otras aplicaciones que requieran un sistema de las características del Detector-Señalizador.

Por último, agradecerle a mi familia, a mis amigos y al profesorado de la Universidad de Cantabria su apoyo y ayuda durante todos estos años y en la conclusión de este proyecto de fin de carrera.