



# SISTEMA DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS PARA APOYO A INVIDENTES EN LA PRÁCTICA DE LA HÍPICA

Autor: Miguel Ángel Sánchez Sánchez  
Director: José Daniel Muñoz Frías

Madrid  
Agosto 2018

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Sistema de detección de obstáculos para apoyo a invidentes en la  
práctica de la hípica

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2017/2018 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es  
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada  
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ SÁNCHEZ Fecha: 27/ 08/ 2018



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: José Daniel Muñoz Frías

Fecha: 28 / 9 / 2018

# AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

## **1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.**

El autor D. Miguel Ángel Sánchez Sánchez \_\_\_\_\_

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Sistema de detección de obstáculos para apoyo a invidentes en la práctica de la lúpica, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

## **2º. Objeto y fines de la cesión.**

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

## **3º. Condiciones de la cesión y acceso**

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar "marcas de agua" o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

## **4º. Derechos del autor.**

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

## **5º. Deberes del autor.**

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.

- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

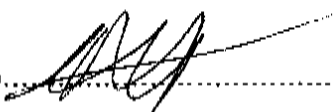
**6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.**

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 27 de septiembre de 2018

**ACEPTA**

Fdo.  .....

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

# Índice de documentos

## **DOCUMENTO I. MEMORIA**

Parte I. Memoria	pág. 10 a 54	44 páginas
Parte II. Estudio económico	pág. 55 a 57	2 páginas
Parte III. Manual de usuario	pág. 58 a 61	3 páginas
Parte IV. Código fuente	pág. 62 a 72	10 páginas
Parte V. Hojas de características	pág. 73 a 106	39 páginas

## **DOCUMENTO II. PLANOS**

1. Lista de planos	pág. 3	1 página
2. Planos	pág. 4 a 9	5 páginas

## **DOCUMENTO III. PRESUPUESTO**

1. Mediciones	pág. 5 a 6	2 páginas
2. Precios unitarios	pág. 7 a 9	2 páginas
3. Sumas parciales	pág. 11 a 13	2 páginas
4. Presupuesto general	pág. 15 a 15	2 páginas



# SISTEMA DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS PARA APOYO A INVIDENTES EN LA PRÁCTICA DE LA HÍPICA

Autor: Miguel Ángel Sánchez Sánchez  
Director: José Daniel Muñoz Frías

Madrid  
Agosto 2018

# Resumen

## SISTEMA DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS PARA APOYO A INVIDENTES EN LA PRÁCTICA DE LA HÍPICA

AUTOR: Sánchez Sánchez, Miguel Ángel

DIRECTORES: Muñoz Frías, José Daniel

ENTIDAD COLABORADORA: Robert Bosch España S.L.U.

## Introducción

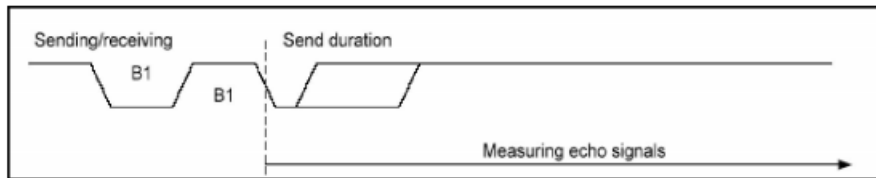
Este proyecto es una continuación del proyecto con el mismo nombre que se llevó a cabo en el curso 2015-2016 [1]. Ese proyecto planteaba una solución para facilitar a los invidentes la practica de la doma, una especialidad de la hípica, que consiste en que un jinete monta sobre un caballo en un recinto cerrado y consiguiendo que el animal siga todas las instrucciones del jinete.

El objetivo del proyecto del cual este es continuación fue facilitar al jinete el conocimiento de su posición con respecto a los límites del recinto dónde tiene lugar la doma. Para ello se usó una placa *PicTrainer* como las usadas en el laboratorio de electrónica que cuenta con un microcontrolador dsPIC. Se usaron también tres sensores de ultrasonidos *PARKPILOT URF7*[2] aportados por Bosch, dos pequeños vibradores que se accionan en función de la distancia obtenida por los sensores y un portapilas que contiene 8 pilas alcalinas de 1,5V proveyendo la alimentación necesaria de 12V.

## Funcionamiento de los sensores

Los sensores de ultrasonidos funcionan con un *bus LIN* sin embargo para hacerlos funcionar solo ha sido necesario saber que hay que mandarle por el *bus* un pulso de  $375\mu s$  de nivel bajo y luego otro con la misma duración de nivel alto. En la Figura 1 el tiempo *B1* corresponde con  $375\mu s$ . Acto seguido los sensores comienzan a funcionar mandando un sonido y esperando la recepción de su eco, manteniendo la línea del *bus* en nivel bajo hasta que recibe el eco de vuelta, momento en el cual el *bus* pasa a nivel alto.

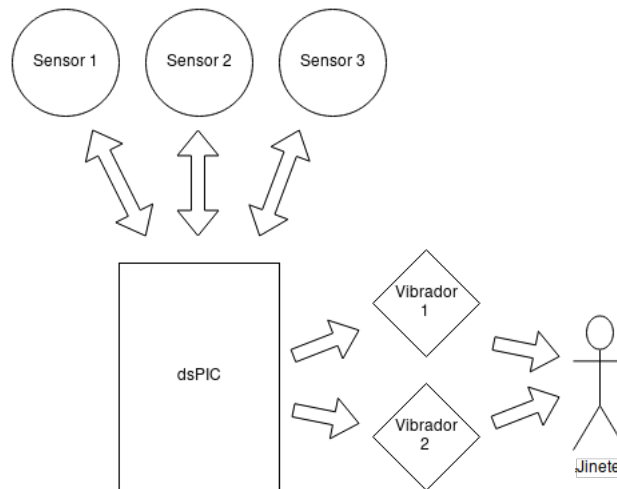
Por el lado de la programación se cuenta el tiempo que pasa desde que se manda la activación de un sensor y el tiempo en el que el sensor recibe el eco. Este tiempo es proporcional a la distancia desde el sensor al obstáculo y será el microcontrolador el que se encargue en traducir este tiempo en movimiento de los vibradores.



**Figura 1.** Pulsos para activar los sensores

## Solución propuesta

En la Figura 2 se muestra un diagrama de bloques abstracto de como funcionarán los distintos componentes del sistema.



**Figura 2.** Diagrama de la solución propuesta

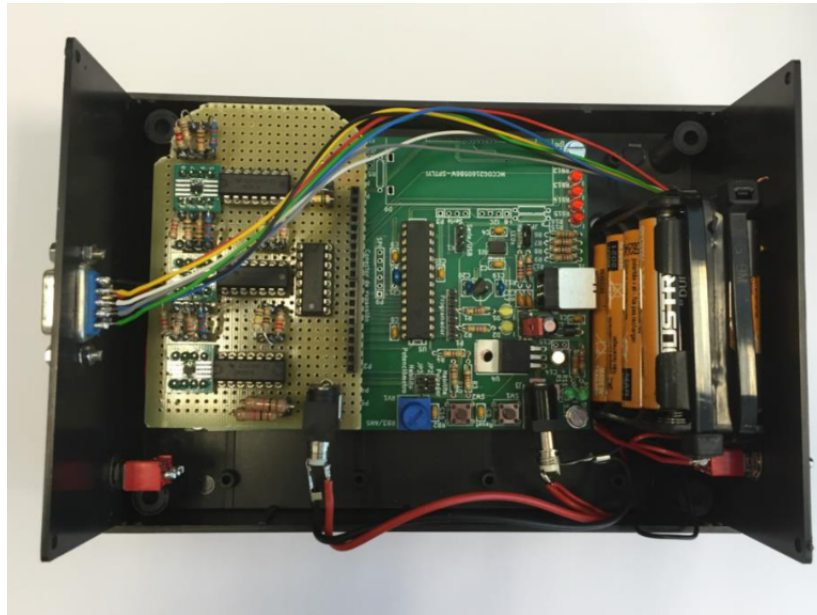
El montaje final del proyecto anterior se llevó a cabo mediante soldadura de componentes *THT* (*Through-Hole Technology*) y *wrapping* sobre una placa de prototipo perforado dando lugar a un sistema bastante engorroso, frágil y pesado puesto que por ejemplo el *PicTrainer* lleva asociados mas componentes de los necesarios para este proyecto.

El objetivo de este proyecto es mejorar y optimizar la solución propuesta anteriormente, así como corregir los errores encontrados durante la realización de este proyecto.

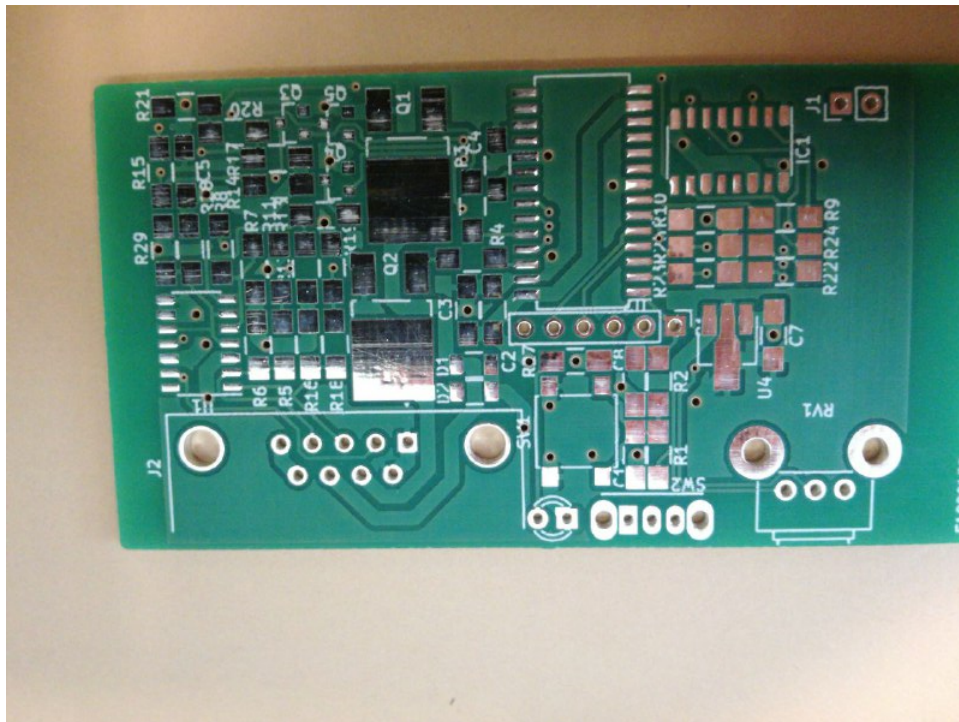
## Mejoras realizadas

Con esta finalidad se ha diseñado un pequeño *PCB* para ofrecer una mejor solución a la anteriormente propuesta además de reducir considerablemente su tamaño, ya que se han utilizado componentes *SMT* (*Surface-mount technology*). En la Figura 4 se muestra el *PCB* una vez fabricado antes de soldar los componentes.

Este *PCB* ha sido diseñado usando la herramienta de código abierto *KiCad*[4] que permite diseñar y exportar luego los archivos *gerber*, que son los mas comunes para posteriormente fabricar la placa.



**Figura 3.** Montaje final del proyecto anterior



**Figura 4.** PCB diseñado

Esta placa contiene toda la electrónica necesaria para activar los tres sensores y obtener su respuesta, esto es, convertir la señal de 3,3V del microcontrolador a la señal de 12V en la que opera el bus bidireccional de los sensores y volver a convertir la respuesta de los sensores para que pueda ser procesada por el dsPIC que trabaja con hasta 3,3V. También contiene la electrónica necesaria para mover los vibradores de 3V y 200mA que alcanzan 12000rpm. Un cambio importante con respecto al proyecto original es que los vibradores aunque soportan 3V máximo se alimentan con 12V pero mediante PWM y un ciclo de trabajo inferior al 25%. Cabe mencionar también que se ha usado el dsPIC33FJ32MC202[3] que incluye módulo PWM puesto que el del proyecto original no contaba con este módulo. Además esta placa contiene un

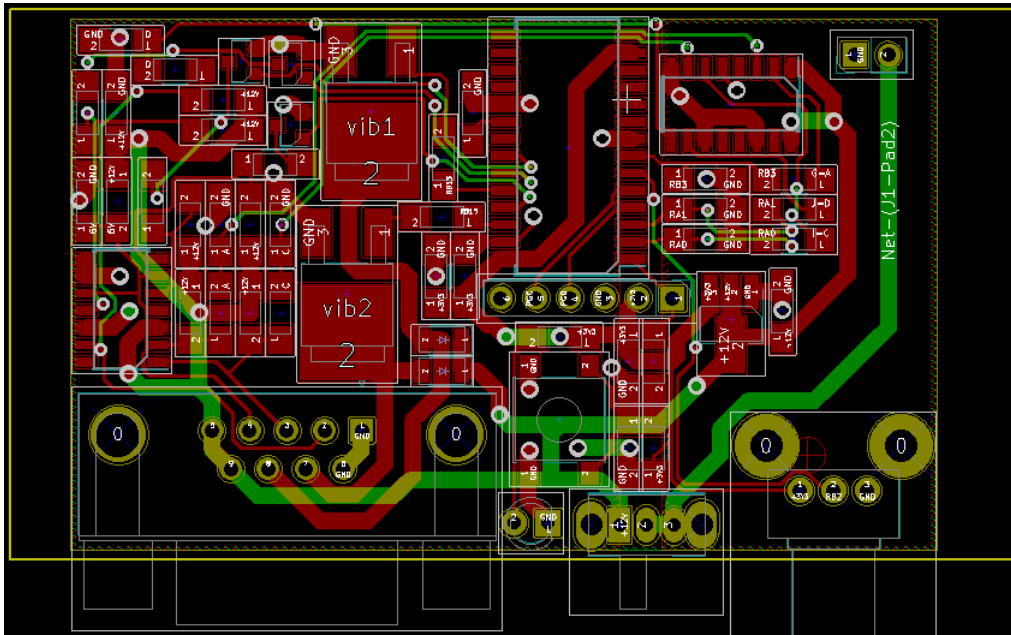


Figura 5. PCB diseñado visto en KiCad

potenciómetro para poder regular la respuesta de los vibradores, para que se pueda modificar dinámicamente la sensibilidad del sistema.

$$12V \cdot 25\% = 3V$$

(Cálculo del ciclo de trabajo)

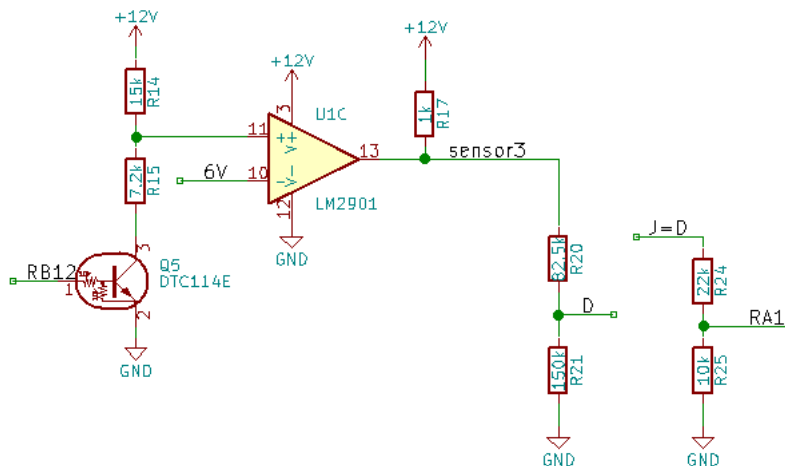


Figura 6. Circuito para controlar los sensores de ultrasonidos

En el diseño del PCB se reutilizó parcialmente el diseño del circuito para acondicionar la señal de los sensores de ultrasonidos. En la Figura 6 se muestra la parte del circuito que controla el sensor numero tres.

- RB12: Pin por el que el dsPIC activa el sensor 3

- *RAI*: Pin por el que el *dsPIC* recibe el eco del sensor 3
- *D*: Entrada al *buffer*
- *J=D*: Salida del *buffer*

Para concluir destacar que se ha cumplido el objetivo propuesto para el proyecto que era mejorar y dotar de mayor robustez el proyecto del curso 2015-2016 debido a que toda la electrónica que estaba cableada en el *PicTrainer* y en una placa de prototipo perforada ahora esta en un *PCB* diseñado para la ocasión.



# Bibliografía

- [1] **Melero Álvarez, P.**, *Proyecto Fin de Grado*. Última consulta: Agosto 2018.  
<https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/5760518d1b4ff.pdf>
- [2] **Robert Bosch España S.L.U.**, *Web del PARKPILOT URF7*. Última consulta: Agosto 2018.  
<http://es.bosch-automotive.com/es>
- [3] **Microchip**, *Datasheet del dsPIC33FJ32MC202*. Última consulta: Agosto 2018.  
<https://www.mouser.com/ds/2/268/70283K-278051.pdf>
- [4] **KiCad**, *Página web de KiCad* Última consulta: Agosto 2018.  
<http://kicad-pcb.org/>



# Abstract

## OBSTACLES DETECTION SYSTEM TO SUPPORT BLIND PEOPLE IN PRACTICE OF THE EQUESTRIAN SPORT

AUTHOR: Sánchez Sánchez, Miguel Ángel

DIRECTORS: Muñoz Frías, José Daniel

COLLABORATING INSTITUTE: Robert Bosch España S.L.U.

## Introduction

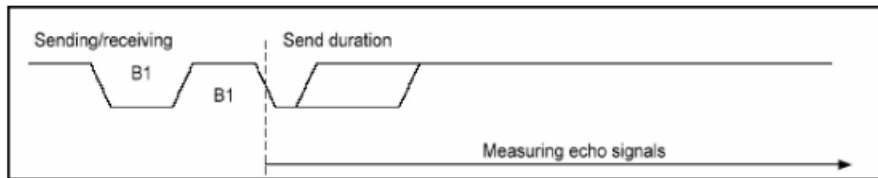
This project is a continuation of the project with the same name which was developed in the years 2015-2016 [1]. That project came up with a solution to support blind people who practices horse riding, specifically the ones who practice dressage, which consists in a jockey riding a horse in a limited enclosure trying that the animal follows all the instruction given by the jockey.

The goal of the original project was to help the jockey to know the relative position between the enclosure limits and him during the practice of the dressage. To achieve this goal a *PicTrainer* board was used, like the ones we used in the electronics laboratory, this board has a *dsPIC* microcontroller. There were used three ultra-sonic sensors *PARKPILOT URF7*[2] provided by Bosch, two little vibrators which are activated depending of the distance obtained by the sensors and a battery carrier that contains eight alkaline batteries of  $1.5V$  providing the necessary power of  $12V$ .

## How the sensors works

The ultra-sonic sensors works with a *bus LIN* however in order to get them working it was only necessary to know that we have to send by the *bus* a low-level pulse of  $375\mu s$  and another one with the same duration but high-level. In Figure 1, *B1* is the  $375\mu s$  previously mentioned. right after the sensor begins working by sending an echo and waiting its reception during this waiting the sensor maintains the *bus* line in low-level until it receives the echo again, in this exact moment the *bus* switch to high-level.

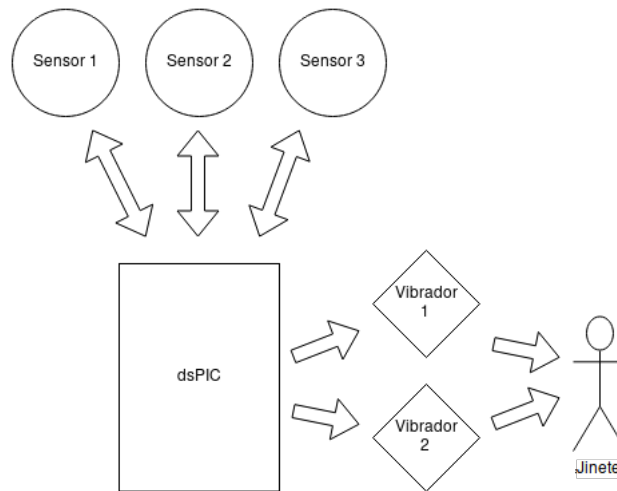
In the programming side the *MCU* (*microcontroller unit*) counts the time between the moment the *MCU* sends the activation signal to the sensor and the time the sensors receives the echo. This time is proportional to the distance between the sensor and the obstacle. Then the *dsPIC* will translate this measured time in movement of the vibrators



**Figure 1.** Activation pulses

## Purposed solution

Figure 2 shows an abstract block diagram of how the different component of the system work together.



**Figure 2.** Proposed solution diagram

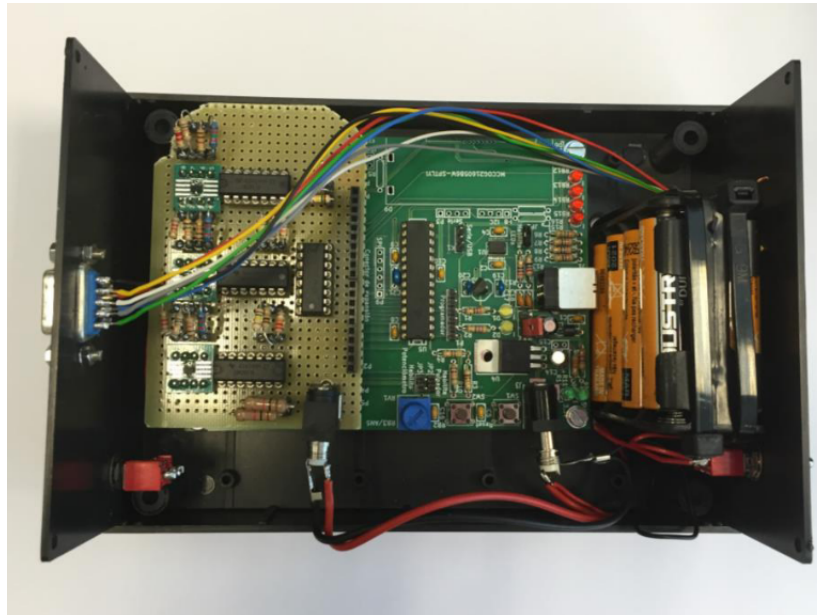
The final assembly was accomplished by using *THT (Through-Hole Technology)* components, *wire wrapping technique* and a perforated prototyping board causing the system to be pretty cumbersome, fragile and heavy because there were used more components than the essentials for this project.

The goal of this project is to enhance and optimise the solution given by the previous project and also correct the errors found during the development of this project.

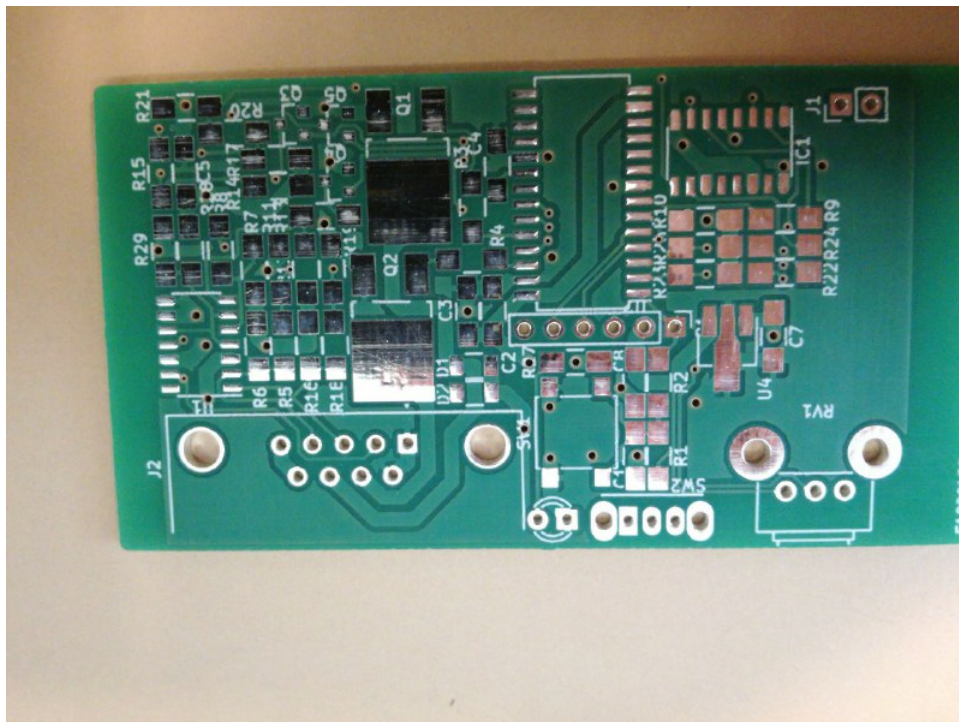
With this purpose we designed a little *PCB* to offer a better solution than the previous one and also to reduce enormously the size of the system. We used *SMT (Surface-mount technology)* components in order to achieve this goal. The Figure 4 shows the designed *PCB* manufactured before soldering the components.

This *PCB* has been designed using the open source tool *KiCad*[4] that let us design and export the *gerber* files in order to print the board.

This board contains all the electronics needed to activate the three ultra-sonic sensors and to obtain its response, in other words, converting the 3.3V level signal from the *MCU* to the 12V level signal in which the bidirectional *bus* of the sensors operate and also converting back the 12V to 3.3V. It also contains the electronics needed to drive the vibrators which need 200mA at 3V in order to achieve its rated 12000rpm. An important change was made regarding the original project. The vibrators support a maximum of 3V but they are powered with 12V and



**Figure 3.** Final assembly of the previous project



**Figure 4.** Designed PCB

*PWM* with a maximum duty cycle of 25%. Because of this we used the *dsPIC33FJ32MC202*[3] which has a *PWM* module integrated since the *dsPIC* used in the original project does not include this module. In addition this *PCB* contains a potentiometer so that the jockey is able to vary dynamically the sensitivity of the vibrators.

$$12V \cdot 25\% = 3V \quad \text{(Duty Cycle calculation)}$$

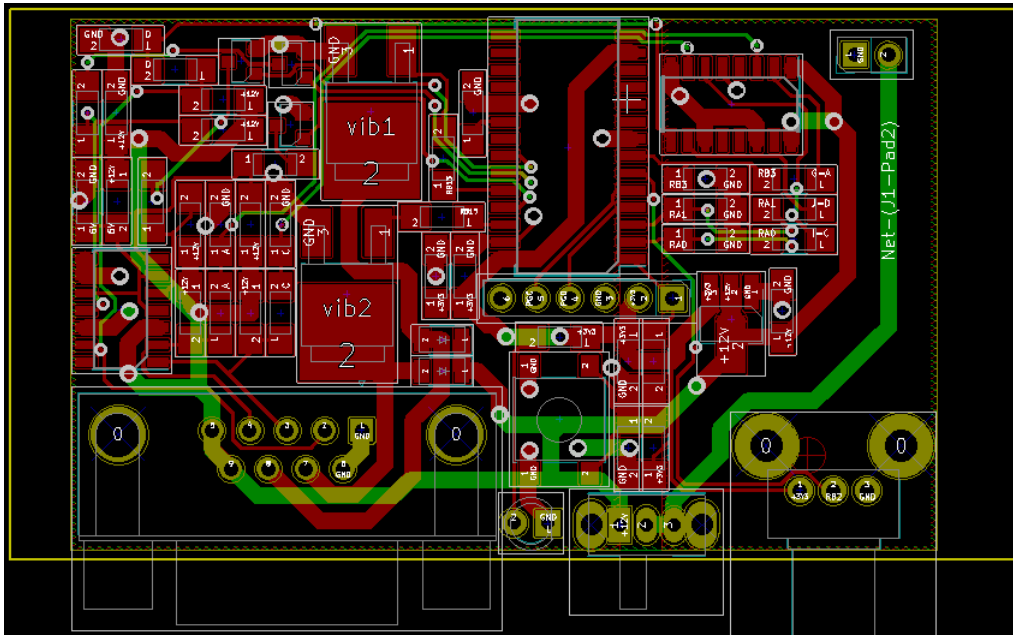


Figure 5. Designed PCB in KiCad

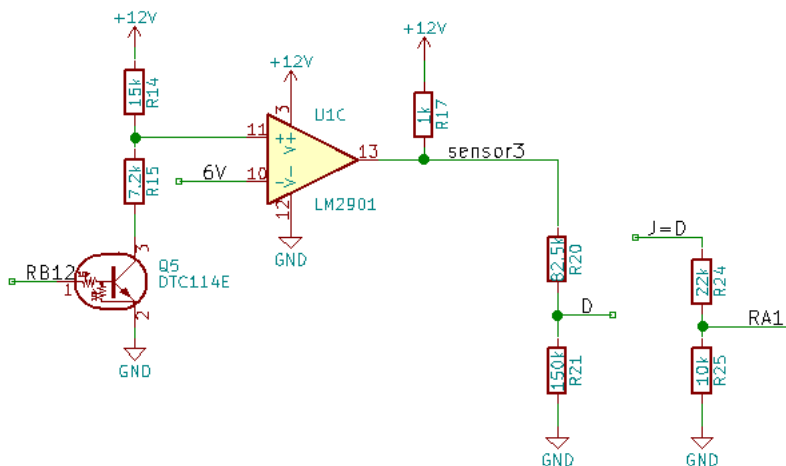


Figure 6. Sensor driver circuit

In the designing process of the board we reuse partially the circuit design of the ultra-sonic sensors driver. The Figure 6 shows the part of the electric circuit that drives the sensor number three.

- RB12: Pin used by the *dsPIC* to activate sensor 3
- RA1: Pin used by the *dsPIC* to receive the echo of the sensor 3
- D: Input of the *buffer*
- J=D: Output of the *buffer*

To sum up we can conclude that we achieved our purposed target which was enhance and give the system more robustness of the solution proposed by the previous project.

# Bibliography

- [1] **Melero Álvarez, P.**, *Proyecto Fin de Grado*. Last visit: August 2018.  
<https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/5760518d1b4ff.pdf>
- [2] **Robert Bosch España S.L.U.**, *PARKPILOT URF7*. Last visit: August 2018.  
<http://es.bosch-automotive.com/es>
- [3] **Microchip** *Datasheet of dsPIC33FJ32MC202*, Last visit: Agosto 2018.  
<https://www.mouser.com/ds/2/268/70283K-278051.pdf>
- [4] **KiCad**, *Website of KiCad*, Last visit: August 2018.  
<http://kicad-pcb.org/>

ABSTRACT

# Agradecimientos

A Ricardo Olalla Guerra por el apoyo técnico.

## AGRADECIMIENTOS

**DOCUMENTO I**  
—  
**MEMORIA**





# Índice

<b>I. Memoria</b>	<b>11</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>13</b>
1.1. Estado de la técnica . . . . .	13
1.1.1. Invidentes en la hípica y Bosch . . . . .	13
1.1.2. Sensores de ultrasonidos . . . . .	14
1.1.3. Estado actual del proyecto . . . . .	14
1.1.3.1. Los sensores de ultrasonidos . . . . .	14
1.1.3.2. El microcontrolador . . . . .	14
1.1.3.3. Los actuadores . . . . .	15
1.2. Motivación del proyecto . . . . .	15
1.3. Objetivos . . . . .	15
1.4. Metodología/Solución desarrollada . . . . .	16
1.5. Recursos/Herramientas empleadas . . . . .	16
1.5.1. Hardware . . . . .	17
1.5.2. Software . . . . .	17
<b>2. Condiciones para el diseño</b>	<b>19</b>
2.1. El lugar donde tienen lugar las pruebas . . . . .	19
2.2. El caballo . . . . .	19
2.3. Dificultades a solventar . . . . .	20
<b>3. Los sensores de ultrasonidos</b>	<b>23</b>
3.1. La teoría . . . . .	23
3.2. ¿Cómo hacerlos funcionar? . . . . .	25
<b>4. Diseño de la electrónica</b>	<b>27</b>
4.1. La alimentación . . . . .	27
4.2. Conector a los periféricos . . . . .	28
4.3. Los sensores de ultrasonidos . . . . .	29
4.4. Los actuadores . . . . .	30
4.5. El microcontrolador . . . . .	31
<b>5. Diseño de la placa de circuito impreso</b>	<b>33</b>
5.1. Flujo de trabajo . . . . .	33
5.2. Disipación térmica del regulador lineal de tensión . . . . .	34
5.3. Resultado final . . . . .	36
<b>6. El Programa</b>	<b>41</b>
6.1. Control del tiempo . . . . .	41
6.2. Los sensores . . . . .	41
6.3. Ajuste de la sensibilidad . . . . .	44
6.4. Vibradores . . . . .	45

6.5. Programa principal . . . . .	46
<b>7. Conclusiones</b>	<b>49</b>
<b>8. Futuros desarrollos</b>	<b>51</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>52</b>
<b>II. Estudio económico</b>	<b>55</b>
<b>1. Estudio económico</b>	<b>57</b>
<b>III. Manual de usuario</b>	<b>59</b>
<b>1. Manual de usuario</b>	<b>61</b>
1.1. Puesta en marcha . . . . .	61
1.2. Uso normal . . . . .	61
1.3. Parada . . . . .	61
1.4. Advertencias . . . . .	61
<b>IV. Código fuente</b>	<b>63</b>
<b>1. Programa Final</b>	<b>65</b>
1.1. values.h . . . . .	65
1.2. main.c . . . . .	65
1.3. tmr.h . . . . .	66
1.4. tmr.c . . . . .	67
1.5. adc.h . . . . .	67
1.6. adc.c . . . . .	68
1.7. pwm.h . . . . .	68
1.8. pwm.c . . . . .	69
1.9. sensors.h . . . . .	70
1.10. sensors.c . . . . .	70
<b>V. Hojas de características</b>	<b>73</b>
<b>Microcontrolador dsPIC33FJ32MC202</b>	<b>75</b>
<b>Transistor(BRT) DTC114E</b>	<b>81</b>
<b>Transistor Darlington MJD112</b>	<b>87</b>
<b>Diodo RS07B</b>	<b>92</b>
<b>Comparador LM2901</b>	<b>95</b>
<b>Buffer CD4010B</b>	<b>101</b>
<b>Regulador lineal de tensión LM2937-3.3</b>	<b>106</b>
<b>Vibrador Z7AL2B1692082</b>	<b>112</b>

# Índice de figuras

1. Ejemplo de placa <i>PicTrainer</i> . . . . .	13
2. Fotografía de la pista exterior. . . . .	19
3. Medidas del caballo aproximadas . . . . .	20
4. Trayectoria en las esquinas. . . . .	21
5. Ejemplo de un coche con estos sensores montados. . . . .	23
6. Configuración de los pines del sensor . . . . .	24
7. Pulsos para activar los sensores . . . . .	25
8. Ejemplo de la señal descrita. . . . .	26
9. Un portapilas igual al usado. . . . .	27
10. Circuito de alimentación. . . . .	28
11. Configuración de los pines del conector. . . . .	28
12. Configuración de los cables hasta cada componente. . . . .	29
13. Circuito para controlar los sensores de ultrasonidos . . . . .	30
14. <i>Buffer</i> y divisor de tensión. . . . .	30
15. Circuito para controlar los vibradores . . . . .	31
16. Conexiones del microcontrolador . . . . .	32
17. Placa una vez impresa. . . . .	33
18. Ejemplo de componente creado en <i>KiCad</i> . . . . .	34
19. Asociación de huella del <i>CD4010BE</i> . . . . .	34
20. Gráfica del área de <i>PCB</i> en función de la resistencia térmica[11]. . . . .	35
21. Pistas en ambas caras. . . . .	36
22. Cara frontal. . . . .	37
23. Cara trasera. . . . .	37
24. Fotografía de la placa montada. . . . .	37
25. Otra fotografía de la placa. . . . .	38
26. Frontal de la caja. . . . .	38
27. Caja. . . . .	39
28. Interior de la caja. . . . .	39
29. Caja y cables. . . . .	40
30. Representación gráfica de la función <i>map</i> . . . . .	46

# Índice de tablas

1. Pines del conector . . . . .	28
---------------------------------	----

# Índice de extractos de código

1. Inicialización del <i>timer</i> . . . . .	41
2. Función <i>wait</i> . . . . .	42
3. Inicialización del controlador de los sensores . . . . .	42
4. Control de los sensores . . . . .	43
5. Función de la media móvil . . . . .	44
6. Conversor analógico-digital . . . . .	44
7. Inicialización del módulo <i>PWM</i> . . . . .	45
8. Ajuste del ciclo de trabajo . . . . .	46
9. Función <i>map</i> para el ajuste del ciclo de trabajo del <i>PWM</i> . . . . .	46
10. Inicialización de <i>drivers</i> y declaración de variables . . . . .	47
11. Bucle del <i>main</i> . . . . .	47



# Acrónimos

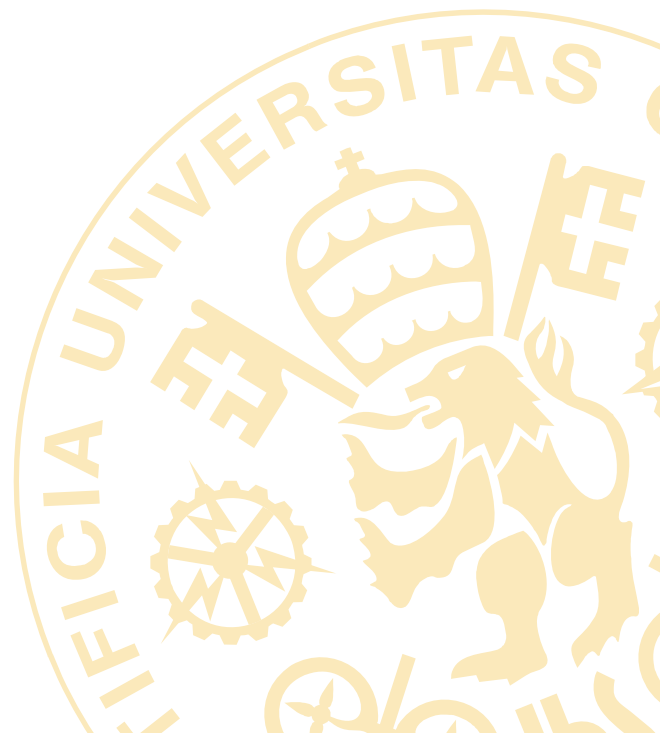
<i>PFG</i>	Proyecto Fin de Grado
<i>PWM</i>	Pulse-Width Modulation ( <i>Modulación de ancho de pulso</i> )
<i>PCB</i>	Printed Circuit Board ( <i>Placa de circuito impreso</i> )
<i>MCU</i>	Microcontroller Unit ( <i>Microcontrolador</i> )
$\mu C$	Microcontrolador
<i>dsPIC</i>	Familia de microcontroladores desarrollados por Microchip
<i>BRT</i>	Bias Resistor built-in Transistor



**PARTE I**

---

**MEMORIA**





# Capítulo 1

## Introducción

ESTE Proyecto es la continuación del PFG que realizó en el curso 2015-2016 Paula Melero Álvarez [1] cuyo objetivo fue el diseño de un sistema el cual sirviera para alertar a un jinete invidente durante la práctica de la doma de los límites del recinto o de posibles obstáculos mediante los sensores de ultrasonidos proporcionados por **Robert Bosch España S.L.U.** usados en automoción. Para ello se usaron además de los sensores de ultrasonidos una placa *PicTrainer* desarrollada por la universidad como la de la Figura 1 de esta placa se aprovechaba el *MCU* y el circuito de alimentación de ésta, como el “cerebro” del dispositivo además como actuadores se emplearon al principio unos altavoces piezoeléctricos y más adelante fueron sustituidos por unos vibradores.

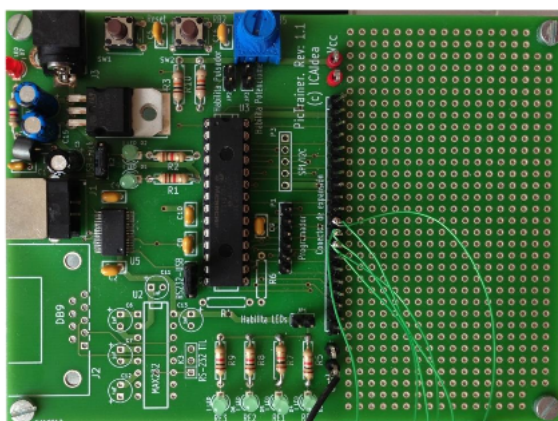


Figura 1. Ejemplo de placa *PicTrainer*

### 1.1. Estado de la técnica

Puesto que este proyecto es la continuación de otro proyecto resumiré brevemente el estado del arte porque esta materia ya se abordó en la memoria del proyecto anterior, aunque profundizando en el estado de la solución propuesta por el proyecto anterior una vez se empezó este PFG.

#### 1.1.1. Invidentes en la hípica y Bosch

Dentro de la hípica existe una especialidad llamada “doma” que consiste en que un caballo sea guiado por un jinete en un recinto cerrado típicamente con forma rectangular para que el animal realice los movimientos que él le ordene. Para estos proyectos se simplificó el movimiento

que realizan jinete y montura a mantener una distancia a la pared del recinto de la doma lo mas constante posible, además de controlar la distancia al animal que le antecede.

Por otro lado el grupo **Bosch España** busca siempre innovar y facilitar la vida de las personas. Por estoy ya en 2006 presentaron junto con la *ONCE* un teléfono[2] pensado para invidentes, sordos y personas mayores. Por esta razón propusieron este proyecto como entidad colaboradora, para facilitar que los invidentes puedan disfrutar del deporte de la doma.

### 1.1.2. Sensores de ultrasonidos

Los sensores de ultrasonidos[3] son unos dispositivos que se usan para medir la distancia entre el sensor y un obstáculo u objeto, en general su alcance es de pocos centímetros a varios metros y funcionan de la siguiente manera: Emiten un sonido típicamente por encima de los  $50kHz$  y miden el tiempo que tarda el sonido en rebotar en el objeto y el eco vuelve a ser percibido por el sensor. Para el desarrollo de este proyecto se usaron los sensores fabricados por **Bosch PARKPILOT URF7**[4] que son usados en los *kits* de asistente de aparcamiento en la industria de la automoción. Estos sensores presentan la particularidad de que están pensados para ser usados en el ecosistema de los asistentes de aparcamiento de la marca, no para ser controlados directamente. Es por esto que no cuentan con *datasheet* abierto al público a diferencia de otros sensores de ultrasonidos que se puedan encontrar en el mercado.

### 1.1.3. Estado actual del proyecto

El proyecto elaborado hace dos cursos tenía una serie de deficiencias que enumeraré a continuación:

#### 1.1.3.1. Los sensores de ultrasonidos

La proyectista del proyecto original tuvo que realizar en una *protoboard* cierta *ingeniería inversa* para poder comprender las señales relativas a los sensores, tanto la activación como la respuesta de éstos. Aunque no quedó completamente documentado el funcionamiento de los sensores y hubo que hacer pruebas con el nuevo *PCB*.

#### 1.1.3.2. El microcontrolador

Se usó una placa *PicTrainer* que contiene el MCU y el circuito de alimentación. Esta placa es útil para hacer un prototipado rápido porque la placa contiene todos los componentes necesarios para hacer funcionar el microcontrolador además de una serie de *LEDs* y potenciómetros así como un conector para acceder fácilmente a los pines del *dsPIC* En la Figura 1 se mostró el aspecto de esta placa.

Aunque esta placa es útil para un primer prototipo también presenta numerosas desventajas para el caso en cuestión:

- El tamaño de la placa. La placa es mas grande de los necesario debido a todos los componentes que no van a ser utilizados.
- La placa esta pensada para estar conectada o bien a un transformador de 9V a través de un *Jack* o a un *USB* de un ordenador y no a un portapilas como es el caso.

- El microcontrolador de esta placa es el *dsPIC33FJ32GP202* [5] que no incluye modulo *PWM* que para la nueva versión del dispositivo si será necesaria. Cabe mencionar también que en la memoria del proyecto anterior no se habla de este microcontrolador, si no del *dsPIC33FJ32MC202* que no es el mismo.

### 1.1.3.3. Los actuadores

En el proyecto original se hizo el desarrollo de todo el sistema usando unos pequeños altavoces piezoeléctricos pero sin embargo en la fase final del diseño se optó por intercambiarlos por unos pequeños vibradores. Las diferencias entre ambos desde el punto de vista de la forma de controlarlos son muy grandes.

Si nos fijamos en la alimentación de estos dispositivos veremos que los piezoeléctricos funcionan con una tensión relativamente alta ( $9V$ ) y una corriente eléctrica muy baja ( $\sim 5mA$ ). Por otro lado los vibradores funcionan con una tensión relativamente baja ( $3V$ ) y una intensidad más alta ( $\sim 200mA$ )

También la forma de controlarlos difiere mucho. Los altavoces se controlan cambiando la tensión a la que se alimentan para producir la onda acústica, es decir, hay que alimentarlos con una tensión no continua. Sin embargo los vibradores si se controlan con una tensión continua. En el proyecto original al sustituir los altavoces por los vibradores simplemente se acopló en serie con cada vibrador una resistencia para reducir la tensión de  $12V$  del sistema a los  $3V$  que admiten como máximo los vibradores, este generó problemas haciendo que los vibradores no pudieran funcionar correctamente. Es por esto que en este proyecto se controlaran con una tensión generada mediante *PWM* que ya se explicará más adelante en detalle.

## 1.2. Motivación del proyecto

Cada vez hay una sensibilidad mayor hacia las personas con algún tipo de discapacidad. Prueba de ello son todas las nuevas normativas y regulaciones que a lo largo de las últimas décadas se han realizado para facilitar a estas personas su vida rutinaria. Por esto es por lo que se plantea este proyecto, para facilitar a las personas con algún tipo de discapacidad, en este caso discapacidad visual, la práctica de un deporte que esta relegado a ser practicado por personas sin deficiencia visual o por personas invidentes o con algún tipo de deficiencia visual valiéndose de otras personas sin problemas de visión para que les asistan.

Este proyecto va encaminado a abrir esta forma de ocio, la practica de este deporte, a las personas con discapacidad visual, o por lo menos a disminuir las barreras presentes.

## 1.3. Objetivos

El objetivo de este proyecto es diseñar y producir un prototipo mediante el cual y usando los sensores provistos por **Bosch** se pueda asistir a un jinete en la práctica de la doma partiendo de la base de lo que ya se hizo en el proyecto original.

Esta asistencia consiste en proporcionar un sistema que alerte al jinete cuando se esté acercando o alejando demasiado de los límites del recinto en el que tiene lugar la doma. Así como de la distancia del jinete y montura que le antecede.

Los objetivos específicos de esta nueva versión del proyecto son:

- Dotar de mayor robustez al sistema.
- Reducir al máximo posible el tamaño y peso del dispositivo.
- Solventar las deficiencias del anterior diseño.

## 1.4. Metodología/Solución desarrollada

A continuación se enumerarán las tareas a realizar:

- Comprobar el estado del sistema ya desarrollado.
  - El dispositivo presenta un estado nefasto con muchos cables partidos y/o empalmados de forma poco elegante, posiblemente debido a la última prueba de éste.
- Puesto que no había un plano del circuito eléctrico que dicho prototipo emplea, hay que trazarlo.
- Se pasa el plano desde el papel a *Eeschema* programa que forma parte de *KiCad*[6].
- Una vez se tiene el plano eléctrico se plantean los cambios a realizar del diseño original.
- Se realizan los cambios pertinentes del diseño del circuito eléctrico.
- Se buscan los componentes que van a ser necesarios en la tienda online [Mouser](#).
- Se empieza a diseñar el *PCB* mediante *Pcbnew* programa que forma parte de *KiCad*.
- Una vez se ha comprobado el diseño de la placa se manda a fabricar y se encargan los componentes.
- Mientras la placa y los componentes llegan, se empieza a trabajar en la programación mediante el programa de **Microchip MPLAB X IDE**[7].
- La placa y los componentes llegan a la universidad y se sueldan.
- Se comprueba el correcto funcionamiento de cada subsistema de la placa.
- Se corrigen posibles errores.
- Se termina de programar el microcontrolador.
- Se redacta esta memoria.

## 1.5. Recursos/Herramientas empleadas

Los recursos usados para desarrollar este proyecto son los que se enumeran a continuación:

### 1.5.1. Hardware

- Sensores de ultrasonidos *PARKPILOT URF7* de Bosch.
- El *PCB*.
- Microcontrolador *dsPIC33FJ32MC202* de Microchip.
- Tres transistores (*BRT*) *DTC114E*.
- Dos transistores Darlington *MJD112*.
- Dos diodos *rs07b*.
- Un Comparador *LM2901*.
- Un *Buffer* *CD4010BE*
- Un regulador de tensión *LM2937ES-3.3*.
- Dos vibradores *Z7AL2B1692082*.
- Un potenciómetro.
- Un *LED* verde.
- Resistencias varias.
- Condensadores varios.
- Interruptor.
- Conector *DB-9* hembra.
- Conector *DB-9* macho.
- Varios metros de cable.
- Herramientas del laboratorio:
  - Osciloscopio *Tektronix TDS 210*.
  - Fuente de alimentación *KAISE DF1731SB5A*.
  - Cables y sondas varios para los distintos ensayos.

### 1.5.2. Software

- *KiCad*
- *MPLAB X IDE*



# Capítulo 2

## Condiciones para el diseño

ESTE capítulo pretende explicar las condiciones en las que deberá operar la solución propuesta para que su diseño sea satisfactorio. Estas condiciones en su mayoría son las mismas que las que se tuvieron en consideración en el proyecto original.

### 2.1. El lugar donde tienen lugar las pruebas

Las pruebas en las que se probó el prototipo del proyecto anterior tuvieron lugar en el club hípico *Las Nieves*[8] situado en la localidad de *Cerceda* en la sierra madrileña.

Para este proyecto las pruebas tendrán lugar en la Hípica El Potril, ubicado en Brunete.



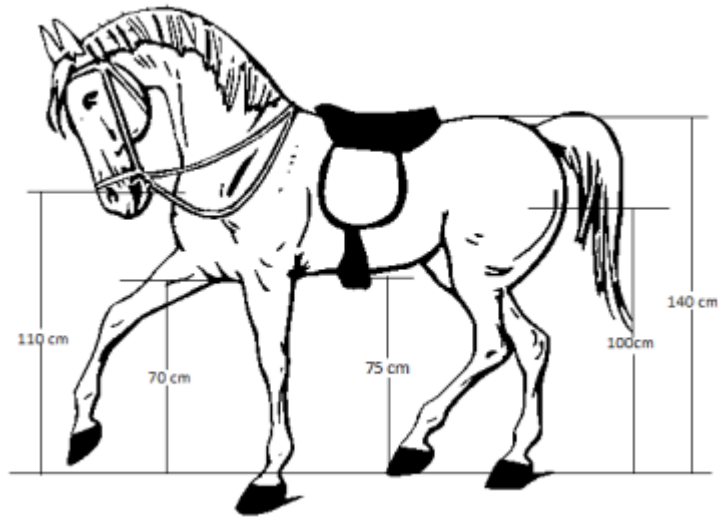
**Figura 2.** Fotografía de la pista exterior.

### 2.2. El caballo

A la hora de colocar los sensores sobre la montura es necesario saber el tamaño de este para encontrar el lugar óptimo en el que colocarlos.

El animal que va a ser montado para las pruebas es un caballo bastante pequeño rozando la categoría de *pony*. Este hecho facilitará la detección por parte de los sensores de los límites del

recinto como se explicó anteriormente. En la Figura 3 están las medidas aproximadas tomadas por Paula para el proyecto original.



**Figura 3.** Medidas del caballo aproximadas

### 2.3. Dificultades a solventar

En esta sección se resumirán las dificultades que tienen los jinetes y que pudo comprobar la proyectista original en la visita que realizó al club con dicho propósito.

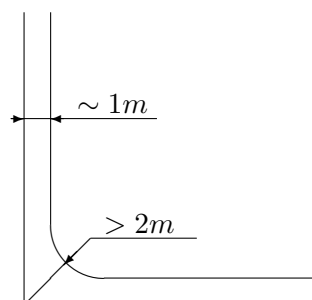
- La desubicación del jinete con el animal que le antecede. Si se aleja demasiado del caballo que va por delante produce retraso en los que van por detrás. Por otro lado, si se acerca demasiado puede alterar al caballo anterior.
- La desubicación del jinete con respecto a los límites de la pista. El caballo debe de seguir la pared a una distancia entre  $70\text{cm}$  y  $1\text{m}$  si la distancia se incrementa demasiado el animal puede terminar en el centro de la pista perdiendo la referencia de la pared.
- El jinete no tiene forma de determinar cuando finaliza una recta y llega una curva. Es el caballo el que se lo notifica al jinete empezando a girar. Es por esto que en este momento es el caballo el que guía.

Para solventar estas dificultades se optó por usar dos sensores de ultrasonidos a cada lado del caballo y uno en el frontal de éste.

Los sensores laterales serán los encargados de controlar la distancia con la pared, mientras que el frontal será el encargado de controlar la distancia con cualquier obstáculo que pueda haber delante, que típicamente será otro caballo.

En el proyecto original se inició el desarrollo usando como actuadores dos pequeños *buzzers* piezoeléctricos, pero debido a que estas personas requieren su principal sentido, el auditivo, para todo; se decidió que era mejor solución usar como actuadores dos pequeños vibradores que pueden ir colocados por ejemplo en los bolsillos de los jinetes.

Por otro lado también está el problema relacionado con las esquinas, en la Figura 4 se observa como el caballo toma la curva con un radio excesivo.



**Figura 4.** Trayectoria en las esquinas.



# Capítulo 3

## Los sensores de ultrasonidos

EN este capítulo se explicará el funcionamiento en detalle de los sensores provistos por Robert Bosch España S.L.U.

### 3.1. La teoría

Como se ha comentado en capítulos anteriores, los encargados de medir la distancia son los sensores ultrasónicos de Bosch del *kit PARKPILOT URF7* estos sensores se encuentran habitualmente en los *kits* de asistente de aparcamiento en el sector de la automoción. Estos *kits* a la hora de aparcar un vehículo que cuenta con ellos lo que hacen es alertar al conductor que efectúa la maniobra de estacionamiento con una alerta acústica cuando el vehículo está a escasos centímetros de algún obstáculo tanto por delante, como por detrás.



**Figura 5.** Ejemplo de un coche con estos sensores montados.

Este *kit* está pensado para usar el conjunto completo, es decir, el *kit* delantero, el trasero y la unidad de control. En este proyecto se usarán los sensores de los *kits* únicamente sin utilizar la unidad de control provista.

Los sensores funcionan de la siguiente forma: Cuando son activados envían una señal acústica del orden de  $50kHz$  y miden el tiempo hasta que reciben el eco de la señal lanzada.

$$d = \frac{c(T) \cdot t}{2} \quad (\text{Obtención de la distancia})$$

Donde  $d$  es la distancia medida,  $t$  es el tiempo entre la emisión del pulso sónico y su recepción y  $c(T)$  es la velocidad del sonido en el aire que depende de la temperatura ( $T$ ) del aire en  $^{\circ}C$ .

La velocidad del sonido se puede calcular con la siguiente fórmula haciendo las siguientes suposiciones: de humedad y temperatura cercanas a 0% y  $0^{\circ}C$  respectivamente.

$$C_{aire} = 331,3 + 0,606 \cdot T [m/s] \quad (\text{Velocidad del sonido})$$

Aunque en la práctica no se hará uso de estas variables, puesto que como se puede comprobar la distancia medida es proporcional al tiempo que tarda en ser medido. Más adelante se detallará en el código fuente del microcontrolador como se utilizara este tiempo medido.

En cuanto a los detalles técnicos de los sensores se tiene que constan de tres pines con la configuración que se muestra en la Figura 6, una línea de datos por la cual el sensor será activado, y éste devolverá el tiempo medido; y dos pines para la alimentación a los  $12V$  típicos de la industria de la automoción.



**Figura 6.** Configuración de los pines del sensor

Es importante mencionar que en principio estos sensores funcionan con un *bus LIN* pero en la práctica no va a hacer falta conocer el funcionamiento de dicho *bus* como se verá en breve.

A continuación se detalla como hacer funcionar los sensores: Los sensores tienen dos modos de funcionamiento[9]:

- **Receiving:** En este modo el sensor solo espera recibir una señal acústica proveniente del eco de otro sensor. Este modo no va a ser utilizado puesto que cada sensor va a funcionar de manera independiente.
- **Sending/Receiving:** En este modo el mismo sensor manda y recibe el eco de manera independiente. Éste será el modo en el que trabajaremos con los sensores y más adelante se describe cómo funciona exactamente.

## 3.2. ¿Cómo hacerlos funcionar?

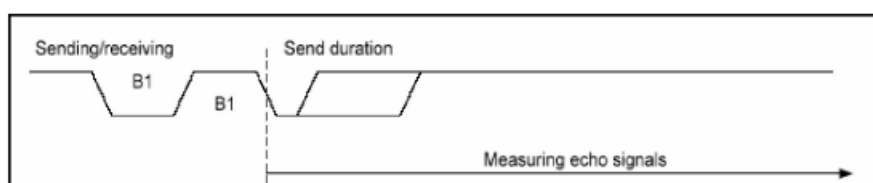
Para hacer funcionar los sensores hay que conectar los tres pines:

- Alimentación positiva: 12V.
- Alimentación negativa: masa/tierra.
- Línea de comunicación.

La línea de comunicación funciona a 12V como nivel alto, y 0V como nivel bajo además de permanecer en nivel alto en el tiempo en el que no existe comunicación entre el sensor y su controlador.

Para hacer que los sensores funcionen es necesario enviarle una serie de pulsos por la línea de comunicación. Estos pulsos son descritos por el manual técnico del cliente proporcionado por Bosch y tienen la siguiente estructura:

1. Pulso de  $375\mu s$  de nivel bajo.
2. Pulso de  $375\mu s$  de nivel alto.



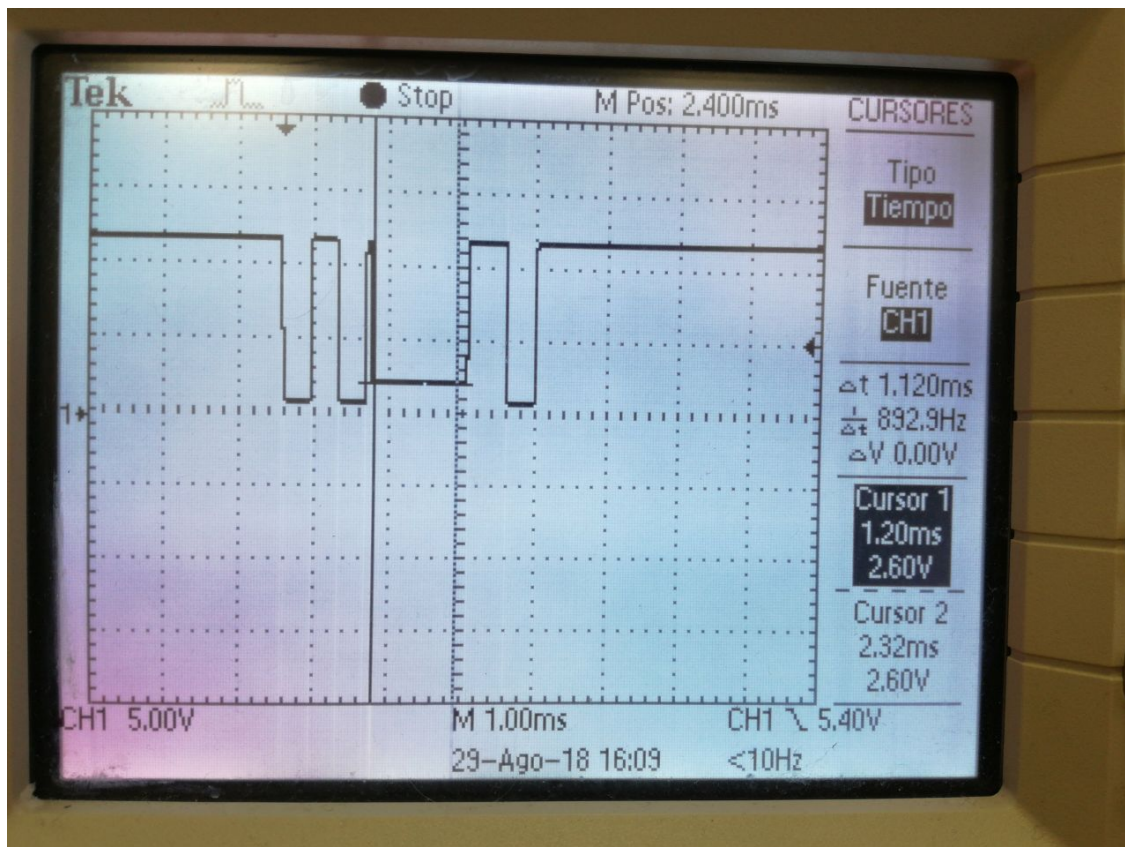
**Figura 7.** Pulsos para activar los sensores

En la Figura 7 se observa de forma gráfica la forma que tienen estos pulsos. Donde  $B1$  corresponde al tiempo de  $375\mu s$ .

Los sensores entonces quedan configurados en modo emisión. Con el ancho de pulso del siguiente pulso de nivel bajo que se envíe a la línea de comunicación se configura la duración del envío. Este valor deberá ser según la documentación del sensor de  $300\mu s$ . Entonces la señal de ultrasonidos es lanzada con un retraso de  $65\mu s$ .

Lo que ocurre en la línea de comunicación mientras se emite es que al inicio del envío tiene lugar un flanco de bajada y al final del envío ocurre un flanco de subida. Es importante señalar que entre  $1\mu s$  y  $2\mu s$  después de terminar la transmisión acústica persiste una vibración en la membrana que impide que se pueda recibir ningún eco, aunque esto a efectos prácticos no nos afecta. Una vez terminado el envío el sensor automáticamente pasa a modo receptor.

Tan pronto como el sensor recibe una señal de ultrasonidos válida (eco de la señal emitida) el sensor pone la línea de comunicación en nivel bajo. Además para evitar que el sensor siga recibiendo más señales, y con ello mandando información por la línea, se puede enviar un pulso de nivel bajo, y así el sensor queda desactivado a la espera de un comando. En la Figura 8 se pueden apreciar las distintas señales descritas en párrafos anteriores. Nótese el nivel de las señales, cuando es el sensor el que manda un pulso bajo, éste no llega a 0V.



**Figura 8.** Ejemplo de la señal descrita.

# Capítulo 4

## Diseño de la electrónica

EN este capítulo se explicará el diseño de la electrónica para cumplir con los objetivos del proyecto.

### 4.1. La alimentación

Para la alimentación de todo el sistema se optó por continuar con los portapilas del diseño original, 8 pilas alcalinas de  $1,5V$  que colocadas en serie hacen un total de  $12V$ . La Figura 9 muestra dicho portapilas.



**Figura 9.** Un portapilas igual al usado.

Por otro lado, para alimentar los componentes que funcionan a  $3,3V$  (el microcontrolador y el *LED* verde que indica que hay alimentación) se ha optado por el uso de un regulador lineal de tensión. Se podría haber usado un regulador conmutado, pero realmente no había necesidad puesto que la corriente eléctrica consumida por los componentes alimentados a  $3,3V$  es bastante pequeña, del orden de las decenas de miliamperio.

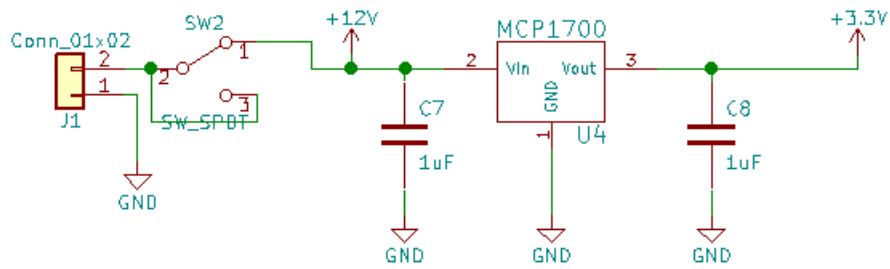


Figura 10. Circuito de alimentación.

La Figura 10 muestra el circuito usado para la alimentación.

- El conector *J1* es por donde se conecta el portapilas al *PCB*.
- El interruptor *SW2* es el encargado de encender o apagar el dispositivo.
- El chip *MCP1700* iba a ser el encargado de proveer la alimentación de 3,3V pero por error no se vió a a tiempo que la tensión máxima a la que opera es a 6V por lo que una vez fabricado el *PCB* se tuvo que cambiar por el *LM2937ES-3.3* soldado mediante unos pequeños cables a la placa.

## 4.2. Conector a los periféricos

Para conectar tanto los sensores como los vibradores se hace uso de un conector *DB-9* hembra en la placa como en el dispositivo original. Es importante puntualizar que algunos pines han sido cambiados con respecto al dispositivo original. En la Tabla 1 se muestra esta configuración. Como aclaración los pines relativos a los sensores son la línea de comunicación de éstos. Mientras que los relativos a los vibradores son el pin por donde se controla, el otro pin de los vibradores va conectado a 12V.

Pin	Conexión	Pin	Conexión
1	Masa	6	Masa
2	Sensor 3	7	Vibrador 2
3	Sensor 2	8	Vibrador 1
4	Sensor 1	9	12V
5	12V		

Tabla 1. Pines del conector

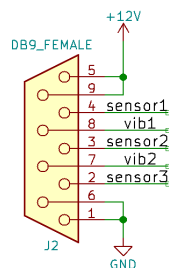
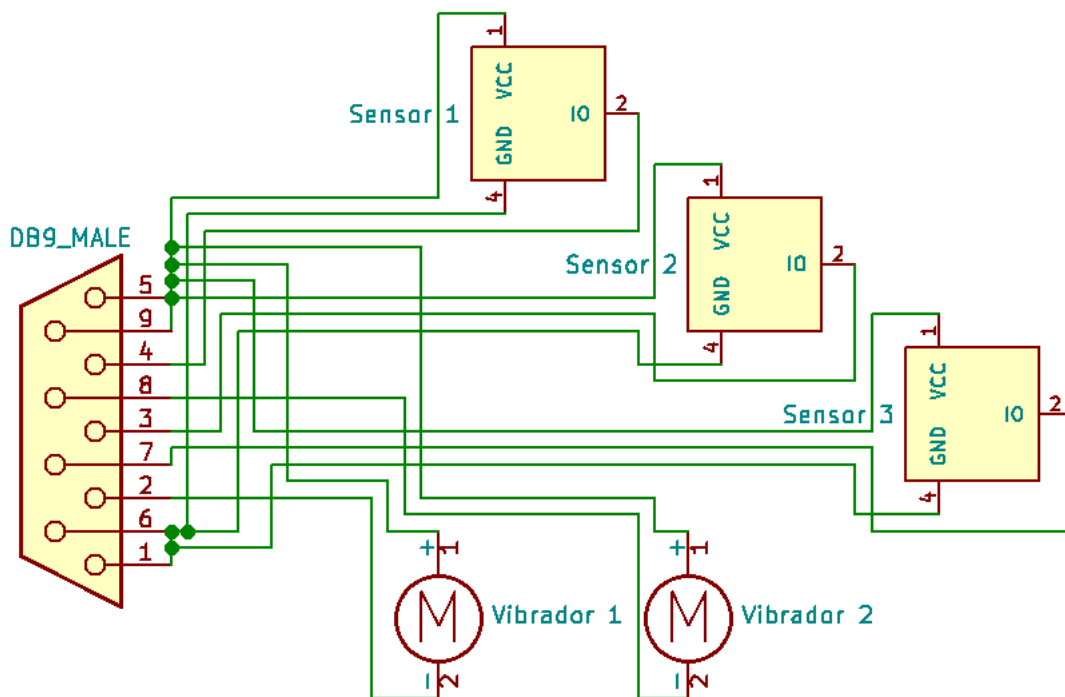


Figura 11. Configuración de los pines del conector.

En la Figura 12 se aprecia como del conector *DB-9* salen cuatro cables de cuatro hilos cada uno, tres para los sensores en los que un hilo de cada cable no se utiliza y uno para ambos vibradores. El cable de los vibradores se bifurca mediante una ficha de empalme.



**Figura 12.** Configuración de los cables hasta cada componente.

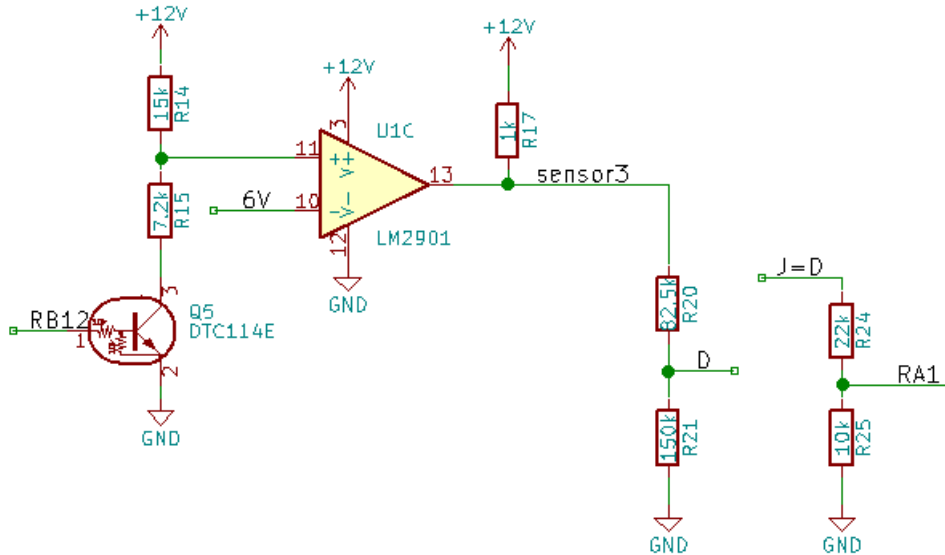
### 4.3. Los sensores de ultrasonidos

Para acondicionar la comunicación entre los sensores y el  $\mu C$  se han usado los siguientes componentes:

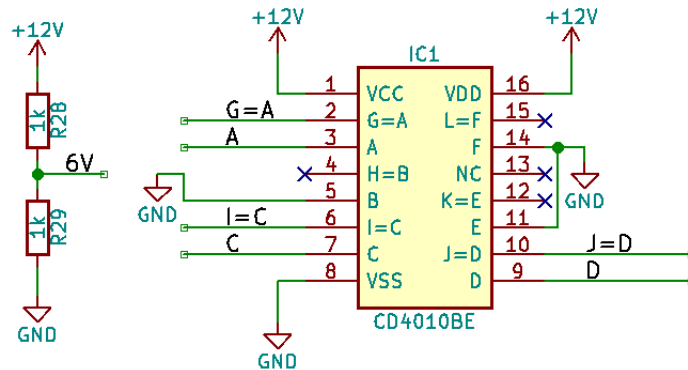
- Transistor (*BTR*) *DTC114E* y resistencias de  $15k\Omega$  y  $1,2k\Omega$  junto con la alimentación de  $12V$  para cambiar el nivel de la señal de  $0V - 3,3V$  con el que trabaja el microcontrolador a  $0V - 12V$  con el que trabaja el sensor.
- Integrado *LM2901* Comparador para que na haya valores intermedios;  $0V$  ó  $12V$  nivel bajo y nivel alto respectivamente.
- Resistencia de *pull-up* de  $1k\Omega$  para que la línea se mantenga en nivel alto cuando ni el MCU ni el sensor estén mandando información.
- Resistencias varias para formar divisor de tensión.
- Integrado *CD4010BE* que actúa como *buffer* a la entrada del  $\mu C$ .
- Puertos de salida del dsPIC: RB11, RB14 y RB12.
- Puertos de entrada al dsPIC: RB3, RA0 y RA1.

En la Figura 13 y la Figura 14 se muestra el circuito para controlar el sensor 3, para los otros dos el circuito es idéntico.

Como aclaración, la etiqueta *sensor3* en la Figura 13 es el nodo en el que va conectado el pin de la línea de comunicación del sensor, en este caso el número 3.



**Figura 13.** Circuito para controlar los sensores de ultrasonidos



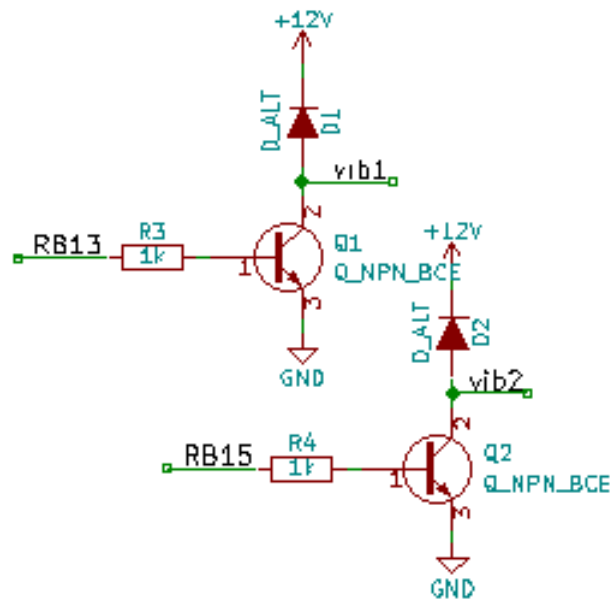
**Figura 14.** Buffer y divisor de tensión.

## 4.4. Los actuadores

El circuito eléctrico para controlar los vibradores es el que se muestra en la Figura 15. Es importante destacar que aunque los sensores tienen una tensión máxima de 3V estos son operados a 12V con PWM con un ciclo de trabajo menor al 25%. Habiéndose comprobado en el laboratorio que son capaces de funcionar sin degradarse de este modo.

$$12V \cdot 25\% = 3V$$

(Cálculo del ciclo de trabajo)



**Figura 15.** Circuito para controlar los vibradores

Donde RB13 y RB15 son los pines del microcontrolador por los que se manda la señal que activa cada vibrador, y las etiquetas *vib1* y *vib2* son el nodo al que van conectados unos de los pines de cada vibrador, el otro pin de cada vibrador va conectado a 12V. Los diodos se usan (van en paralelo a los vibradores, aunque en el diagrama no se vea con claridad) con la finalidad de evitar que la fuerza electromotriz inducida por el motor de los vibradores afecte al resto del circuito.

Puesto que se va a tener que usar *PWM* para alimentarlos, se aprovechará este hecho para variar la intensidad de la vibración también como se verá en el código fuente.

## 4.5. El microcontrolador

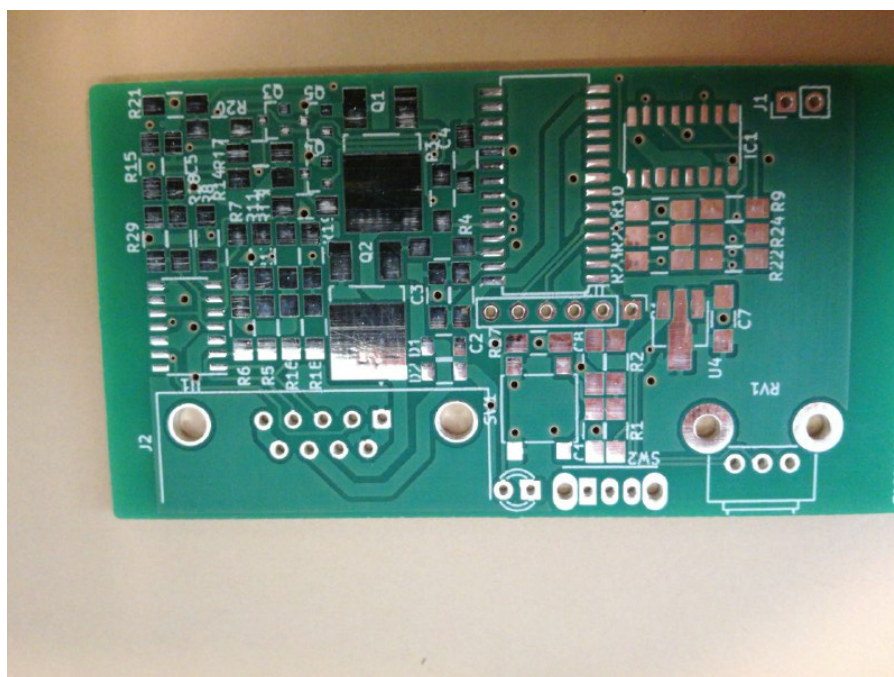
En esta sección se describe el circuito en relación con el microcontrolador. La Figura 16 muestra las conexiones del *dsPIC33FJ32MC202*. En dicha figura se aprecia el circuito del botón de *reset* cuya utilidad no puede ser despreciada a la hora de depurar el programa, aunque en la versión final del programa no tendrá utilidad. También se aprecian las conexiones del potenciómetro.



# Capítulo 5

## Diseño de la placa de circuito impreso

EN este capítulo se explica lo referente al diseño del *PCB*. La Figura 17 muestra el resultado antes de soldar los componentes.



**Figura 17.** Placa una vez impresa.

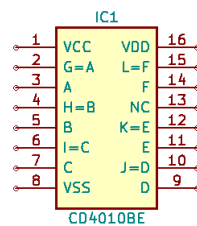
El diseño de la placa, como ya se mencionó en la Sección 1.5 se hace usando el programa de código abierto *KiCad*.

### 5.1. Flujo de trabajo

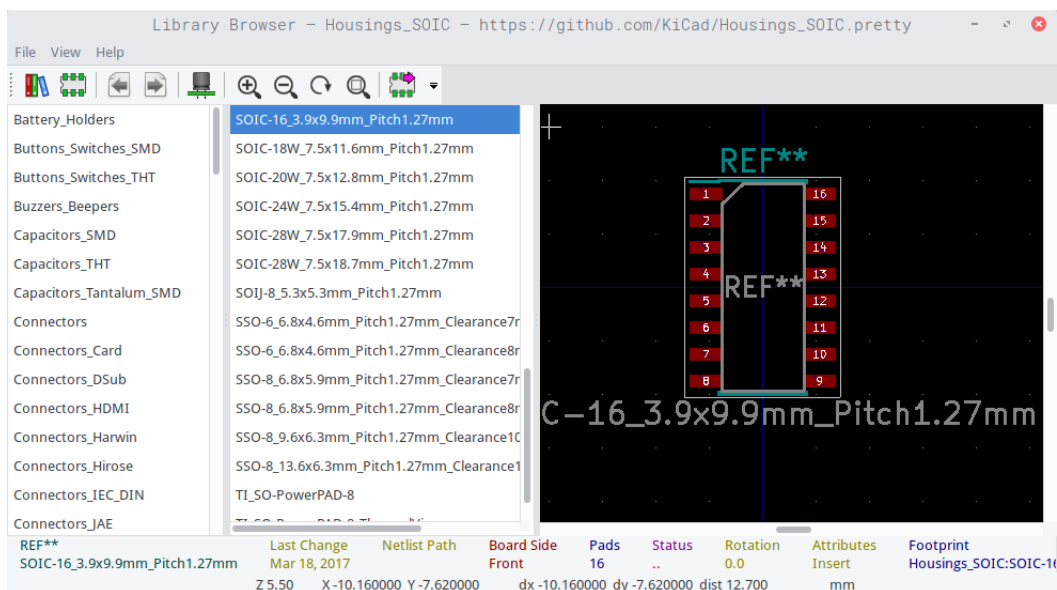
Esta herramienta permite el diseño de los circuitos con el siguiente flujo de trabajo:

1. Se busca o se crea cada componente del circuito. La forma esquemática de cada componente, con sus pines numerados, como por ejemplo el componente de la Figura 18.
2. Se diseña el circuito de forma esquemática.
3. Se comprueba que todo esta conectado donde debe y no se ha quedado nada sin conectar o hacer cortocircuitos.

4. Se buscan los componentes atendiendo al encapsulado que interese en cada caso.
5. Se asocia a cada componente su huella o *footprint*. Ver ejemplo en la Figura 19
6. Se diseña la placa de circuito impreso con las huellas de los componentes reales.
7. Se vuelve a comprobar que todo este conectado donde debe y no existan conexiones indeseadas. La vez anterior se comprobó a nivel de nodos (esquema), esta vez se comprueba a nivel de cada pista impresa.
8. Se exportan los archivos *gerber* mediante los cuales el fabricante puede imprimir la placa.



**Figura 18.** Ejemplo de componente creado en *KiCad*.



**Figura 19.** Asociación de huella del *CD4010BE*.

## 5.2. Disipación térmica del regulador lineal de tensión

Debido a que se usa un regulador lineal de tensión para conseguir 3,3V de los 12V de la alimentación es necesario asegurar que el regulador es capaz de disipar todo el calor generado. Para los cálculos me valgo de las *Notas de diseño para la tarjeta PicTrainer V3*[10].

Los cálculos se realizaron para el *MCP1700* encapsulado en *SOT89*.

En el laboratorio se comprobó con un amperímetro que la corriente eléctrica de los componentes que funcionan a  $3,3V$  en ningún caso superaba  $50mA$ . Por tanto la potencia disipada en forma de calor será:

$$P_{Dis} = (12V - 3,3V) \cdot 50mA = 435mW \quad (1)$$

Por otro lado se tiene que:

$$P_{Dis} = \Delta T \cdot R_{\theta JA} \quad (2)$$

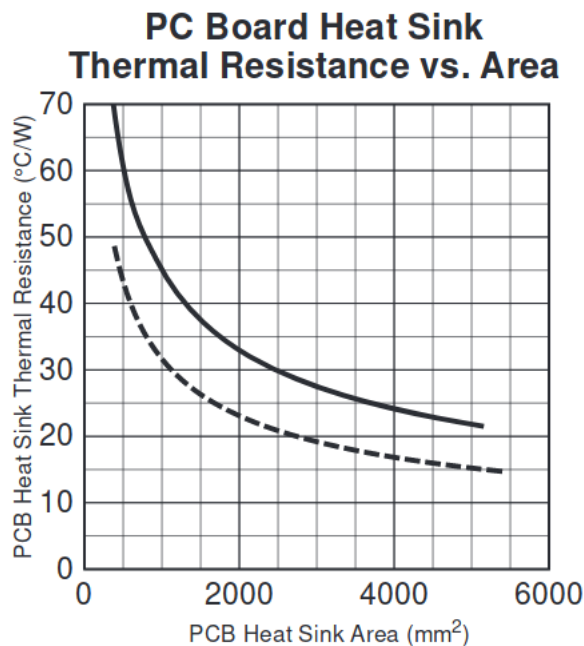
Donde despejando la resistencia térmica entre el chip y el ambiente  $R_{\theta JA}$ , teniendo presente que la temperatura máxima de la unión de este chip es de  $125^{\circ}C$  y suponiendo una temperatura ambiente máxima de  $50^{\circ}C$ :

$$R_{\theta JA} = \frac{\Delta T}{P_{Dis}} = \frac{125^{\circ}C - 50^{\circ}C}{0,43W} \approx 174,42 \frac{^{\circ}C}{W} \quad (3)$$

Del *datasheet* del chip se extrae que la resistencia térmica unión-encapsulado  $R_{\theta JC}$  es  $52 \frac{^{\circ}C}{W}$ . Por tanto hará falta una superficie en la placa cuya resistencia térmica  $R_{\theta CA}$  sea:

$$R_{\theta CA} = R_{\theta JA} - R_{\theta JC} = 174,42 \frac{^{\circ}C}{W} - 52 \frac{^{\circ}C}{W} \approx 122,42 \frac{^{\circ}C}{W} \quad (4)$$

Con ayuda de la gráfica de la Figura 20 se puede ver que el área necesaria para la  $R_{\theta CA}$  buscada es despreciable. Esto significa que el encapsulado del chip será suficiente para disipar el calor.



**Figura 20.** Gráfica del área de *PCB* en función de la resistencia térmica[11].

Como se comentó con anterioridad en esta memoria por error se usó el integrado *MCP1700* sin tener en cuenta que la tensión máxima de entrada que admite es  $6V$  por lo que se optó por usar el *LM2937ES-3.3* que admite como máximo  $26V$ . A continuación se repetirán los cálculos para este *chip*.

De la hoja de características del chip se extrae que la resistencia térmica unión-encapsulado  $R_{\theta JC}$  es  $35,5 \frac{^{\circ}C}{W}$ . Por tanto hará falta una superficie en la placa cuya resistencia térmica  $R_{\theta CA}$  sea:

$$R_{\theta CA} = R_{\theta JA} - R_{\theta JC} = 174,42 \frac{^{\circ}C}{W} - 35,5 \frac{^{\circ}C}{W} \approx 139 \frac{^{\circ}C}{W} \quad (5)$$

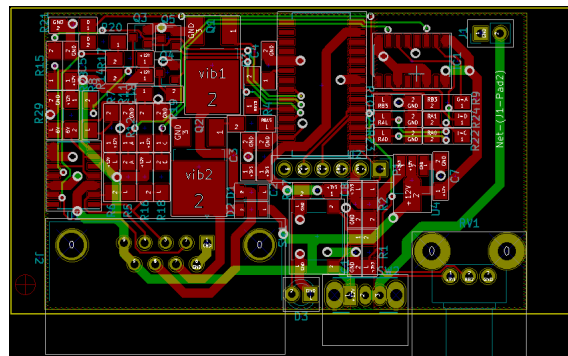
Con ayuda de la gráfica de la Figura 20 se comprueba que no será necesario añadir ningún tipo de ayuda a la disipación de calor. Además de la hoja de características se saca también el dato de la resistencia térmica entre el chip y el ambiente:  $R_{\theta JA} = 77,9 \frac{^{\circ}C}{W}$  que es menor que la necesaria para disipar la potencia consumida por el regulador  $174,42 \frac{^{\circ}C}{W}$ .

Era previsible este resultado teniendo en cuenta que los componentes que son alimentados a  $3,3V$  son solo un *LED* y el microcontrolador.

### 5.3. Resultado final

El resultado final del diseño de la placa es el siguiente:

En la Figura 21 se muestran el diseño con las pistas (sin rellenar los planos de masa) de ambas caras. En la Figura 22 se muestra solo la cara superior de la placa con su plano de masa.



**Figura 21.** Pistas en ambas caras.

Es importante señalar que el plano que hay en el lado derecho de la imagen corresponde a un plano de  $12V$  usado para que el regulador *U4* pueda disipar el calor. Estos cálculos serán tratados a continuación (en la Sección 5.2). En la Figura 23 se muestra la cara trasera del *PCB*.

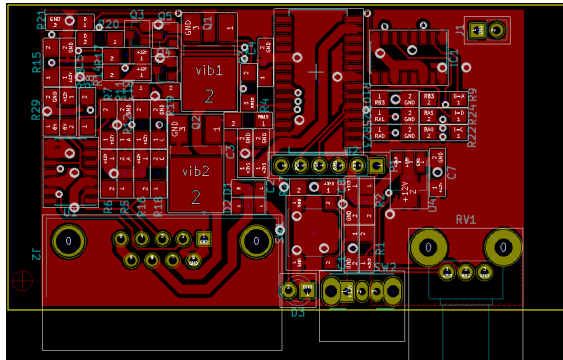


Figura 22. Cara frontal.

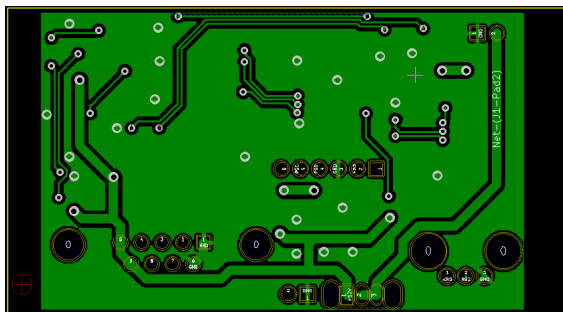


Figura 23. Cara trasera.

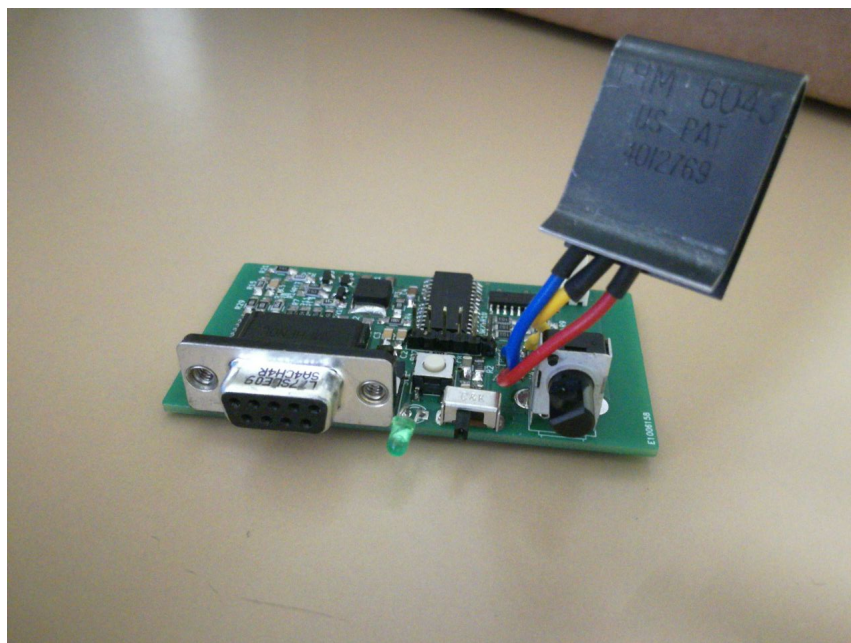
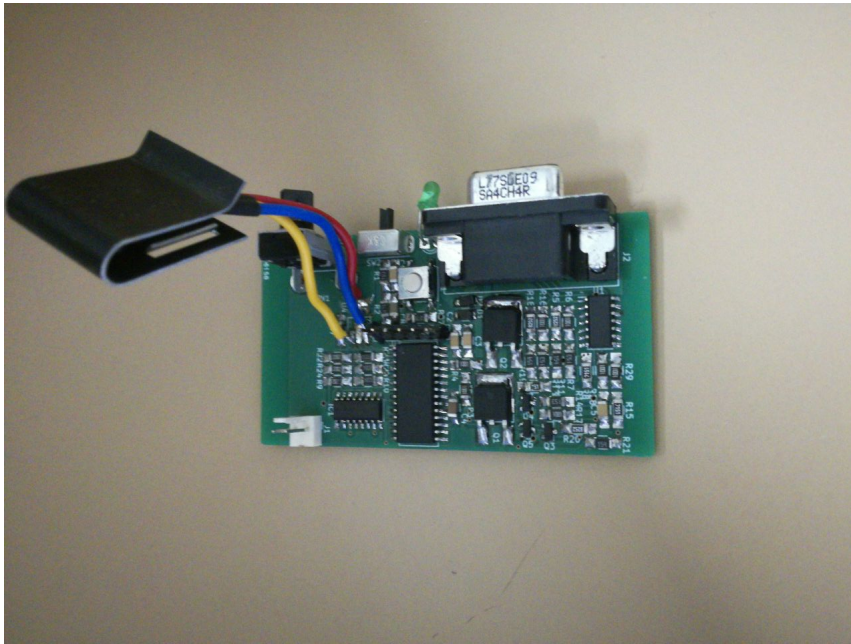


Figura 24. Fotografía de la placa montada.



**Figura 25.** Otra fotografía de la placa.

El integrado que no está soldado en la placa es el regulador de tensión que por error de diseño se tuvo que cambiar después de tener la placa impresa.

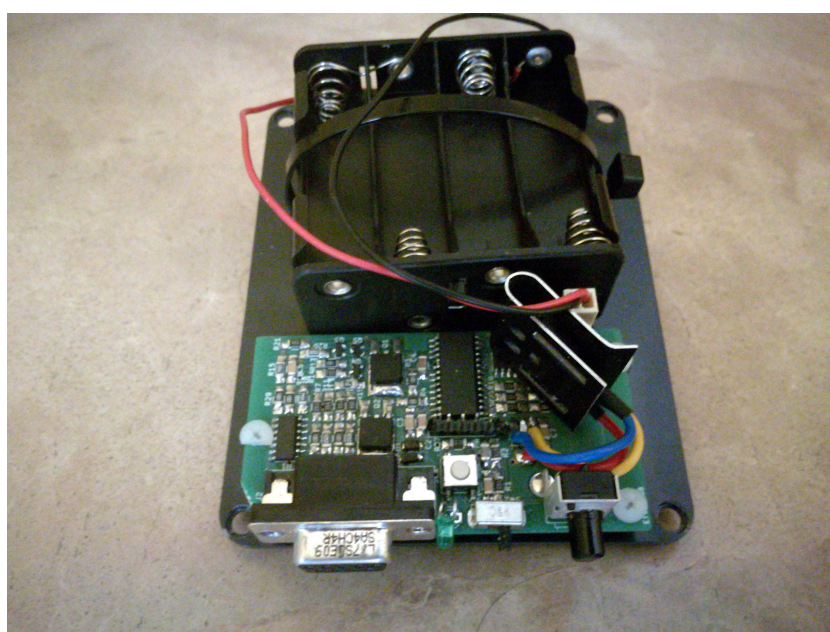
En las siguientes fotografías se muestra el resultado final con la caja incluida.



**Figura 26.** Frontal de la caja.



**Figura 27.** Caja.



**Figura 28.** Interior de la caja.



**Figura 29.** Caja y cables.

# Capítulo 6

## El Programa

ESTE capítulo explica el programa que corre el microcontrolador.

Todas las constantes que aparecen en este capítulo están en el archivo *values.h* del capítulo dedicado al código fuente (Página 65).

### 6.1. Control del tiempo

Para el control del tiempo por parte del microcontrolador se configura un solo *timer* para que cuente hasta 10.000 incrementándose cada  $10\mu s$  como se muestra en Código 1 mediante interrupciones.

Por otro lado se utiliza una función (ver Código 2) para esperar un tiempo determinado. Hay que tener especial cuidado pues el *timer* está siempre contando hasta 10.000 y reiniciándose y podría darse el caso de pillar una franja de tiempo en la que se incluya un reinicio.

Hay también otra función (*unsigned int micros(void)*) que se usará dentro de otras funciones que devuelve el valor del entero sin signo *microseg* que lleva la cuenta de los microsegundos, puesto que dicha variable no es accesible para el resto de código.

```
void init_tmr(void) {
    TMR1 = 0;
    PR1 = 40;
    IEC0bits.T1IE = 1;
    IFS0bits.T1IF = 0;
    T1CON = 0X8000;
}
```

**Código 1.** Inicialización del *timer*

### 6.2. Los sensores

Los sensores de ultrasonidos son controlados mediante las porciones de código que se muestran a continuación.

```

void wait(unsigned int tiempo){
    unsigned int cuenta;
    cuenta = microseg + tiempo;
    if(cuenta >= 10000)
        cuenta -= 10000;
    while(microseg < cuenta);
}

```

**Código 2.** Función *wait*.

En Código 3 se muestra cómo se configuran los puertos de entrada y salida relativos a los sensores para ser usados de forma digital. Es importante señalar que puesto que este es el primer *driver* que se ejecuta se aprovecha para poner **todos** los pines del  $\mu C$  como **entradas**. Más adelante en el código serán configuradas las demás salidas como tal. También esta función inicializa los vectores de la media móvil a un valor de distancia grande para que la media empiece de arriba a abajo y no al revés evitando que los vibradores funcionen a máxima potencia en el momento del encendido.

```

void init_sensors(void){
    TRISB = 0xFFFF;
    TRISA = 0xFFFF;
    TRISBbits.TRISB11 = 0;
    TRISBbits.TRISB14 = 0;
    TRISBbits.TRISB12 = 0;
    AD1PCFGLbits.PCFG0 = 1;
    AD1PCFGLbits.PCFG1 = 1;
    AD1PCFGLbits.PCFG5 = 1;
    for(i = 1; i <= 3; i++){
        for(j = 0 ; j < MA_PERIOD; j++){
            rollingAverage((MAX_VALUE * 2)-1, i);
        }
    }
}

```

**Código 3.** Inicialización del controlador de los sensores

A la hora de activar y obtener las medidas de los sensores se hace como se muestra en Código 4, dicho fragmento muestra como ejemplo el sensor 1, por que el código para los demás sensores es equivalente.

En este fragmente se puede ver como se envían los pulsos explicados en capítulos anteriores (Sección 3.2). En primer lugar se mandan los dos pulsos por el puerto *RB12* en este ejemplo para el sensor 3. Luego se cuenta el tiempo entre el flanco de subida y el flanco de bajada de la línea de comunicación del sensor, en el ejemplo para el sensor 3 se ve como se hace esto con el puerto *RA1*. Por último se envía un pulso final para que el sensor salga del modo receptor y pase a esperar un nuevo comando.

```

#define MA_PERIOD 16 //Periodo de la media movil
#define MAX_VALUE 300 //Valor maximo de distancia
#define MIN_VALUE 10 //Valor minimo de distancia
unsigned int get_sensor(unsigned int sensor){
unsigned int t_measure_init;
unsigned int t_measure_end;
unsigned int t_measured;
unsigned int t_timeout;
    if(sensor == 1){
        LATBbits.LATB11 = 1;
        wait(T_SIGNAL);
        LATBbits.LATB11 = 0;
        wait(T_SIGNAL);
        LATBbits.LATB11 = 1;
        wait(T_SIGNAL);
        LATBbits.LATB11 = 0;
        wait(T_PEAK);
        t_timeout = 0;
        while((PORTBbits.RB3 == 0) && (t_timeout <= MAX_VALUE)){//espera flanco subida
            wait(1);
            t_timeout++;
        }
        t_measure_init = micros();
        t_timeout = 0;
        while((PORTBbits.RB3 == 1) && (t_timeout <= MAX_VALUE)){//espera flanco bajada
            wait(1);
            t_timeout++;
        }
        t_measure_end = micros();
        LATBbits.LATB11 = 1;
        wait(T_SIGNAL);
        LATBbits.LATB11 = 0;
        (...)
        if(t_final_medida <= t_inicio_medida)
            t_final_medida += 10000;
        return t_final_medida - t_inicio_medida;
    }
}

```

**Código 4.** Control de los sensores

Puesto que la señal que manda el sensor es muy ruidosa se ha optado por promediarla usando 16 muestras mediante una media móvil como se observa en Código 5, además de ignorar los valores irrealmente grandes o pequeños, pues será debido a que el microcontrolador no ha detectado correctamente algún flanco de subida o de bajada en la línea de comunicación del sensor.

```

int rollingAverage(int newValue, unsigned int sensor)
{
    static int values[2][MA_PERIOD];
    static int nextPosition[2];
    static int sum[2];
    if(newValue <= MIN_VALUE || newValue >= MAX_VALUE * 2)
        return sum[sensor-1]/MA_PERIOD;
    sum[sensor-1] -= values[sensor-1][nextPosition[sensor-1]];
    sum[sensor-1] += newValue;
    values[sensor-1][nextPosition[sensor-1]] = newValue;
    nextPosition[sensor-1]++;
    if(nextPosition[sensor-1] >= MA_PERIOD)
        nextPosition[sensor-1] = 0;
    return sum[sensor-1]/MA_PERIOD;
}

```

Código 5. Función de la media móvil

### 6.3. Ajuste de la sensibilidad

Para ajustar el nivel de vibración de los vibradores se hace uso de un potenciómetro, a continuación se muestran varios fragmentos de código relativos a esta función.

Como se aprecia en Código 6 el conversor analógico-digital del puerto *RB2* al que está conectado el potenciómetro funciona con interrupciones guardando el valor resultante de la conversión en el registro *ADC1BUF0* del potenciómetro dando lugares a valores entre 0x03FF para el máximo de 3,3V a 0 para el mínimo de 0V en la variable *valor* que será accesible por el resto del programa a través de la función *get\_ad()*. De esta forma se podrá multiplicar la variable del ciclo de trabajo del PWM por el valor que devuelve *get\_ad()* dividido entre 0x03FF para que la intensidad de vibración sea proporcional a la posición del potenciómetro, y así poder ser regulada su intensidad.

```

void init_ad(void){
    TRISBbits.TRISB2 = 1;
    AD1PCFGLbits.PCFG4 = 0;
    AD1CSSLbits.CSS4 = 1;
    AD1CON3bits.SAMC = 1;
    AD1CON3bits.ADCS = 5;
    AD1CON2bits.CSCNA = 1;
    AD1CON2bits.CHPS = 0;
    AD1CON2bits.SMPI = 1;
    AD1CON1bits.ADON = 1;
    AD1CON1bits.SSRC = 0x7;
    AD1CON1bits.ASAM = 1;
    IFS0bits.AD1IF = 0;
    IEC0bits.AD1IE = 1;
    IPC3bits.AD1IP = 1;
}
void __attribute__((__interrupt__, no_auto_psv)) _ADClInterrupt(void) {
    IFS0bits.AD1IF = 0;
    valor = ADC1BUF0;
}
unsigned int get_ad(void){
    return valor;
}

```

Código 6. Conversor analógico-digital

## 6.4. Vibradores

Para controlar los vibradores, como se ha ido adelantando a lo largo de este documento, se hace uso del módulo *PWM* de este microcontrolador. Los siguientes fragmentos de código muestran cómo.

Código 7 muestra cómo se configura el módulo *PWM* del  $\mu C$ . Se hacen uso de los puertos *PWM1L1* y *PWM1L2* que corresponden a los pines de *RB13* y *RB15* respectivamente.

```
void init_pwm(unsigned int frec){
    TRISBbits.TRISB13 = 0;
    TRISBbits.TRISB15 = 0;
    int preesc = FCY/frec/0x7FFF;
    if(preesc < 1) preesc = 0;
    else if(preesc < 4) preesc = 1;
    else if(preesc < 16) preesc = 2;
    else preesc = 3;
    PTPER = FCY/frec/(1 << (preesc*2));
    PWMCON1bits.PMOD1 = 1;
    PWMCON1bits.PMOD2 = 1;
    PWMCON1bits.PEN1L = 1;
    PWMCON1bits.PEN2L = 1;
    PTCON = 0x8000 | (preesc << 2);
}
```

**Código 7.** Inicialización del módulo *PWM*

Por otro lado en Código 8 se muestra como se ajusta el ciclo de trabajo de la señal *PWM* de cada vibrador.

Es importante hacer notar que no se debe sobrepasar un ciclo de trabajo del 25 % como se explicó con anterioridad porque los vibradores funcionan a 3V como máximo y están siendo alimentados a 12V. Por este motivo en las primeras líneas de la función *set\_dc\_pwm* se “traduce” la variable *dc* de un máximo de 100 % a un máximo de 25 %. Se dejan las líneas de código que comprueban que nunca se sobrepase el 25 % cuya finalidad era prevenir la rotura de los vibradores durante el depurado del programa puesto que no consumen recursos del microcontrolador apenas.

Por otro lado a causa de usar *PWM* los sensores recibían interferencias y no medían bien la distancia. Por lo tanto durante el tiempo que los sensores se encuentran enviando y recibiendo señales de ultrasonidos el ciclo de trabajo de la señal *PWM* de ambos vibradores se pone a 0. Este cambio no lo podemos apreciar con nuestros sentidos puesto que dura no más de dos milisegundos.

También es importante comentar que debido al diseño del *PCB* la variable que ajusta el ciclo de trabajo del *PWM* del vibrador 1 a controlar por el micro es *PIDC2* mientras que la del vibrador 2 es *PIDC1*.

```

void set_dc_pwm(unsigned int vib, unsigned int dc){
    dc =(int)(dc * 25.0 / 100.0);
    if(dc > 25)
        dc = 25;
    if(vib == 1)
        P1DC2 = dc*(2*PTPER/100);
    else if(vib == 2)
        P1DC1 = dc*(2*PTPER/100);
}

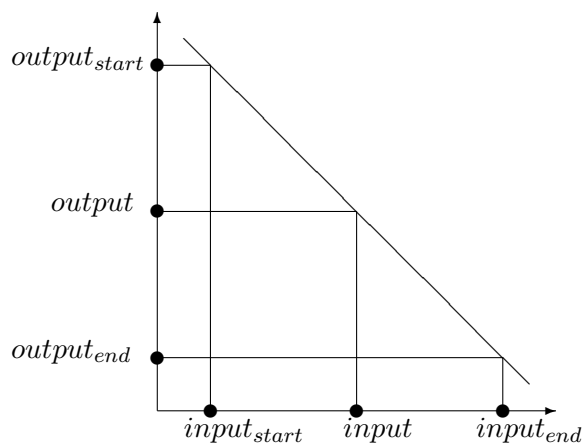
```

**Código 8.** Ajuste del ciclo de trabajo

## 6.5. Programa principal

El programa principal se encarga de integrar los demás *drivers* ya presentados.

Se usa la función *int map(int input)* para convertir los valores de distancia (aunque para el microcontrolador serán microsegundos) obtenidos mediante los sensores en valores de ciclo de trabajo del pwm.



**Figura 30.** Representación gráfica de la función map.

En Código 9 se muestra esta función.

```

int map(int input){
    double slope, output;
    int input_start, input_end, output_start, output_end;
    input_start = MIN_VALUE;
    input_end = MAX_VALUE;
    output_start = 25;
    output_end = 0;
    slope = 1.0 * (output_end - output_start) / (input_end - input_start);
    output = output_start + slope * (input - input_start);
    return (int)output;
}

```

**Código 9.** Función map para el ajuste del ciclo de trabajo del PWM

Dentro de la función *main* del programa podemos encontrar las siguientes partes en el código fuente:

En primer lugar lo que se ejecuta solo una vez por encendido del microcontrolador.

```
unsigned int potenciometro;
int dist[2]; //distancias en microsegundos
int i;
int pwm_dc[2];
init_sensors();
init_tmr();
init_pwm(PWM_FREQ);
init_ad();
```

**Código 10.** Inicialización de *drivers* y declaración de variables

Y lo que se ejecuta en bucle hasta que se apaga:

```
potenciometro = get_ad();
set_dc_pwm(1,0); //parar las conmutaciones del pwm para que los sensores funcionen
set_dc_pwm(2,0);
for(i = 0; i < 3; i++){
    dist[i] = rollingAverage(get_sensor(i+1),i+1);
    pwm_dc[i] = map(dist[i]);
    if(pwm_dc[i] < 0)
        pwm_dc[i] = 0;
    wait(2);
}
set_dc_pwm(1, (int)pwm_dc[0]*potenciometro/0x3FF);
set_dc_pwm(2, (int)pwm_dc[1]*potenciometro/0x3FF);
```

**Código 11.** Bucle del *main*

Es importante destacar que en las primeras líneas de este fragmento de Código 11 se pone el *PWM* a cero porque de otro modo las conmutaciones causan interferencias con los sensores durante las medidas. Esta pausa en las conmutaciones del *PWM* de los vibradores son inapreciables pues no duran más de 2 *ms*.

Otro apunte para facilitar el entendimiento del código es que debido a que en C los índices de los vectores empiezan por el 0 y no por el 1 la variable *i* valdrá 0 cuando el sensor 1 sea seleccionado, y no 1 como se podría intuir.



# Capítulo 7

## Conclusiones

**S**E puede concluir que se han cumplido los objetivos marcados para esta segunda iteración del proyecto.

- Se ha dejado documentado tanto el código fuente como el diseño de la electrónica (muy escaso en el proyecto anterior).
- Se ha reducido considerablemente el tamaño y el peso del sistema.
- Se ha aumentado la autonomía al reducir el número de componentes a los estrictamente necesarios.
- Se han añadido funcionalidades, como regulación de la intensidad o la alerta mediante la regulación de la intensidad de la vibración y no por la duración de la vibración como en el prototipo anterior.



# Capítulo 8

## Futuros desarrollos

**E**s difícil generalizar sobre futuros desarrollos que este proyecto pueda tener, puesto que el tipo de actuadores puede resultar más o menos cómodo a unos y a otros.

Por un lado queda aún pendiente resolver el problema de las esquinas, pues los sensores miden en la esquina más distancia de la que realmente hay. Esto se podría solventar con balizas en las esquinas de la pista de hípica y un sensor que las detectase.

Por otro lado se podrían incluir funcionalidades extra, ya que se está utilizando un microcontrolador se podría usar también para sacar información del entrenamiento con el caballo, es decir, sacar datos del entrenamiento como tiempos, velocidades medias, trayectorias seguidas, etc.

Otra posible mejora sería cambiar el sistema de alimentación por una batería recargable. Añadiéndose además el sistema para recargar la batería y usando una tensión de alimentación usando por tanto para los sensores un conversor *DC/DC*. Reduciéndose así el peso del sistema y el engorro de usar pilas desechables.



# Bibliografía

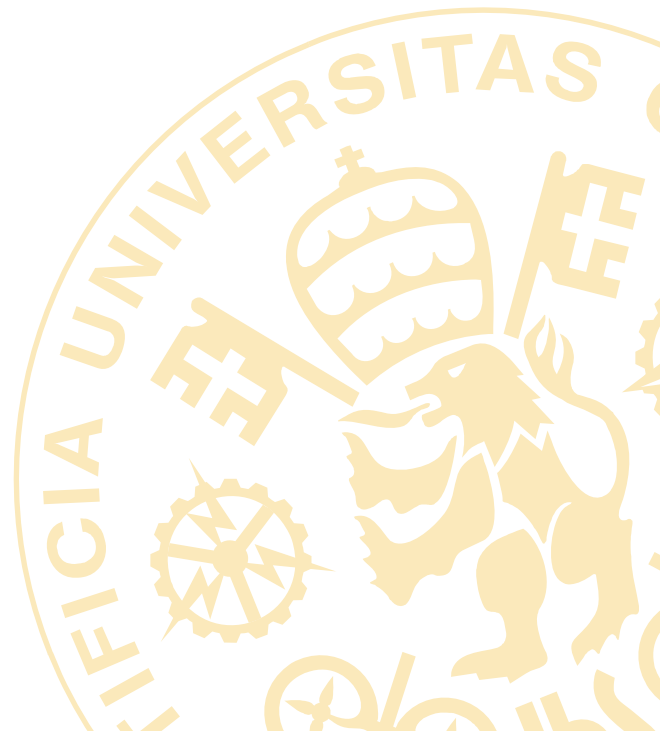
- [1] **Melero Álvarez, P.**, *Memoria del PFG alojado en la página web de proyectos de la universidad*. Última consulta: Agosto 2018.  
<https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/5760518d1b4ff.pdf>
- [2] **Diario 20Minutos**, *Al servicio de invidentes, sordos y mayores*. Última consulta: Agosto 2018.  
<https://www.20minutos.es/noticia/98063/0/servicio/invidentes/mayores/>
- [3] **Wikipedia**, *Sensor ultrasónico*. Última consulta: Agosto 2018.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_ultras%C3%B3nico](https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_ultras%C3%B3nico)
- [4] **Bosch**, *Web del PARKPILOT URF7*. Última consulta: Agosto 2018.  
[http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/.../park\\_pilot\\_parking\\_electrics\\_parts\\_1.html](http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/.../park_pilot_parking_electrics_parts_1.html)
- [5] **Microchip**, *Datasheet del microcontrolador dsPIC33FJ32GP202*. Última consulta: Agosto 2018.  
<https://www.mouser.es/datasheet/2/268/70290J-35791.pdf>
- [6] **KiCad**, *Web de este programa de código abierto*. Última consulta: Agosto 2018.  
<http://kicad-pcb.org/>
- [7] **Microchip**, *Web de la herramienta para programar los microcontroladores de la marca*. Última consulta: Agosto 2018.  
<https://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>
- [8] **Club hípico Las Nieves**, *Página web del club*. Última consulta: Agosto 2018.  
<http://www.lasnievesclubhipico.com/>
- [9] **Robert Bosch España S.L.U.**, *Documentación técnica del cliente*
- [10] **Muñoz Frías, J. D.**, *Notas de diseño para la tarjeta PicTrainer V3*
- [11] **Microchip**, *Designing P.C. Board Heat Sinks*. Última consulta: Agosto 2018  
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/ah-17.pdf>
- [12] **ON Semiconductor**, *Datasheet del transistor DTC114E*. Última consulta: Agosto 2018  
<https://www.mouser.es/datasheet/2/308/DTC114E-D-278467.pdf>
- [13] **ON Semiconductor**, *Datasheet del transistor MJD112*. Última consulta: Agosto 2018  
<https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MJD112-D.PDF>
- [14] **Vishay**, *Datasheet del diodo RS07B*. Última consulta: Agosto 2018  
<http://www.vishay.com/docs/85742/rs07b.pdf>

- [15] **ON Semiconductor**, *Datasheet del comparador LM2901*. Última consulta: Agosto 2018  
<https://www.mouser.es/datasheet/2/308/LM339-D-594044.pdf>
- [16] **Texas Instruments**, *Datasheet del buffer CD4010B*. Última consulta: Agosto 2018  
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4010b.pdf>
- [17] **Texas Instruments**, *Datasheet del regulador lineal de tensión LM2937-3.3*. Última consulta: Agosto 2018  
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2937-3.3.pdf>

## PARTE II



# ESTUDIO ECONÓMICO





# Capítulo 1

## Estudio económico

**E**N este capítulo se estudiará la rentabilidad, viabilidad e interés económico que conlleva el desarrollo de este proyecto.

Pese a que el público al que va dirigido el dispositivo desarrollado en este proyecto es muy reducido hay que tener en cuenta que tiene también mucho valor para la sociedad puesto que ayuda a normalizar a las personas con déficit visual en la práctica de un deporte concreto.

Cada vez hay más sensibilidad social para facilitar la integración de las personas invidentes, así como y ofrecer herramientas para normalizar su vida y disminuir su dependencia en otras personas.

Por estos motivos a una empresa, como en este caso a Robert Bosch, le puede interesar que se usen sus sensores destinados al mercado de la automoción para este fin. A la empresa no le genera mucho gasto, puesto que los sensores están ya desarrollados y no requieren de ninguna modificación para ser usados en el sistema desarrollado por este proyecto, pero sí le genera muy buena imagen.

Por otro lado, es importante señalar que excluyendo el coste de la mano de obra, el coste total del proyecto es muy bajo, de hecho, los componentes más caros son los sensores, como se comprobará en el Capítulo 4 del Presupuesto

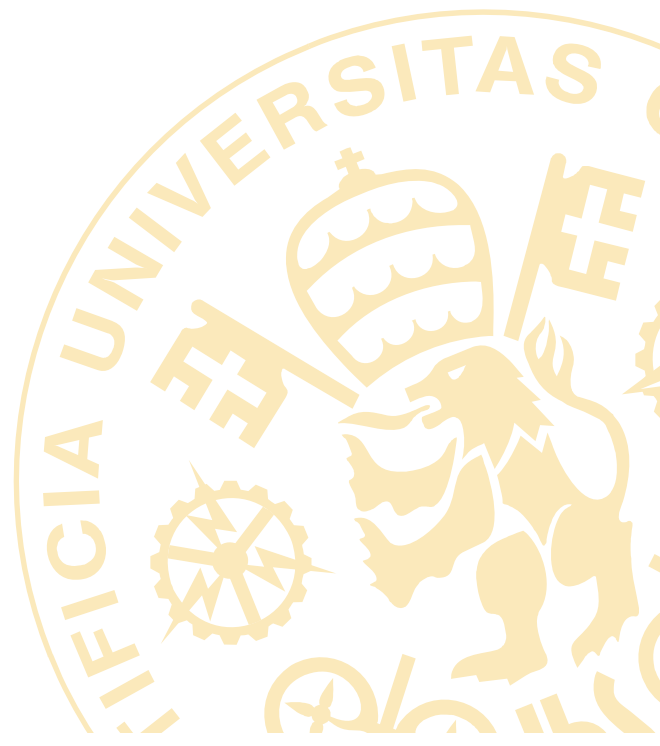
Para concluir, si se tienen en cuenta todas estas razones anteriormente expuestas se llega a la conclusión de que el balance económico es positivo.



# PARTE III



# MANUAL DE USUARIO





# Capítulo 1

## Manual de usuario

**D**URANTE el diseño se intentó minimizar la complejidad de la interfaz entre el usuario y el dispositivo, consiguiendo así que sea lo más intuitivo y simple de usar posible. Es por ello que la placa solo cuenta con las siguientes entradas que pueden ser accionadas por el usuario:

- Conmutador de encendido.
- Potenciómetro que regula la sensibilidad.
- Botón de reset (No será necesario su uso en condiciones normales).

### 1.1. Puesta en marcha

Para poner en marcha el sistema solo es necesario conectar el portapilas a la placa y poner el conmutador en la posición de encendido. Se sabe que el dispositivo está encendido mediante el indicador *LED* verde situado encima del conmutador.

### 1.2. Uso normal

Adicionalmente se puede regular la sensibilidad de la medición de la distancia mediante el potenciómetro que incorpora la placa.

### 1.3. Parada

Para apagar el sistema lo único que hay que hacer es poner el conmutador en la posición de apagado. El *LED* indicador dejará de lucir.

### 1.4. Advertencias

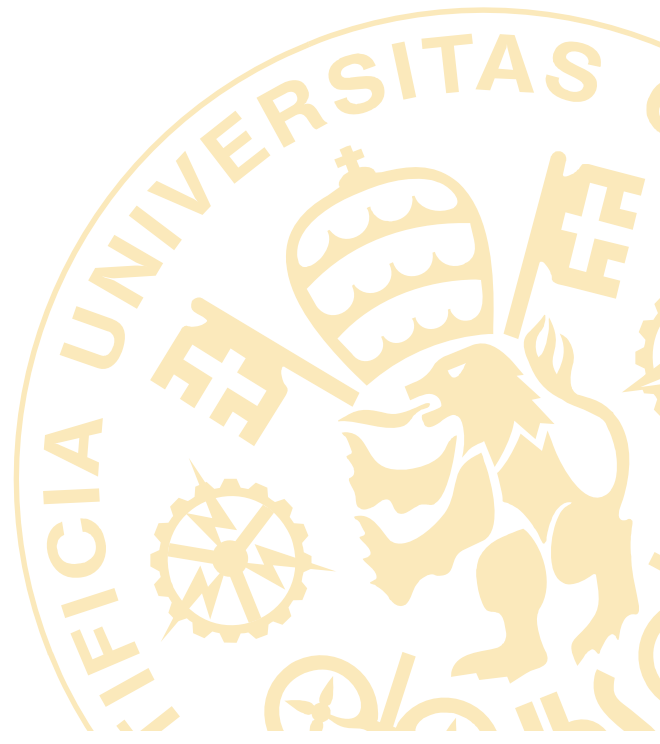
En ningún caso debe desconectarse ningún cable ni sensor mientras el sistema este en funcionamiento pues los sensores podrían dañarse.



# PARTE IV



# CÓDIGO FUENTE





# Capítulo 1

## Programa Final

### 1.1. values.h

```
#ifndef VALUES_H
#define VALUES_H

#define PWM_FREQ 13000
#define MAX_VALUE 640 //Valores mayores que esto no provocaran vibracion
#define MIN_VALUE 20
#define MA_PERIOD 32//periodo de la media movil
#define T_SIGNAL 33 //us a esperar entre pulsos para activar sensores
#define T_PEAK 85//us para evitar medidas erroneas

#endif
```

### 1.2. main.c

```
#include "p33FJ32MC202.h"
#include "config.h"
#include "tmr.h"
#include "pwm.h"
#include "adc.h"
#include "sensors.h"
#include "values.h"
// -----
// ----- BITS DE CONFIGURACION -----
// -----
// 1. Eliminar el segmento de arranque flash
// 2. Permitir la escritura del segmento de arranque flash
_FBS(BSS_NO_BOOT_CODE & BWRP_WRPTECT_OFF);
// 1. No proteger la memoria de programa contra escritura
// 2. No proteger el codigo
_FGS(GWRP_OFF & GCP_OFF);
// 1. Utilizar el oscilador interno (FRC) en el arranque
// 2. Arrancar directamente con el oscilador seleccionado
_FOSSEL(FNOSC_FRC & IESO_OFF);
// 1. Permitir la conmutacion del reloj y deshabilitar la monitorizacion de fallos
// 2. Desactivar el oscilador primario
// 3. Utilizar el oscilador secundario como entrada y salida digital
// 4. Permitir multiples remapeos de los pines
_FOSCM(FCKSM_CSECMD & POSCMD_NONE & OSCIOFNC_ON & IOL1WAY_OFF);
// 1. Permitir la deshabilitacion del watchdog timer
// poniendo a 0 el bit SWDTEN del registro RCON
_FWDT(FWDTEN_OFF);
// 1. Esperar 128 ms y resetear el microcontrolador al enchufar la alimentacion
// 2. Controlar los pines de PWM desde el registro PORT al arrancar
// 3. Los pines PWM high estan activos a nivel alto
// 4. Los pines PWM low estan activos a nivel alto
// 5. Utilizar los pines estandar (SDA1 y SCL1) para el I2C
```

```

_FPOR(FPWRT_PWR128 & PWMPIN_ON & HPOL_ON & LPOL_ON & ALTI2C_OFF);
// 1. Programar y depurar a traves de los pines PGc1 y PGD1
// 2. Desactivar el interfaz para JTAG
_FICD(ICS_PGD1 & JTAGEN_OFF);
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//SENSORES/////
//RB11 - A - RB3
//RB14 - B - RA0
//RB12 - C - RA1
////////////////////////////////////////////////////////////////
//ENTRADA/////
//RB2 - POTENCIOMETRO
//SALIDAS/////
//RB13 - vib1
//RB15 - vib2
/*
 * get sensor [10 - 300]
 *
 * dc [0 - 25]
 */
int map(int input){
    double slope, output;
    int input_start, input_end, output_start, output_end;
    input_start = MIN_VALUE;
    input_end = MAX_VALUE;
    output_start = 25;
    output_end = 0;
    slope = 1.0 * (output_end - output_start) / (input_end - input_start);
    output = output_start + slope * (input - input_start);
    return (int)output;
}
int main(void){
    unsigned int potenciometro;
    int dist[2]; //distancias en microsegundos
    int pwm_dc[2];
    init_sensors();
    init_tmr();
    init_pwm(PWM_FREQ);
    init_ad();
    int i;
    while(1){
        potenciometro = get_ad();
        set_dc_pwm(1,0); //parar las conmutaciones del pwm para que los sensores funcionen
        set_dc_pwm(2,0);
        for(i = 0; i < 2; i++){
            dist[i] = rollingAverage(get_sensor(i+1),i+1);

            pwm_dc[i] = map(dist[i]);
            if(pwm_dc[i] < 0)
                pwm_dc[i] = 0;
            wait(2);
        }

        set_dc_pwm(1, (int)pwm_dc[0]*potenciometro/0x3FF);
        set_dc_pwm(2, (int)pwm_dc[1]*potenciometro/0x3FF);
        for(i = 0; i<1000;i++){
            wait(10000);}
    }
    return 0;
}

```

### 1.3. tmr.h

```

#include "p33FJ32MC202.h"
// -----
// ----- DRIVER TIMER -----
// -----
#ifndef TMR_H
#define TMR_H
// -----
// ----- PROTOTIPOS DE LAS FUNCIONES PUBLICAS -----
// -----

```

```

void init_tmr(void); //inicializa el timer.
void __attribute__((interrupt,no_auto_psv)) _T1Interrupt(void); //Interrupcion
void wait(unsigned int tiempo); //pausa programa
unsigned int micros(void);
#endif /* TMR_H */

```

## 1.4. tmr.c

```

#include "tmr.h"
//static unsigned int miliseg = 0; //cuenta de los milisegundos
static unsigned int microseg = 0;
// -----
// ----- FUNCIONES -----
// -----
/* Nombre: init_tmr
 * Descripcion: Inicializa el timer a lms
 * Argumentos: Ninguno
 * Valor devuelto: Ninguno
 */
void init_tmr(void){
    TMR1 = 0; //cuenta a 0
    PR1 = 40; // contar hasta 40-- la interrupcion salta cada microsegundo
    IEC0bits.T1IE = 1; //activar interrupciones
    IFS0bits.T1IF = 0; //bit de interrupcion de fin de cuenta
    T1CON = 0X8000; // preescalado 0 y activado
}
/* Nombre: _T1Interrupt
 * Descripcion: Interrupcion del timer
 * Argumentos: Ninguno
 * Valor devuelto: Ninguno
 */
void __attribute__((interrupt,no_auto_psv)) _T1Interrupt(void){
    IFS0bits.T1IF = 0;
    microseg++;
    if(microseg >= 10000)
        microseg = 0;
}
/* Nombre: espera
 * Descripcion: pausa el programa el tiempo indicado
 * Argumentos: tiempo en microsegundos max 10000microseg
 * Valor devuelto: Ninguno
 */
void wait(unsigned int tiempo){
    unsigned int cuenta;
    cuenta = microseg + tiempo;
    if(cuenta >= 10000)
        cuenta -= 10000;
    while(microseg < cuenta);
}
/* Nombre: milis
 * Descripcion: devuelve el valor de microseg
 * Argumentos: tNinguno
 * Valor devuelto: microseg
 */
unsigned int micros(void){
    return microseg;
}

```

## 1.5. adc.h

```

// -----
// ----- DRIVER CONVERSOR ANALOGICO-DIGITAL -----
// -----
#include "p33FJ32MC202.h"
#ifdef ADC_H
#define ADC_H

// -----
// ----- PROTOTIPOS DE LAS FUNCIONES PUBLICAS -----
// -----

```

```

void init_ad(void); //inicializa el conversor AN4
void __attribute__((__interrupt__, no_auto_psv)) _ADC1Interrupt(void); //interrupcion
unsigned int get_ad(void); //devuelve el valor del AN4

#endif /* ADC_H */

```

## 1.6. adc.c

```

#include "adc.h"

//pin analogico AN4 que corresponde a RB2
static unsigned int valor = 0;
//int m_vi_valores[6], m_n_pines;
//void init_ad(int pines, int n_pines){

// -----
// ----- FUNCIONES -----
// -----

/* Nombre: init_ad
 * Descripcion: Inicializa el conversor analogico digital en el pin AN4/RB2
 * Argumentos: Ninguno
 * Valor devuelto: Ninguno
 */
void init_ad(void){ //AD1CHS0 CH0SA??
    TRISBbits.TRISB2 = 1; //RB2 como input
    AD1PCFGLbits.PCFG4 = 0; //AN4 como analogico
    AD1CSSLbits.CSS4 = 1; //AN4 canal seleccionado para escaneo
    AD1CON3bits.SAMC = 1; //1 ciclo de adquisicion antes de la conversion
    AD1CON3bits.ADCS = 5; //preescalado del reloj del conversor 500ksps
    AD1CON2bits.CSCNA = 1; //barrido pines en ADCSSL
    AD1CON2bits.CHPS = 0; //canal de conversion 0
    AD1CON2bits.SMPI = 1; //# conversiones hasta que salta interrupcion
    AD1CON1bits.ADON = 1; //activa el periferico
    AD1CON1bits.SSRC = 0x7; //la conversion empieza samp muestreos despues
    AD1CON1bits.ASAM = 1; //cuando termina conversion vuelve a empezar
    IFS0bits.AD1IF = 0; //bandera interrupcion
    IEC0bits.AD1IE = 1; //activar interrupciones ad
    IPC3bits.AD1IP = 1; //prioridad 1-7
    // m_n_pines = n_pines;
    // AD1PCFGL = ~pines;
    // AD1CSSL = pines;
    // AD1CON3 = 0x0105; //SAMC = 1, ADCS = 5 -> 1 ciclo muestreo
    // AD1CON2 = 0x0400 | (n_pines << 2); //CSCNA, SMPI escaneo
    // AD1CON1 = 0x80E4; //ADON, SSRC=111, ASAM=1
}
/* Nombre:
 * Descripcion: Interrupcion del conversor analogico digital
 * Argumentos: Ninguno
 * Valor devuelto: Ninguno. El resultado de la conversion lo escribe en int valor
 */
void __attribute__((__interrupt__, no_auto_psv)) _ADC1Interrupt(void){
    IFS0bits.AD1IF = 0; //bandera interrupcion a 0
    // int *pBuf = 0x300; //direccion del registro ADC1BUF0
    valor = ADC1BUF0;
}
/* Nombre: get_ad
 * Descripcion: Devuelve el valor almacenado en int valor de la ultima conversion
 * Argumentos: Ninguno
 * Valor devuelto: valor de la conversion
 */
unsigned int get_ad(void){
    return valor;
}

```

## 1.7. pwm.h

```

// -----

```

```
// ----- DRIVER MODULO PWM -----
// -----
#include "p33FJ32MC202.h"
#include "config.h"
#ifndef PWM_H
#define PWM_H

// -----
// ----- PROTOTIPOS DE LAS FUNCIONES PUBLICAS -----
// -----

void init_pwm(unsigned int frec); //inicializa el modulo PWM a la frecuencia dada.
void set_dc_pwm(unsigned int vib, unsigned int dc); //cambia el valor del ciclo de trabajo del
vibrador indicado
void vib(unsigned int d1, unsigned int d2, unsigned int d3);

#endif /* PWM_H */
```

## 1.8. pwm.c

```
#include "pwm.h"
/*
 * VIB1 --> CABLES BLANCO Y ROJO
 * VIB2 --> CABLES VERDE Y ROJO
 */
// -----
// ----- FUNCIONES -----
// -----
/* Nombre: init_pwm
 * Descripcion: Inicializa el modulo PWM en los pines PWM1L1 y PWM1L2
 * Argumentos: int Frecuencia en Hz
 * Valor devuelto: Ninguno
 */
void init_pwm(unsigned int frec){
    TRISBbits.TRISB13 = 0;
    TRISBbits.TRISB15 = 0;
    int preesc = FCY/frec/0x7FFF;
    if(preesc < 1) preesc = 0; // configura el preescalado del timer
    else if(preesc < 4) preesc = 1;
    else if(preesc < 16) preesc = 2;
    else preesc = 3;
    PTPER = FCY/frec/(1 << (preesc*2));
    PWMCON1bits.PMOD1 = 1; // independencia de PWM1L1 PWM1H1
    PWMCON1bits.PMOD2 = 1; // lo mismo para PWM1L2
    PWMCON1bits.PEN1L = 1; // hace que PWM1L1 sea controlado por el modulo PWM
    PWMCON1bits.PEN2L = 1; // lo mismo para PWM1L2
    PTCON = 0x8000 | (preesc << 2); //habilita el modulo y configura el preescalado
}
/* Nombre: set_dc_pwm
 * Descripcion: Configura el valor del ciclo de trabajo del modulo PWM para cada senal
 * Argumentos: int vib -- vibrador a controlar sera 1->(PWM1L2) o 2->(PWM1L1)
 * int dc -- ciclo de trabajo en %
 * Valor devuelto: Ninguno
 */
void set_dc_pwm(unsigned int vib, unsigned int dc){
    //dc =(int)(dc * 25.0 / 100.0);
    if(dc > 25)//Tension max de los vibradores 3V -> 12V*25%
        dc = 25;
    if(vib == 1)
        P1DC2 = dc*(2*PTPER/100);
    else if(vib == 2)
        P1DC1 = dc*(2*PTPER/100);

    // int* pdc = 0x1D6;
    // *(pdc+pin) = dc*(2*PTPER/100);
}
void vib(unsigned int d1, unsigned int d2, unsigned int d3){
    //set_dc_pwm duty cycle entre 0 y 100
    //distancia entre 0x03E8 y 0x0BBE
    // unsigned int dcl;
    // dcl = (int)(100 - 100*(float)(d1-d_min)/(d_max-d_min));
```

```
// set_dc_pwm(1,dc1);
return;
}
```

## 1.9. sensors.h

```
#include "p33FJ32MC202.h"
#include "tmr.h"
// -----
// ----- DRIVER SENSORES-----
// -----
#ifndef SENSORES_H
#define SENSORES_H
// -----
// ----- PROTOTIPOS DE LAS FUNCIONES PUBLICAS -----
// -----
/*
void init_tmr(void); //inicializa el timer.
void __attribute__((interrupt,no_auto_psv)) _T1Interrupt(void); //Interrupcion
void espera(unsigned int tiempo); //pausa programa
*/
void init_sensors(void);
unsigned int get_sensor(unsigned int sensor);
int rollingAverage(int newValue,unsigned int sensor);
#endif
```

## 1.10. sensors.c

```
#include "sensors.h"
#include "values.h"

/////SENSORES/////
// OUT IN
// RB11 - A/1 - RB3 cable amarillo
// RB14 - B/2 - RA0 cable verde
// RB12 - C/3 - RA1 cable azul
//MAX 220
//MIN 10
void init_sensors(void){
    TRISB = 0xFFFF; //pines que no se usan como entrada
    TRISA = 0xFFFF;
    TRISBbits.TRISB11 = 0; //pines activacion de los sensores como salida
    TRISBbits.TRISB14 = 0;
    TRISBbits.TRISB12 = 0;
    AD1PCFGLbits.PCFG0 = 1; //RA0 digital
    AD1PCFGLbits.PCFG1 = 1; //RA1 digital
    AD1PCFGLbits.PCFG5 = 1; //RB3 digital
    int i, j;
    for(i = 1; i <= 3; i++){
        for(j = 0; j <= MA_PERIOD; j++){
            rollingAverage((MAX_VALUE * 2)-1, i);
        }
    }
}
/* Nombre: get_sensor
 * Descripcion: activa un sensor y devuelve el tiempo que mide
 * Argumentos: numero del sensor (1|2|3)
 * Valor devuelto: tiempo
 */
unsigned int get_sensor(unsigned int sensor){
    //LAS SEÑALES DE ACTIVACION TIENEN QUE ESTAR INVERTIDAS
    unsigned int t_measure_init; //tiempo en el que se inicia la medida
    unsigned int t_measure_end; //tiempo en el que finaliza la medida
    unsigned int t_measured;
    unsigned int t_timeout;
    if(sensor == 1){ //LATB11 y RB3
        LATBbits.LATB11 = 1;
        wait(T_SIGNAL);
        LATBbits.LATB11 = 0;
        wait(T_SIGNAL);
    }
}
```

```

LATBbits.LATB11 = 1;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB11 = 0;
wait(T_PEAK);
t_timeout = 0;
while((PORTBbits.RB3 == 0) && (t_timeout <= MAX_VALUE)){//espera flanco subida
    wait(1);
    t_timeout++;
}
t_measure_init = micros();
t_timeout = 0;
while((PORTBbits.RB3 == 1) && (t_timeout <= MAX_VALUE)){//espera flanco bajada
    wait(1);
    t_timeout++;
}
t_measure_end = micros();
LATBbits.LATB11 = 1;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB11 = 0;
}else if(sensor == 2){//LATB14 y RA0
LATBbits.LATB14 = 1;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB14 = 0;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB14 = 1;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB14 = 0;
wait(T_PEAK);
t_timeout = 0;
while((PORTAbits.RA0 == 0) && (t_timeout <= MAX_VALUE)){//espera flanco subida
    wait(1);
    t_timeout++;
}
t_measure_init = micros();
t_timeout = 0;
while((PORTAbits.RA0 == 1) && (t_timeout <= MAX_VALUE)){//espera flanco bajada
    wait(1);
    t_timeout++;
}
t_measure_end = micros();
wait(T_SIGNAL/2);
LATBbits.LATB14 = 1;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB14 = 0;
}else if(sensor == 3){//LATB12 y RA1
LATBbits.LATB12 = 1;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB12 = 0;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB12 = 1;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB12 = 0;
wait(T_PEAK);
t_timeout = 0;
while((PORTAbits.RA1 == 0) && (t_timeout <= MAX_VALUE)){//espera flanco subida
    wait(1);
    t_timeout++;
}
t_measure_init = micros();
t_timeout = 0;
while((PORTAbits.RA1 == 1) && (t_timeout <= MAX_VALUE)){//espera flanco bajada
    wait(1);
    t_timeout++;
}
t_measure_end = micros();
LATBbits.LATB12 = 1;
wait(T_SIGNAL);
LATBbits.LATB12 = 0;
}
if(t_measure_end < t_measure_init)
    t_measure_end += 10000;
t_measured = t_measure_end - t_measure_init;

return t_measured;
}

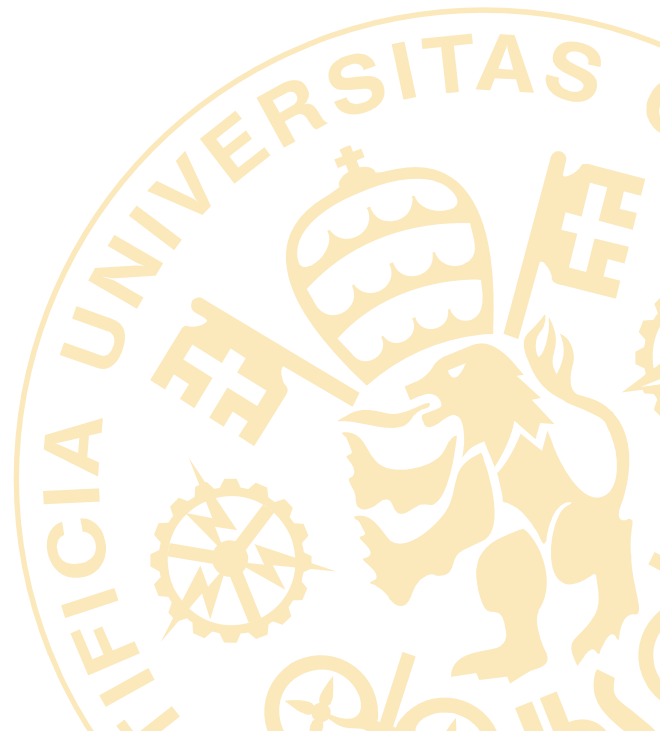
```

```
int rollingAverage(int newValue, unsigned int sensor)
{
    static int values[2][MA_PERIOD];
    static int nextPosition[2];
    static int sum[2];
    if(newValue <= MIN_VALUE || newValue >= MAX_VALUE * 2)
        return sum[sensor-1]/MA_PERIOD;
    sum[sensor-1] -= values[sensor-1][nextPosition[sensor-1]];
    sum[sensor-1] += newValue;
    values[sensor-1][nextPosition[sensor-1]] = newValue;
    nextPosition[sensor-1]++;
    if(nextPosition[sensor-1] >= MA_PERIOD)
        nextPosition[sensor-1] = 0;
    return sum[sensor-1]/MA_PERIOD;
}
```

**PARTE V**



**HOJAS DE  
CARACTERÍSTICAS**





# **Microcontrolador dsPIC33FJ32MC202**





# dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304

## 16-bit Digital Signal Controllers (up to 32 KB Flash and 2 KB SRAM) with Motor Control and Advanced Analog

### Operating Conditions

- 3.0V to 3.6V, -40°C to +150°C, DC to 20 MIPS
- 3.0V to 3.6V, -40°C to +125°C, DC to 40 MIPS

### Core: 16-bit dsPIC33F CPU

- Code-efficient (C and Assembly) architecture
- Two 40-bit wide accumulators
- Single-cycle (MAC/MPY) with dual data fetch
- Single-cycle mixed-sign MUL plus hardware divide

### Clock Management

- 2% internal oscillator
- Programmable PLLs and oscillator clock sources
- Fail-Safe Clock Monitor (FSCM)
- Independent Watchdog Timer (WDT)
- Fast wake-up and start-up

### Power Management

- Low-power management modes (Sleep, Idle, Doze)
- Integrated Power-on Reset and Brown-out Reset
- 1.35 mA/MHz dynamic current (typical)
- 55 µA IPD current (typical)

### High-Speed PWM

- Up to four PWM pairs with independent timing
- Dead time for rising and falling edges
- 12.5 ns PWM resolution
- PWM support for:
  - DC/DC, AC/DC, Inverters, PFC, Lighting
  - BLDC, PMSM, ACIM, SRM
- Programmable Fault inputs
- Flexible trigger configurations for ADC conversions

### Advanced Analog Features

- ADC module:
  - Configurable as 10-bit, 1.1 Msps with four S&H or 12-bit, 500 ksps with one S&H

- Six analog inputs on 28-pin devices and up to nine analog inputs on 44-pin devices
- Flexible and independent ADC trigger sources

### Timers/Output Compare/Input Capture

- Three 16-bit timers/counters. Can pair up two to make one 32-bit.
- Two Output Capture modules configurable as timers/counters
- Four Input Capture modules
- Peripheral Pin Select (PPS) to allow function remap

### Communication Interfaces

- One UART module (10 Mbps)
- With support for LIN 2.0 protocols and IrDA®
- One 4-wire SPI module (15 Mbps)
- One I<sup>2</sup>C™ module (up to 1 Mbaud) with SMBus support
- PPS to allow function remap

### Input/Output

- Sink/Source up to 10 mA (pin specific) for standard VOH/VOL, up to 16 mA (pin specific) for non-standard VOH1
- 5V-tolerant pins
- Selectable open drain, pull-ups, and pull-downs
- Up to 5 mA overvoltage clamp current
- External interrupts on all I/O pins

### Qualification and Class B Support

- AEC-Q100 REVG (Grade 0 -40°C to +150°C)
- Class B Safety Library, IEC 60730

### Debugger Development Support

- In-circuit and in-application programming
- Two program and two complex data breakpoints
- IEEE 1149.2-compatible (JTAG) boundary scan
- Trace and run-time watch

### Packages

Type	SPDIP	SOIC	SSOP	QFN-S	QFN	TQFP
Pin Count	28	28	28	28	44	44
Contact Lead/Pitch	.100"	1.27	0.65	0.65	0.65	0.80
I/O Pins	21	21	21	21	35	35
Dimensions	1.365x.285x.135"	17.9xx7.50x2.05	10.2x5.3x1.75	6x6x0.9	8x8x0.9	10x10x1

Note: All dimensions are in millimeters (mm) unless specified.

# dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304

## dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304 Product Families

The device names, pin counts, memory sizes and peripheral availability of each device are listed below. The following pages show their pinout diagrams.

**TABLE 1: dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304 CONTROLLER FAMILIES**

Device	Pins	Program Flash Memory (Kbyte)	RAM (Kbyte)	Remappable Peripherals									10-Bit/12-Bit ADC	I <sup>2</sup> C™	I/O Pins	Packages
				Remappable Pins	16-bit Timer	Input Capture	Output Compare Standard PWM	Motor Control PWM	Quadrature Encoder Interface	UART	External Interrupts <sup>(3)</sup>	SPI				
dsPIC33FJ32MC202	28	32	2	16	3 <sup>(1)</sup>	4	2	6ch <sup>(2)</sup> 2ch <sup>(2)</sup>	1	1	3	1	1ADC, 6 ch	1	21	SPDIP SOIC SSOP QFN-S
dsPIC33FJ32MC204	44	32	2	26	3 <sup>(1)</sup>	4	2	6ch <sup>(2)</sup> 2ch <sup>(2)</sup>	1	1	3	1	1ADC, 9 ch	1	35	QFN TQFP
dsPIC33FJ16MC304	44	16	2	26	3 <sup>(1)</sup>	4	2	6ch <sup>(2)</sup> 2ch <sup>(2)</sup>	1	1	3	1	1ADC, 9 ch	1	35	QFN TQFP

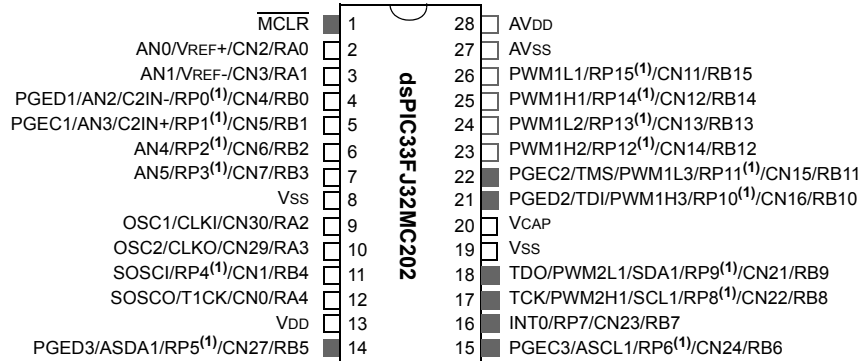
- Note 1:** Only two out of three timers are remappable.  
**Note 2:** Only PWM fault inputs are remappable.  
**Note 3:** Only two out of three interrupts are remappable.

# dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304

## Pin Diagrams

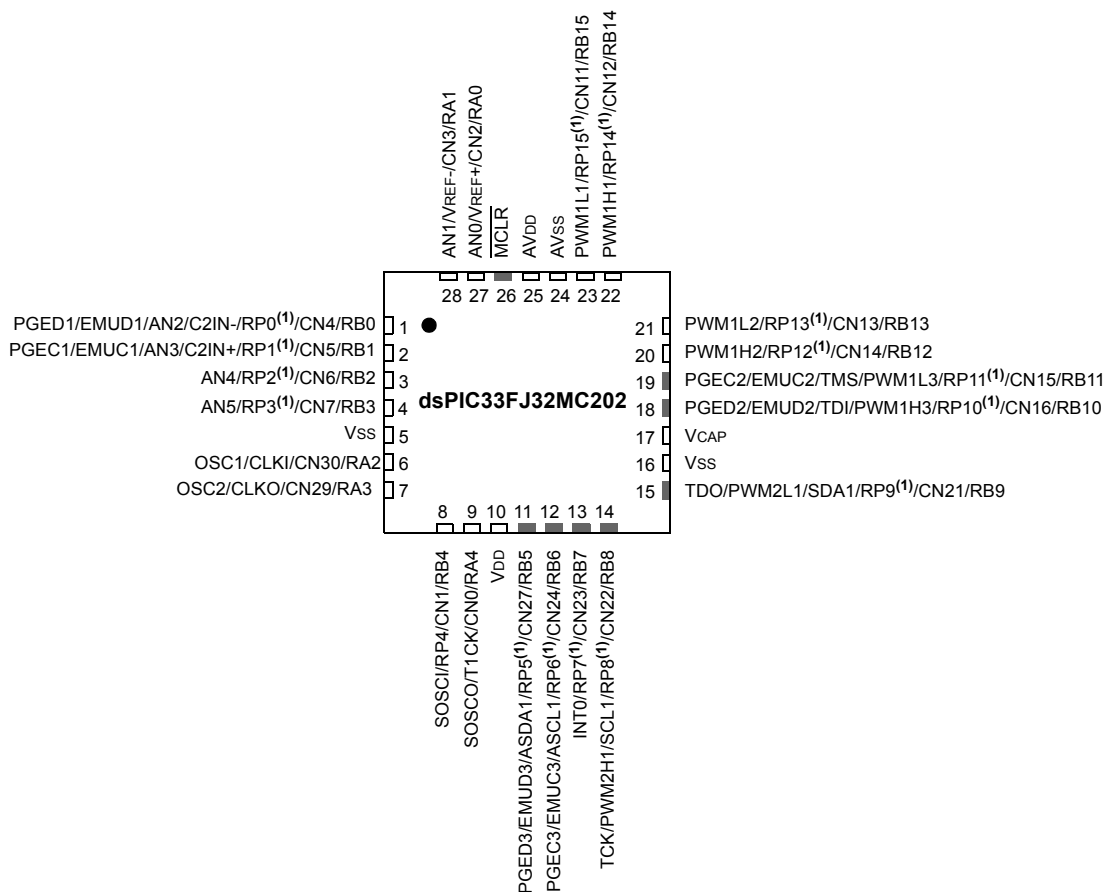
### 28-PIN SPDIP, SOIC, SSOP

■ = Pins are up to 5V tolerant



### 28-Pin QFN-S<sup>(2)</sup>

■ = Pins are up to 5V tolerant



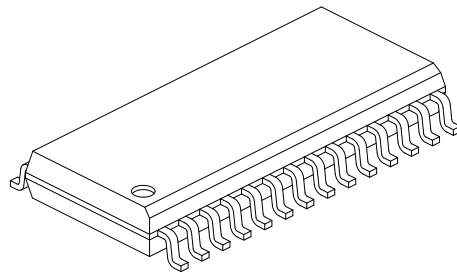
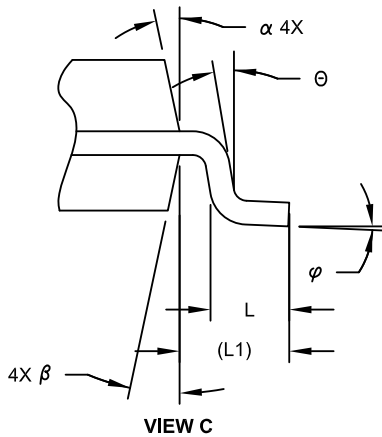
**Note 1:** The RPN pins can be used by any remappable peripheral. See [Table 1](#) for the list of available peripherals.

**2:** The metal plane at the bottom of the device is not connected to any pins and is recommended to be connected to VSS externally.

# dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304

## 28-Lead Plastic Small Outline (SO) - Wide, 7.50 mm Body [SOIC]

**Note:** For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packageing>



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	28		
Pitch	e	1.27 BSC		
Overall Height	A	-	-	2.65
Molded Package Thickness	A2	2.05	-	-
Standoff §	A1	0.10	-	0.30
Overall Width	E	10.30 BSC		
Molded Package Width	E1	7.50 BSC		
Overall Length	D	17.90 BSC		
Chamfer (Optional)	h	0.25	-	0.75
Foot Length	L	0.40	-	1.27
Footprint	L1	1.40 REF		
Lead Angle	θ	0°	-	-
Foot Angle	φ	0°	-	8°
Lead Thickness	c	0.18	-	0.33
Lead Width	b	0.31	-	0.51
Mold Draft Angle Top	α	5°	-	15°
Mold Draft Angle Bottom	β	5°	-	15°

**Notes:**

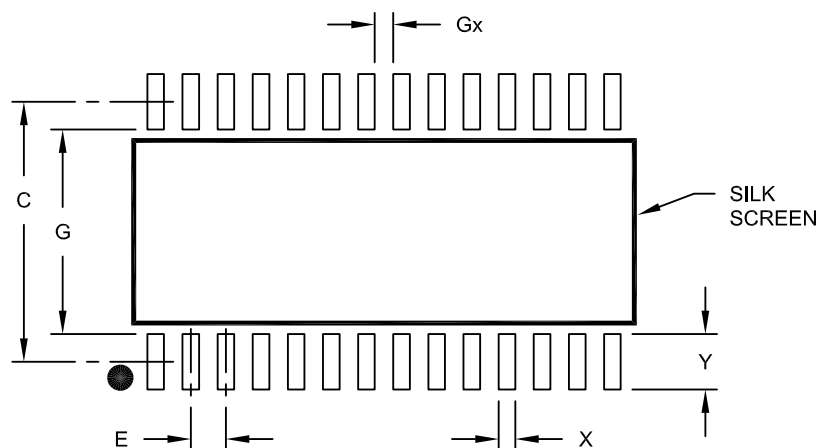
- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- § Significant Characteristic
- Dimension D does not include mold flash, protrusions or gate burrs, which shall not exceed 0.15 mm per end. Dimension E1 does not include interlead flash or protrusion, which shall not exceed 0.25 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M  
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.  
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.
- Datums A & B to be determined at Datum H.

Microchip Technology Drawing C04-052C Sheet 2 of 2

# dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304

28-Lead Plastic Small Outline (SO) - Wide, 7.50 mm Body [SOIC]

**Note:** For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



## RECOMMENDED LAND PATTERN

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	1.27 BSC		
Contact Pad Spacing	C		9.40	
Contact Pad Width (X28)	X			0.60
Contact Pad Length (X28)	Y			2.00
Distance Between Pads	Gx	0.67		
Distance Between Pads	G	7.40		

**Notes:**

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2052A

# **Transistor(BRT) DTC114E**



# MUN2211, MMUN2211L, MUN5211, DTC114EE, DTC114EM3, NSBC114EF3

## Digital Transistors (BRT) R1 = 10 kΩ, R2 = 10 kΩ

### NPN Transistors with Monolithic Bias Resistor Network

This series of digital transistors is designed to replace a single device and its external resistor bias network. The Bias Resistor Transistor (BRT) contains a single transistor with a monolithic bias network consisting of two resistors; a series base resistor and a base-emitter resistor. The BRT eliminates these individual components by integrating them into a single device. The use of a BRT can reduce both system cost and board space.

#### Features

- Simplifies Circuit Design
- Reduces Board Space
- Reduces Component Count
- S and NSV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q101 Qualified and PPAP Capable
- These Devices are Pb-Free, Halogen Free/BFR Free and are RoHS Compliant

#### MAXIMUM RATINGS (T<sub>A</sub> = 25°C)

Rating	Symbol	Max	Unit
Collector-Base Voltage	V <sub>CB0</sub>	50	Vdc
Collector-Emitter Voltage	V <sub>CEO</sub>	50	Vdc
Collector Current - Continuous	I <sub>C</sub>	100	mAdc
Input Forward Voltage	V <sub>IN(fwd)</sub>	40	Vdc
Input Reverse Voltage	V <sub>IN(rev)</sub>	10	Vdc

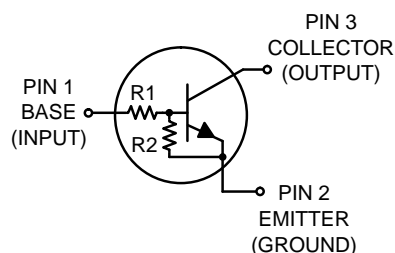
Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.



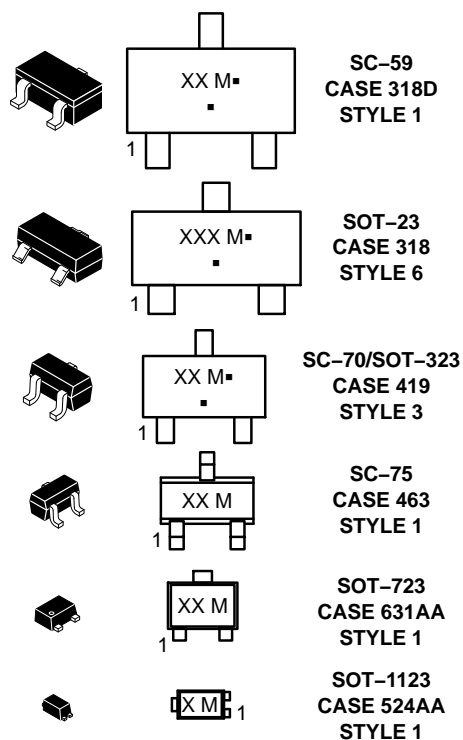
ON Semiconductor®

[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

#### PIN CONNECTIONS



#### MARKING DIAGRAMS



XXX = Specific Device Code  
M = Date Code\*  
▪ = Pb-Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

\*Date Code orientation may vary depending upon manufacturing location.

#### ORDERING INFORMATION

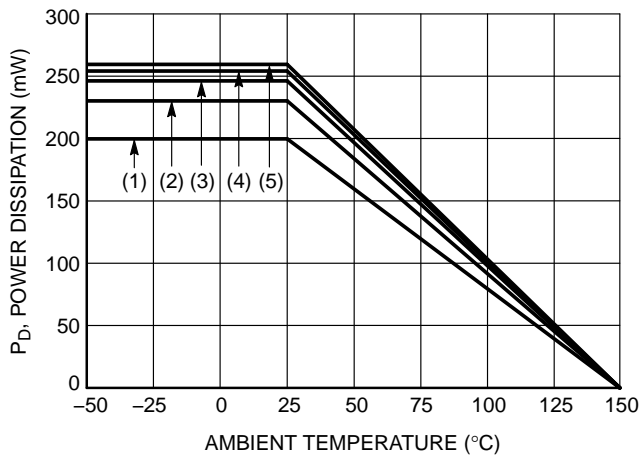
See detailed ordering, marking, and shipping information in the package dimensions section on page 2 of this data sheet.

# MUN2211, MMUN2211L, MUN5211, DTC114EE, DTC114EM3, NSBC114EF3

**Table 1. ORDERING INFORMATION**

Device	Part Marking	Package	Shipping†
MUN2211T1G, SMUN2211T1G	8A	SC-59 (Pb-Free)	3000 / Tape & Reel
MUN2211T3G, SMUN2211T3G	8A	SC-59 (Pb-Free)	10000 / Tape & Reel
MMUN2211LT1G, SMMUN2211LT1G	A8A	SOT-23 (Pb-Free)	3000 / Tape & Reel
MMUN2211LT3G, SMMUN2211LT3G	A8A	SOT-23 (Pb-Free)	10000 / Tape & Reel
MUN5211T1G, SMUN5211T1G	8A	SC-70/SOT-323 (Pb-Free)	3000 / Tape & Reel
SMUN5211T3G	8A	SC-70/SOT-323 (Pb-Free)	10000 / Tape & Reel
DTC114EET1G, SDTC114EET1G	8A	SC-75 (Pb-Free)	3000 / Tape & Reel
DTC114EM3T5G	8A	SOT-723 (Pb-Free)	8000 / Tape & Reel
NSBC114EF3T5G	A	SOT-1123 (Pb-Free)	8000 / Tape & Reel

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.



- (1) SC-75 and SC-70/SOT323; Minimum Pad
- (2) SC-59; Minimum Pad
- (3) SOT-23; Minimum Pad
- (4) SOT-1123; 100 mm<sup>2</sup>, 1 oz. copper trace
- (5) SOT-723; Minimum Pad

**Figure 1. Derating Curve**

# MUN2211, MMUN2211L, MUN5211, DTC114EE, DTC114EM3, NSBC114EF3

**Table 2. THERMAL CHARACTERISTICS**

Characteristic	Symbol	Max	Unit
<b>THERMAL CHARACTERISTICS (SC-59) (MUN2211)</b>			
Total Device Dissipation $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2) Derate above $25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2)	$P_D$	230 338 1.8 2.7	mW mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 1) (Note 2)	$R_{\theta JA}$	540 370	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Lead (Note 1) (Note 2)	$R_{\theta JL}$	264 287	°C/W
Junction and Storage Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	°C

<b>THERMAL CHARACTERISTICS (SOT-23) (MMUN2211L)</b>			
Total Device Dissipation $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2) Derate above $25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2)	$P_D$	246 400 2.0 3.2	mW mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 1) (Note 2)	$R_{\theta JA}$	508 311	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Lead (Note 1) (Note 2)	$R_{\theta JL}$	174 208	°C/W
Junction and Storage Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	°C

<b>THERMAL CHARACTERISTICS (SC-70/SOT-323) (MUN5211)</b>			
Total Device Dissipation $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2) Derate above $25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2)	$P_D$	202 310 1.6 2.5	mW mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 1) (Note 2)	$R_{\theta JA}$	618 403	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Lead (Note 1) (Note 2)	$R_{\theta JL}$	280 332	°C/W
Junction and Storage Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	°C

<b>THERMAL CHARACTERISTICS (SC-75) (DTC114EE)</b>			
Total Device Dissipation $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2) Derate above $25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2)	$P_D$	200 300 1.6 2.4	mW mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 1) (Note 2)	$R_{\theta JA}$	600 400	°C/W
Junction and Storage Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	°C

<b>THERMAL CHARACTERISTICS (SOT-723) (DTC114EM3)</b>			
Total Device Dissipation $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2) Derate above $25^\circ\text{C}$ (Note 1) (Note 2)	$P_D$	260 600 2.0 4.8	mW mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 1) (Note 2)	$R_{\theta JA}$	480 205	°C/W
Junction and Storage Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	°C

1. FR-4 @ Minimum Pad.
2. FR-4 @ 1.0 x 1.0 Inch Pad.
3. FR-4 @ 100 mm<sup>2</sup>, 1 oz. copper traces, still air.
4. FR-4 @ 500 mm<sup>2</sup>, 1 oz. copper traces, still air.

# MUN2211, MMUN2211L, MUN5211, DTC114EE, DTC114EM3, NSBC114EF3

**Table 2. THERMAL CHARACTERISTICS**

Characteristic	Symbol	Max	Unit
<b>THERMAL CHARACTERISTICS (SOT-1123) (NSBC114EF3)</b>			
Total Device Dissipation $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 3) (Note 4) Derate above $25^\circ\text{C}$ (Note 3) (Note 4)	$P_D$	254 297 2.0 2.4	mW  mW/ $^\circ\text{C}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 3) (Note 4)	$R_{\theta JA}$	493 421	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Lead (Note 3)	$R_{\theta JL}$	193	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Junction and Storage Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

1. FR-4 @ Minimum Pad.
2. FR-4 @ 1.0 x 1.0 Inch Pad.
3. FR-4 @ 100 mm<sup>2</sup>, 1 oz. copper traces, still air.
4. FR-4 @ 500 mm<sup>2</sup>, 1 oz. copper traces, still air.

**Table 3. ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>					
Collector-Base Cutoff Current ( $V_{CB} = 50\text{ V}, I_E = 0$ )	$I_{CBO}$	-	-	100	nAdc
Collector-Emitter Cutoff Current ( $V_{CE} = 50\text{ V}, I_B = 0$ )	$I_{CEO}$	-	-	500	nAdc
Emitter-Base Cutoff Current ( $V_{EB} = 6.0\text{ V}, I_C = 0$ )	$I_{EBO}$	-	-	0.5	mAdc
Collector-Base Breakdown Voltage ( $I_C = 10\ \mu\text{A}, I_E = 0$ )	$V_{(BR)CBO}$	50	-	-	Vdc
Collector-Emitter Breakdown Voltage (Note 5) ( $I_C = 2.0\text{ mA}, I_B = 0$ )	$V_{(BR)CEO}$	50	-	-	Vdc
<b>ON CHARACTERISTICS</b>					
DC Current Gain (Note 5) ( $I_C = 5.0\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$ )	$h_{FE}$	35	60	-	
Collector-Emitter Saturation Voltage (Note 5) ( $I_C = 10\text{ mA}, I_B = 0.3\text{ mA}$ )	$V_{CE(sat)}$	-	-	0.25	Vdc
Input Voltage (off) ( $V_{CE} = 5.0\text{ V}, I_C = 100\ \mu\text{A}$ )	$V_{i(off)}$	-	1.2	0.8	Vdc
Input Voltage (on) ( $V_{CE} = 0.3\text{ V}, I_C = 10\text{ mA}$ )	$V_{i(on)}$	2.5	1.8	-	Vdc
Output Voltage (on) ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}, V_B = 2.5\text{ V}, R_L = 1.0\text{ k}\Omega$ )	$V_{OL}$	-	-	0.2	Vdc
Output Voltage (off) ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}, V_B = 0.5\text{ V}, R_L = 1.0\text{ k}\Omega$ )	$V_{OH}$	4.9	-	-	Vdc
Input Resistor	R1	7.0	10	13	k $\Omega$
Resistor Ratio	$R_1/R_2$	0.8	1.0	1.2	

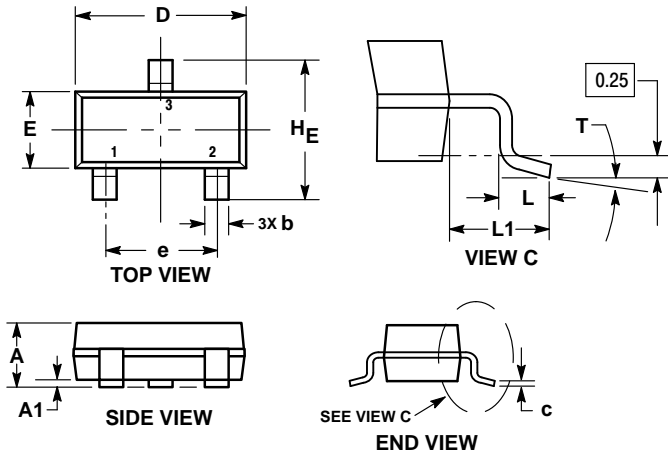
Product parametric performance is indicated in the Electrical Characteristics for the listed test conditions, unless otherwise noted. Product performance may not be indicated by the Electrical Characteristics if operated under different conditions.

5. Pulsed Condition: Pulse Width = 300  $\mu\text{sec}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$ .

# MUN2211, MMUN2211L, MUN5211, DTC114EE, DTC114EM3, NSBC114EF3

## PACKAGE DIMENSIONS

SOT-23 (TO-236)  
CASE 318-08  
ISSUE AS



**NOTES:**

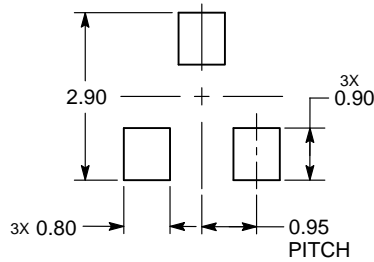
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS.
3. MAXIMUM LEAD THICKNESS INCLUDES LEAD FINISH. MINIMUM LEAD THICKNESS IS THE MINIMUM THICKNESS OF THE BASE MATERIAL.
4. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS, OR GATE BURRS.

DIM	MILLIMETERS			INCHES		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	0.89	1.00	1.11	0.035	0.039	0.044
A1	0.01	0.06	0.10	0.000	0.002	0.004
b	0.37	0.44	0.50	0.015	0.017	0.020
c	0.08	0.14	0.20	0.003	0.006	0.008
D	2.80	2.90	3.04	0.110	0.114	0.120
E	1.20	1.30	1.40	0.047	0.051	0.055
e	1.78	1.90	2.04	0.070	0.075	0.080
L	0.30	0.43	0.55	0.012	0.017	0.022
L1	0.35	0.54	0.69	0.014	0.021	0.027
HE	2.10	2.40	2.64	0.083	0.094	0.104
T	0°	—	10°	0°	—	10°

**STYLE 6:**

1. BASE
2. EMITTER
3. COLLECTOR

### RECOMMENDED SOLDERING FOOTPRINT\*



DIMENSIONS: MILLIMETERS

\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

# **Transistor Darlington MJD112**



# MJD112 (NPN), MJD117 (PNP)

## Complementary Darlington Power Transistors

### DPAK For Surface Mount Applications

Designed for general purpose power and switching such as output or driver stages in applications such as switching regulators, converters, and power amplifiers.

#### Features

- Lead Formed for Surface Mount Applications in Plastic Sleeves (No Suffix)
- Straight Lead Version in Plastic Sleeves (“-1” Suffix)
- Electrically Similar to Popular TIP31 and TIP32 Series
- NJV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q101 Qualified and PPAP Capable
- These Devices are Pb-Free and are RoHS Compliant\*



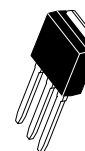
**ON Semiconductor®**

<http://onsemi.com>

**SILICON  
POWER TRANSISTORS  
2 AMPERES  
100 VOLTS, 20 WATTS**

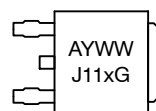


**DPAK  
CASE 369C**

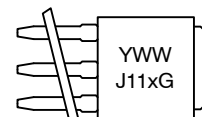


**DPAK-3  
CASE 369D**

#### MARKING DIAGRAMS



**DPAK**



**DPAK-3**

A = Assembly Location  
Y = Year  
WW = Work Week  
x = 2 or 7  
G = Pb-Free Package

#### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 8 of this data sheet.

\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

## MJD112 (NPN), MJD117 (PNP)

### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Max	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	100	Vdc
Collector-Base Voltage	$V_{CB}$	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	$V_{EB}$	5	Vdc
Collector Current Continuous Peak	$I_C$	2 4	Adc
Base Current	$I_B$	50	mAdc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	20 0.16	W W/ $^\circ\text{C}$
Total Power Dissipation (Note1) @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.75 0.014	W W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

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.

### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	6.25	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (Note 1)	$R_{\theta JA}$	71.4	$^\circ\text{C}/\text{W}$

1. These ratings are applicable when surface mounted on the minimum pad sizes recommended.

## MJD112 (NPN), MJD117 (PNP)

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>C</sub> = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>				
Collector-Emitter Sustaining Voltage (Note 2) (I <sub>C</sub> = 30 mA <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 0)	V <sub>CEO(sus)</sub>	100	–	V <sub>dc</sub>
Collector Cutoff Current (V <sub>CE</sub> = 50 V <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 0)	I <sub>CEO</sub>	–	20	μA <sub>dc</sub>
Collector Cutoff Current (V <sub>CB</sub> = 100 V <sub>dc</sub> , I <sub>E</sub> = 0)	I <sub>CBO</sub>	–	20	μA <sub>dc</sub>
Emitter Cutoff Current (V <sub>BE</sub> = 5 V <sub>dc</sub> , I <sub>C</sub> = 0)	I <sub>EBO</sub>	–	2	mA <sub>dc</sub>
Collector-Cutoff Current (V <sub>CB</sub> = 80 V <sub>dc</sub> , I <sub>E</sub> = 0)	I <sub>CBO</sub>	–	10	μA <sub>dc</sub>
Emitter-Cutoff Current (V <sub>BE</sub> = 5 V <sub>dc</sub> , I <sub>C</sub> = 0)	I <sub>EBO</sub>	–	2	mA <sub>dc</sub>

### ON CHARACTERISTICS

DC Current Gain (I <sub>C</sub> = 0.5 A <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 3 V <sub>dc</sub> ) (I <sub>C</sub> = 2 A <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 3 V <sub>dc</sub> ) (I <sub>C</sub> = 4 A <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 3 V <sub>dc</sub> )	h <sub>FE</sub>	500 1000 200	– 12,000 –	–
Collector-Emitter Saturation Voltage (I <sub>C</sub> = 2 A <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 8 mA <sub>dc</sub> ) (I <sub>C</sub> = 4 A <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 40 mA <sub>dc</sub> )	V <sub>CE(sat)</sub>	– –	2 3	V <sub>dc</sub>
Base-Emitter Saturation Voltage (I <sub>C</sub> = 4 A <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 40 mA <sub>dc</sub> )	V <sub>BE(sat)</sub>	–	4	V <sub>dc</sub>
Base-Emitter On Voltage (I <sub>C</sub> = 2 A <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 3 V <sub>dc</sub> )	V <sub>BE(on)</sub>	–	2.8	V <sub>dc</sub>

### DYNAMIC CHARACTERISTICS

Current-Gain – Bandwidth Product (I <sub>C</sub> = 0.75 A <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 10 V <sub>dc</sub> , f = 1 MHz)	f <sub>T</sub>	25	–	MHz
Output Capacitance (V <sub>CB</sub> = 10 V <sub>dc</sub> , I <sub>E</sub> = 0, f = 0.1 Mhz) MJD117, NJVMJD117T4G MJD112, NJVMJD112G, NJVMJD112T4G	C <sub>ob</sub>	– –	200 100	pF

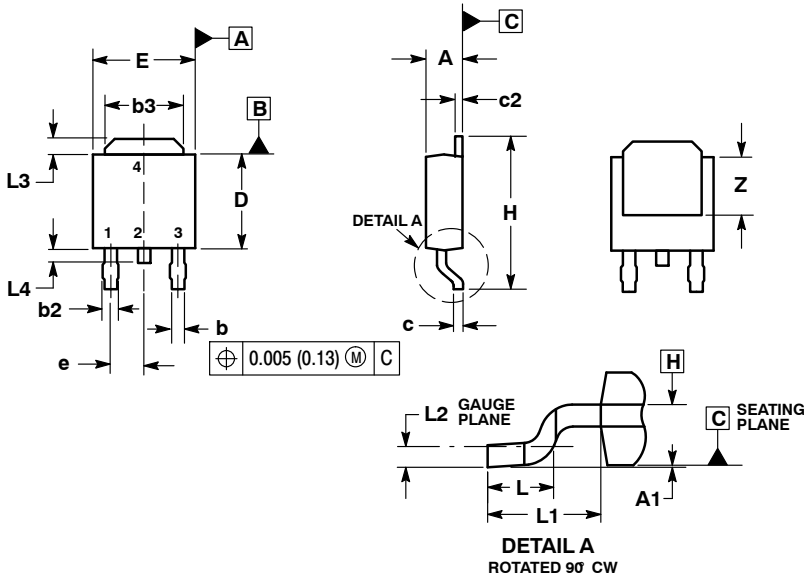
2. Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 μs, Duty Cycle ≤ 2%.

\*These ratings are applicable when surface mounted on the minimum pad sizes recommended.

# MJD112 (NPN), MJD117 (PNP)

## PACKAGE DIMENSIONS

### DPAK CASE 369C ISSUE D



NOTES:

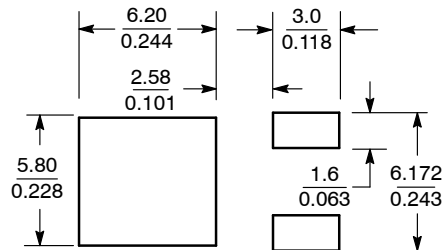
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCHES.
3. THERMAL PAD CONTOUR OPTIONAL WITHIN DIMENSIONS b3, L3 and Z.
4. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS, OR BURRS. MOLD FLASH, PROTRUSIONS, OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.006 INCHES PER SIDE.
5. DIMENSIONS D AND E ARE DETERMINED AT THE OUTERMOST EXTREMES OF THE PLASTIC BODY.
6. DATUMS A AND B ARE DETERMINED AT DATUM PLANE H.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.086	0.094	2.18	2.38
A1	0.000	0.005	0.00	0.13
b	0.025	0.035	0.63	0.89
b2	0.030	0.045	0.76	1.14
b3	0.180	0.215	4.57	5.46
c	0.018	0.024	0.46	0.61
c2	0.018	0.024	0.46	0.61
D	0.235	0.245	5.97	6.22
E	0.250	0.265	6.35	6.73
e	0.090	BSC	2.29	BSC
H	0.370	0.410	9.40	10.41
L	0.055	0.070	1.40	1.78
L1	0.108	REF	2.74	REF
L2	0.020	BSC	0.51	BSC
L3	0.035	0.050	0.89	1.27
L4	---	0.040	---	1.01
Z	0.155	---	3.93	---

STYLE 1:

1. BASE
2. COLLECTOR
3. EMITTER
4. COLLECTOR

### SOLDERING FOOTPRINT\*



SCALE 3:1  $\left(\frac{\text{mm}}{\text{inches}}\right)$

\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

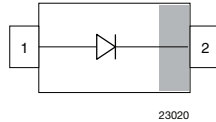
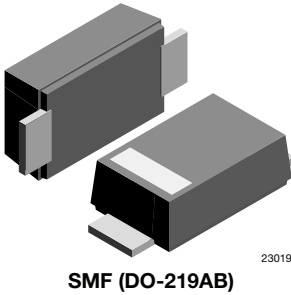
# Diodo RS07B





## Fast Rectifier Surface-Mount

### eSMP® Series



### FEATURES

- For surface mounted applications
- Low profile package
- Ideal for automated placement
- Glass passivated
- Meets MSL level 1, per J-STD-020, LF maximum peak of 260 °C
- Meets JESD 201 class 2 whisker test
- Wave and reflow solderable
- AEC-Q101 qualified
- Material categorization: for definitions of compliance please see [www.vishay.com/doc?99912](http://www.vishay.com/doc?99912)



**RoHS**  
COMPLIANT

### DESIGN SUPPORT TOOLS

[click logo to get started](#)



### MECHANICAL DATA

**Case:** SMF (DO-219AB)

**Polarity:** band denotes cathode end

**Weight:** approx. 15 mg

**Packaging codes / options:**

GS18/10K per 13" reel (8 mm tape)

GS08/3K per 7" reel (8 mm tape)

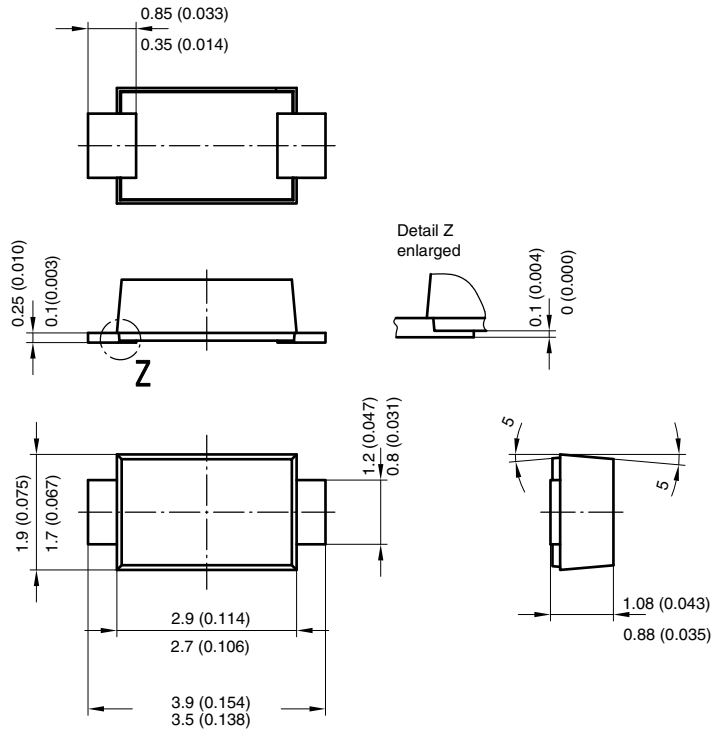
**Circuit configuration:** single

PARTS TABLE			
PART	ORDERING CODE	MARKING	REMARKS
RS07B	RS07B-GS18 or RS07B-GS08	RB	Tape and reel
RS07D	RS07D-GS18 or RS07D-GS08	RD	Tape and reel
RS07G	RS07G-GS18 or RS07G-GS08	RG	Tape and reel
RS07J	RS07J-GS18 or RS07J-GS08	RJ	Tape and reel
RS07K	RS07K-GS18 or RS07K-GS08	RK	Tape and reel

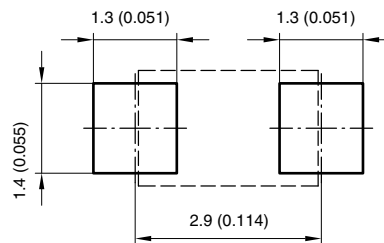
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T <sub>amb</sub> = 25 °C, unless otherwise specified)					
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	VALUE	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage		RS07B	V <sub>RRM</sub>	100	V
		RS07D	V <sub>RRM</sub>	200	V
		RS07G	V <sub>RRM</sub>	400	V
		RS07J	V <sub>RRM</sub>	600	V
		RS07K	V <sub>RRM</sub>	800	V
Maximum RMS voltage		RS07B	V <sub>RMS</sub>	70	V
		RS07D	V <sub>RMS</sub>	140	V
		RS07G	V <sub>RMS</sub>	280	V
		RS07J	V <sub>RMS</sub>	420	V
		RS07K	V <sub>RMS</sub>	560	V
Maximum DC blocking voltage		RS07B	V <sub>DC</sub>	100	V
		RS07D	V <sub>DC</sub>	200	V
		RS07G	V <sub>DC</sub>	400	V
		RS07J	V <sub>DC</sub>	600	V
		RS07K	V <sub>DC</sub>	800	V
Maximum average forward rectified current	T <sub>L</sub> = 65 °C		I <sub>F(AV)</sub>	1.4	A
	T <sub>A</sub> = 45 °C		I <sub>F(AV)</sub>	0.5	A
Peak forward surge current 8.3 ms half sine-wave	T <sub>L</sub> = 25 °C		I <sub>FSM</sub>	30	A



## PACKAGE DIMENSIONS in millimeters (inches): SMF (DO-219AB)



Foot print recommendation:



Created - Date: 15. February 2005  
Rev. 3 - Date: 13. March 2007  
Document no.: S8-V-3915.01-001 (4)  
17247

# Comparador LM2901



# LM339, LM339E, LM239, LM2901, LM2901E, LM2901V, NCV2901, MC3302



ON Semiconductor®

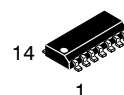
[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

## Single Supply Quad Comparators

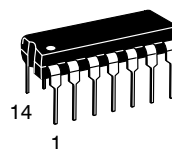
These comparators are designed for use in level detection, low-level sensing and memory applications in consumer, automotive, and industrial electronic applications.

### Features

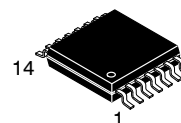
- Single Supply Operation: 3.0 V to 36 V
- Split Supply Operation:  $\pm 1.5$  V to  $\pm 18$  V
- Low Input Bias Current: 25 nA (Typ)
- Low Input Offset Current:  $\pm 5.0$  nA (Typ)
- Low Input Offset Voltage
- Input Common Mode Voltage Range to GND
- Low Output Saturation Voltage: 130 mV (Typ) @ 4.0 mA
- TTL and CMOS Compatible
- ESD Clamps on the Inputs Increase Reliability without Affecting Device Operation
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q100 Qualified and PPAP Capable
- These Devices are Pb-Free, Halogen Free/BFR Free and are RoHS Compliant



SOIC-14  
D SUFFIX  
CASE 751A

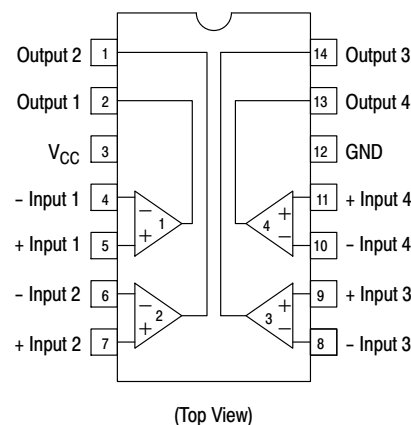


PDIP-14  
N, P SUFFIX  
CASE 646



TSSOP-14  
DTB SUFFIX  
CASE 948G

### PIN CONNECTIONS



### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 7 of this data sheet.

### DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 8 of this data sheet.

# LM339, LM339E, LM239, LM2901, LM2901E, LM2901V, NCV2901, MC3302

## MAXIMUM RATINGS

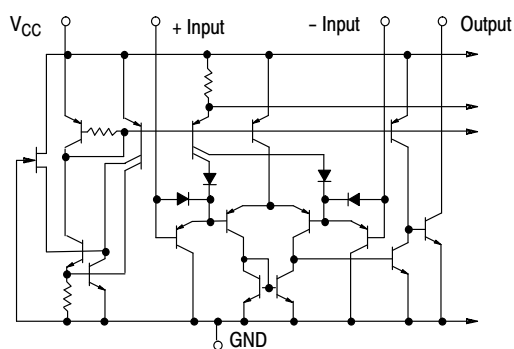
Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage LM239/LM339, E/LM2901, E, V MC3302	$V_{CC}$	+36 or $\pm 18$ +30 or $\pm 15$	Vdc
Input Differential Voltage Range LM239/LM339, E/LM2901, E, V MC3302	$V_{IDR}$	36 30	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	$V_{ICMR}$	-0.3 to 36	Vdc
Output Short Circuit to Ground (Note 1)	$I_{SC}$	Continuous	
Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Plastic Package Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$ $1/R_{\theta JA}$	1.0 8.0	W mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature	$T_J$	150	$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range LM239 MC3302 LM2901, LM2901E LM2901V, NCV2901 LM339, LM339E	$T_A$	-25 to +85 -40 to +85 -40 to +105 -40 to +125 0 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

- The maximum output current may be as high as 20 mA, independent of the magnitude of  $V_{CC}$ . Output short circuits to  $V_{CC}$  can cause excessive heating and eventual destruction.

## ESD RATINGS

Rating	HBM	MM	Unit
ESD Protection at any Pin (Human Body Model – HBM, Machine Model – MM)			
NCV2901	2000	200	V
LM339E, LM2901E	1500	200	V
LM339DG/DR2G, LM2901DG/DR2G	250	100	V
All Other Devices	1500	200	V



NOTE: Diagram shown is for 1 comparator.

**Figure 1. Circuit Schematic**

# LM339, LM339E, LM239, LM2901, LM2901E, LM2901V, NCV2901, MC3302

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>CC</sub> = +5.0 Vdc, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	LM239/339/339E			LM2901/2901E/2901V /NCV2901			MC3302			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 3)	V <sub>IO</sub>	-	±2.0	±5.0	-	±2.0	±7.0	-	±3.0	±20	mVdc
Input Bias Current (Notes 3, 4) (Output in Analog Range)	I <sub>IB</sub>	-	25	250	-	25	250	-	25	500	nA
Input Offset Current (Note 3)	I <sub>IO</sub>	-	±5.0	±50	-	±5.0	±50	-	±3.0	±100	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 5)	V <sub>ICMR</sub>	0	-	V <sub>CC</sub> -1.5	0	-	V <sub>CC</sub> -1.5	0	-	V <sub>CC</sub> -1.5	V
Supply Current R <sub>L</sub> = ∞ (For All Comparators) R <sub>L</sub> = ∞, V <sub>CC</sub> = 30 Vdc	I <sub>CC</sub>	-	0.8 1.0	2.0 2.5	-	0.8 1.0	2.0 2.5	-	0.8 1.0	2.0 2.5	mA
Voltage Gain R <sub>L</sub> ≥ 15 kΩ, V <sub>CC</sub> = 15 Vdc	A <sub>VOL</sub>	50	200	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Large Signal Response Time V <sub>I</sub> = TTL Logic Swing, V <sub>ref</sub> = 1.4 Vdc, V <sub>RL</sub> = 5.0 Vdc, R <sub>L</sub> = 5.1 kΩ	-	-	300	-	-	300	-	-	300	-	ns
Response Time (Note 6) V <sub>RL</sub> = 5.0 Vdc, R <sub>L</sub> = 5.1 kΩ	-	-	1.3	-	-	1.3	-	-	1.3	-	μs
Output Sink Current V <sub>I</sub> (-) ≥ +1.0 Vdc, V <sub>I</sub> (+) = 0, V <sub>O</sub> ≤ 1.5 Vdc	I <sub>Sink</sub>	6.0	16	-	6.0	16	-	6.0	16	-	mA
Saturation Voltage V <sub>I</sub> (-) ≥ +1.0 Vdc, V <sub>I</sub> (+) = 0, I <sub>sink</sub> ≤ 4.0 mA	V <sub>sat</sub>	-	130	400	-	130	400	-	130	500	mV
Output Leakage Current V <sub>I</sub> (+) ≥ +1.0 Vdc, V <sub>I</sub> (-) = 0, V <sub>O</sub> = +5.0 Vdc	I <sub>OL</sub>	-	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-	nA

Product parametric performance is indicated in the Electrical Characteristics for the listed test conditions, unless otherwise noted. Product performance may not be indicated by the Electrical Characteristics if operated under different conditions.

- (LM239) T<sub>low</sub> = -25°C, T<sub>high</sub> = +85°C  
(LM339, LM339E) T<sub>low</sub> = 0°C, T<sub>high</sub> = +70°C  
(MC3302) T<sub>low</sub> = -40°C, T<sub>high</sub> = +85°C  
(LM2901), LM2901E T<sub>low</sub> = -40°C, T<sub>high</sub> = +105°C  
(LM2901V & NCV2901) T<sub>low</sub> = -40°C, T<sub>high</sub> = +125°C  
*NCV2901 is qualified for automotive use.*
- At the output switch point, V<sub>O</sub> ≈ 1.4 Vdc, R<sub>S</sub> ≤ 100 Ω, 5.0 Vdc ≤ V<sub>CC</sub> ≤ 30 Vdc, with the inputs over the full common mode range (0 Vdc to V<sub>CC</sub> - 1.5 Vdc).
- The bias current flows out of the inputs due to the PNP input stage. This current is virtually constant, independent of the output state.
- Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level. As long as one input voltage remains within the common mode range, the comparator will provide a proper output state. Refer to the Maximum Ratings table for safe operating area.
- The response time specified is for a 100 mV input step with 5.0 mV overdrive. For larger signals, 300 ns is typical.

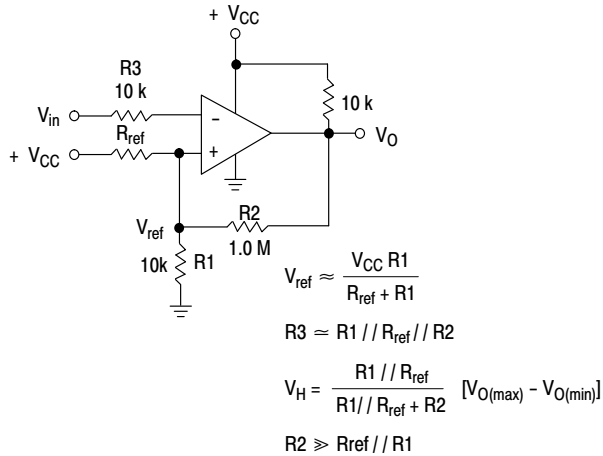
# LM339, LM339E, LM239, LM2901, LM2901E, LM2901V, NCV2901, MC3302

## PERFORMANCE CHARACTERISTICS ( $V_{CC} = +5.0$ Vdc, $T_A = T_{low}$ to $T_{high}$ [Note 7])

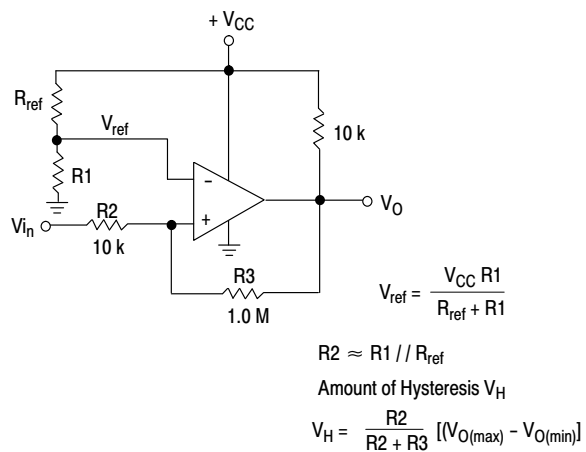
Characteristic	Symbol	LM239/339/339E			LM2901/2901E/2901V /NCV2901			MC3302			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 8)	$V_{IO}$	-	-	$\pm 9.0$	-	-	$\pm 15$	-	-	$\pm 40$	mVdc
Input Bias Current (Notes 8, 9) (Output in Analog Range)	$I_{IB}$	-	-	400	-	-	500	-	-	1000	nA
Input Offset Current (Note 8)	$I_{IO}$	-	-	$\pm 150$	-	-	$\pm 200$	-	-	$\pm 300$	nA
Input Common Mode Voltage Range	$V_{ICMR}$	0	-	$V_{CC} - 2.0$	0	-	$V_{CC} - 2.0$	0	-	$V_{CC} - 2.0$	V
Saturation Voltage $V_{I(-)} \geq +1.0$ Vdc, $V_{I(+)} = 0$ , $I_{sink} \leq 4.0$ mA	$V_{sat}$	-	-	700	-	-	700	-	-	700	mV
Output Leakage Current $V_{I(+)} \geq +1.0$ Vdc, $V_{I(-)} = 0$ , $V_O = 30$ Vdc	$I_{OL}$	-	-	1.0	-	-	1.0	-	-	1.0	$\mu$ A
Differential Input Voltage All $V_I \geq 0$ Vdc	$V_{ID}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	Vdc

7. (LM239)  $T_{low} = -25^\circ\text{C}$ ,  $T_{high} = +85^\circ\text{C}$   
 (LM339, LM339E)  $T_{low} = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_{high} = +70^\circ\text{C}$   
 (MC3302)  $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{high} = +85^\circ\text{C}$   
 (LM2901, LM2901E)  $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{high} = +105^\circ\text{C}$   
 (LM2901V & NCV2901)  $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{high} = +125^\circ\text{C}$   
*NCV2901 is qualified for automotive use.*

8. At the output switch point,  $V_O \approx 1.4$  Vdc,  $R_S \leq 100 \Omega$ ,  $5.0$  Vdc  $\leq V_{CC} \leq 30$  Vdc, with the inputs over the full common mode range (0 Vdc to  $V_{CC} - 1.5$  Vdc).  
 9. The bias current flows out of the inputs due to the PNP input stage. This current is virtually constant, independent of the output state.



**Figure 2. Inverting Comparator with Hysteresis**

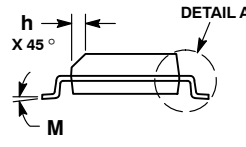
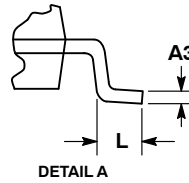
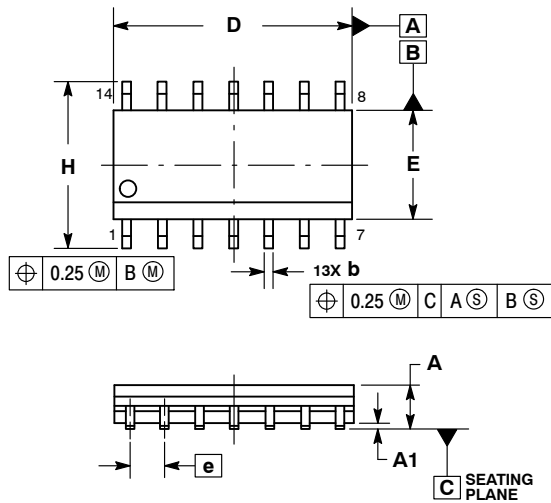


**Figure 3. Noninverting Comparator with Hysteresis**

# LM339, LM339E, LM239, LM2901, LM2901E, LM2901V, NCV2901, MC3302

## PACKAGE DIMENSIONS

SOIC-14  
CASE 751A-03  
ISSUE K

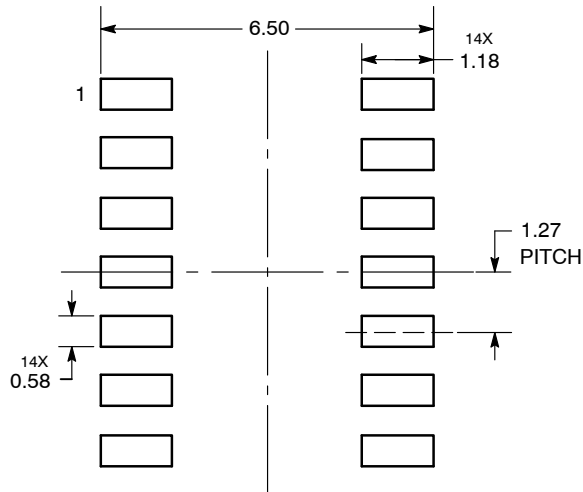


NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS.
3. DIMENSION b DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE PROTRUSION SHALL BE 0.13 TOTAL IN EXCESS OF AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
4. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSIONS.
5. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.35	1.75	0.054	0.068
A1	0.10	0.25	0.004	0.010
A3	0.19	0.25	0.008	0.010
b	0.35	0.49	0.014	0.019
D	8.55	8.75	0.337	0.344
E	3.80	4.00	0.150	0.157
e	1.27	BSC	0.050	BSC
H	5.80	6.20	0.228	0.244
h	0.25	0.50	0.010	0.019
L	0.40	1.25	0.016	0.049
M	0°	7°	0°	7°

### SOLDERING FOOTPRINT\*



DIMENSIONS: MILLIMETERS

\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

# Buffer CD4010B



# CD4009UB, CD4010B Types

## CMOS Hex Buffers/Converters

High-Voltage Types (20-Volt Rating)

Inverting Type: CD4009UB

Non-Inverting Type: CD4010B

■ CD4009UB and CD4010B Hex Buffer/Converters may be used as CMOS to TTL or DTL logic-level converters or CMOS high-sink-current drivers.

The CD4049UB and CD4050B are preferred hex buffer replacements for the CD4009UB and CD4010B, respectively, in all applications except multiplexers. For applications not requiring high sink current or voltage conversion, the CD4069UB Hex Inverter is recommended.

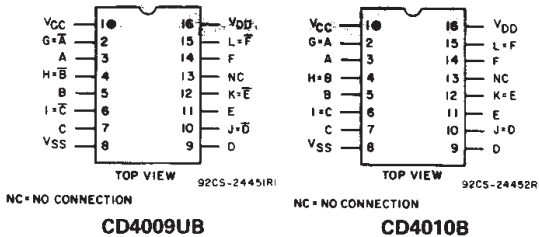
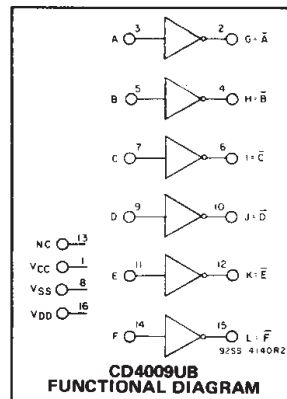
The CD4009UB and CD4010B types are supplied in 16-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F3A suffix), 16-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 16-lead small-outline packages (M, M96, MT, and NSR suffixes), and 16-lead thin shink small-outline packages (PW and PWR suffixes).

### Features:

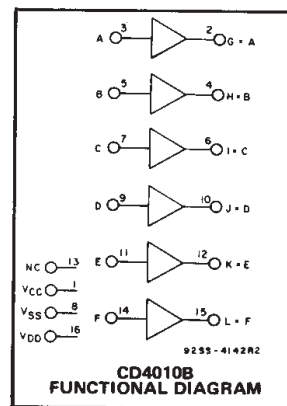
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Maximum input current of 1  $\mu$ A at 18 V over full package-temperature range; 100 nA at 18 V and 25°C
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings

### Applications:

- CMOS to DTL/TTL hex converter
- CMOS current "sink" or "source" driver
- CMOS high-to-low logic-level converter
- Multiplexer — 1 to 6 or 6 to 1



### TERMINAL ASSIGNMENTS



### MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

#### DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V<sub>DD</sub>)

Voltages referenced to V<sub>SS</sub> Terminal) ..... -0.5V to +20V

INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS ..... -0.5V to V<sub>DD</sub> + 0.5V

DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT .....  $\pm$ 10mA

#### POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P<sub>D</sub>):

For T<sub>A</sub> = -55°C to +100°C ..... 500mW

For T<sub>A</sub> = +100°C to +125°C ..... Derate Linearly at 12mW/°C to 200mW

#### DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR

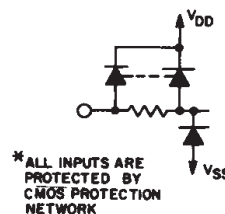
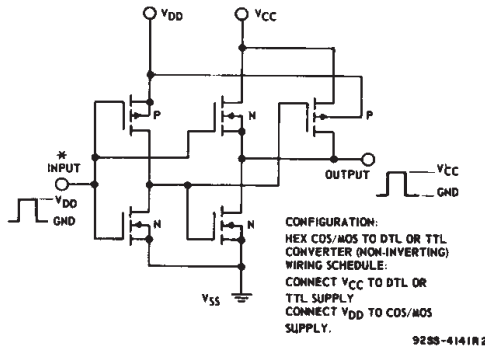
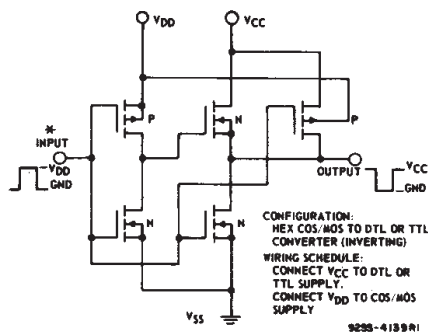
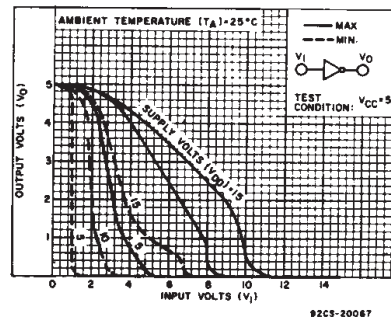
FOR T<sub>A</sub> = FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types) ..... 100mW

OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T<sub>A</sub>) ..... -55°C to +125°C

STORAGE TEMPERATURE RANGE (T<sub>stg</sub>) ..... -65°C to +150°C

#### LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):

At distance 1/16  $\pm$  1/32 inch (1.59  $\pm$  0.79mm) from case for 10s max ..... +265°C



## CD4009UB, CD4010B Types

### RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:

CHARACTERISTIC	LIMITS		UNITS
	MIN.	MAX.	
Supply-Voltage Range (For $T_A$ = Full Package Temperature Range), $V_{DD}$	3	18	V
$V_{CC}^*$	3	$V_{DD}$	
Input Voltage Range ( $V_I$ )	$V_{CC}^*$	$V_{DD}$	V

\*The CD4009UB and CD4010B have high-to-low level voltage conversion capability but not low-to-high level, therefore it is recommended that  $V_{DD} > V_I > V_{CC}$ .

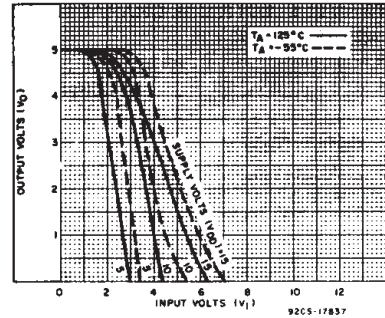


Fig. 4 - Typical voltage transfer characteristics as function of temp.—CD4009UB.

### STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)							UNITS
				-55	-40	+85	+125	+25			
	Min.	Typ.	Max.								
Quiescent Device Current, $I_{DD}$ Max.	$V_O$ (V)	$V_{IN}$ (V)	$V_{DD}$ (V)	1	1	30	30	—	0.02	1	$\mu A$
	—	0.10	10	2	2	60	60	—	0.02	2	
	—	0.15	15	4	4	120	120	—	0.02	4	
	—	0.20	20	20	20	600	600	—	0.04	20	
Output Low (Sink) Current $I_{OL}$ Min.	0.4	0.5	4.5	3.2	3.1	2.1	1.8	2.6	3.4	—	$mA$
	0.4	0.5	5	3.75	3.6	2.4	2.1	3	4	—	
	0.5	0.10	10	10	9.6	6.4	5.6	8	10	—	
	1.5	0.15	15	30	40	19	16	24	36	—	
Output High (Source) Current $I_{OH}$ Min.	4.6	0.5	5	-0.25	-0.23	-0.18	-0.15	-0.2	-0.4	—	$mA$
	2.5	0.5	5	-1	-0.9	-0.65	-0.58	-0.8	-1.6	—	
	9.5	0.10	10	-0.55	-0.5	-0.38	-0.33	-0.45	-0.9	—	
	13.5	0.15	15	-1.65	-1.6	-1.25	-1.1	-1.5	-3	—	
Output Voltage: Low-Level, $V_{OL}$ Max.	—	0.5	5	0.05				—	0	0.05	V
	—	0.10	10	0.05				—	0	0.05	
	—	0.15	15	0.05				—	0	0.05	
Output Voltage: High-Level, $V_{OH}$ Min.	—	0.5	5	4.95				4.95	5	—	V
	—	0.10	10	9.95				9.95	10	—	
	—	0.15	15	14.95				14.95	15	—	
Input Low Voltage: $V_{IL}$ Max. CD4009UB	4.5	—	5	1				—	—	1	V
	9	—	10	2				—	—	2	
	13.5	—	15	2.5				—	—	2.5	
Input Low Voltage: $V_{IL}$ Max. CD4010B	0.5	—	5	1.5				—	—	1.5	V
	1	—	10	3				—	—	3	
	1.5	—	15	4				—	—	4	
Input High Voltage: $V_{IH}$ Min. CD4009UB	0.5	—	5	4				4	—	—	V
	1	—	10	8				8	—	—	
	1.5	—	15	12.5				12.5	—	—	
Input High Voltage: $V_{IH}$ Min. CD4010B	4.5	—	5	3.5				3.5	—	—	V
	9	—	10	7				7	—	—	
	13.5	—	15	11				11	—	—	
Input Current, $I_{IN}$ Max.	—	0.18	18	$\pm 0.1$	$\pm 0.1$	$\pm 1$	$\pm 1$	—	$\pm 10^{-5}$	$\pm 0.1$	$\mu A$

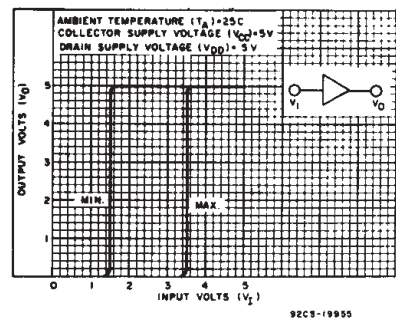


Fig. 5 - Minimum and maximum voltage transfer characteristics ( $V_{DD}=5$ )—CD4010B.

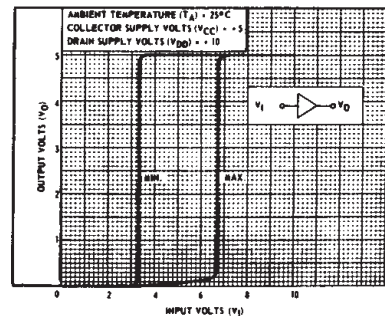


Fig. 6 - Minimum and maximum voltage transfer characteristics ( $V_{DD}=10$ )—CD4010B.

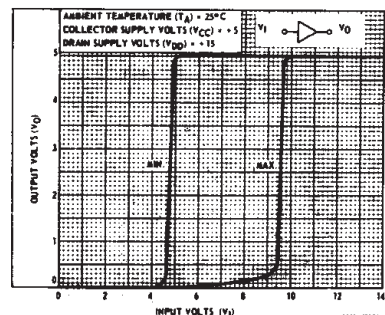


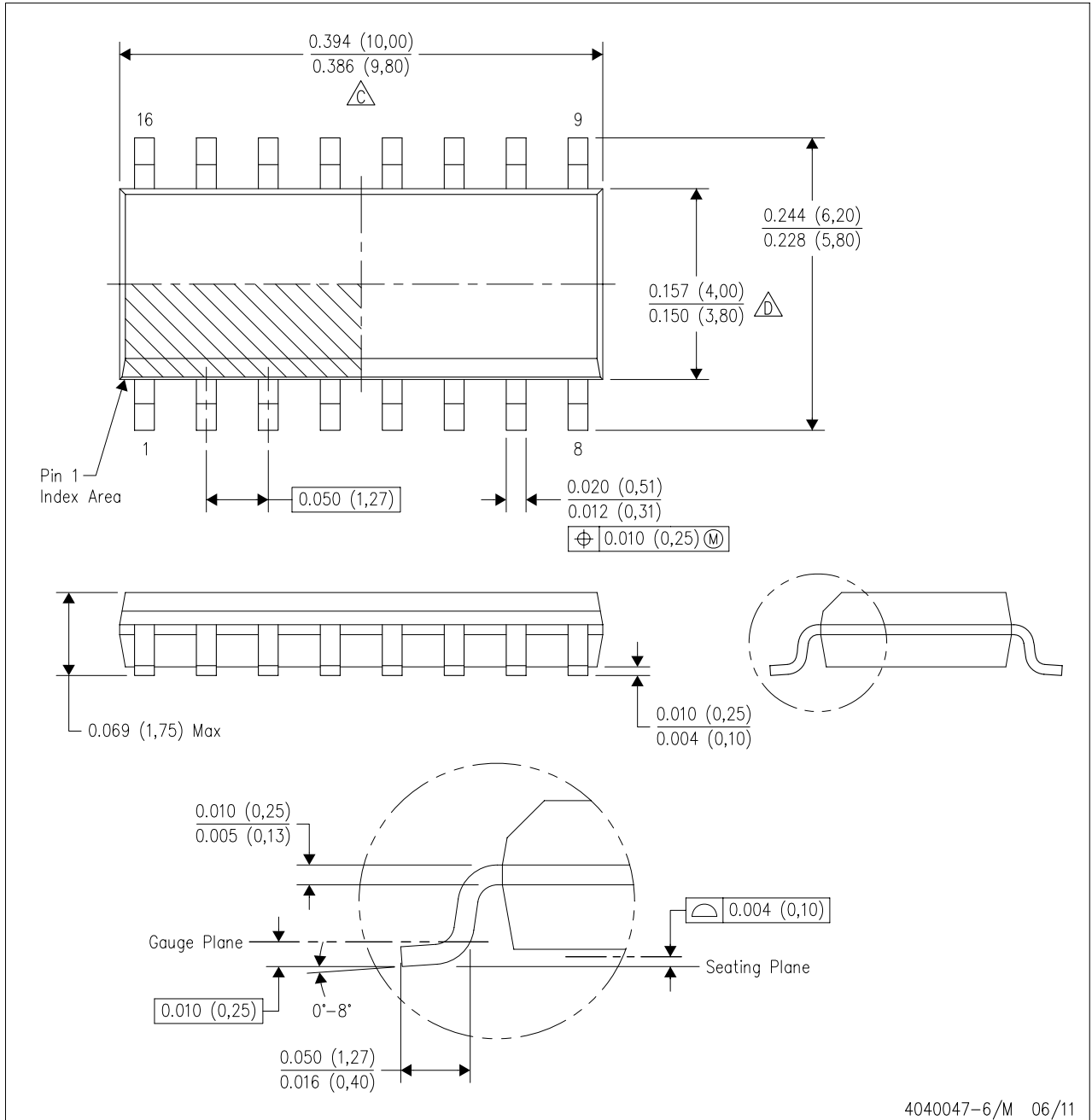
Fig. 7 - Minimum and maximum voltage transfer characteristics ( $V_{DD}=15$ )—CD4010B.

3  
COMMERCIAL CMOS  
HIGH VOLTAGE ICs

# MECHANICAL DATA

D (R-PDSO-G16)

PLASTIC SMALL OUTLINE



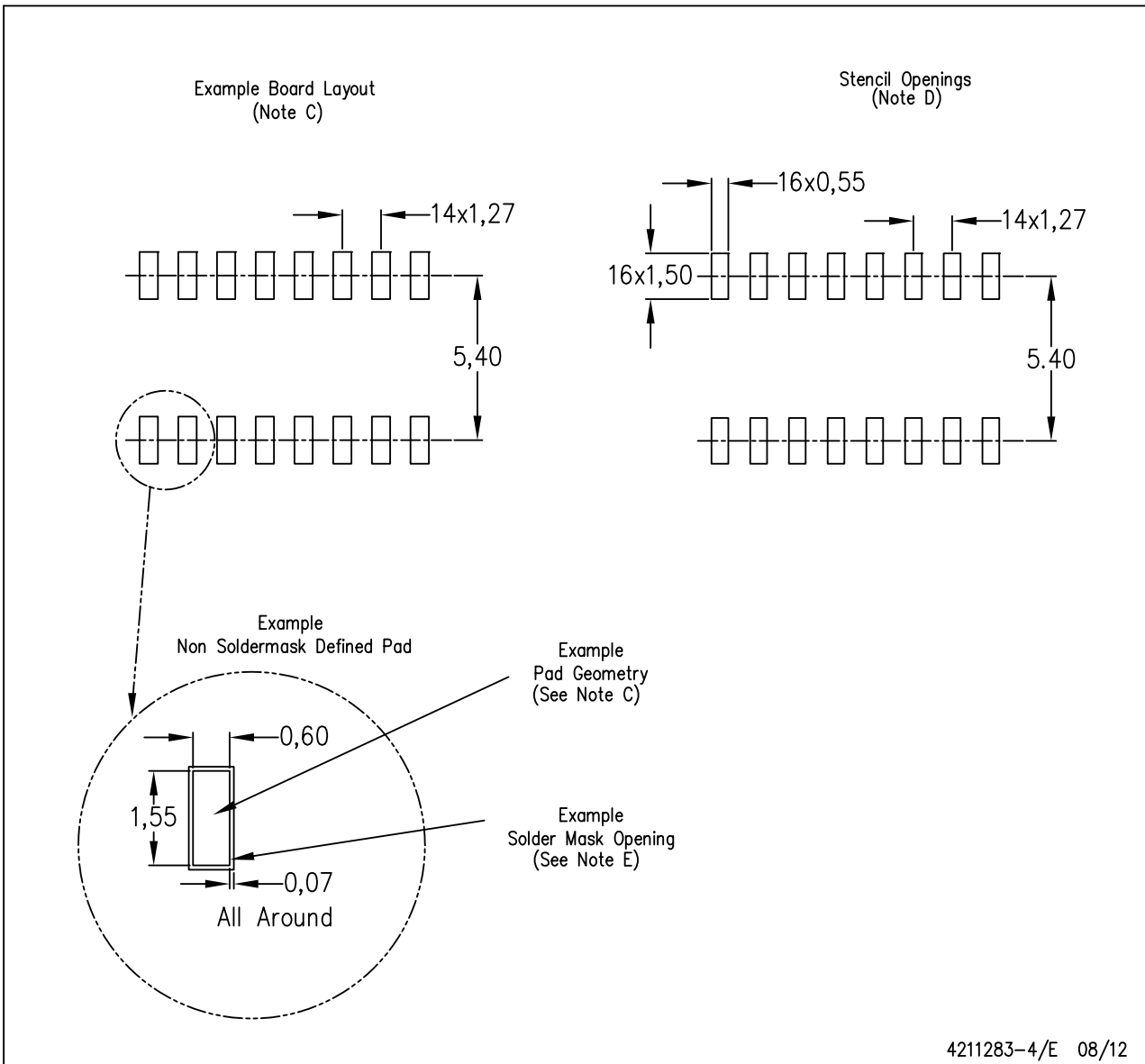
4040047-6/M 06/11

- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
  - This drawing is subject to change without notice.
  - Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.006 (0,15) each side.
  - Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.017 (0,43) each side.
  - Reference JEDEC MS-012 variation AC.

# LAND PATTERN DATA

D (R-PDSO-G16)

PLASTIC SMALL OUTLINE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
  - B. This drawing is subject to change without notice.
  - C. Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
  - D. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC-7525 for other stencil recommendations.
  - E. Customers should contact their board fabrication site for solder mask tolerances between and around signal pads.

# **Regulador lineal de tensión**

## **LM2937-3.3**



## LM2937 2.5-V and 3.3-V 400-mA and 500-mA Voltage Regulators

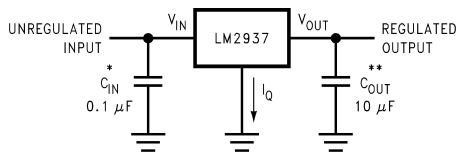
### 1 Features

- Operating Input Voltage Range : 4.75 V to 26 V
- Fully Specified for Operation Over  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $125^{\circ}\text{C}$
- Output Current in Excess of 500 mA (400 mA for SOT-223 package)
- Output Trimmed for 5% Tolerance Under All Operating Conditions
- Wide Output Capacitor ESR Range,  $0.01\ \Omega$  up to  $5\ \Omega$
- Internal Short Circuit and Thermal Overload Protection
- Reverse Battery Input Protection
- 60-V Input Transient Protection

### 2 Applications

- Automotive
- Industrial Control
- Point-of-Load Regulation

#### Simplified Schematic



\* Required if the regulator is located more than 3 inches from the power supply filter capacitors.

\*\* Required for stability.  $C_{OUT}$  must be at least  $10\ \mu\text{F}$  (over full expected operating temperature range) and located as close as possible to the regulator. The equivalent series resistance, ESR, of this capacitor may be as high as  $3\ \Omega$ .

### 3 Description

The LM2937-2.5 and LM2937-3.3 are positive voltage regulators capable of supplying up to 500 mA of load current. Both regulators are ideal for converting a common 5-V logic supply, or higher input supply voltage, to the lower 2.5-V and 3.3-V supplies to power very-large-scale integrations (VLSI) ASICs and microcontrollers. Special circuitry has been incorporated to minimize the quiescent current to typically only 10 mA with a full 500-mA load current when the input to output voltage differential is greater than 5 V.

The LM2937 requires an output bypass capacitor for stability. As with most regulators utilizing a PNP pass transistor, the ESR of this capacitor remains a critical design parameter, but the LM2937-2.5 and LM2937-3.3 include special compensation circuitry that relaxes ESR requirements. The LM2937 is stable for all ESR ratings less than  $5\ \Omega$ . This allows the use of low ESR chip capacitors.

The regulators are also suited for automotive applications, with built in protection from reverse battery connections, two-battery jumps and up to +60 V/-50 V load dump transients. Familiar regulator features such as short circuit and thermal shutdown protection are also built in.

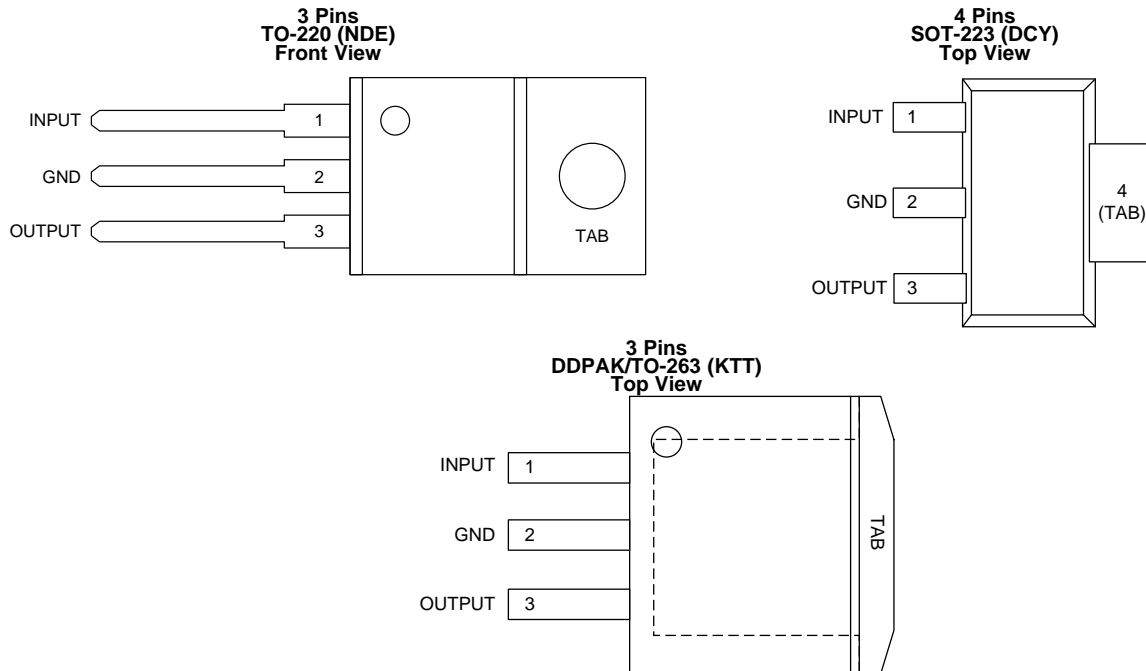
#### Device Information<sup>(1)</sup>

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM2937	TO-220 (3)	14.986 mm x 10.66 mm
	SOT (4)	6.50 mm x 3.5 mm
	TO-263 (3)	0.18 mm x 8.41 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.



## 5 Pin Configuration and Functions



### Pin Functions

	PIN			I/O	DESCRIPTION
	NAME	NDE	KTT		
INPUT	1	1	1	I	Unregulated voltage input
GND	2	2	2	—	Ground
OUTPUT	3	3	3	O	Regulated voltage output. This pin requires an output capacitor to maintain stability. See the <a href="#">Detailed Design Procedure</a> section for output capacitor details.
GND	TAB	TAB	4	—	Thermal and ground connection. Connect the TAB to a large copper area to remove heat from the device. The TAB is internally connected to device pin 2 (GND). Connect the TAB to GND or leave floating. Do not connect the TAB to any potential other than GND at device pin 2.

**LM2937-2.5, LM2937-3.3**

SNVS015F – FEBRUARY 1998 – REVISED NOVEMBER 2014

[www.ti.com](http://www.ti.com)

## 6 Specifications

### 6.1 Absolute Maximum Ratings

 over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)<sup>(1)(2)</sup>

		MIN	MAX	UNIT
Input voltage ( $V_{IN}$ )	Continuous		26	V
	Transient ( $t \leq 100$ ms)		60	
Internal power dissipation <sup>(3)</sup>		Internally limited		

- Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/Distributors for availability and specifications.
- The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is  $P_{MAX} = (125^{\circ}\text{C} - T_A)/R_{\theta JA}$ , where  $125^{\circ}\text{C}$  is the maximum junction temperature for operation,  $T_A$  is the ambient temperature, and  $R_{\theta JA}$  is the junction-to-ambient thermal resistance. If this dissipation is exceeded, the die temperature will rise above  $125^{\circ}\text{C}$  and the electrical specifications do not apply. If the die temperature rises above  $150^{\circ}\text{C}$ , the LM2937 will go into thermal shutdown.

### 6.2 Handling Ratings

			MIN	MAX	UNIT
$T_{stg}$	Storage temperature range		-65	150	$^{\circ}\text{C}$
$V_{(ESD)}$	Electrostatic discharge	Human body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001, all pins <sup>(1)</sup>	-2000	2000	V

- JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

### 6.3 Recommended Operating Conditions

 over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)<sup>(1)</sup>

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Junction temperature ( $T_J$ ) <sup>(2)</sup>	LM2937ET (NDE), LM2937ES (KTT)	-40		125	$^{\circ}\text{C}$
	LM2937IMP (DCY)	-40		85	
Input voltage ( $V_{IN}$ )		4.75		26	V

- Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is  $P_{MAX} = (125^{\circ}\text{C} - T_A)/R_{\theta JA}$ , where  $125^{\circ}\text{C}$  is the maximum junction temperature for operation,  $T_A$  is the ambient temperature, and  $R_{\theta JA}$  is the junction-to-ambient thermal resistance. If this dissipation is exceeded, the die temperature will rise above  $125^{\circ}\text{C}$  and the electrical specifications do not apply. If the die temperature rises above  $150^{\circ}\text{C}$ , the LM2937 will go into thermal shutdown.

### 6.4 Thermal Information

THERMAL METRIC <sup>(1)</sup>		LM2937			UNIT
		NDE <sup>(2)</sup>	KTT	DCY	
		3 PINS	3 PINS	4 PINS	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-ambient thermal resistance	77.9	41.8	58.3	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta JC(top)}$	Junction-to-case (top) thermal resistance	35.5	43.5	39.2	
$R_{\theta JB}$	Junction-to-board thermal resistance	70.6	23.5	7.0	
$\psi_{JT}$	Junction-to-top characterization parameter	13	10.3	1.6	
$\psi_{JB}$	Junction-to-board characterization parameter	70.6	22.5	6.9	
$R_{\theta JC(bot)}$	Junction-to-case (bottom) thermal resistance	1	0.8	N/A	

- For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#).
- Thermal information for the TO-220 package is for a free-standing package vertically mounted in the middle of a PCB which is compliant to the JEDEC HIGH-K 2s2p (JESD51-7) specifications. No additional heat sink is attached. See [Heatsinking TO-220 Package Parts](#) section for more information.

## 6.5 Electrical Characteristics

$V_{IN} = V_{NOM} + 5\text{ V}$ ,  $I_{OUTmax} = 500\text{ mA}$  for the TO-220 and DDPAK/TO-263 packages,  $I_{OUTmax} = 400\text{ mA}$  for the SOT-223 package,  $C_{OUT} = 10\text{ }\mu\text{F}$  unless otherwise indicated. All other specifications are for  $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified in the Test Conditions.<sup>(1)</sup>

OUTPUT VOLTAGE ( $V_{OUT}$ )		2.5 V			3.3 V			UNIT
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$5\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{OUTmax}$	2.42	2.5	2.56	3.20	3.3	3.40	V
	$5\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{OUTmax}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$	2.38		2.62	3.14		3.46	
Line regulation <sup>(2)</sup>	$4.75\text{ V} \leq V_{IN} \leq 26\text{ V}$ , $I_{OUT} = 5\text{ mA}$		7.5			9.9		mV
	$4.75\text{ V} \leq V_{IN} \leq 26\text{ V}$ , $I_{OUT} = 5\text{ mA}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$			25			33	
Load regulation	$5\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{OUTmax}$		2.5			3.3		mV
	$5\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{OUTmax}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$			25			33	
Quiescent current	$7\text{ V} \leq V_{IN} \leq 26\text{ V}$ , $I_{OUT} = 5\text{ mA}$		2			2		mA
	$7\text{ V} \leq V_{IN} \leq 26\text{ V}$ , $I_{OUT} = 5\text{ mA}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$			10			10	
	$V_{IN} = (V_{OUT} + 5\text{ V})$ , $I_{OUT} = I_{OUTmax}$		10			10		mA
	$V_{IN} = (V_{OUT} + 5\text{ V})$ , $I_{OUT} = I_{OUTmax}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$			20			20	
	$V_{IN} = 5\text{ V}$ , $I_{OUT} = I_{OUTmax}$			66	100		66	100
$V_{IN} = 5\text{ V}$ , $I_{OUT} = I_{OUTmax}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$				125			125	
Output noise voltage	10 Hz–100 kHz, $I_{OUT} = 5\text{ mA}$		75			99		$\mu\text{Vrms}$
Long-term stability	1000 Hrs.		10			13.2		mV
Short-Circuit Current	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$	0.6			0.6			A
			1			1		
Peak line-transient voltage	$t_f < 100\text{ ms}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$	60			60			V
	$t_f < 100\text{ ms}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$		75			75		
Maximum operational input voltage	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$	26			26			V
Reverse DC input voltage	$V_{OUT} \geq -0.6\text{ V}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$	-15			-15			V
	$V_{OUT} \geq -0.6\text{ V}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$		-30			-30		
Reverse transient input voltage	$t_r < 1\text{ ms}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$	-50			50			V
	$t_r < 1\text{ ms}$ , $R_L = 100\text{ }\Omega$		-75			-75		

(1) Typicals are at  $T_J = 25^\circ\text{C}$  and represent the most likely parametric norm.

(2) The minimum input voltage required for proper biasing of these regulators is 4.75 V. Below this level the outputs will fall out of regulation. This effect is not the normal dropout characteristic where the output falls out of regulation due to the PNP pass transistor entering saturation. If a value for worst case effective input to output dropout voltage is required in a specification, the values should be 2.37 V maximum for the LM2937-2.5 and 1.6 V maximum for the LM2937-3.3.



# **Vibrador Z7AL2B1692082**





2-4	Motor position	All positions	
2-5	Operating voltage	2.2 ~ 3.6V DC	
2-6	Operating conditions	-30 ~ 70°C, ordinary humidity Humidity : 65±20%RH	No condensation of moisture.
2-7	Storage conditions	-40 ~ 80°C, ordinary humidity Humidity : 65±20%RH	No condensation of moisture.

### 3. Measuring conditions

Items		Specifications	Condition & Remarks
3-1	Temperature	20±2°C	
3-2	Humidity	(63 ~ 67%) RH	
3-3	Motor position	Motor Shaft horizontal	Lock the motor in a test fixture.

3-4 All data are based on the measurement under the temperature of 20 °C and humidity 65 %RH. However, the ranges of temperature 5~35 °C and humidity 45~85 %RH are to be applicable as long as no problems.

### 4. Mechanical specifications

Items		Specifications	Condition & Remarks
4-1	Configuration	As specified in 10. Outline drawing	Outline drawing No: <b>Z7AL2B1692082</b> .
4-2	Appearance	There shall be no evidence of mechanical damage and shall not have inadequate corrosion and so on	Visual examination (allowable extent is based on boundary sample)
4-3	Shaft end play	0.1 ~ 0.3mm	
4-4	Holding strength of vibration weight	49N (5kgf) min.	

### 5. Performance and characteristics

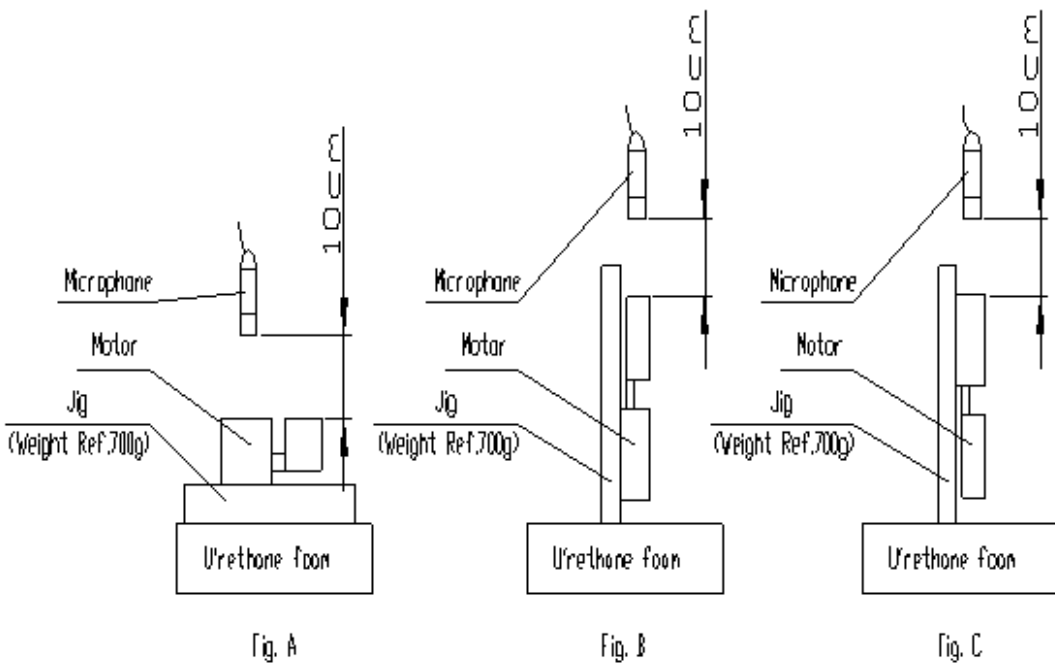
Items		Specifications	Condition & Remarks
5-1	Rated speed	12,000±2,500rpm	At rated voltage and rated load (Counterweight).
5-2	Rated current	250mA max	
5-3	Stall current	680mA max	At rated voltage.
5-4	Starting voltage	1.7V DC max	(Counterweight) any position of rotor.
5-5	Insulation resistance	1M• min	At DC 100V between terminal and case.
5-6	Terminal resistance	5.5• approx. (±20%)	At 20°C.
Mechanical noise		50db (A) max	

Measured at rated voltage and rated load (counterweight).

Background noise: 28db (A) max. @ 10cm.

Measuring instruments: B & K.

The weight of jig: 700g.

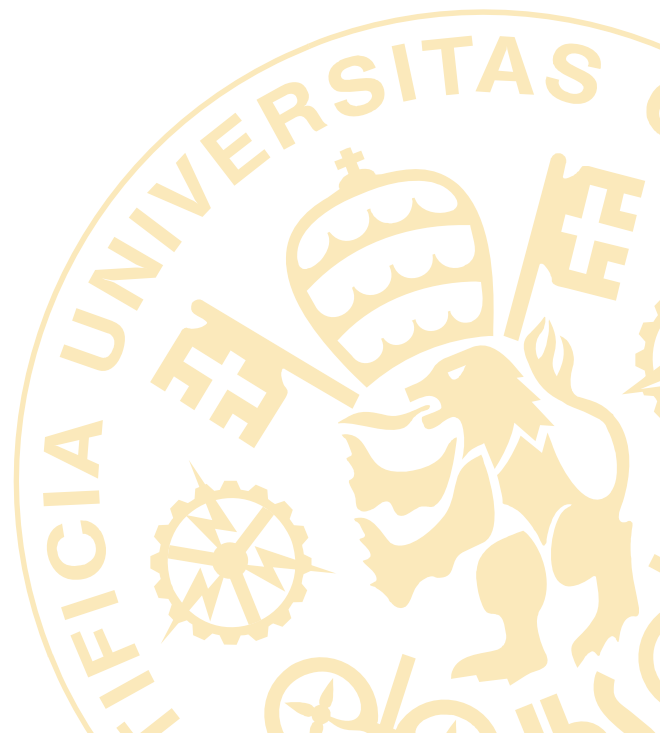


5-7

# DOCUMENTO II

---

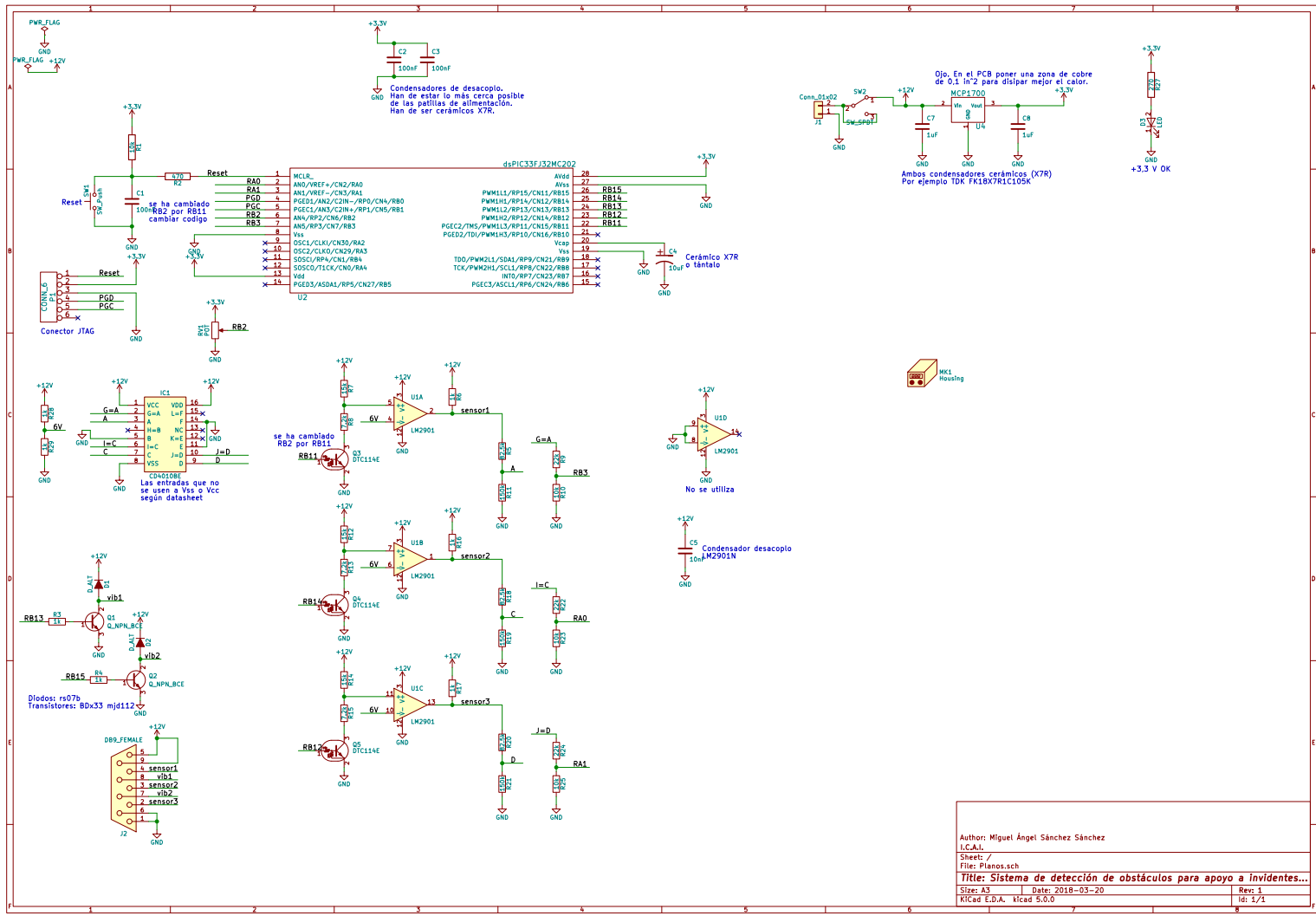
# PLANOS



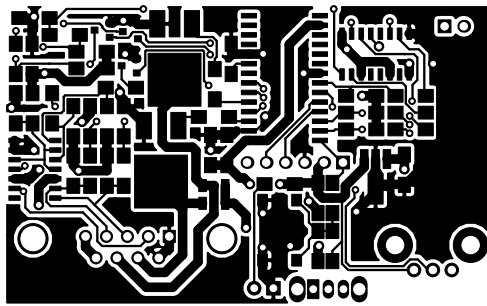


# Lista de planos

- Plano 1. Plano esquemático de los circuitos.
- Plano 2. Plano de la cara superior del *PCB*.
- Plano 3. Plano de la cara inferior del *PCB*.
- Plano 4. Plano de la ubicación de los componentes en el *PCB*.
- Plano 5. Plano de la configuración de los cables



Author: Miguel Ángel Sánchez Sánchez  
 I.C.A.I.  
 Sheet: /  
 File: Planos.sch  
**Título: Sistema de detección de obstáculos para apoyo a invidentes...**  
 Size: A3 | Date: 2018-03-20 | Rev: 1  
 Ricad E.D.A. Kicad 5.0.0 | 1/1



Author: Miguel Ángel Sánchez Sánchez

I.C.A.I.

Sheet:

File: Planos.kicad\_pcb

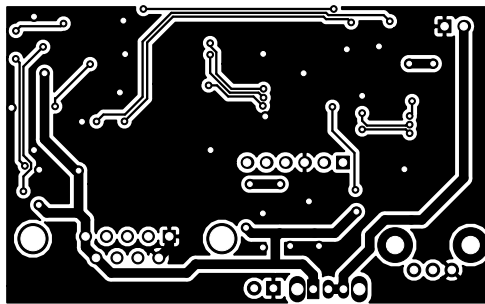
**Title: Sistema de detección de obstáculos para apoyo a invidentes...**

Size: A4 Date: 2018-03-20

KiCad E.D.A. kicad 5.0.0

Rev: 1

Id: 1/1



Author: Miguel Ángel Sánchez Sánchez

I.C.A.I.

Sheet:

File: Planos.kicad\_pcb

**Title: Sistema de detección de obstáculos para apoyo a invidentes...**

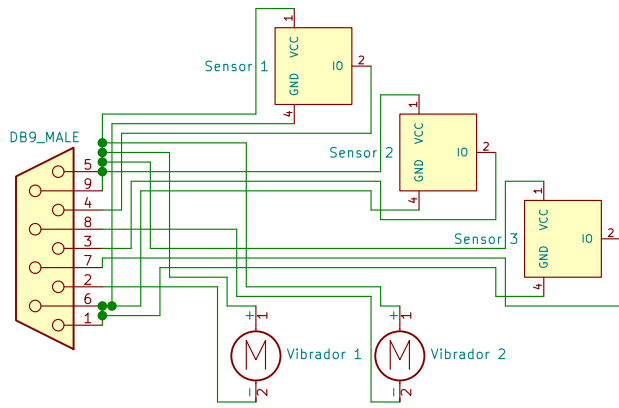
Size: A4 Date: 2018-03-20

KiCad E.D.A. kicad 5.0.0

Rev: 1

Id: 1/1





Author: Miguel Ángel Sánchez Sánchez

I.C.A.I.

Sheet: /pic/

File: pic.sch

**Title: Sistema de detección de obstáculos para apoyo a invidentes...**

Size: A4 Date: 2018-03-20

KiCad E.D.A. kicad 5.0.0

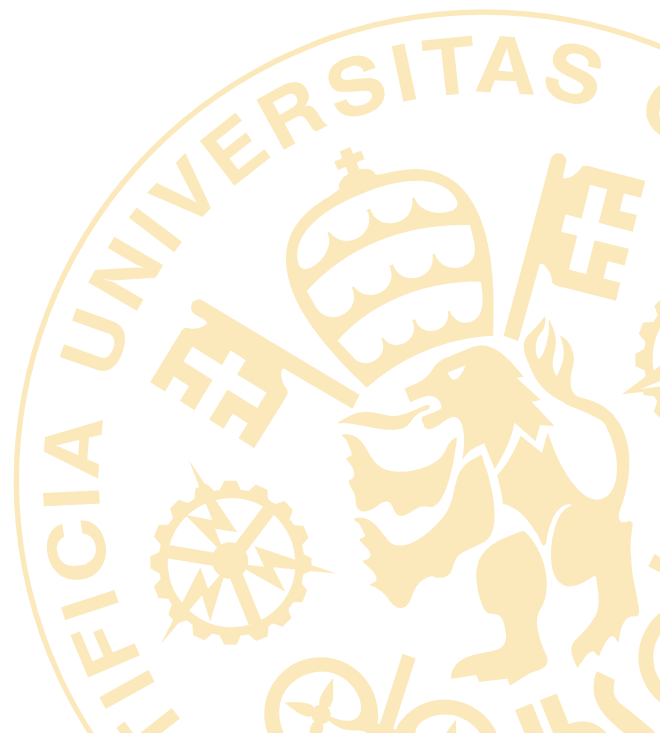
Rev: 1

Id: 2/2

**DOCUMENTO III**

---

**PRESUPUESTO**





# Índice

<b>1. Mediciones</b>	<b>5</b>
<b>2. Precios unitarios</b>	<b>7</b>
<b>3. Sumas parciales</b>	<b>11</b>
<b>4. Presupuesto general</b>	<b>15</b>



# Capítulo 1

## Mediciones

EN este capítulo se recogen mediante tablas todos los conceptos que requieran un desembolso económico. En la Tabla 1 se muestra la cantidad y horas usadas de las herramientas usadas para este proyecto, pero que no forman parte de éste.

Material	Material		
	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso anual típico
Osciloscopio	1	250	1500
Polímetro	1	150	1300
PicKit3	1	50	800
Fuente de alimentación	1	300	1300
Equipo de soldadura	1	10	200

**Tabla 1.** Mediciones de material.

La Tabla 2 muestra la cantidad de componentes usados en este proyecto así como su cantidad.

Componentes	
Componente	Cantidad
Sensor	3
dsPIC33FJ32MC202	1
Transistor BTR DTC114E	3
Transistor Darlington MJD112	2
Diodo RS07B	2
Comparador LM2901	1
Buffer CD4010BE	1
Regulador LM2937ES-3.3	1
Potenciómetro	1
LED verde	1
Resistencias	27
Condensadores	8
Interruptor	1
PCB	1
Conector DB-9 hembra	1
Portapilas	1
Pilas AAA	8

**Tabla 2.** Mediciones de los componentes del proyecto.

En la Tabla 3 se muestran las horas de uso de los distintos programas usados para la elaboración del proyecto.

Software	
Programa	Horas de proyecto
MPLAB x IDE	100
KiCad	170
Tex Live	100
Texstudio	100
Mozilla Firefox	300
Libreoffice Calc	2

**Tabla 3.** Medicion de los programas.

En último lugar se tienen las horas de mano de obra dedicadas por el proyectista, como se muestra en la Tabla 4.

Mano de obra	
Descripción	Horas de proyecto
Estudio PFG original	40
Diseño electrónica	60
Diseño PCB	125
Programación	100
Pruebas y depurado	20
Documentación	65

**Tabla 4.** Medición de la mano de obra.

# Capítulo 2

## Precios unitarios

ESTE capítulo muestra los precios unitarios de cada objeto del proyecto.

Los costes unitarios de las herramientas usadas en el laboratorio son los que se muestran en la Tabla 5.

Material	Material					
	Cantidad	Uso[h]	Anual[h]	Amortización	Precio[€]	Subtotal[€]
Osciloscopio	1	250	1500	20 %	900	30
Polímetro	1	150	1300	20 %	30	0.69
PicKit3	1	50	800	20 %	50	0.63
Fuente alimentación	1	300	1300	20 %	200	13.85
Equipo de soldadura	1	10	200	20 %	50	0.1

**Tabla 5.** Precio unitario de las herramientas.

Los costes de los componentes del sistema diseñado son los que se muestran en la Tabla 6.

Componentes	
Componente	Precio unitario [€/u]
Sensor	31 <sup>1</sup>
dsPIC33FJ32MC202	2.88
Transistor BTR DTC114E	0.136
Transistor Darlington MJD112	0.536
Diodo RS07B	0.468
Comparador LM2901	0.434
Buffer CD4010BE	0.442
Regulador LM2937ES-3.3	2.07
Potenciómetro	0.349
LED verde	0.143
Resistencias	0.085
Condensadores	0.421
Interruptor	0.697
PCB	50
Conector DB-9 hembra	1.69
Portapilas	1.16
Pilas AAA	0.85

**Tabla 6.** Precio unitario de los componentes.

Por otro lado los programas usados (ver Tabla 7) han sido todos gratuitos, así que no se suman al presupuesto.

Software	
Programa	Precio [€]
MPLAB x IDE	0 <sup>2</sup>
KiCad	0 <sup>3</sup>
Tex Live	0 <sup>3</sup>
Texstudio	0 <sup>3</sup>
Mozilla Firefox	0 <sup>3</sup>
Libreoffice Calc	0 <sup>3</sup>

**Tabla 7.** Precio unitario de los programas.

El precio de la mano de obra directa es el que se muestra en la Tabla 8.

<sup>1</sup>No se venden por separado, se venden en el pack *PARKPILOT URF7* que incluye cuatro sensores.

<sup>2</sup>Software propietario gratuito.

<sup>3</sup>Software libre.

Mano de obra	
Descripción	Precio unitario [€/h]
Estudio PFG original	25
Diseño electrónica	50
Diseño PCB	50
Programación	35
Pruebas y depurado	40
Documentación	35

**Tabla 8.** Medición de la mano de obra.



# Capítulo 3

## Sumas parciales

ESTE capítulo muestra las sumas parciales de los distintos conceptos del presupuesto.

En la Tabla 9 se muestra la suma de los costes de las herramientas utilizadas.

Material						
Material	Cantidad	Uso[h]	Anual[h]	Amortización	Precio[€]	Subtotal[€]
Osciloscopio	1	250	1500	20 %	900	30
Polímetro	1	150	1300	20 %	30	0.69
PicKit3	1	50	800	20 %	50	0.63
Fuente alimentación	1	300	1300	20 %	200	13.85
Equipo de soldadura	1	10	200	20 %	50	0.1
<b>Total</b>						<b>45.27</b>

**Tabla 9.** Suma parcial de las herramientas.

La suma de los costes de los componentes del dispositivo diseñado son los de la Tabla 10.

Componentes			
Componente	Cantidad	Precio unitario [€/u]	Subtotal[€]
Sensor	3	31	93
dsPIC33FJ32MC202	1	2.88	2.88
Transistor BTR DTC114E	3	0.136	0.41
Transistor Darlington MJD112	2	0.536	1.07
Diodo RS07B	2	0.468	0.94
Comparador LM2901	1	0.434	0.43
Buffer CD4010BE	1	0.442	0.42
Regulador LM2937ES-3.3	1	2.07	2.07
Potenciómetro	1	0.349	0.35
LED verde	1	0.143	0.14
Resistencias	27	0.085	2.30
Condensadores	8	0.421	3.37
Interruptor	1	0.697	0.70
PCB	1	50	50
Conector DB-9 hembra	1	1.69	1.69
Portapilas	1	1.16	1.16
Pilas AAA	8	0.85	6.80
<b>Total</b>			<b>167.73</b>

**Tabla 10.** Suma parcial de los componentes.

El software no suma puesto que su coste es cero.

Software		
Programa	Precio [€]	Subtotal[€]
MPLAB x IDE	0	0
KiCad	0	0
Tex Live	0	0
Texstudio	0	0
Mozilla Firefox	0	0
Libreoffice Calc	0	0
<b>Total</b>		<b>0</b>

**Tabla 11.** Suma parcial de los programas.

La suma parcial de la mano de obra directa es la siguiente:

Mano de obra			
Descripción	Horas de proyecto	Precio unitario [€/h]	Subtotal[€]
Estudio PFG original	40	25	1000
Diseño electrónica	60	50	3000
Diseño PCB	125	50	6250
Programación	100	35	3500
Pruebas y depurado	20	40	800
Documentación	65	35	2275
<b>Total</b>			<b>16825</b>

**Tabla 12.** Suma parcial de la mano de obra.



# Capítulo 4

## Presupuesto general

EL presupuesto general del proyecto es la agregación de todas las sumas parciales obtenidas en el capítulo anterior más los gastos generales(luz, mantenimientos, material de oficina, etc.), que se estima en el 5 % del total.

Presupuesto general	
Elemento	Subtotal[€]
Herramientas	45.27
Componentes	167.73
Software	0
Mano de obra	16825
Suma	17038
Gastos generales (5 %)	851
<b>Total</b>	<b>17890</b>

**Tabla 13.** Presupuesto general.