

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

Departamento de Tecnología Electrónica

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL DRIVER DE  
CONTROL DE UN PUENTE DE LUCES.**

Proyecto Fin de Carrera

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL: ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

**AUTOR: MANUEL JOSÉ GÓMEZ NOGALES**  
**DIRECTOR: CARLOS MARCOS LUCAS**

SEPTIEMBRE 2010





**AGRADECIMIENTOS**

Fundamentalmente a mi familia, a mi novia Irene,  
a su familia y a mis compañeros de laboratorio  
que sólo ellos saben la cantidad de horas dedicadas  
en este proyecto.





## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1:</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1	MOTIVACIONES.....	1
1.2	ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	3
1.3	OBJETIVOS.....	4
<b>CAPÍTULO 2:</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....</b>	<b>7</b>
2.1	SISTEMA DE LUCES.....	8
2.2	ALIMENTACIÓN.....	10
2.3	CONTROL.....	11
2.4	ESTRUCTURA MECÁNICA.....	12
<b>CAPÍTULO 3:</b>	<b>SISTEMA DE LUCES .....</b>	<b>13</b>
3.1	DIODO LED.....	13
3.1.1	Definición.....	13
3.1.2	Principio Físico.....	15
3.1.3	Conexión.....	15
3.1.4	Aplicaciones.....	16
3.2	MATRIZ DE LEDS.....	16
3.2.1	Placa electrónica.....	18
3.2.2	Lente de Fresnel.....	19
3.3	LÁMPARA HALÓGENA.....	20
3.3.1	Definición.....	20
3.3.2	Principio físico.....	22
3.4	CONSUMO.....	23
3.4.1	Conclusiones.....	26
<b>CAPÍTULO 4:</b>	<b>ALIMENTACIÓN .....</b>	<b>27</b>



4.1 BATERÍA.....	27
4.2 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	30
4.3 REGULACIÓN.....	31
4.4 DISEÑO HARDWARE.....	33
<b>CAPÍTULO 5: SISTEMA DE CONTROL.....</b>	<b>35</b>
5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	35
5.1.1 Microcontroladores.....	39
5.2 MICROCONTROLADOR AT89S52.....	42
5.2.1 Hardware asociado al AT89S52.....	45
5.3 ENTORNO DE PROGRAMACIÓN.....	48
5.3.1 Introducción.....	48
5.3.2 Keil $\mu$ Vision3.....	49
5.3.3 LabTool-48.....	51
<b>CAPÍTULO 6: REGULACION DE LA LUMINOSIDAD.....</b>	<b>53</b>
6.1 INTRODUCCIÓN Y TIPOS.....	53
6.1.1 Integrados reguladores de tensión ajustable.....	54
6.1.2 PWM, Modulación por anchura de pulso.....	56
6.2 LM555.....	62
6.2.1 Características generales.....	62
6.2.2 Modo de funcionamiento como generador de onda PWM.....	64
6.2.3 Diseño Hardware.....	68
<b>CAPÍTULO 7: POTENCIÓMETRO DIGITAL.....</b>	<b>73</b>
7.1 INTRODUCCIÓN.....	73
7.2 INTERFAZ DE COMUNICACIÓN.....	74
7.2.1 Interfaz serie I <sup>2</sup> C.....	75
7.2.2 Interfaz serie SPI.....	76
7.2.3 Interfaz serie Subida/Bajada.....	77
7.3 POTENCIÓMETRO DIGITAL DS1804.....	79
7.3.1 Descripción de los pines.....	80
7.3.2 Funcionamiento.....	80
7.3.3 Diseño Hardware.....	82
7.3.4 Diseño Software.....	84



---

7.4 CONSUMO.....	86
<b>CAPÍTULO 8: DRIVER DE ILUMINACIÓN .....</b>	<b>89</b>
8.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	89
8.3 DISEÑO ELECTRÓNICO. ....	91
8.3.1 SEMICONDUCTORES .....	93
8.3.2 PUERTA LÓGICA AND.....	96
8.3.3 DISIPADORES.....	99
<b>CAPÍTULO 9: ESTRUCTURA MECÁNICA .....</b>	<b>103</b>
9.1 SOPORTE.....	103
9.2 DISPOSICIÓN DE LA ELECTRÓNICA .....	105
<b>CAPÍTULO 10: FASES DE DESARROLLO .....</b>	<b>107</b>
10.1 DISEÑO HARDWARE.....	107
10.2 DISEÑO SOFTWARE.....	112
<b>CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES .....</b>	<b>115</b>
11.1 TRABAJOS FUTUROS.....	116
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO I: CODIGO FUENTE.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO II: PLANOS.....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO III: PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO IV: PRESUPUESTO.....</b>	<b>156</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de bloques del sistema completo.....	8
Figura 2: Distribución de luces en el Puente de Luces .....	9
Figura 3. Elementos de alimentación. (1) Conector de alimentación 12V; (2) Regulador de tensión LM7805 .....	11
Figura 4: Soporte cedido por la empresa Radiotrans S.A. ....	12
Figura 5: Partes de un diodo LED .....	14
Figura 6: Polarización directa del LED .....	15
Figura 7: Matriz de LEDs .....	17
Figura 8: Placa electrónica de la matriz de LEDs .....	18
Figura 9. Esquema eléctrico interno de la matriz de luces azul.....	18
Figura 10. Sección de una lente tradicional (arriba) y de una lente de Fresnel (abajo) .....	19
Figura 11. Lente de Fresnel.....	20
Figura 12: Estructura de una lámpara halógena.....	22
Figura 13: Fuente de tensión regulable, cedida por el laboratorio del Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas (G.D.A.F.), de la universidad Carlos III de Madrid. ....	24
Figura 14: Tensión de 12V aplicada a la matriz de LEDs Ámbar .....	24
Figura 15: Tensión de 12V aplicada al sistema puente de luces, mediante dos fuentes de alimentación.....	26
Figura 16: Elementos que forman una batería. ....	28
Figura 17: Fusible.....	31
Figura 18. Regulador de tensión de la familia MC/LM 78XX.....	32
Figura 19: Diagrama de bloques del sistema de alimentación del puente de luces. ....	33
Figura 20: Circuito de alimentación.....	34
Figura 21. Estructura interna de un microprocesador .....	37
Figura 22. Estructura interna de un microcontrolador.....	38
Figura 23. Familia MCS-51.....	41
Figura 24: Disposición del microcontrolador AT89S52 en la placa PCB, encuadrado en rojo.....	42
Figura 25. Configuración de los pines del microcontrolador AT89S52 .....	44
Figura 26. Microcontrolador AT89S52 y su implementación hardware .....	45
Figura 27: Función que desarrolla cada pin en los diferentes puertos.....	47
Figura 28. Circuito reset para el microcontrolador AT89S52.....	47
Figura 29. Circuito reloj para el microcontrolador AT89S52.....	48
Figura 30. Compilado y sintetizado en el Keil $\mu$ Vision3 versión 3.00 .....	50
Figura 31. Simulador y depurador en el Keil $\mu$ Vision3 versión 3.00.....	51
Figura 32. Software del LabTool-48 Versión 2.20.....	52
Figura 33. Hardware del LabTool-48 Versión 2.20.....	52
Figura 34: Esquema de la configuración con el LM317T .....	55
Figura 35: Señal cuadrada con un ciclo de trabajo del 50%.....	56
Figura 36: Esquema de la configuración con el LM324 .....	57
Figura 37: Simulación de la salida de la Báscula de Schmitt (U1B) con Orcad Pspice.....	58
Figura 38: Simulación de la salida del integrador (U1A) con Orcad Pspice .....	58
Figura 39: Ciclo de trabajo (V04), para una tensión V03 de 8v .....	59
Figura 40: Ciclo de trabajo (V04), para una tensión V03 de 4v .....	60
Figura 41: Esquema de la configuración con el LM555 .....	61
Figura 42: Pines y vista exterior del LM555 .....	62
Figura 43: Electrónica interna del LM555.....	63
Figura 44: Diagrama interno de bloques del LM555 .....	64
Figura 45: LM555 en configuración multivibrador aestable .....	65
Figura 46: Disposición del integrado LM555 en la placa PCB, encuadrado en rojo. ....	67
Figura 47: Circuito de Activación/Desactivación de la matriz de LEDs.....	68



Figura 48: Disposición del integrado LM555 y componentes pasivos en la placa PCB, encuadrado en rojo. ....	68
Figura 49: Vista en grande de la disposición del integrado LM555 y componentes pasivos en la placa PCB.....	69
Figura 50: Señal PWM para un nivel máximo de intensidad lumínica. ....	70
Figura 51: Señal PWM para un nivel medio de intensidad lumínica.....	71
Figura 52: Vista exterior de dos potenciómetros convencionales. ....	74
Figura 53: Interfaz SPI entre un dispositivo maestro y otro esclavo .....	76
Figura 54: Disposición del Potenciómetro digital DS1804 en la placa PCB, encuadrado en rojo.79	
Figura 55: Pines del DS1804.....	80
Figura 56 : Diagrama de bloques interno del DS1804.....	81
Figura 57: Diagrama de tiempos del interfaz Subida/Bajada .....	82
Figura 58: Diseño Hardware del potenciómetro digital DS1804.....	83
Figura 59: Diagrama de bloques de la programación del AT89S52 necesario para el correcto funcionamiento del potenciómetro digital .....	84
Figura 60: Tensión de 12V aplicada a la matriz de LEDs Ámbar, a través de la placa electrónica en modo "ahorro de energía". ....	87
Figura 61. Esquema eléctrico interno de la matriz de luces azul .....	89
Figura 62. Esquema eléctrico interno de la matriz de luces ámbar .....	90
Figura 63. Esquema eléctrico interno de la matriz de luces blanco .....	90
Figura 64. Esquema eléctrico de una rama de LEDs de las matrices azul, izquierda, ámbar, centro, y blanca, derecha. ....	91
Figura 65. Diseño del driver de iluminación para matriz de LEDs.....	92
Figura 66: Diseño del driver de iluminación para lámpara halógena. ....	92
Figura 67. Características del MOSFET IRF730.....	94
Figura 68: Posicionamiento de los semiconductores MOSFETs IRF730 en la placa PCB. ....	94
Figura 69. Características del semiconductor TIP141.....	95
Figura 70: Perfil de los semiconductores TIP141 con disipador, encuadre rojo.....	96
Figura 71. Integrado y esquema interno del TTL 74HC08.....	96
Figura 72: Tabla de verdad de la puerta AND. ....	97
Figura 73: Cronograma cuando el ciclo de trabajo de la señal PWM es del 96%. ....	98
Figura 74: Cronograma cuando el ciclo de trabajo de la señal PWM es del 50%. ....	98
Figura 75: Disposición de los tres chips 74HC08 en la placa PCB, encuadrados en rojo .....	98
Figura 76: Vista de la estructura mecánica con sus correspondientes medidas.....	103
Figura 77: Ubicación del puente de luces en el vehículo. ....	104
Figura 78: Distribución de luces en el Puente de Luces .....	104
Figura 79: Ubicación de la placa electrónica dentro del puente de luces. ....	105
Figura 80: Medidas de la placa electrónica en centímetros. ....	106
Figura 81: Diagrama del procedimiento iterativo de rediseño hardware.....	108
Figura 82: Primer prototipo implementado en un entrenador digital.....	109
Figura 83: Primer diseño del segundo prototipo.....	111
Figura 84: Segundo diseño del segundo prototipo, capa TOP. ....	111
Figura 85: Segundo diseño del segundo prototipo, capa BOTTOM. ....	112
Figura 86: Diagrama del proceso iterativo de rediseño software. ....	112



## ***ÍNDICE DE TABLAS***

Tabla 1: Consumo de los elementos luminosos. ....	25
Tabla 2: Consumo total de los elementos luminosos. ....	25
Tabla 3: Diferencias entre los microcontroladores AT89S52 y AT89C2051. ....	43
Tabla 4: Función del puerto P1. ....	46
Tabla 5: Función del puerto P2. ....	47
Tabla 6: Función del puerto P3. ....	47
Tabla 7: Descripción de los pines del DS1804. ....	80
Tabla 8: Consumo de los elementos luminosos al activar el modo "ahorro de energía". ....	87
Tabla 9: Consumo total de los elementos luminosos, en modo "ahorro de energía". ....	87



# Capítulo 1:

# INTRODUCCIÓN

## 1.1 MOTIVACIONES.

En las situaciones de peligro o urgencia es necesaria una rápida actuación por parte de los vehículos de emergencia o de seguridad. Estos vehículos, entre los que destacan los de las fuerzas de seguridad, bomberos y las ambulancias, necesitan dispositivos destinados a avisar de su presencia al resto de conductores, con el fin de agilizar su cometido.

Hasta el día de hoy, la gran mayoría de dispositivos incorporados en la parte superior de dichos vehículos de emergencia o de seguridad, están formados principalmente por un conjunto de luces rotatorias convencionales, cuya finalidad es la de abarcar los 360° de visión del vehículo. Debido al gran consumo energético de estos dispositivos, se está experimentando con nuevos



sistemas de iluminación capaces de dar la misma intensidad lumínica con mucho menos consumo energético.

Estos nuevos sistemas de iluminación se basan en la tecnología LED y han sido cedidos por la empresa RADIOTRANS S.A., para que el Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas (GDAF), lleve a cabo un prototipo que sirva para mejorar las prestaciones de los dispositivos convencionales.

Con el sistema de iluminación que se diseñará e implementará en el presente proyecto fin de carrera, se pretende eliminar los problemas de los sistemas luminosos tradicionales que a continuación se mencionan:

1. Los motores eléctricos rotatorios utilizados inducen desgastes en sus partes móviles, que afecta a la vida útil del sistema entero. Por ello, es necesario realizar periódicamente mantenimientos preventivos o, incluso, su sustitución en caso de rotura. Además, ocasionan un elevado consumo de energía para su funcionamiento.
2. El elevado consumo y reducida vida útil de los dispositivos incandescentes tradicionales utilizados en la iluminación, comparado con otros dispositivos luminosos actuales, basados en diodos emisores de luz (LEDs).
3. No permite reducir el consumo total del sistema a voluntad del usuario. Si esto fuera posible, se evitaría que se desgastase innecesariamente la fuente de alimentación, que proporciona energía eléctrica a todo el vehículo.
4. Imposibilidad de controlar de una manera remota, si se desea, el dispositivo. Siendo necesario estar dentro del vehículo para su manejo.



5. No permite configurar de manera manual al usuario una secuencia de luces deseada.

El proyecto completo consta de dos partes, la primera de ella, desarrollada en otro proyecto fin de carrera por el alumno Luis Esteban Escudero Martín, se explica la interfaz usada para que el usuario actúe sobre el sistema, de una manera rápida y sencilla

La segunda parte, que es la que se expone en el presente proyecto fin de carrera, se estudian tanto los componentes optoelectrónicos del puente de luces, como el desarrollo de la ejecución de las ordenes recibidas por la primera parte del proyecto sobre los elementos luminosos, realizando diferentes secuencias y variando la intensidad lumínica, según el usuario desee.

## **1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.**

Los sistemas de iluminación de los vehículos de emergencia o de seguridad, han evolucionado considerablemente. Inicialmente, estos vehículos llevaban únicamente un cartel que indicaba de que tipo de vehículo se trataba.

Alrededor de los años 50 se comenzó a utilizar bombillas incandescentes fijas, cuyo principal problema era que tan sólo podían ser reconocidos desde la parte frontal del vehículo, por lo que fueron sustituidas por bombillas giratorias, que abarcan los 360º que rodean al vehículo.

Años más tarde este sistema de iluminación fue acompañado por un sistema de advertencia acústica. De este modo, no sólo se consigue hacer visible el vehículo, sino también advertir de forma sonora su presencia.



En la última década se han incorporado progresivamente nuevos sistemas tecnológicos de iluminación, como es el caso de diodos emisores de luz (LEDs), que han dado lugar a una gran mejora de los dispositivos luminosos.

## 1.3 OBJETIVOS.

La finalidad de este proyecto es el diseño y desarrollo de un sistema para el control de un prototipo de puente de luces, formado por matrices de LEDs, para su utilización en vehículos de emergencia o de seguridad.

Los objetivos principales del presente proyecto fin de carrera, *Diseño e implementación del driver de control de un puente de luces*, son:

- Estudiar el dispositivo cedido por la empresa RADIOTRANS S.A. obteniendo, tanto sus características técnicas como morfológicas.
- Diseñar e implementar los sistemas electrónicos, necesarios para cubrir las necesidades de funcionamiento del sistema.
- Reducir al mínimo el cableado entre el elemento interno y el externo, usando para ello protocolos de comunicación serie.
- Procurar que el diseño electrónico se simplifique lo máximo posible, con el fin de utilizar el menor número de componentes posible, reduciendo costes y evitando fallo o roturas.
- Reducir el número de dispositivos utilizados a solamente uno, el cual llevará integrado toda la electrónica.
- Realizar el control de la iluminación, tratando cada matriz de LEDs de una forma independiente al resto.



- Brindar al usuario la opción de controlar la intensidad lumínica, de todas las matrices de LEDs, en función de la luminosidad ambiente, con el fin de ahorrar energía
- Implementar el sistema electrónico en un soporte físico, con unas dimensiones adecuadas, para su correcta colocación en el soporte mecánico.
- Crear un diseño global que se ajuste a las normativas actuales.

A lo largo de este proyecto se irá describiendo el diseño, desarrollo e implementación de la aplicación, que permitirá reducir la energía consumida en la iluminación, reducción de costes y aumento de la eficacia.

En el Capítulo 2 se hará una breve descripción general, del diseño del sistema puente de luces completo, donde se mencionan las características principales de todas las partes que lo componen.

En el Capítulo 3 se describirá la estructura y características que poseen los componentes luminosos que conforman el puente de luces utilizado.

A lo largo del Capítulo 4 se describirá la alimentación que necesita suministrarse a cada una de las partes del dispositivo, para su correcto funcionamiento.

En el Capítulo 5 se dará una breve explicación de las principales características de los microcontroladores, y una descripción más detallada del microcontrolador, utilizado en este proyecto, encargado de gobernar el sistema de control.

En el Capítulo 6 se estudiarán las diferentes formas existentes para regular la luminosidad, haciendo una descripción más detallada del dispositivo



LM555, el cuál será el encargado de generar la señal capaz de aumentar la eficacia del sistema de luces.

En el Capítulo 7 se describirán los interfaces de comunicación para los potenciómetros digitales más utilizados en el mercado, haciendo una descripción más detallada del potenciómetro digital DS1804, que es el utilizado en este proyecto.

En el Capítulo 8 se estudiarán los dispositivos encargados de suministrar la alimentación y de computarla, para así realizar las diferentes secuencias de iluminación de los elementos del puente de luces.

A lo largo del Capítulo 9 se explicará la estructura mecánica del puente de luces, así como la distribución física de todos los elementos electrónicos y luminosos que conforman el dispositivo completo.

En el Capítulo 10 se expondrán los pasos seguidos a la hora de desarrollar y diseñar tanto el hardware como el software, así como el método utilizado para comprobar su correcto funcionamiento.

En el Capítulo 11 se describirán y se comentarán las conclusiones obtenidas después de la finalización del presente proyecto, así como las posibles vías para futuras mejoras de éste.

El anexo incluye documentación referente a los planos del diseño (esquemas eléctricos y circuito impreso), un presupuesto estimativo de los costes y el código fuente del programa introducido en el microcontrolador.



# Capítulo 2:

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En el presente capítulo se realizará una breve descripción de los elementos que componen el sistema puente de luces, tales como el sistema de luces, alimentación, control y estructura mecánica. En todos estos casos no se profundizará en su funcionamiento, ni en sus características técnicas o morfológicas, ya que en los siguientes capítulos se dedicará exclusivamente a ello.

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema completo de señalización de vehículos especiales se encuentra dividido en dos partes, la primera de ellas se encarga de la interfaz usada para que el usuario actúe sobre el sistema, mientras que la segunda se encarga del sistema optoelectrónico.

En la siguiente figura (Figura 1) se muestra el diagrama de bloques para el sistema completo de señalización de vehículos especiales, donde se diferencian las dos partes del diseño.

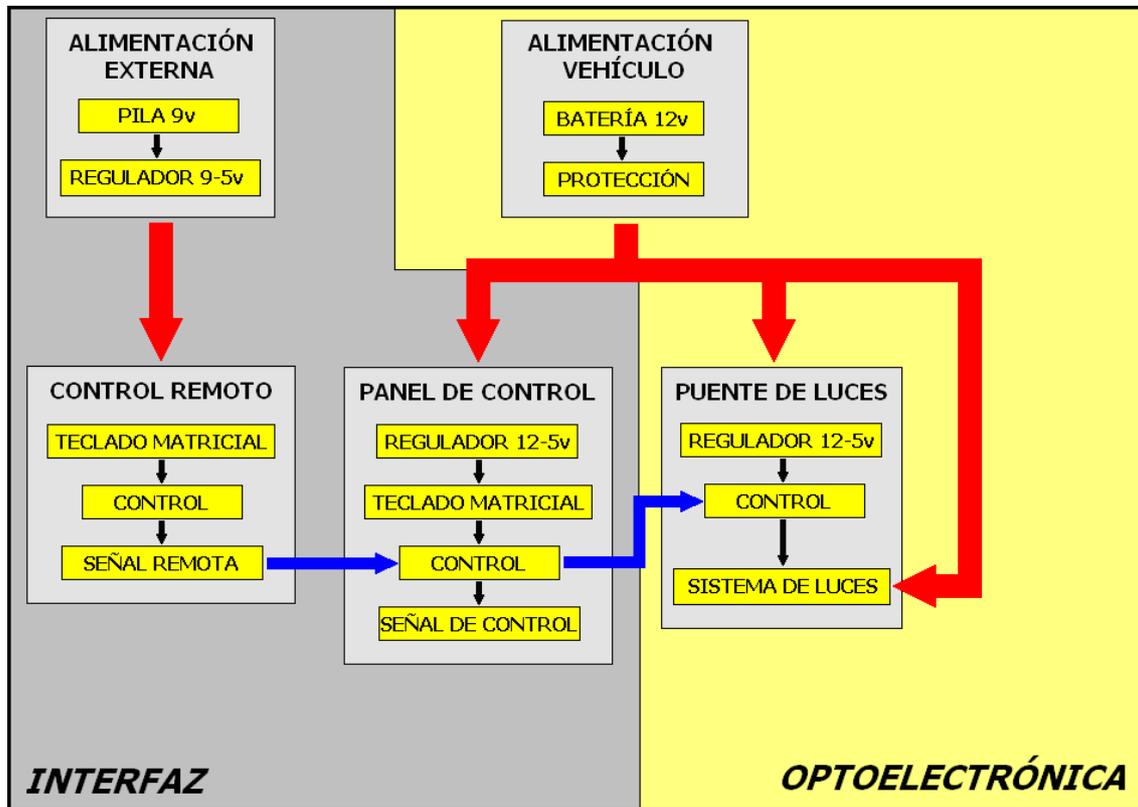


Figura 1: Diagrama de bloques del sistema completo.

## 2.1 SISTEMA DE LUCES.

En todo vehículo de emergencia o de seguridad es necesario un sistema de iluminación que identifique, de forma rápida y a larga distancia, su situación de emergencia, por este motivo para el presente proyecto, se ha optado por utilizar un sistema de iluminación de alta potencia y de reducido consumo, formado por LEDs, agrupados en arrays o matrices.

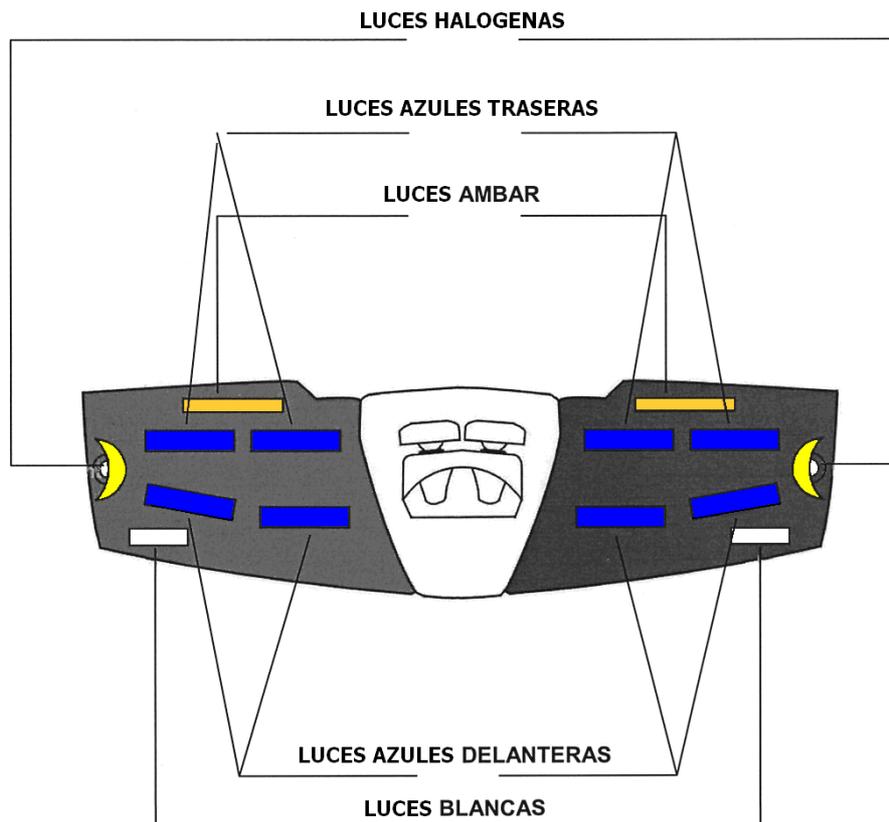


Figura 2: Distribución de luces en el Puente de Luces

Como se puede observar en la Figura 2 el sistema de iluminación está formado por ocho matrices de LEDs de color azul, dos de color ámbar y otras dos de color blanco. Además, el sistema estará dotado de dos bombillas halógenas, situadas a los lados de la estructura mecánica, que darán una elevada intensidad lumínica en el caso de necesitarla.

La intensidad máxima y mínima que debe dar el sistema de iluminación, formado por las matrices de LEDs y las bombillas halógenas, viene establecida por Naciones Unidas.

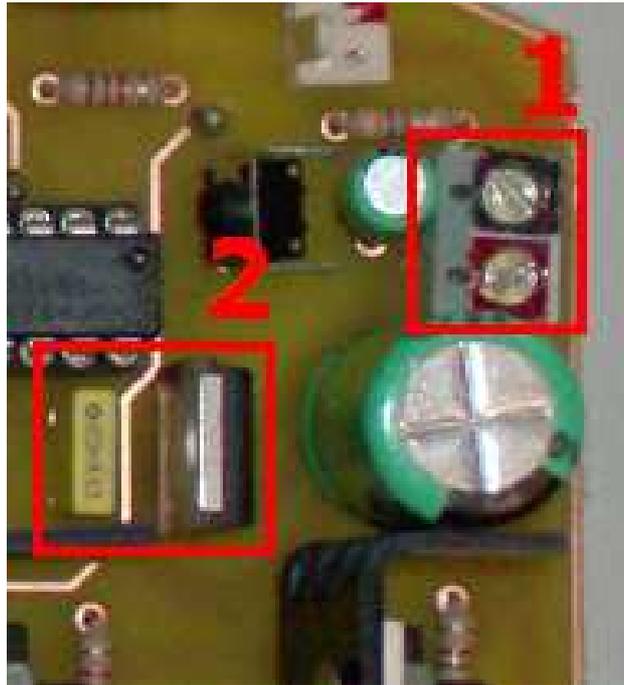


## 2.2 ALIMENTACIÓN.

Para el diseño del presente proyecto, se ha tenido en cuenta que el único dispositivo, capaz de almacenar y suministrar energía eléctrica, a todos los componentes electrónicos de un vehículo, es la batería. La tensión que suministra dicha batería, es de 12 Voltios de continua y su carga energética, oscila entre los 40 y los 120 Amperios a la hora. Más adelante, se expondrá el cálculo del consumo del puente de luces necesario para estimar qué batería es la más adecuada para alimentar todo el sistema.

Para la realización de este proyecto, son necesarias dos tensiones diferentes. Una tensión de 12 voltios, para alimentar las matrices de LEDs y luces halógenas, y otra tensión de 5 voltios, que será la utilizada por los diferentes elementos digitales del sistema.

La tensión que alimentará los elementos digitales de 5 Voltios se obtendrá transformando la tensión de la batería de 12 Voltios mediante un regulador de tensión. El regulador de tensión elegido es el LM7805, capaz de suministrar una corriente de salida de 2A, suficiente para alimentar todos los dispositivos digitales incluidos en el presente proyecto.



**Figura 3. Elementos de alimentación. (1) Conector de alimentación 12V; (2) Regulador de tensión LM7805**

## 2.3 CONTROL.

En todo sistema autónomo, es imprescindible un bloque de control que sea el encargado, mediante los componentes electrónicos que lo conforman, de interpretar y llevar a cabo todas las acciones para las que haya sido diseñado.

El bloque de control, para el sistema optoelectrónico, estará gobernado por el microcontrolador, basado en la tecnología 8051, AT89S52. Dicho microcontrolador recibirá las señales procedentes del panel de control a través de su puerto serie. Una vez recibidas las señales, actuará sobre sus puertos de salida para realizar las opciones deseadas por el usuario, tales como, la activación de las diferentes secuencias o el modo "ahorro de energía".

## 2.4 ESTRUCTURA MECÁNICA.

Para albergar tanto la electrónica del puente de luces como las matrices de LEDs, se ha dispuesto de un soporte, cedido por la empresa RADIOTRANS S.A. (Figura 4), que cumple todos los requisitos necesarios para asegurar, que los componentes alojados en su interior, estarán aislados en todo momento del exterior.



Figura 4: Soporte cedido por la empresa Radiotrans S.A.

En la Figura 4, se puede apreciar que la geometría del soporte, hace posible que la luz emitida por las matrices de LEDs, pueda ser visualizada desde todos los ángulos posibles, necesario para poder cumplir con la normativa vigente establecida por Naciones Unidas. [N.1]



# Capítulo 3:

## SISTEMA DE LUCES

La tecnología LED está cada día cobrando más protagonismo en el campo de la iluminación, por su alta potencia frente a su bajo consumo. Por ello, se ha elegido este dispositivo para proporcionar la iluminación en el presente prototipo, haciendo imprescindible conocer de forma general, sus principales características.

### 3.1 DIODO LED.

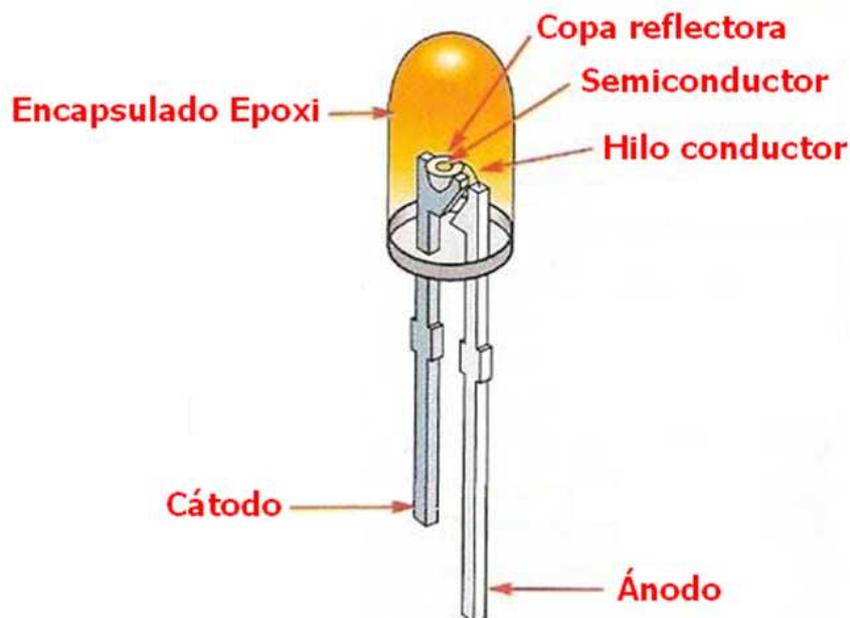
#### 3.1.1 Definición

Diodo emisor de luz, también conocido como LED (de su acrónimo en inglés Light-Emitting Diode), es un diodo capaz de emitir luz cuando su unión p-n, es polarizada de forma directa.

El color de la luz emitida depende, en cada caso, de los parámetros tecnológicos empleados en la fabricación del material semiconductor utilizado y puede abarcar desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, pasando por el espectro visible.

En la Figura 5 se muestra un diodo LED, del mismo tipo que se encuentra en las matrices de LEDs del puente de luces que trata el presente proyecto. La parte más importante del LED es el chip semiconductor, el cual está encapsulado en una cubierta de resina epoxi, de mayor resistencia que las de vidrio. Aunque el encapsulado pueda estar coloreado es sólo por razones estéticas, ya que ello no influye en el color de la luz emitida, aunque si sirve de lente para concentrar, dispersar o colimar la luz emitida.

Los terminales ánodo y cátodo se extienden por debajo del encapsulado del LED identificándose el terminal negativo o cátodo, por ser el terminal de menor longitud y por su cara plana, dentro del encapsulado.



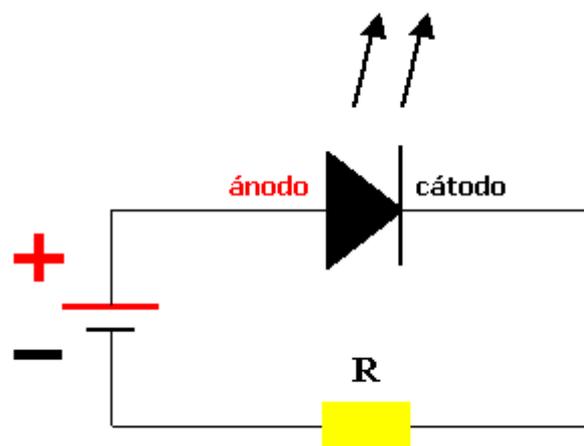
**Figura 5: Partes de un diodo LED**

### **3.1.2 Principio Físico**

El fenómeno de emisión de luz está basado en la teoría de bandas. Dicha teoría consiste en que al aplicar una tensión externa a una unión p-n polarizada directamente, ésta excita los electrones de manera que son capaces de atravesar la banda de energía que separa las dos regiones. Si la energía es suficiente los electrones escapan del material en forma de fotones y por tanto emiten luz. Cada material semiconductor tiene unas determinadas características, y por lo tanto, diferentes longitudes de onda de la luz emitida.

### **3.1.3 Conexión**

Para conectar LEDs de modo que iluminen de forma continua, deben estar polarizados directamente. Esto se consigue aplicando una tensión que genere una corriente de ánodo a cátodo como muestra la Figura 6. Además, es necesario que dicha tensión, que polariza al diodo, sea superior a la tensión umbral del diodo LED, teniendo ésta habitualmente valores entre 1,5 a 4V aproximadamente.



**Figura 6: Polarización directa del LED**



Normalmente es necesario conectar en serie una resistencia encargada de limitar la corriente que circule por el diodo LED, ya que dependiendo del color y tipo de LED, ésta deberá tener un valor u otro.

### **3.1.4 Aplicaciones**

Gracias a las características de bajo consumo y vida útil, entre otras, los diodos LEDs tienen un amplio abanico de aplicaciones, como puede ser su utilización en todo tipo de indicadores de estado (encendido/apagado), en dispositivos de señalización (de tránsito, de emergencia, etc) y en paneles informativos.

Desde su aparición, los LEDs de luz blanca se han convertido en una alternativa muy prometedora en el ámbito de la iluminación, frente a las lámparas incandescentes y a los tubos fluorescentes, ya que presentan indudables ventajas frente a estos sistemas de iluminación, particularmente por su larga vida útil y su menor fragilidad.

Por otra parte, los diodos infrarrojos (IRED) se emplean en general para aplicaciones de control remoto, así como en dispositivos detectores, además de ser utilizados para transmitir datos entre dispositivos electrónicos, como en redes de computadoras y dispositivos como teléfonos móviles.

## **3.2 MATRIZ DE LEDS.**

En el presente proyecto, se ha denominado matriz de LEDs al conjunto de LEDs, que agrupados dan la intensidad lumínica suficiente para poder ser

visibles desde larga distancia. Todos los diodos LEDs de una misma matriz, están conectados a una única placa electrónica y serán de iguales propiedades y color.

Todas las matrices de LEDs, que se utilizan en el presente proyecto, han sido cedidas por la empresa Radiotrans S.A., estando cada una enclavada mediante tornillos al soporte principal del puente de luces. Se han utilizado tres tipos diferentes de matrices de LEDs atendiendo al tipo de luz que emiten: ocho de color azul, dos de color ámbar y otras dos de color blanco, haciendo un total de doce matrices de LEDs.

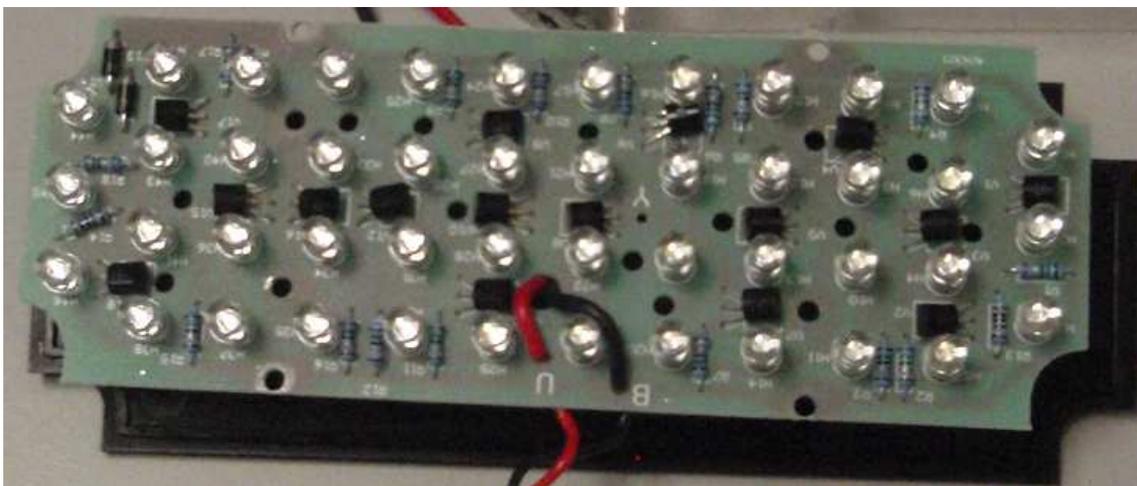


**Figura 7: Matriz de LEDs**

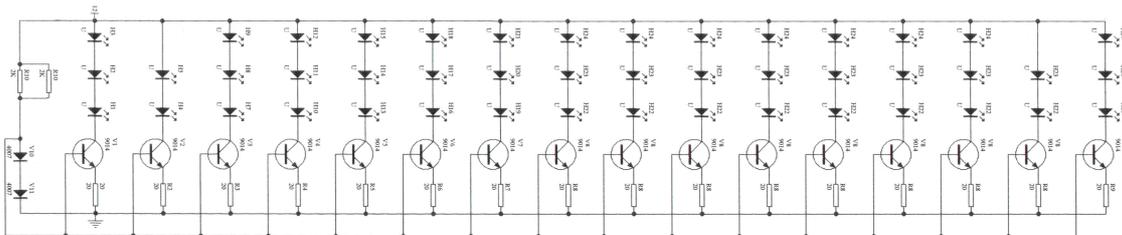
Las partes fundamentales que constituyen la matriz de LEDs, y que se explicará detalladamente a continuación, son la placa electrónica y la lente de Fresnel.

### **3.2.1 Placa electrónica**

La placa electrónica está constituida por ramas paralelas de dos, tres o cuatro diodos LEDs conectados en serie entre ellos. Cada rama está gobernada por un transistor bipolar y posee una resistencia limitadora de corriente. En la Figura 8 se puede apreciar la placa electrónica de la matriz de LEDs azules, y en la Figura 9 su esquema eléctrico interno.



**Figura 8: Placa electrónica de la matriz de LEDs**



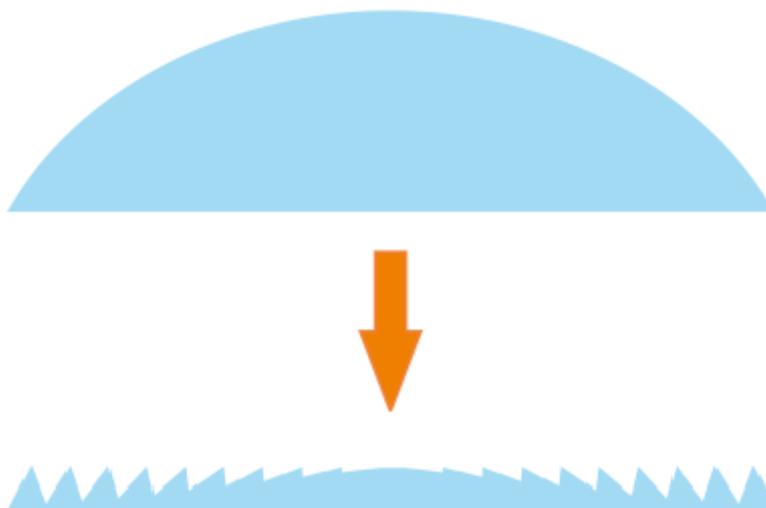
**Figura 9. Esquema eléctrico interno de la matriz de luces azul**

La diferencia existente entre las placas electrónicas de las matrices de LEDs azul, blanca y ámbar es el número de LEDs conectados en serie en cada rama, el voltaje umbral necesario para activar cada Led y el valor de la resistencia limitadora de corriente. De todo esto, y del funcionamiento de cada matriz de LEDs, se ha realizado un estudio detallado en el Capítulo 8.

### **3.2.2 Lente de Fresnel**

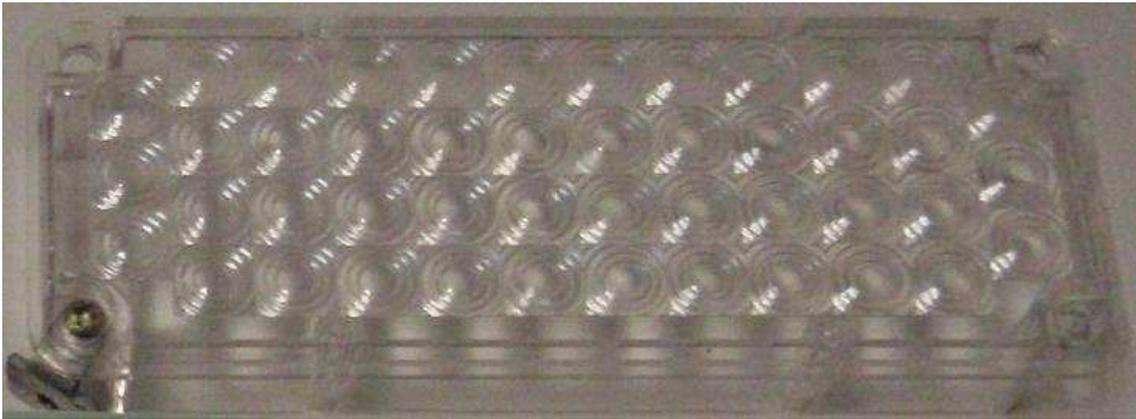
Para aprovechar al máximo la luz emitida por los diodos de la matriz de LEDs, es necesario que delante de las matrices se coloquen lentes capaces de focalizar la luz emitida por éstas. Las lentes que están insertadas en la parte frontal de la carcasa, y que además, sirven de protección a la placa electrónica de la matriz de LEDs, son las denominadas lentes de Fresnel.

Las lentes de Fresnel representan una forma de lente, en la que los segmentos de lente en forma anular se coordinan concéntricamente. El efecto óptico de estas lentes es comparable al efecto de las lentes tradicionales, con la correspondiente curvatura como muestra la Figura 10. Por lo tanto las lentes de Fresnel son bastante más planas, ligeras y económicas.



**Figura 10. Sección de una lente tradicional (arriba) y de una lente de Fresnel (abajo)**

Todos los diodos de la matriz de LEDs tienen asociado una lente de Fresnel, como muestra la Figura 11. Dicha lente es la encargada de concentrar el haz de luz, obteniendo de esta forma una mayor intensidad lumínica.



**Figura 11. Lente de Fresnel**

## **3.3 LÁMPARA HALÓGENA.**

### **3.3.1 Definición**

Inventadas por GE Lighting en 1958, las lámparas halógenas proporcionan una fuente compacta de luz, que ha revolucionado el mundo de la iluminación al ser de mayor eficiencia que las lámparas incandescentes.

A diferencia de las lámparas incandescentes estándar, las lámparas halógenas utilizan un gas halógeno, que les permite tener una luz más brillante sin sacrificar la duración. Además, el vidrio de las lámparas de incandescencia es sustituido por cristal de cuarzo, que soporta mucho mejor el calor.

Los modelos que se utilizan normalmente trabajan a la tensión de 12v, como es el caso de las lámparas halógenas de este proyecto, pero existen otros capaces de trabajar a la tensión de la red eléctrica, es decir, 220V-230V.

Comparadas con las lámparas incandescentes equivalentes, las lámparas halógenas ofrecen las siguientes ventajas:

- Son más eficientes, por lo que consumen menos energía eléctrica por lumen de intensidad de luz aportado.
- Ofrecen una duración más larga, de hasta cinco veces la vida media estimada.
- Proporcionan una luz más blanca y más nítida, empleando menos potencia.
- Su tamaño es más reducido, comparadas con una incandescente normal de la misma potencia.
- Proporcionan un mejor control de haz, permitiendo dirigir la luz con mucha más precisión.

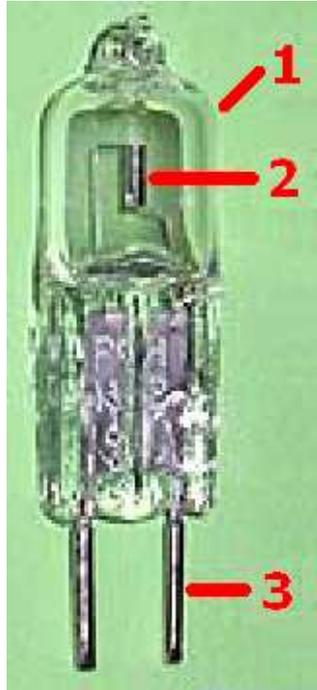
Sin embargo las lámparas halógenas, presentan las siguientes desventajas:

- La lámpara halógena genera un calor intenso. Esto es debido a que el filamento alcanza una temperatura muy alta y éste, se encuentra muy cerca de la envoltura del cristal de cuarzo.
- Emiten radiaciones ultravioleta junto con la luz blanca visible, incidiendo negativamente sobre el cristalino, aumentando las posibilidades de acelerar el proceso degenerativo, que conduce a la presencia de cataratas. Por lo tanto no se deben utilizar en lámparas para la lectura.
- No se puede tocar directamente con los dedos, pues el sudor o la grasa de las manos, altera la composición química del cristal de cuarzo, provocando que la lámpara se funda.

La estructura de una lámpara halógena consta prácticamente de los mismos elementos que las incandescentes comunes. Sus diferentes partes se pueden resumir en:

1. Bulbo, o en su defecto, un tubo de cristal de cuarzo, relleno con gas halógeno.

2. Filamento de Wolframio (Tungsteno en el mundo anglosajón), con su correspondiente soporte.
3. Conexiones exteriores.



**Figura 12: Estructura de una lámpara halógena**

### **3.3.2 Principio físico**

El principio de funcionamiento de una lámpara halógena, es muy similar al de una lámpara incandescente común. En los dos tipos de lámparas, la incandescencia que produce la luz visible, se basa en la altísima temperatura que alcanza el filamento.

En la lámpara halógena, cuando el filamento alcanza la temperatura más alta que puede soportar, el Wolframio sublima y sus átomos pasan a estado gaseoso, expandiéndose en busca de la superficie interior de la cápsula de cristal de cuarzo, donde se combinan con el gas halógeno, para formar el halogenuro de Wolframio. Inmediatamente el nuevo gas que se ha formado,



tiende a retornar hacia el centro de la lámpara, donde se encuentra situado el filamento deteriorado.

Debido a que el halogenuro de wolframio es un gas inestable, cuando sus moléculas reciben directamente el calor del filamento, se descomponen en forma de wolframio metálico, que se deposita como tal en el filamento y lo reconstruye. Este proceso permite al filamento reciclarse, creándose un ciclo regenerador durante todo el tiempo que la lámpara permanece encendida.

### **3.4 CONSUMO.**

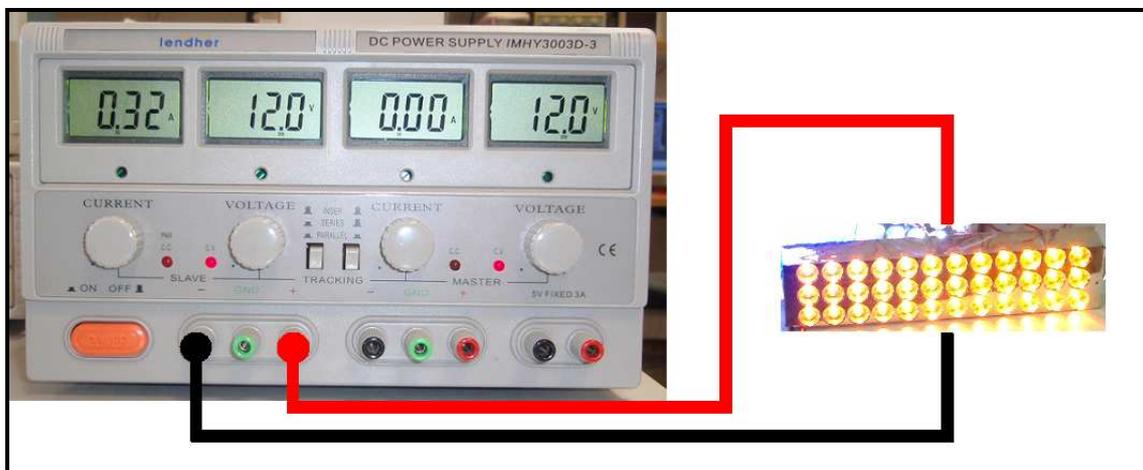
Tanto para poder diseñar adecuadamente los elementos del driver de iluminación como para la correcta elección de la fuente de alimentación autónoma, encargada de suministrar la energía suficiente a todos los elementos, es necesario conocer la corriente que consumen todos los elementos luminosos del sistema puente de luces.

Para conocer la corriente que consumen tanto las matrices de LEDs como las lámparas halógenas, cedidas por RADIOTRANS S.A., a todas ellas y por separado, se les ha aplicado una tensión de 12V, por medio de una fuente de tensión regulable conectada a la red, Figura 13.



**Figura 13: Fuente de tensión regulable, cedida por el laboratorio del Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas (G.D.A.F.), de la universidad Carlos III de Madrid.**

El procedimiento seguido consiste en conectar el terminal positivo de la fuente de tensión, con su análogo de la matriz de LEDs o lámpara halógena, y el terminal negativo de la fuente, también con su análogo. A continuación, se fija una tensión de 12V y se observa la cantidad de corriente, que demanda la matriz o lámpara a la fuente. En la Figura 14 se puede apreciar, que la corriente consumida por la matriz de LEDs ámbar a una tensión de 12V es de 0,32A.



**Figura 14: Tensión de 12V aplicada a la matriz de LEDs Ámbar**

En la siguiente tabla se puede observar, la corriente resultante al realizar el procedimiento anteriormente descrito, a cada uno de los elementos luminosos del sistema puente de luces.

<b>Matriz de LEDs</b>	<b>Azul</b>	<b>340mA</b>
	<b>Ámbar</b>	<b>320mA</b>
	<b>Blanca</b>	<b>40mA</b>
<b>Luz Halógena</b>		<b>1,4A</b>

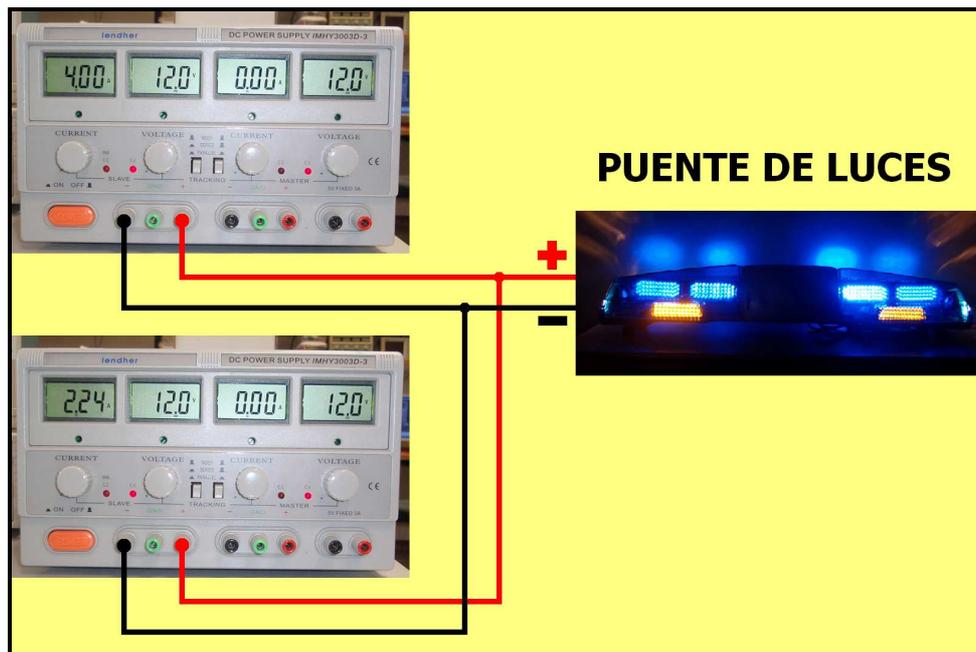
**Tabla 1: Consumo de los elementos luminosos.**

Teniendo en cuenta que el sistema puente de luces consta de 8 matrices de LEDs azules, 2 blancas, 2 ámbares y 2 lámparas halógenas el consumo total será:

<b>Matriz de LEDs</b>	<b>Azul (x8)</b>	<b>2,72A</b>
	<b>Ámbar (x2)</b>	<b>640mA</b>
	<b>Blanca (x2)</b>	<b>80mA</b>
<b>Luz Halógena (x2)</b>		<b>2,8A</b>
<b>CONSUMO TOTAL</b>		<b>6,24A</b>

**Tabla 2: Consumo total de los elementos luminosos.**

Debido a que la corriente total de todos los elementos luminosos del sistema puente de luces es de 6,24A, y que la máxima corriente que es capaz de suministrar una fuente de alimentación cedida por el laboratorio es de 4A, ha sido necesario conectar dos fuentes en paralelo como muestra la Figura 15, para así poder alimentar a todo el sistema puente de luces. A ambas fuentes de alimentación se les fijará la tensión de 12V, y mientras que una entregará 4A la otra entregará el resto, 2,24A.



**Figura 15: Tensión de 12V aplicada al sistema puente de luces, mediante dos fuentes de alimentación.**

### **3.4.1 Conclusiones.**

- Conocer los consumos de corriente será muy significativo a la hora de diseñar los elementos del driver de iluminación, ya que éstos deben ser dimensionados adecuadamente para poder soportar dichos consumos.
- Para el desarrollo del presente proyecto es necesario seleccionar una fuente de alimentación autónoma, capaz de suministrar la energía suficiente durante un periodo de tiempo elevado, tanto al sistema puente de luces como al resto de elementos eléctricos del vehículo.
- Debido a que en el caso de que estén todas las luces encendidas simultáneamente, el consumo llega a ser muy elevado, en capítulos siguientes se estudiará el modo de reducir en la medida de lo posible dicho consumo, para así intentar cumplir uno de los objetivos fijados al inicio del proyecto.



# Capítulo 4:

## ALIMENTACIÓN

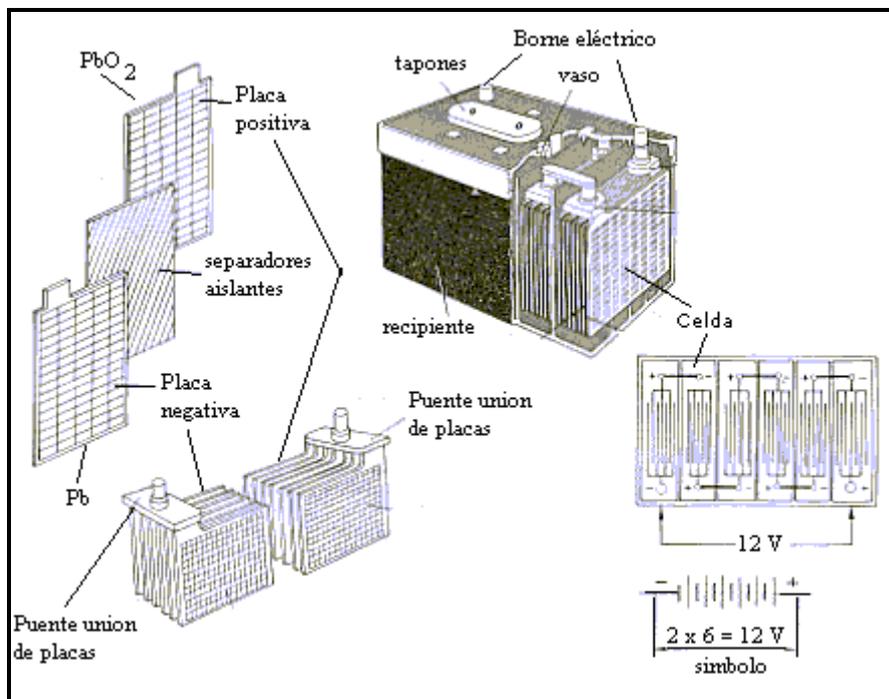
Para alimentar todos los elementos electrónicos de un automóvil se necesita una fuente de alimentación autónoma, capaz de suministrar la energía suficiente a todos los elementos y con una autonomía elevada. La batería del automóvil será la encargada de realizar dicha función. En el presente capítulo se estudiarán sus características más importantes para así poder escoger la más adecuada, capaz de alimentar no solo al sistema puente de luces, sino también al resto de los elementos eléctricos del vehículo.

### 4.1 BATERÍA.

Se entiende por batería a todo elemento capaz de acumular energía eléctrica para ser utilizada posteriormente. La batería de un automóvil está

formada por 6 celdas conectadas en serie, unidas por medio de barras metálicas. El voltaje nominal de cada celda es aproximadamente de dos voltios, de modo que se obtienen 12 Voltios en los terminales de la batería.

La acumulación de energía en cada celda, se realiza por medio de un proceso químico entre dos placas de plomo, una positiva construida con dióxido de plomo ( $PbO_2$ ) y otra negativa formada por plomo esponjoso (Pb), y un líquido denominado electrolito formado por agua y ácido sulfúrico.



**Figura 16: Elementos que forman una batería.**

Alimentando a la batería con una determinada tensión, proporcionada por el alternador del automóvil, se consigue recombinar los elementos químicos para regenerar la carga de la batería, es decir, la batería se va recargando cuando el motor del vehículo está en marcha.

Gracias a este almacenaje de energía se proporciona alimentación, que será utilizada, por ejemplo, para poner en marcha el motor del vehículo o para



suministrar energía a elementos como el aire acondicionado, elevadores eléctricos, luces, etc, cuando el motor del vehículo permanezca apagado.

Actualmente existe una gran variedad de baterías para vehículos dependiendo de las características del mismo, siendo las de plomo y ácido las más frecuentes en vehículos convencionales, no híbridos.

La característica, más importante, a tener en cuenta es la capacidad (Q), ésta se mide en amperios/hora (Ah) y su valor dependerá de la cilindrada y el tipo de motor ya que, por ejemplo, un motor diésel necesita más corriente durante el arranque que uno de gasolina equivalente.

Como se mostró en el capítulo anterior, el consumo de corriente máxima en el puente de luces es de 6,24 A. Conocido el valor de la corriente y suponiendo una batería de 100Ah se puede conocer teóricamente la duración de la batería.

$$T = \frac{Q}{I} = \frac{100}{6,24} = 16 \text{ Horas}$$

Esto significa que la batería de 100Ah es capaz de suministrar la energía necesaria al sistema puente de luces durante 16 horas, sin necesidad de tener el motor del vehículo en marcha.

Puesto que la vida útil de la batería va disminuyendo en proporción al consumo que se realice, es importante que el consumo del sistema que se desarrolla en este proyecto deba ser lo más reducido posible. Por ello, se ha realizado un modo de ahorro de energía, en donde el consumo del puente de luces baja drásticamente. Una vez se explique dicho modo, se volverá a calcular teóricamente la duración de la batería sin necesidad de tener el motor del vehículo en marcha, para observar que ésta aumenta notablemente.



Debido a que en el laboratorio, donde se realizaron todas las pruebas de diseño e implementación del presente proyecto, no disponía de una batería de automóvil de plomo y ácido de 100Ah, se utilizaron dos fuentes de alimentación variables conectadas en paralelo, como ya se mencionó en el capítulo anterior. Proponiendo como ampliación para futuros proyectos, sustituir dichas fuentes de alimentación por una batería con las características mencionadas, para verificar los cálculos teóricos realizados.

## 4.2 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

En caso de producirse un mal funcionamiento de la fuente de tensión es necesario que los dispositivos electrónicos conectados a ésta no sufran ningún daño. Por ello, es necesario introducir entre la fuente de tensión y los dispositivos electrónicos un elemento de corte, que sea capaz de evitar el paso de la corriente en caso de que ésta tome un valor elevado.

Como elemento de corte se usa un fusible, el cual está constituido por un hilo o lámina de metal de aleación de bajo punto de fusión. Por lo tanto, al superar un valor de corriente peligroso para el resto de dispositivos electrónicos éste se fundirá cortando de este modo el suministro de corriente.



**Figura 17: Fusible.**

Para la protección de todo el sistema puente de luces se aconseja utilizar un fusible de corte de 10 Amperios. Este valor se fija teniendo en cuenta que el consumo máximo del puente de luces es de 6,24A, despreciando el consumo de dispositivos digitales del orden de mA.

### **4.3 REGULACIÓN.**

Inmediatamente después de esta fuente de tensión se introducirá un regulador de tensión. Su función es la de adaptar una tensión de entrada, entregada por la fuente, a una tensión de salida adecuada para alimentar los diferentes componentes, siendo ésta lo más estable posible con el tiempo. Dicha adaptación de tensión se consigue disipando en forma de calor la tensión en exceso, que proporciona la fuente, hasta obtener el valor requerido.

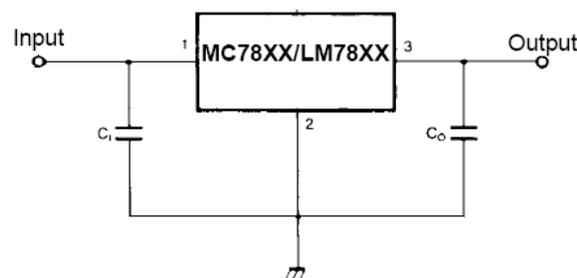
El empleo del regulador de tensión en el desarrollo de este proyecto es de vital importancia, ya que no todos los sistemas electrónicos que lo conforman funcionan a la tensión natural de la batería (12V). Existen gran parte de elementos electrónicos que funcionan bajo la tecnología TTL, por lo cual, sólo deben ser alimentados a 5V de tensión continua.

Para el desarrollo de este proyecto se elegirá un regulador de la familia LM78XX, debido a que éstos son los más sencillos, más fiables, baratos y no precisan de una gran circuitería auxiliar para su funcionamiento.

Los reguladores de la familia LM78XX poseen tres terminales, como se puede observar en la Figura 18

- El primer terminal es el correspondiente a la entrada de tensión no regulada.
- El segundo sirve de referencia siendo común a ambos.
- El tercero es la tensión de salida regulada.

Para su correcto funcionamiento es aconsejable agregar dos condensadores al circuito integrado. El condensador  $C_i$ , que se encuentra a la entrada del regulador, filtra la tensión de posibles picos y transitorios indeseables, mientras que  $C_o$ , que se encuentra a la salida, evita oscilaciones a la vez que disminuye la tensión de rizado de salida.

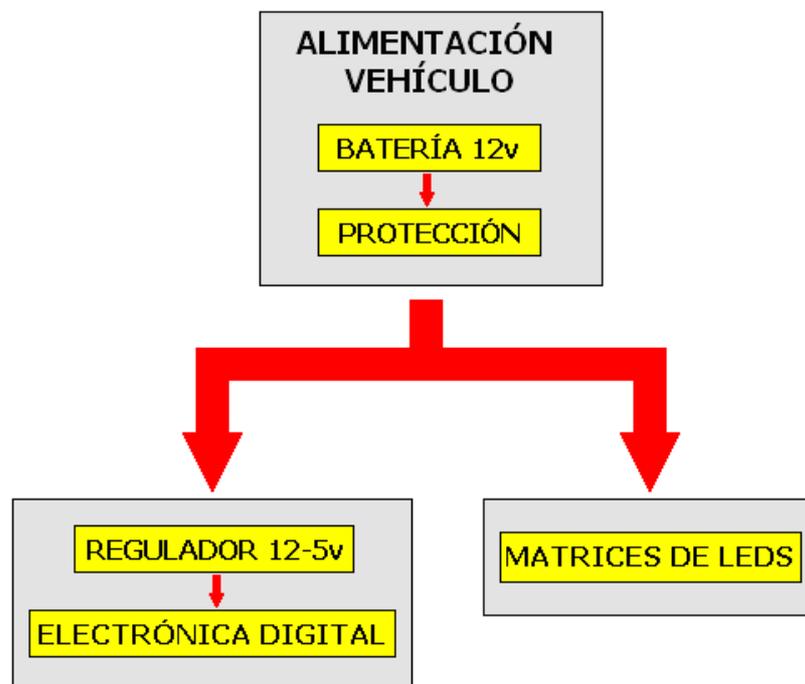


**Figura 18. Regulador de tensión de la familia MC/LM 78XX**

Dado que se necesita un voltaje de 5V para alimentar la parte digital del sistema, el regulador de la familia LM78XX tiene que ser capaz de proporcionar dicha tensión en su salida para una entrada de 12V. Por lo tanto el regulador seleccionado será el LM7805 [E.1], que además de las propiedades ya mencionadas, permite una corriente de salida de 2A y como medida de protección es capaz de disminuir su tensión a cero en caso de corriente excesiva o temperatura demasiado elevada.

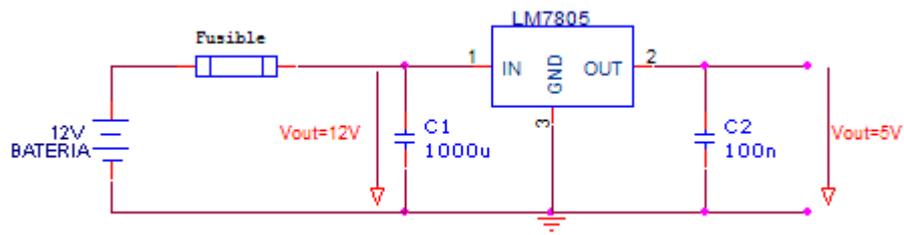
## 4.4 DISEÑO HARDWARE.

En la Figura 19 se puede apreciar el diagrama de bloques del sistema de alimentación del puente de luces. Las matrices de LEDs están alimentadas directamente por la batería del vehículo, mientras que toda la electrónica digital (microcontrolador, potenciómetro, LM555, puertas lógicas, etc) están alimentados por el regulador de tensión LM7805.



**Figura 19: Diagrama de bloques del sistema de alimentación del puente de luces.**

Para mantener la tensión de la batería lo más constante posible se conecta un condensador a la entrada de  $1000\mu\text{F}$ . Otro condensador de  $100\text{nF}$  en la salida, se encargará de disminuir el rizado que puede generar el regulador.



**Figura 20: Circuito de alimentación.**



# Capítulo 5:

## SISTEMA DE CONTROL

### 5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Los controladores son los dispositivos encargados de procesar la información necesaria para decidir cómo actuar en cada momento. Para realizar la función de controlador, actualmente existe en el mercado una serie de dispositivos que pueden desempeñar este papel (microprocesadores, FPGA's, microcontroladores), teniendo cada uno de ellos ciertas características que condicionan su uso para una aplicación u otra. Teniendo en cuenta las características y necesidades del proyecto a desarrollar, se presentan los distintos dispositivos que podrían realizar la función de controlador, incidiendo en sus principales ventajas e inconvenientes.

- **Dispositivo FPGA.**

Una FPGA (Field Programmable Gate Array, según la bibliografía anglosajona) es un dispositivo lógico programable por el usuario, compuesto de bloques lógicos comunicados por medio de una matriz de cables y switches programables. Actualmente, permiten la implementación de sistemas muy complejos, cuyo hardware se adapta fácilmente para optimizar la realización de diferentes funciones a partir de módulos prediseñados y verificados.

Las ventajas de utilizar un dispositivo programable FPGA son las siguientes:

- **Hardware a medida.** El diseñador no tiene que buscar los productos del mercado que mejor se adapten a sus diseños, sino que se los diseña a la medida de sus necesidades.
- **Verificación efectiva del diseño mediante simuladores o en chip.**
- **Ventajas de ser un producto de fabricación estándar.**
- **Reprogramación.**
- **Flexibilidad.** Con el mismo hardware físico, se consigue tener hardware con comportamientos diferentes.

Sin embargo, este tipo de arquitectura presenta también una serie de desventajas:

- **Tamaño del chip.** Por su elevado número de entradas y salidas.
- **Coste elevado.** En comparación con otros dispositivos que pueden realizar la función de controladores.
- **Elevado consumo.** Aunque ya se están desarrollando algunas familias de bajo consumo.

Debido a que es un dispositivo muy potente y con un número muy elevado de Entradas/Salidas, que no se van a aprovechar para la realización del diseño del presente proyecto fin de carrera, se desaconseja su uso.

- **Microprocesador.**

Un microprocesador consta de varias secciones diferentes como se muestra en la Figura 21.

- **ALU (Unidad lógica aritmética):** Esta unidad es la encargada de las operaciones elementales de tipo aritmético y de tipo lógico.
- **Registros.** Son zonas de memoria especiales para almacenar información temporalmente.
- **UC (Unidad de control):** Descodifica las instrucciones.
- **Buses:** Transportan la información digital a través del chip

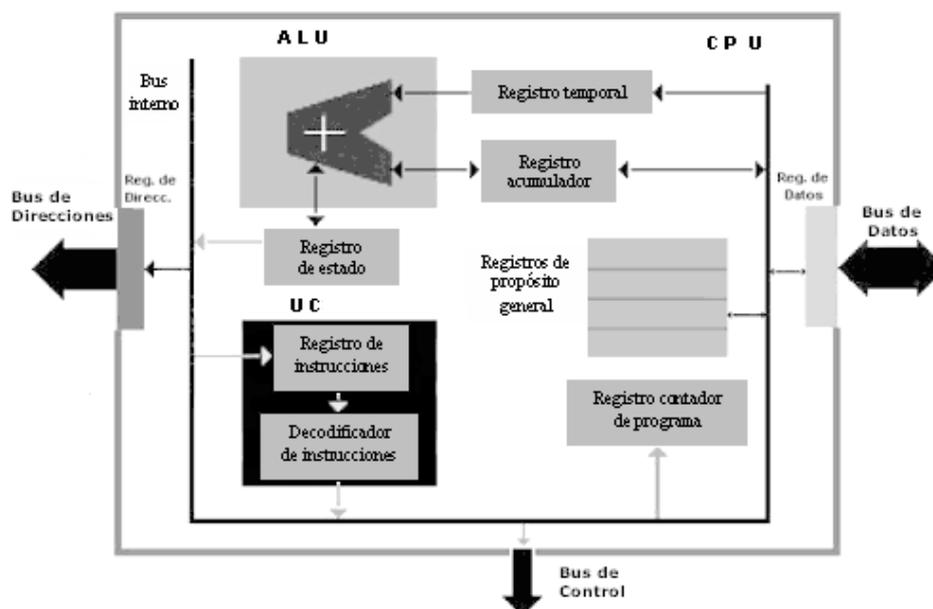


Figura 21. Estructura interna de un microprocesador

Los pines de un microprocesador sacan al exterior las líneas de sus buses de direcciones, datos y control, para conectarse con las memorias tanto ROM,

que almacenan el programa que se encargaría del proceso, como RAM, que almacenan los datos temporalmente, además de los puertos de entrada, salida y otros periféricos. La necesidad de realizar estas conexiones fuera de su estructura interna es el principal inconveniente para integrar este dispositivo en este proyecto.

- **Microcontrolador.**

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos de forma secuencial. Estos procesos o acciones son programados por el usuario, y son introducidos en éste a través de un programador.

Un microcontrolador es un único circuito integrado, que contiene todos los elementos electrónicos que se utilizan para hacer funcionar un sistema basado con un microprocesador, es decir, contiene en un solo integrado la Unidad de Proceso, la memoria, puertos de entrada, salida y otros periféricos, con la consiguiente reducción de espacio. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna. [E.2]

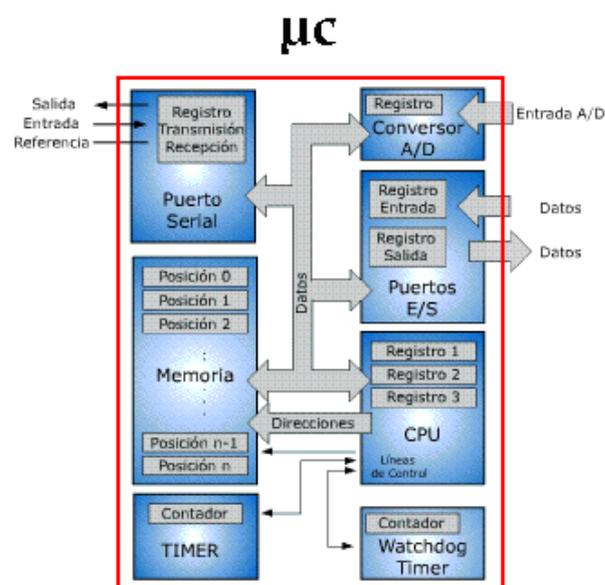


Figura 22. Estructura interna de un microcontrolador

Después de haber visto y valorado las distintas opciones de las que se disponen para implementar el sistema de control, se ha optado por un microcontrolador por ser un sistema cerrado de reducido tamaño, en el que todos los elementos se encuentran interconectados entre sí de forma interna en el mismo integrado, en contra del microprocesador. Por otro lado, su bajo coste y por el tipo de aplicación al que va dirigido en el que solo se necesitan hacer temporizaciones, controlar los pines de entrada/salida e incorporar un puerto de comunicaciones serie, hace que gane ventaja frente al uso de las FPGAs

### **5.1.1 Microcontroladores**

A continuación se hará una breve introducción sobre las principales partes y elementos básicos de los microcontroladores.

- **Unidad central de proceso (CPU).** Como ya se ha visto, es el elemento más importante en el microcontrolador, siendo la encargada de determinar sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Esta formada por una ALU (unidad lógica aritmética), los registros, una unidad de control y los diferentes Buses.
- **Memoria de datos.** Los datos que manejan los programas varían continuamente y eso exige que la memoria que los contiene deba ser de lectura/escritura en tiempo de ejecución.
- **Memoria de programa.** Es la parte de la memoria destinada a almacenar todas las instrucciones del programa introducidas en el microcontrolador. Este tipo de memoria es solo de lectura, aunque programable para poder cargar el nuevo código las veces que se desee.



- **Puertos de Entrada/Salida.** Las líneas de entrada y salida (E/S) permiten comunicar al microprocesador con el mundo exterior, a través de interfaces o con otros dispositivos.
- **Reloj.** Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una señal periódica de alta frecuencia. Esta señal es la encargada de sincronizar todas las operaciones del sistema y de que el programa y los contadores avancen. Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones.
- **Recursos auxiliares.** Según las aplicaciones cada modelo de microcontrolador ofrece como complemento una serie de recursos que el usuario puede utilizar, según sean sus necesidades. Entre los recursos más importantes se encuentran los siguientes:
  - **Temporizadores y Contadores.** Los temporizadores se emplean para controlar periodos de tiempo y los contadores para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior.
  - **Múltiples interrupciones:** Los microcontroladores actuales poseen fuentes de interrupción de diferentes naturalezas, tales como las interrupciones externas, las de los temporizadores, la del puerto serie, etc.
  - **Puertos de E/S digitales.** Todos los microcontroladores destinan parte de sus pines a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas son agrupadas de ocho en ocho formando puertos de 1 Byte. Las líneas digitales de los puertos se pueden configurar como entrada o como salida.

- **Puertos de comunicación:** Dotan al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con dispositivos externos que utilicen ese mismo protocolo.
- **Convertor Analógico-Digital (A/D) y Digital-Analógico (D/A).** El convertor D/A transforma los datos digitales mediante un multiplexor en su correspondiente señal analógica, mientras que el convertor A/D transforma los datos digitales en su correspondiente señal analógica, que es sacada por uno de los pines del chip.
- **Comparador analógico.** Algunos modelos de microcontroladores están dotados internamente de un amplificador operacional, que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable generalmente de entrada. La salida del comparador proporcionará, por tanto, un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la referencia.

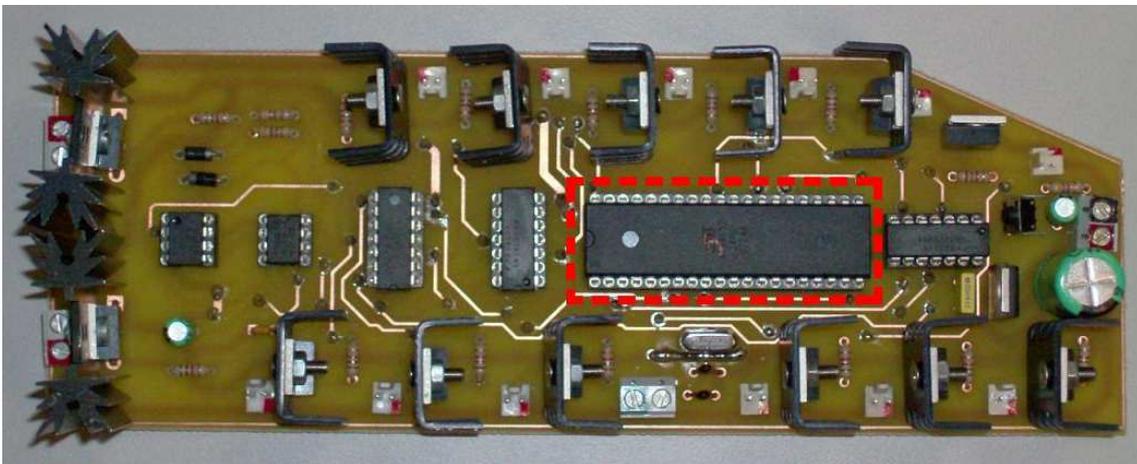
De todas las posibilidades que ofrece el mercado de microcontroladores, se ha optado por la utilización de una arquitectura diseñada por Intel en el año 1982, la familia de microcontroladores MCS-51 (8051), siendo éstos fáciles de programar, de reducido coste, potentes, bien documentados y poseen cientos de variantes e incontables herramientas de desarrollo.



**Figura 23. Familia MCS-51**

## 5.2 MICROCONTROLADOR AT89S52.

El microcontrolador que se ha usado en el desarrollo de este proyecto es un AT89S52 de Atmel [E.3]. Se ha elegido este modelo principalmente debido a que su estructura se basa en la familia MCS-51 (8051), siendo un dispositivo del que se disponen todas las herramientas tanto de compilación como de programación.



**Figura 24: Disposición del microcontrolador AT89S52 en la placa PCB, encuadrado en rojo**

Las principales características de AT89S52 son las siguientes:

- **Memoria de programa de 8 KBytes.** Permite el direccionamiento de 8 KBytes de memoria de programa la cual es del tipo FLASH.
- **Memoria de datos de 256 Bytes.** Permite el direccionamiento de 256 Bytes de memoria de datos. Este tipo de memoria es la encargada de almacenar variables en tiempos de ejecución.
- **32 líneas de E/S.** Son E/S direccionables individualmente que se reparten entre los puertos P0, P1, P2 y P3.

- **Canal serie UART Full Duplex:** Comunicación a través de puerto serie bidireccional, capaz de transmitir y recibir simultáneamente.
- **CPU 8 bits.** Unidad de control, cuya estructura interna es muy parecida a un microprocesador de 8 bits.
- **6 fuentes de interrupción con niveles de prioridad.** Posee dos interrupciones externas, 3 interrupciones de los temporizadores y una interrupción de de la comunicación serie.
- **3 Temporizadores.** Posee tres temporizadores, capaces de funcionar en modo temporizador y en modo contador. Tienen cuatro modos de funcionamiento distintos.

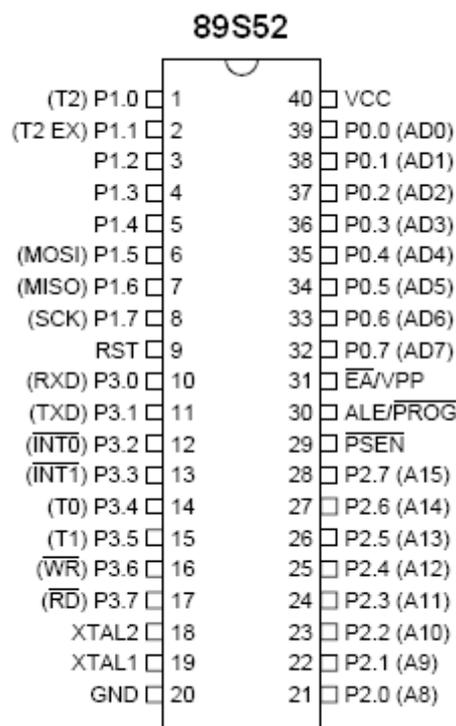
Las principales diferencias con el AT89C2051 [E.4], que es el microcontrolador utilizado en la primera parte de este proyecto, *Diseño e implementación de un teclado para el control de un puente de luces*, son las siguientes:

	<b>AT89S52</b>	<b>AT89C2051</b>
Memoria de programa FLASH	8KByte	2KByte
Memoria para datos RAM	256Byte	128Byte
Líneas E/S	32	15
Puerto serie	Full Duplex	Full Duplex
Fuentes de interrupción	6	5
Temporizadores/Contadores	3	2
Comparador analógico	NO	SI ( 1 )
Perro guardián ó Watch-Dog Timer	SI	NO

**Tabla 3: Diferencias entre los microcontroladores AT89S52 y AT89C2051.**

Como se puede observar en la tabla, el AT89S52 dispone de 32 líneas de Entrada/Salida frente a las 15 que dispone el AT89C2051. Esta es la característica más importante, por la que en esta segunda parte del proyecto se optó por el AT89S52 frente al AT89C2051, ya que se necesitan 14 líneas para gobernar las distintas matrices de LEDs, 1 línea más para la comunicación serie y 2 líneas más para el interfaz Subida/Bajada, utilizadas en la comunicación con el potenciómetro digital. En total son 17 líneas de Entrada/Salida, lo que imposibilita el uso del AT89C2051, el cual solo dispone de 15 líneas. [B.1], [B.2]

En la Figura 25, se muestran los 40 pines que contiene el microcontrolador AT89S52.



**Figura 25. Configuración de los pines del microcontrolador AT89S52**

### 5.2.1 Hardware asociado al AT89S52

El microcontrolador AT89S52 requiere de una implementación hardware que le permita funcionar correctamente. En la Figura 26 se puede ver toda la parte hardware necesaria para el correcto funcionamiento del AT89S52, a continuación se hará una breve introducción de cada bloque.

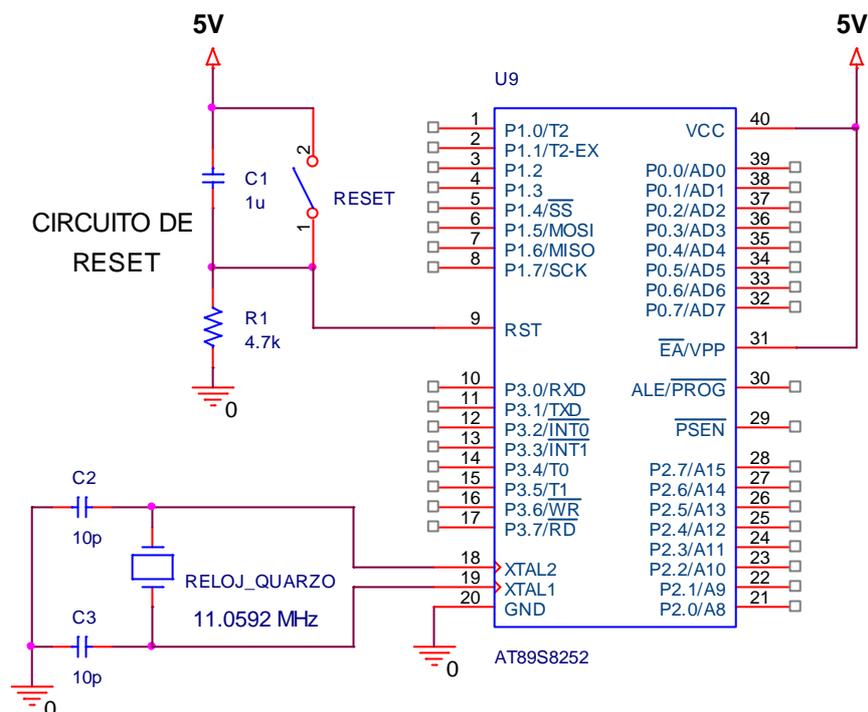


Figura 26. Microcontrolador AT89S52 y su implementación hardware

- **V<sub>CC</sub>**. Tensión de alimentación de +5V respecto a tierra.
- **GND**. Tierra.
- **Puerto P0 (P0.0 a P0.7)**. Puerto bidireccional de 8 bits. Es necesario colocar en todos los pines del puerto resistencias de Pull-Up conectadas a Vcc, si son utilizados, ya que no las poseen internamente.

Éste puerto no será utilizado en el presente proyecto fin de carrera.

- **Puertos P1, P2 y P3.** Cada uno de los puertos son bidireccionales de 8 bits, con resistencias de Pull-Up internas. En los puertos P1 y P2 se utilizan los 8 pines de cada uno, mientras que en el puerto P3 únicamente el pin P3.0, el cual es el encargado de recibir la comunicación enviada por el microcontrolador, AT89C2051, del cuadro de mandos de la primera parte del proyecto, *Diseño implementación de un teclado para el control de un puente de luces.*

En las siguientes tablas se muestra la función que desarrolla cada pin en los diferentes puertos.

<b>Pin del Puerto P1 (P1.0 a P1.7)</b>	<b>Función</b>
P1.0	Matriz de LEDs
P1.1	Matriz de LEDs
P1.2	Matriz de LEDs
P1.3	Matriz de LEDs
P1.4	Matriz de LEDs
P1.5	Matriz de LEDs
P1.6	Luz Halógena
P1.7	CLK (interfaz Subida/Bajada)

**Tabla 4: Función del puerto P1.**

<b>Pin del Puerto P2 (P2.0 a P2.7)</b>	<b>Función</b>
P2.0	Luz Halógena
P2.1	Matriz de LEDs
P2.2	Matriz de LEDs
P2.3	Matriz de LEDs
P2.4	Matriz de LEDs

P2.5	Matriz de LEDs
P2.6	Matriz de LEDs
P2.7	$U/\bar{D}$ (interfaz Subida/Bajada)

Tabla 5: Función del puerto P2.

Pin del Puerto P3 (P3.0 a P3.7)	Función	
P3.0	RxD	Entrada del interfaz serie

Tabla 6: Función del puerto P3.

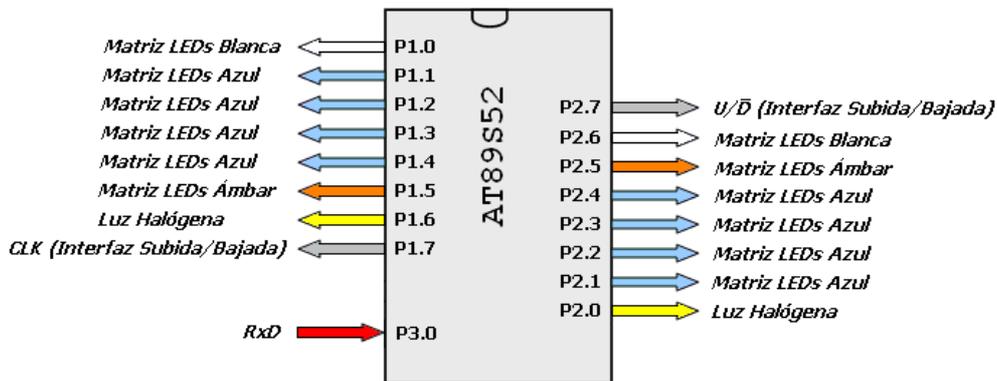


Figura 27: Función que desarrolla cada pin en los diferentes puertos.

- **RESET.** Para provocar la inicialización del microcontrolador, es necesario aplicar un voltaje de +5V durante un tiempo mínimo de dos ciclos máquina (1ms para una frecuencia de oscilador en torno a 10Mhz)

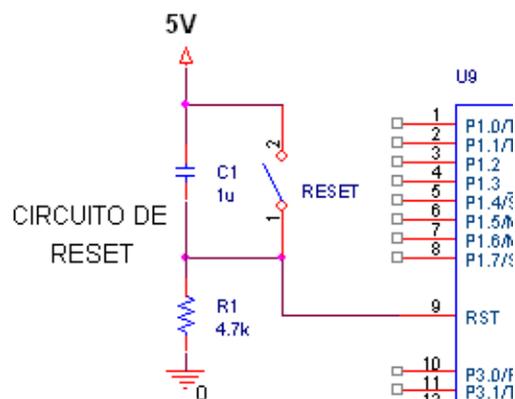


Figura 28. Circuito reset para el microcontrolador AT89S52

- **XTAL1 y XTAL2.** Son las entradas encargadas de generar la frecuencia de trabajo del microcontrolador, siendo únicamente necesario añadir un cristal de cuarzo y dos condensadores cerámicos

El cristal de cuarzo escogido para la realización del proyecto tendrá una frecuencia de 11.0592 MHz.

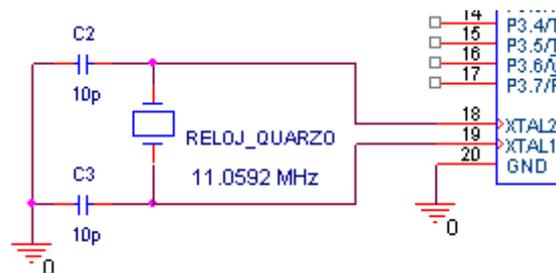


Figura 29. Circuito reloj para el microcontrolador AT89S52

## 5.3 ENTORNO DE PROGRAMACIÓN.

### 5.3.1 Introducción

En la actualidad existen diversas posibilidades a la hora de programar el software del microcontrolador, tales como el lenguaje ensamblador y lenguaje de alto nivel, C.

- **Lenguaje ensamblador.**

La mayor ventaja del ensamblador reside en la eficiencia y lo compacto que resulta el código, pues una instrucción ocupa pocas posiciones de la memoria de programa, mientras que una simple instrucción en C que ocupa

una única línea en el código fuente, puede traducirse en muchas posiciones de memoria de programa.

Tiene como inconveniente más destacado el tiempo de desarrollo, ya que requiere más instrucciones que cualquier lenguaje de alto nivel para conseguir la misma operación.

- **Lenguaje C.**

Es un lenguaje de programación de propósito general que ofrece economía sintáctica, control del flujo y estructuras sencillas. Como ventajas principales se pueden resaltar que es capaz de obtener programas más sencillos de entender que con lenguaje ensamblador, y que es un lenguaje portable, es decir, no se limita su uso a una única familia de microcontroladores, debido a que cada uno utiliza una serie de instrucciones diferentes, como sí ocurre con el lenguaje ensamblador.

Una vez vistas las características de uno y otro lenguaje se ha decantado por el uso del lenguaje C, puesto que no se necesita gran capacidad de memoria en el sistema de control del presente proyecto, sin embargo si es necesaria una claridad en la programación facilitando así la implementación de la utilidad que se quiere programar.

### **5.3.2 Keil $\mu$ Vision3**

Para la programación del microcontrolador AT89S52 se ha utilizado el programa Keil  $\mu$ Vision3 Versión 3.00, con el cual se podrá compilar y sintetizar el programa escrito en lenguaje C. Una vez compiladas y sintetizadas las líneas de código se creará un archivo “.hex”, que se programará físicamente en el microcontrolador.

Además, el Keil  $\mu$ Vision3 Versión 3.00 incluye un simulador que proporciona la opción de depurar el código programado. Esta función es extremadamente útil, ya que permite ver en cada momento la ejecución del programa y como se van activando los puertos de Entrada/Salida, temporizadores, contadores, interrupciones, o puerto serie, según avanza el programa.

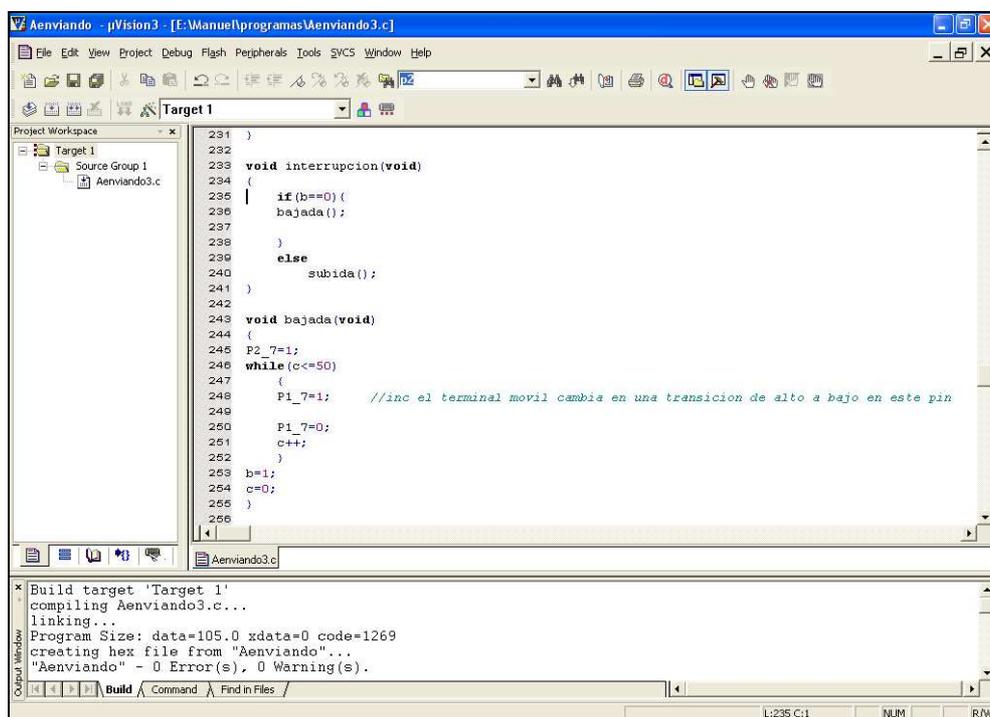


Figura 30. Compilado y sintetizado en el Keil  $\mu$ Vision3 versión 3.00

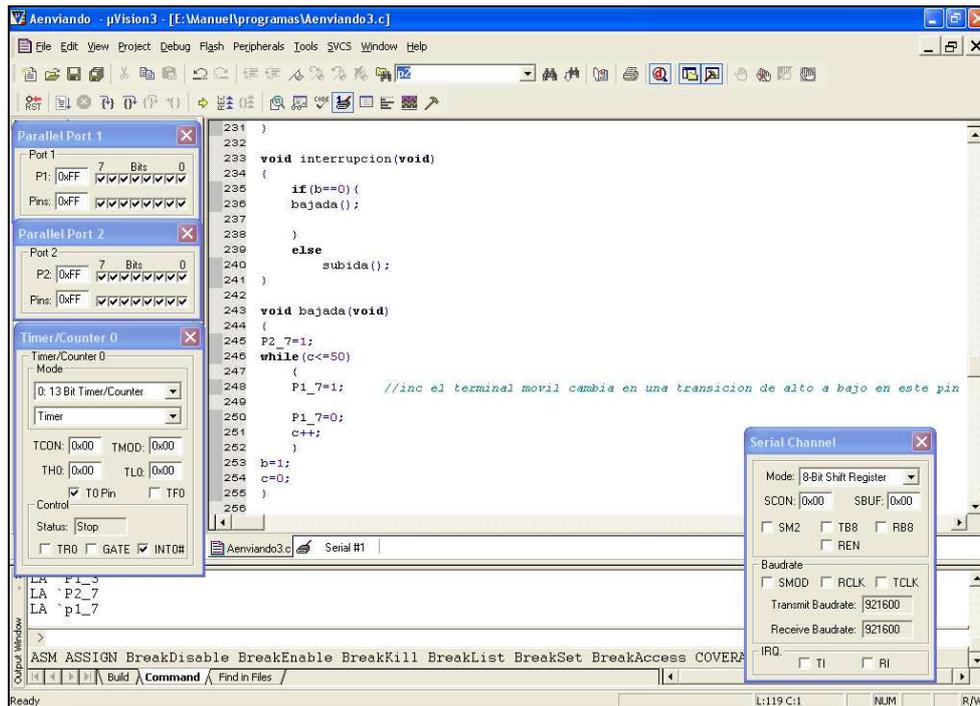


Figura 31. Simulador y depurador en el Keil  $\mu$ Vision3 versión 3.00

### 5.3.3 LabTool-48

Para la programación física del microcontrolador AT89S52 se ha utilizado el programador universal LabTool-48 versión 2.20 de la marca ADVANTECH. Dicho dispositivo es controlado a través del puerto paralelo de un ordenador y es capaz de programar una alta gama de microcontroladores

Como se ha mencionado anteriormente, una vez obtenido el archivo “.hex” generado por el compilador, éste es volcado al microcontrolador mediante el programador universal introduciendo el microcontrolador en el programador, como indica el fabricante. Además, permite chequear el microcontrolador después de haberle descargado el programa, verificando que se ha grabado correctamente. [E.5]

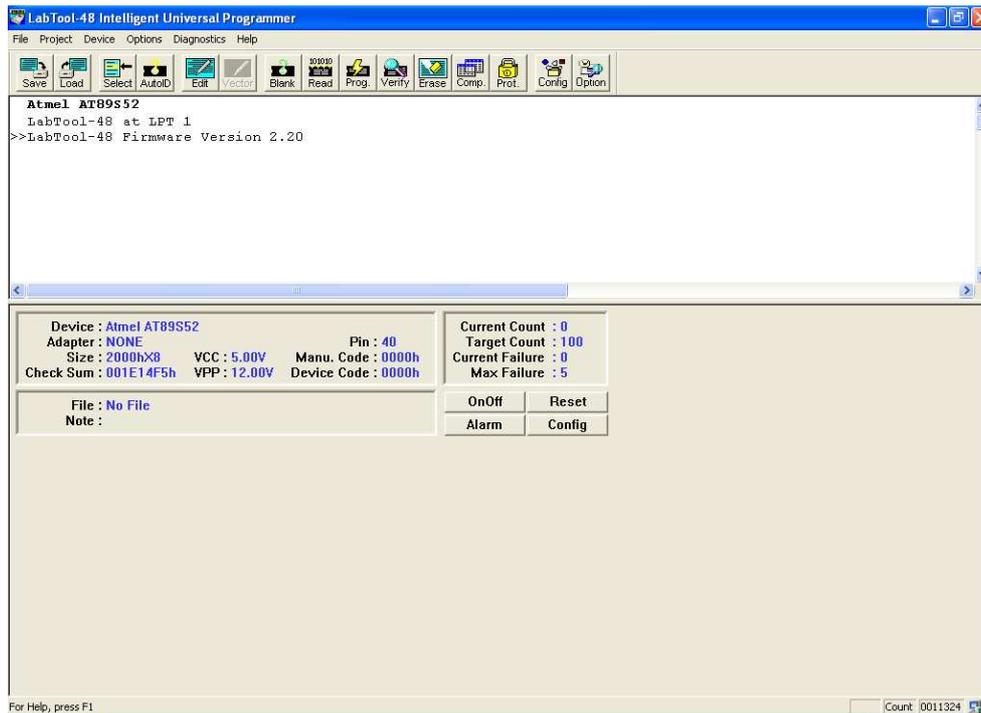


Figura 32. Software del LabTool-48 Versión 2.20



Figura 33. Hardware del LabTool-48 Versión 2.20



# Capítulo 6:

## REGULACION DE LA LUMINOSIDAD

El sistema de iluminación poseerá dos posiciones de intensidad lumínica con el fin de ahorrar energía, siendo una, la posición de máxima intensidad y la otra, una posición de menor intensidad. En este capítulo se describirá paso a paso el diseño escogido para hacer esto posible.

### 6.1 INTRODUCCIÓN Y TIPOS

La regulación de la intensidad lumínica del puente de luces se puede llevar a cabo de dos maneras:



1. Regulando la tensión de 12V que alimenta directamente a la matriz de LEDs. Se hará una breve introducción a los reguladores de tensión ajustables.
2. Aplicando a la señal, encargada de activar o desactivar la alimentación a la matriz de LEDs, un periodo con ciclo de trabajo variable. Se realizará una breve introducción a la modulación por anchura de pulso (PWM), englobando los siguientes integrados:
  - LM324.
  - LM555.

### **6.1.1 Integrados reguladores de tensión ajustable.**

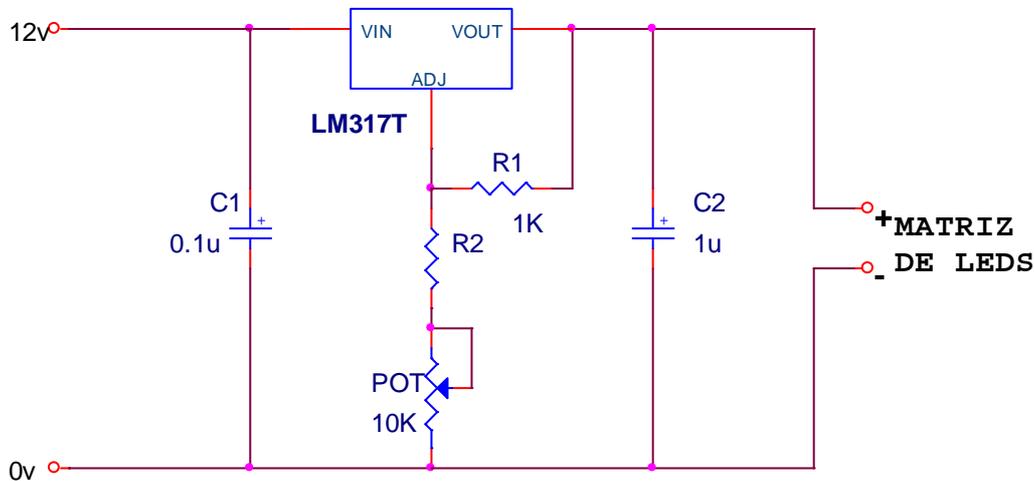
Los reguladores de tensión ajustables de tres terminales, además de proteger, permiten ajustar la tensión de salida a partir de resistencias externas conectadas a uno de sus terminales denominado ADJ (Adjustment). De esta forma, se podría obtener una tensión de alimentación inferior a 12v con la consecuente disminución de intensidad lumínica

#### **-LM317T**

Para comprender el funcionamiento de los integrados reguladores de tensión ajustable, se usará como ejemplo el LM317T [E.6], debido a que es uno de los más económicos y sencillos de utilizar. Realizando el montaje de la Figura 34, se puede obtener a la salida una tensión inferior a 12V, variando el potenciómetro POT. Dicha tensión se obtendrá con la siguiente formula que es la indicada por el fabricante:

$$V_{out} = \left( 1 + \frac{POT + R_2}{R_1} \right) \cdot V_{ref}$$

Siendo  $V_{ref}$  la pérdida inducida por el integrado LM317, de valor 1,25V.



**Figura 34: Esquema de la configuración con el LM317T**

La mayor desventaja, ofrecida por los integrados reguladores de tensión ajustable es la tolerancia de voltaje de salida, más conocido como voltaje de "dropout". El voltaje de "dropout" es la mínima diferencia de tensión entre la entrada y la salida, dentro de la cual el circuito es todavía capaz de regular la salida. Así, por ejemplo, para una corriente  $I=1A$ , el LM317T tiene un voltaje de "dropout" de 2V. Esto significa que si se tiene una tensión de entrada fija de 12V, la máxima tensión que se podrá obtener a la salida será de 10V.

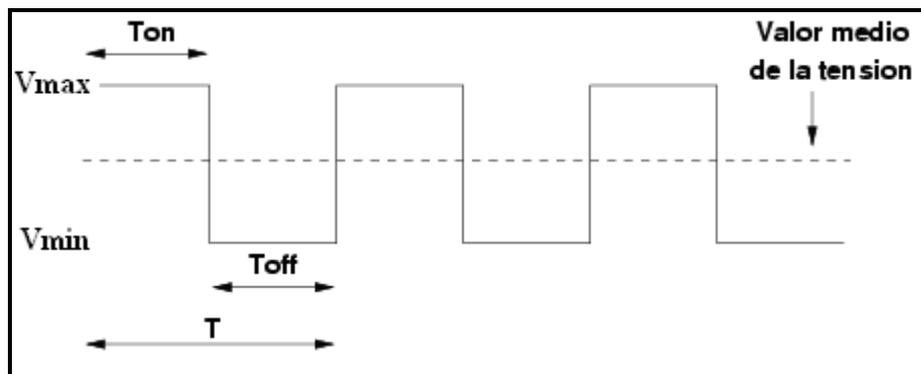
Para solventar, en la medida de lo posible, este inconveniente existe en el mercado los denominados "Low Dropout", los cuales disminuyen drásticamente la desventaja anteriormente citada. Aún así, tampoco podrán ser usados para regular la intensidad lumínica del puente de luces, debido a que para el diseño del presente proyecto se requiere que la tensión máxima de alimentación sea de 12V, que es la tensión a la que el puente de luces trabaja a máxima intensidad lumínica.

### **6.1.2 PWM, Modulación por anchura de pulso**

La modulación PWM (Pulse With Modulation, según la bibliografía anglosajona), consiste en variar el ciclo de trabajo de una señal cuadrada de periodo constante, es decir, variar el tiempo que está a nivel alto respecto del periodo de la señal. El ciclo de trabajo (DC) de la señal siempre se da en porcentaje.

$$DC = \frac{T_{on}}{T} \times 100$$

Donde  $T_{ON}$  es el tiempo que la señal está a nivel alto y  $T$  es el periodo de la señal ( $T_{ON} + T_{OFF}$ ).



**Figura 35: Señal cuadrada con un ciclo de trabajo del 50%**

Por tanto, utilizando una señal cuadrada, como muestra la Figura 35, para activar o desactivar la alimentación a las matrices de LEDs con una frecuencia lo suficientemente elevada como para no ser apreciado el parpadeo, es posible controlar la intensidad lumínica de éstas.

A continuación, se explicarán los circuitos más comunes que se utilizan para realizar una modulación de ancho de pulso (PWM).

## -LM324

El circuito se basa en el chip LM324 [E.7], que lleva 4 amplificadores operacionales en su interior de uso genérico, los necesarios para realizar el montaje que genera la señal PWM.

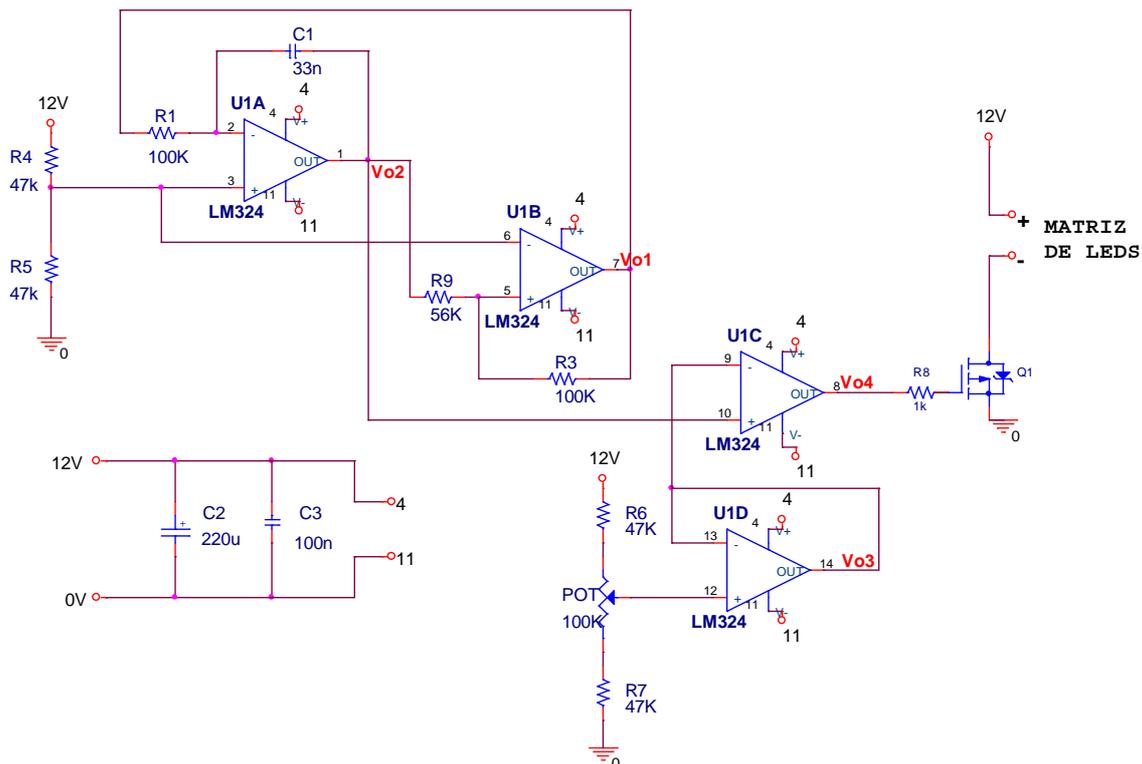
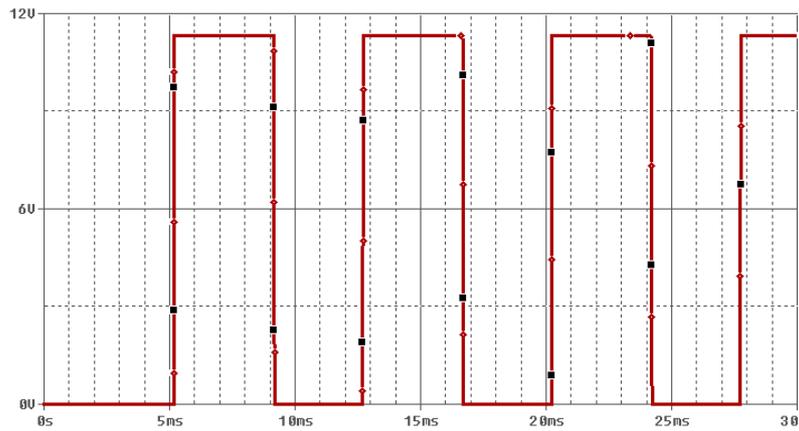
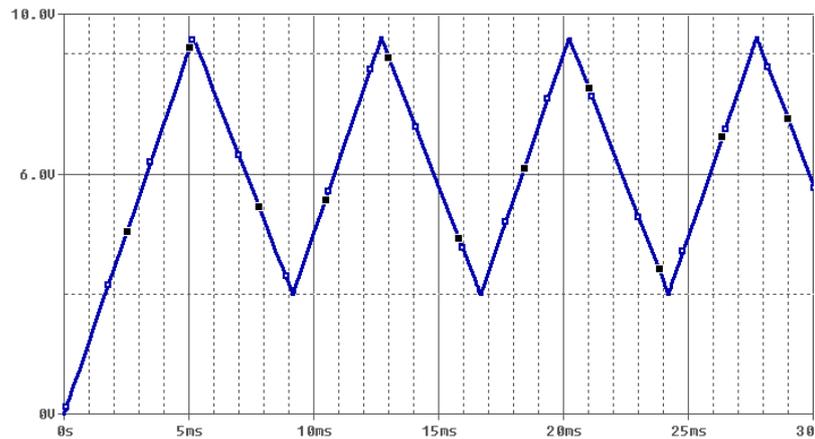


Figura 36: Esquema de la configuración con el LM324

El operacional U1B se encuentra en configuración de Báscula de Schmitt no simétrica, que genera ondas cuadradas con valor alto de 12V y bajo de 0V, Figura 37, mientras que el operacional U1A integrará los valores +12V y 0V de la báscula, Figura 38.



**Figura 37: Simulación de la salida de la Báscula de Schmitt (U1B) con Orcad Pspice**



**Figura 38: Simulación de la salida del integrador (U1A) con Orcad Pspice**

La entrada positiva del operacional U1A y la negativa del operacional U1B se conectan a un divisor de tensión para obtener un voltaje de referencia. Esta tensión de referencia sirve para que la onda triangular tenga una amplitud fijada. Con los valores de R4 y R5 establecidos, la amplitud de la onda triangular será de 3 y 9V.

El operacional U1B (Bascula de Schmitt) genera salidas entre sus valores de alimentación (12V y 0V), esta señal entra en el operacional U1A y hace que se cargue y descargue el condensador con una corriente constante, consiguiendo que la rampa de la onda triangular sea lisa y uniforme.

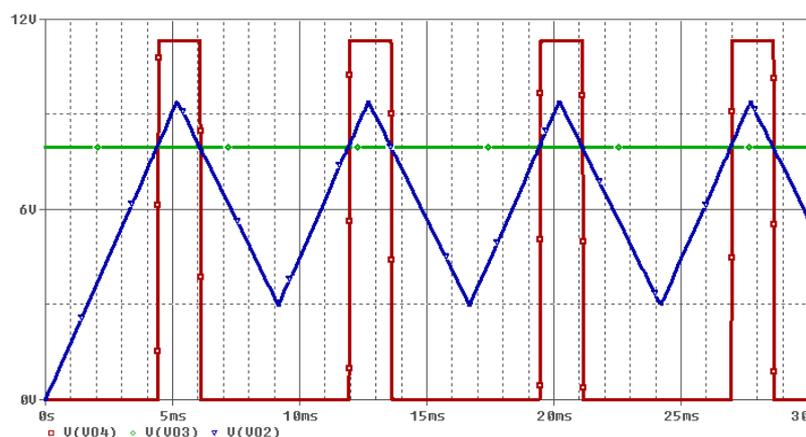
Por otro lado, el operacional U1D tiene la configuración de seguidor de tensión (Buffer), su tensión de salida viene dada por un divisor de tensión colocado a su entrada, cuyos valores resistivos deberán ser calculados para que variando el potenciómetro entre sus valores máximos y mínimos, se obtenga una tensión de entre 3v y 9v, la misma amplitud que la onda triangular.

Por último, está el operacional U1C que se encuentra en configuración comparador. Sus entradas son la salida del operacional U1A en su patilla no inversora y el operacional U1D en su patilla inversora. Por lo tanto, el operacional U1C comparará los niveles de tensión de éstos y su salida será una onda cuadrada cuyo valor máximo será 12V y su valor mínimo de 0V.

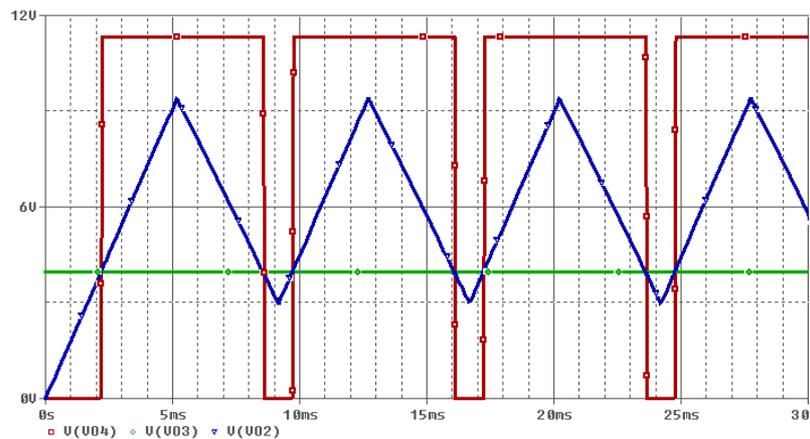
$$\text{Si } V_{o2} > V_{o3} \quad V_{o4} = 12V$$

$$\text{Si } V_{o2} < V_{o3} \quad V_{o4} = 0V$$

Como se puede observar en los siguientes ejemplos, Figura 39 y Figura 40, variando el potenciómetro de 100k se modifica el valor de tensión de  $V_{o3}$  y así obtener para cada valor, un ciclo de trabajo de la onda de tensión  $V_{o4}$  variable.



**Figura 39: Ciclo de trabajo (V04), para una tensión V03 de 8v**



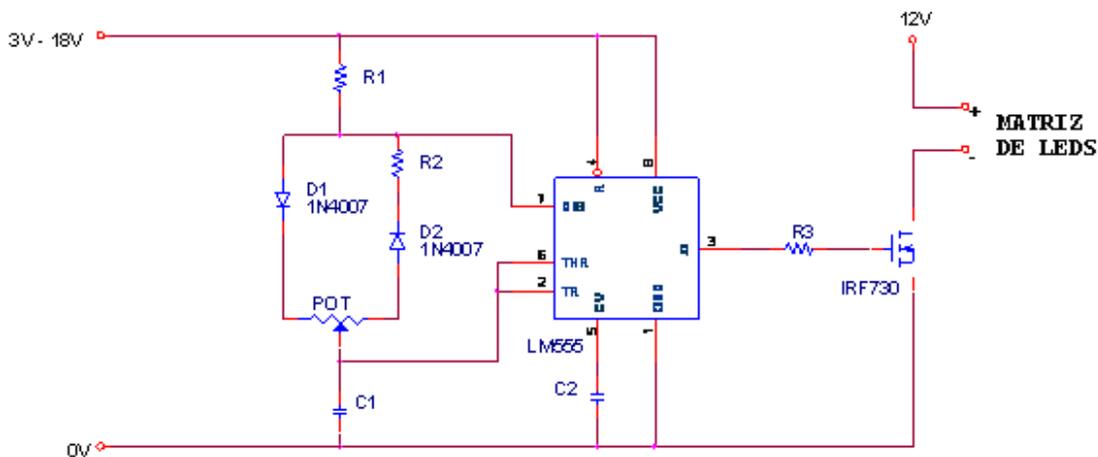
**Figura 40: Ciclo de trabajo (V04), para una tensión V03 de 4v**

Inconvenientes:

- Puede producir "ruidos" debidos a las frecuencias utilizadas.
- Montaje complejo.

**-LM555**

El dispositivo LM555 [E.8] es un circuito integrado cuya función primordial es la de producir pulsos de temporización con una gran precisión, desde microsegundos hasta horas. Sus aplicaciones abarcan desde temporizador, oscilador, divisor de frecuencia, modulador de frecuencia hasta generador de señales triangulares. Su funcionamiento depende únicamente de los componentes pasivos externos que se le interconectan al microcircuito LM555, siendo la configuración mostrada en la Figura 41, la necesaria para producir una señal cuadrada de periodo constante y ciclo de trabajo variable por el potenciómetro POT.



**Figura 41: Esquema de la configuración con el LM555**

### Ventajas:

- Simplifica el montaje notablemente respecto al LM324
- La potencia de salida depende del transistor utilizado.
- El integrado LM555 es muy fácil de encontrar.

Se ha optado por la utilización en este proyecto del LM555 como regulador de tensión mediante PWM, una vez vistas las diferentes maneras para la regulación de una tensión y explicado su funcionamiento y sus ventajas e inconvenientes, debido a la sencillez de su montaje y a ser un integrado fácil de encontrar, que son las características más importantes que se buscan para la realización del presente proyecto.

A continuación, se realizará una explicación más detallada del dispositivo seleccionado y su funcionamiento.

## 6.2 LM555

### 6.2.1 Características generales



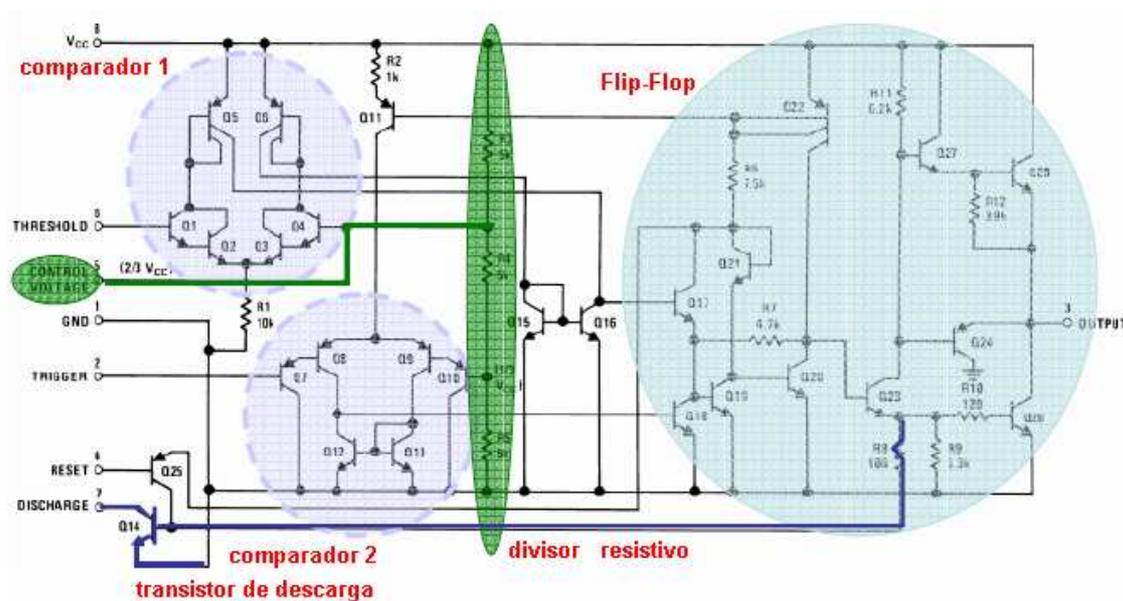
Figura 42: Pines y vista exterior del LM555

#### - Descripción de las patillas o pines del temporizador 555:

1. **PIN 1.-** Masa (GND). En ella se conecta el polo positivo de la fuente de alimentación.
2. **PIN 2.-** Entrada de disparo (Trigger). Es la entrada del circuito. Por ella se introducen las señales para excitarlo.
3. **PIN 3.-** Salida (Output). Cuando está activada proporciona una tensión aproximadamente igual a la de alimentación.
4. **PIN 4.-** Reset. Permite la interrupción del ciclo de trabajo. Cuando no se usa se conecta al positivo de la alimentación.
5. **PIN 5.-** Tensión de Control (Control Voltaje). Esta tensión debe ser  $1/3$  de la de alimentación. Cuando no se usa, se debe conectar un condensador entre éste y masa.
6. **PIN 6.-** Umbral (Threshold). Esta tensión debe ser  $2/3$  de la de alimentación. Permite finalizar el ciclo de trabajo.

7. **PIN 7.-** Descarga (Discharge). En este pin se conecta el condensador exterior que fija la duración de la temporización.
8. **PIN 8.-** Alimentación ( $V+$  o  $V_{cc}$ ). Conexión de la alimentación de 4,5 a 16v, respecto de masa.

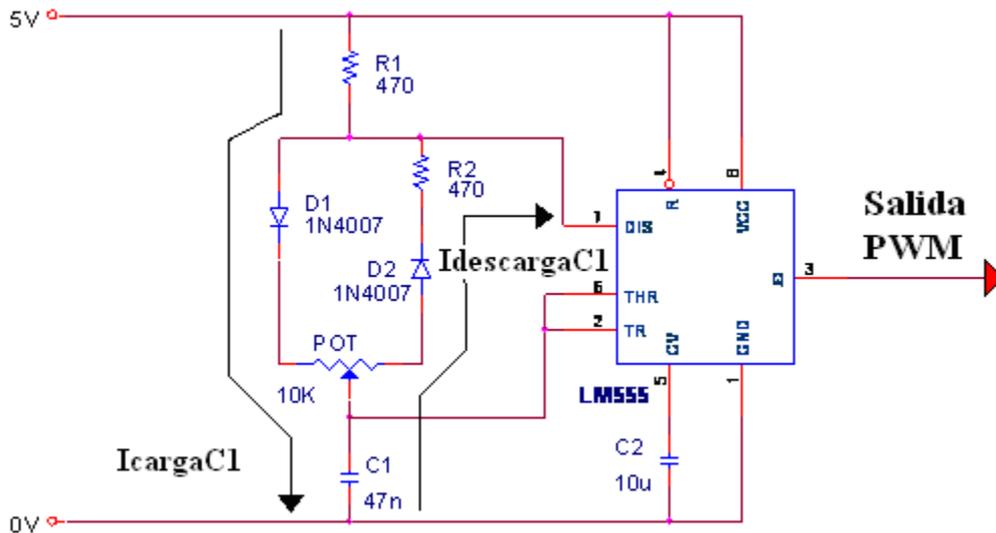
En las hojas de catálogo se observa que está constituido por dos comparadores lineales, un divisor resistivo, un Flip-Flop (básculas digitales), un transistor de descarga y excitador de salida:



**Figura 43: Electrónica interna del LM555**

Para entender mejor el funcionamiento del circuito, lo más práctico es visualizar el diagrama interno de bloques que se muestra a continuación.





**Figura 45: LM555 en configuración multivibrador aestado**

Para realizar una configuración multivibrador aestado con el LM555 es necesario colocar dos diodos, uniendo el cátodo de uno y el ánodo del otro con un potenciómetro. De esta manera se controla la carga y descarga del condensador C1.

La corriente de carga parte de Vcc, atraviesa R1, pasa por el diodo D1, (ya que no puede ir por la otra rama, debido a que la corriente no puede pasar por el diodo D2), atraviesa una parte de la resistencia variable POT (será denominada  $R_{ON}$ ) y, por último, pasa por el condensador cargándolo. En el periodo de descarga la corriente sale del condensador, atraviesa una parte de la resistencia variable POT (será denominada  $R_{OFF}$ ), atraviesa el diodo D2 (ya que por el diodo D1 no podría pasar), atraviesa R2 e irá a masa a través del pin 7 del LM555, (Discharge).

Los valores de  $R_{ON}$  y de  $R_{OFF}$  se decidirán variando la resistencia variable (POT) en un sentido u otro, por lo tanto:

$$POT = R_{ON} + R_{OFF}$$



$R_{ON}$  : Resistencia por la cual pasa la corriente de carga de C1.

$R_{OFF}$  : Resistencia por la cual pasa la corriente de descarga de C1.

La siguiente fórmula es la encargada de calcular el periodo de la onda cuadrada que genera el LM555.

Para el semiciclo positivo:

$$T_{ON} = \ln 2 \cdot C_1 (R_1 + R_{ON})$$

Para el semiciclo negativo:

$$T_{OFF} = \ln 2 \cdot C_1 (R_2 + R_{OFF})$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta que  $R_1=R_2=R$ , el periodo completo de la onda será:

$$T = \ln 2 \cdot C_1 (2R + R_{ON} + R_{OFF})$$

Como se puede apreciar en la anterior fórmula, el periodo (T) permanecerá constante, ya que la suma  $R_{ON} + R_{OFF}$  será siempre de valor 10K, y el resto de términos lo son.

Como ya se mencionó anteriormente, el ciclo de trabajo (DC) es la relación que hay entre la parte de onda que está a nivel alto, y el periodo entero de la onda. Tomando  $T_{ON}$  y  $T_{OFF}$  de las formulas anteriores, el ciclo de trabajo para la señal generada por el LM555, quedaría:

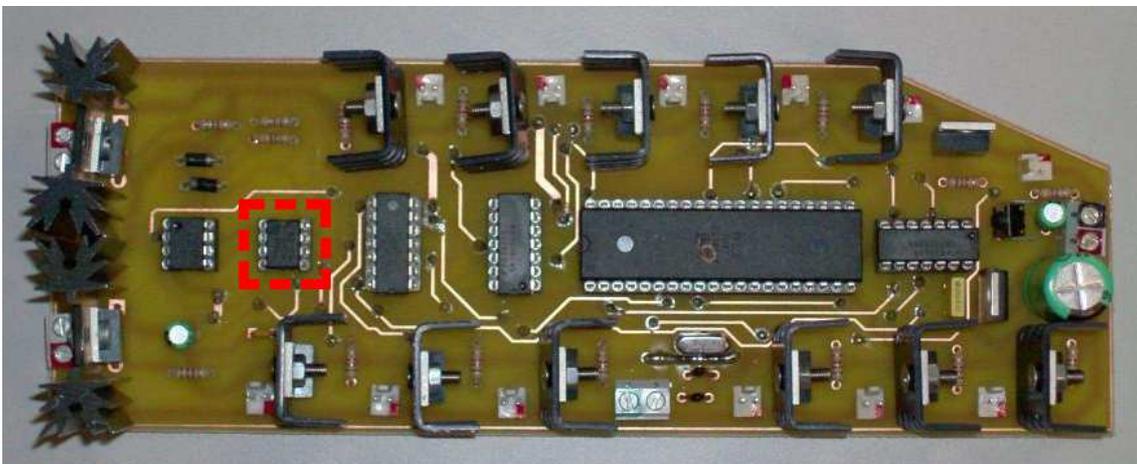
$$DC = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{\ln 2 \cdot C_1 (R + R_{ON})}{\ln 2 \cdot C_1 (2R + R_{ON} + R_{OFF})}$$

$$DC = \frac{R + R_{on}}{2R + POT}$$

A partir de la fórmula se observa que el Ciclo de Trabajo (DC) de la onda cuadrada, se podrá modificar variando el potenciómetro (POT), sin afectar la frecuencia de la señal generada.

#### - Conclusiones

- El LM555 es un integrado sumamente versátil, pudiendo ser configurado para trabajar en un rango muy amplio de frecuencias, y con ciclos de trabajo del casi 0% al aproximadamente 100%.
- Con él será posible controlar una señal PWM de frecuencia fija y ciclo de trabajo variable, únicamente modificando el valor de un potenciómetro
- Su montaje no es en exceso complicado siendo, tanto los componentes pasivos como el LM555, bastante fáciles de encontrar. Por eso, su circuito será el elegido para generar la señal PWM necesaria para este proyecto.



**Figura 46: Disposición del integrado LM555 en la placa PCB, encuadrado en rojo.**

### 6.2.3 Diseño Hardware

La señal PWM, generada por el LM555, será la encargada de activar o desactivar la alimentación a la matriz de LEDs, aplicando un periodo con ciclo de trabajo variable.

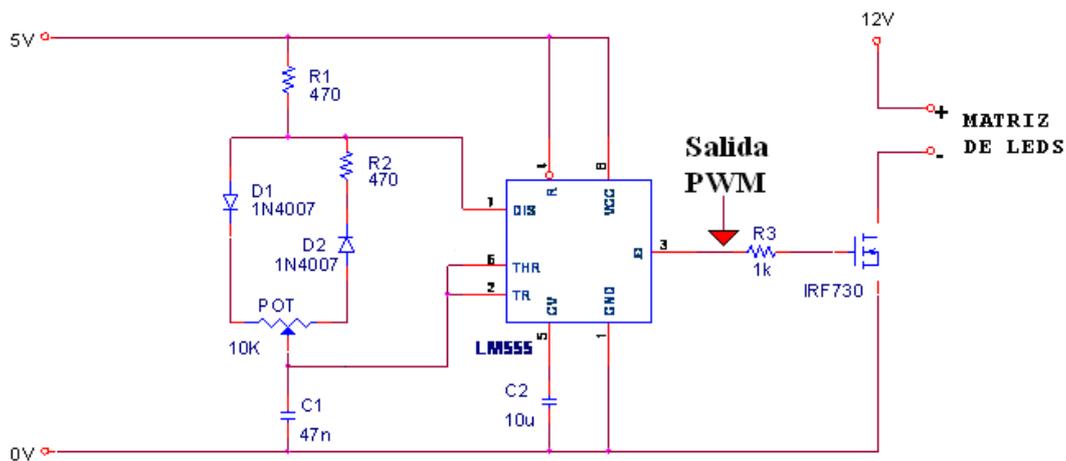


Figura 47: Circuito de Activación/Desactivación de la matriz de LEDs.

Como se ha mencionado anteriormente, para que el dispositivo LM555 sea capaz de generar una señal PWM, dependerá de los componentes pasivos externos que se le conecten. Estos componentes pasivos junto con el LM555 se integrarán en la placa electrónica como muestra la Figura 48.

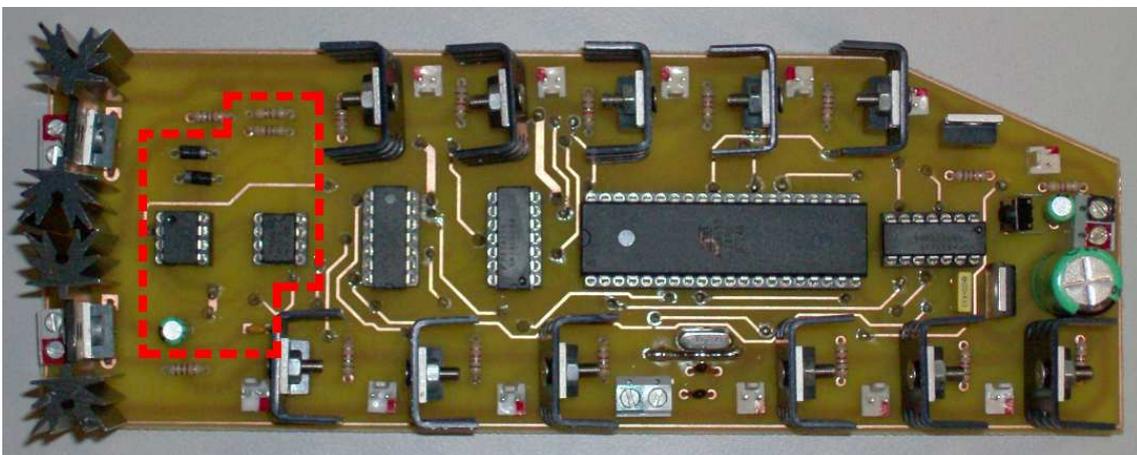
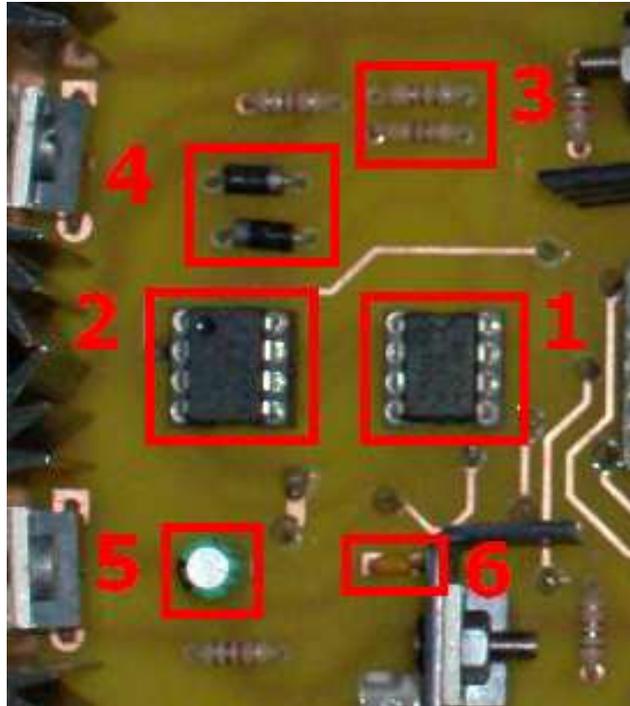


Figura 48: Disposición del integrado LM555 y componentes pasivos en la placa PCB, encuadrado en rojo.

A continuación, se analizarán los componentes pasivos elegidos, y se estudiará la forma de onda que generará el dispositivo LM555.



**Figura 49: Vista en grande de la disposición del integrado LM555 y componentes pasivos en la placa PCB**

Siendo los dispositivos encuadrados de la Figura 49,

1. Integrado LM555.
2. Potenciómetro digital DS1804 de  $10K\Omega$ , (POT).
3. Resistencias de  $470\Omega$ , ( $R_1 = R_2 = R$ )
4. Diodos 1N4007.
5. Condensador de  $10\mu F$ .
6. Condensador de  $47nF$ , ( $C_1$ ).

El periodo completo de la onda que generará el LM555 será:

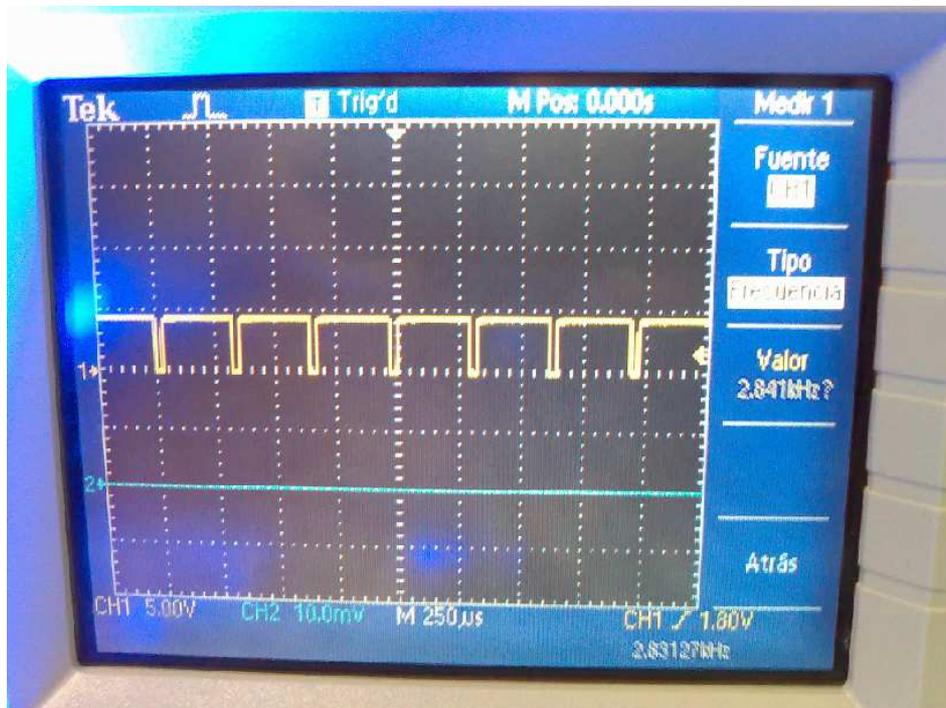
$$T = \ln 2 \cdot C_1 (R_1 + R_2 + POT)$$

$$T = \ln 2 \cdot 47nF (470\Omega + 470\Omega + 10K\Omega) = 356\mu s$$

Por tanto, la frecuencia de la onda será:

$$f = \frac{1}{T} = 2,8\text{KHz}$$

La frecuencia de 2,8KHz es una frecuencia que no es visible por el ojo humano, el cual integrará en el tiempo la intensidad lumínica que percibe, apreciando una variación en la luminosidad sin percibir el parpadeo de las luces. La frecuencia calculada teóricamente corresponde con la generada en la placa electrónica, como se puede ver en la Figura 50.



**Figura 50: Señal PWM para un nivel máximo de intensidad lumínica.**

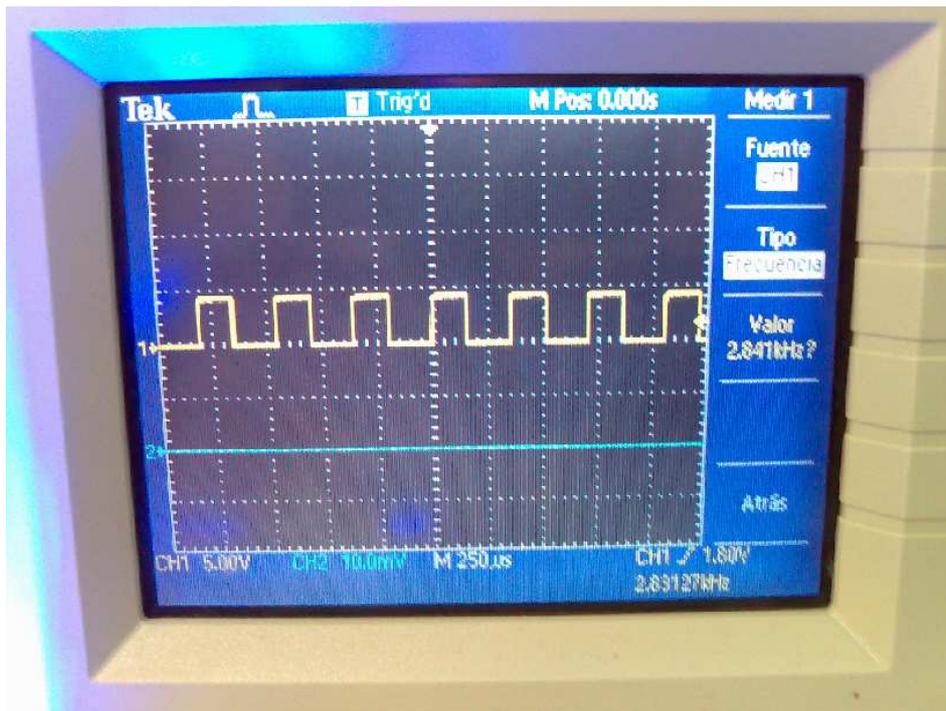
El componente pasivo POT es un potenciómetro digital de 10KΩ regulable, capaz de variar el ciclo de trabajo de la señal, por lo que si se sitúa en su posición máxima, tomando los valores  $R_{ON}=10k$  y  $R_{OFF}=0k$ , la señal generada será la de la Figura 50, siendo la encargada de activar las matrices de LEDs a nivel máximo de intensidad lumínica.

El ciclo de trabajo será:

$$DC = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{\ln 2 \cdot C1(R + R_{on})}{\ln 2 \cdot C1(2R + POT)}$$

$$DC = \frac{R + R_{on}}{2R + POT} = 0,96 \approx 96\%$$

Sin embargo, si el potenciómetro digital se situase en su posición media, de tal manera que  $R_{ON}=R_{OFF}=5K$ , la señal resultante será la de la Figura 51, la cual es la encargada de activar las matrices de LEDs a un nivel notablemente inferior de intensidad lumínica.



**Figura 51: Señal PWM para un nivel medio de intensidad lumínica.**

Dado que  $T_{ON}=T_{OFF}$  el ciclo de trabajo, lógicamente será del 50%, lo que puede verse al aplicar la fórmula:



$$DC = \frac{TON}{T} = \frac{\ln 2 \cdot C1(R + Ron)}{\ln 2 \cdot C1(2R + POT)}$$

$$DC = \frac{R + Ron}{2R + POT} = 0,5 \approx 50\%$$



# Capítulo 7:

## POTENCIÓMETRO DIGITAL

El presente capítulo pertenece a la parte de la regulación de la luminosidad. Debido a la complejidad del mismo, y al tiempo de desarrollo invertido, se ha decidido dedicar un capítulo entero al estudio de los potenciómetros digitales, el cual será el encargado de regular la luminosidad de la matriz de LEDs, variando el ciclo de trabajo de la señal PWM.

### 7.1 INTRODUCCIÓN.

Un potenciómetro es un dispositivo que se caracteriza por poder variar la resistencia entre sus bornas por medio de un cursor. En el caso de los potenciómetros convencionales el cursor se ajusta con la ayuda de un trimmer hasta lograr la resistencia deseada. Sin embargo, en un potenciómetro digital

se posicionará el valor exacto de resistencia mediante un dispositivo controlador.



**Figura 52: Vista exterior de dos potenciómetros convencionales.**

## 7.2 INTERFAZ DE COMUNICACIÓN.

El interfaz de comunicación es el encargado de enlazar al microcontrolador con el un potenciómetro digital. Cada interfaz estará regido por su propio protocolo de comunicación.

A continuación, se hará una breve introducción a cada tipo de interfaz más utilizado en los potenciómetros digitales existentes en el mercado:

- Interfaz serie I<sup>2</sup>C.
- Interfaz SPI.
- Interfaz subida/bajada.

### **7.2.1 Interfaz serie I<sup>2</sup>C**

El **Bus I<sup>2</sup>C** (Inter.-Integrated Circuit según la bibliografía anglosajona) es un protocolo de comunicación serie entre circuitos integrados desarrollado por Philips Semiconductors en 1980. En la actualidad, se ha convertido en un bus serie estándar, debido en gran parte a su bajo costo, la versatilidad técnica y la simplicidad del bus. Se usa principalmente para comunicar microcontroladores y sus periféricos en sistemas empotrados (*Embedded Systems*) los cuales, normalmente, residen en un mismo circuito impreso.

Hoy en día, el mercado dispone de un gran número de dispositivos aparte de microcontroladores, potenciómetros digitales, conversores AD/DA, memorias, etc, que soportan este protocolo.

El transporte de la información entre los diversos dispositivos conectados al bus se realiza a través de dos hilos físicos:

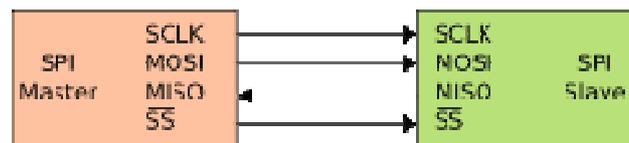
- **SDA** (Sistem Data, según la bibliografía anglosajona), por la cual viajan los datos entre los dispositivos.
- **SCL** (Sistem Clock, según la bibliografía anglosajona), por la que transitan los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.

Los dispositivos pueden ser Maestros o Esclavos según la función que desempeñen en el sistema:

- **Maestro:** Será el encargado de iniciar una transferencia, generar las señales de reloj y terminar un envío de datos.
- **Esclavo:** Cualquier dispositivo conectado al bus controlado por el maestro. Cada dispositivo es reconocido por una única dirección.

### 7.2.2 Interfaz serie SPI

El interfaz serie SPI (*Serial Peripheral Interface*, según la bibliografía anglosajona) es un bus de tres líneas, sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits. Dos de estas líneas transfieren la información, una para datos de entrada y la otra para datos de salida, y la tercera línea es la del reloj. Además, existe un pin selector (Chip Select) para conectar o desconectar el dispositivo con el que uno desea comunicarse, de manera que el dispositivo estará activado sólo cuando ésta línea sea seleccionada. De ésta manera, éste interfaz permite multiplexar las líneas de reloj.



**Figura 53: Interfaz SPI entre un dispositivo maestro y otro esclavo**

Al igual que en el Bus I<sup>2</sup>C los dispositivos pueden ser Maestros o Esclavos según la función que desempeñen.

- **Maestro:** Será el encargado de iniciar una transferencia, generar las señales de reloj, el cual sincronizará la transferencia de datos y las señales de control.
- **Esclavo:** Es un dispositivo conectado al bus controlado por el maestro. El esclavo es controlado a través de la línea selectora (Chip Select). Cada dispositivo es reconocido por una única dirección.

La línea **MOSI** (Master Out Slave In, según la bibliografía anglosajona) transporta los datos del maestro hacia el esclavo.

La línea **MISO** (Master In Slave Out, según la bibliografía anglosajona) transporta los datos del esclavo hacia el maestro.

### **7.2.3 Interfaz serie Subida/Bajada**

Es el menos utilizado de los tres interfaces, por ello, existe muy poca información de su funcionamiento. Aún así es muy intuitivo y fácil de utilizar.

#### **-Características generales**

El interfaz subida/bajada utiliza tres líneas de comunicación:  $\overline{CS}$ ,  $\overline{INC}$  y  $U/\overline{D}$ .

- El terminal  $\overline{CS}$  (*Chip Select*), sirve para conectar o desconectar el dispositivo con el que se desea establecer la comunicación, si está a nivel alto el dispositivo estará desactivado y si está a nivel bajo activado.
- El terminal  $\overline{INC}$ , incrementará un contador de 7 bits que será guardada en una memoria no volátil.
- Por ultimo, el terminal  $U/\overline{D}$  decidirá si el incremento en el terminal  $\overline{INC}$  se realizará ascendente, si está activo a nivel alto o descendentemente, si está activo a nivel bajo.

Al igual que en los dos interfaces anteriores existe un dispositivo maestro y otro esclavo según la función que desempeñen.

- **Maestro:** Será el encargado de iniciar una transferencia, generando las señales necesarias para la comunicación  $\overline{CS}$ ,  $\overline{INC}$  y  $U/\overline{D}$ .
- **Esclavo:** Es un dispositivo conectado al bus controlado por el maestro a través de la línea selectora *Chip Select*.

### **-Ventajas**

- Necesita menos circuitería ya que no necesita resistencias de Pull-Up conectadas a sus líneas de comunicación frente al interfaz I<sup>2</sup>C, donde sí son necesarias.
- No es necesario un mecanismo de respuesta ante fallos, ni señales de inicio ni de parada frente al interfaz I<sup>2</sup>C y SPI, lo que le hace más fácil su manejo.
- No necesita una señal de reloj que sincronice la transmisión frente a los interfaces I<sup>2</sup>C y SPI, donde es sumamente necesario.
- El chip del potenciómetro digital que usa el interfaz Subida/Bajada, DS1804, tiene menos pines, 8 pines, que el chip del potenciómetro digital que usa el interfaz I<sup>2</sup>C, AD5241 [E.9], con 14 pines.
- El potenciómetro digital que usa el interfaz Subida/Bajada no necesita recibir ni byte de comando ni de datos para su correcto funcionamiento, como los potenciómetros digitales con interfaces I<sup>2</sup>C y SPI, lo que hace que su uso sea mucho más fácil e intuitivo.

### **-Inconvenientes**

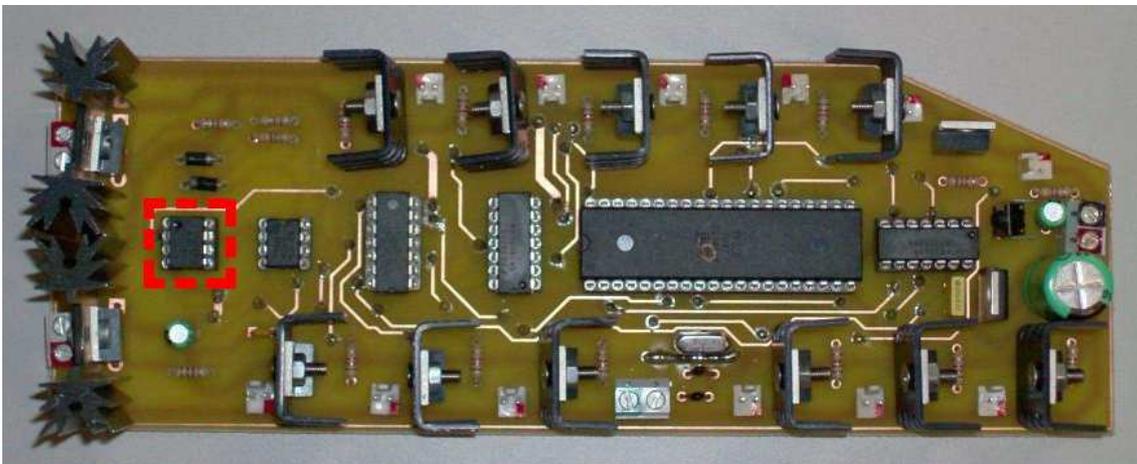
- El dispositivo esclavo no envía ninguna señal de reconocimiento al maestro, por lo que éste podría estar enviando información sin que estuviese conectado ningún dispositivo esclavo.
- El dispositivo maestro no necesita enviar ninguna señal de inicio de comunicación ni de parada al dispositivo esclavo. Por ello, el esclavo no sabrá cuando empieza o termina la comunicación.

Se ha optado por la utilización en este proyecto del potenciómetro digital DS1804 [E.10], que usa el interfaz subida/bajada, por todas las ventajas que éste interfaz ofrece, pero sobre todo por ser un dispositivo fácil de encontrar y

ocupar menos espacio, al poseer menor número de pines y no necesitar circuitería adicional.

## 7.3 POTENCIÓMETRO DIGITAL DS1804

El potenciómetro digital elegido es el DS1804 de 10k $\Omega$ . El potenciómetro DS1804 es un potenciómetro digital no volátil de 100 posiciones seleccionables mediante un dispositivo microcontrolador. La posición del potenciómetro es controlada mediante el interfaz Subida/Bajada, el cual, como ya se ha explicado anteriormente, utiliza tres líneas de comunicación que son los puertos de entrada  $\overline{CS}$ ,  $\overline{INC}$  y  $U/\overline{D}$ .



**Figura 54: Disposición del Potenciómetro digital DS1804 en la placa PCB, encuadrado en rojo.**

### 7.3.1 Descripción de los pines

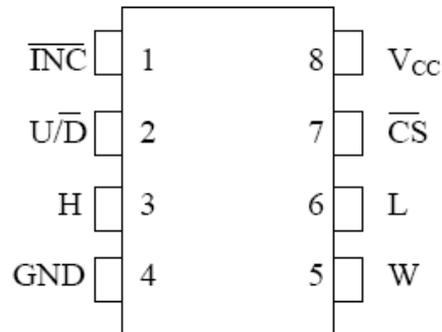


Figura 55: Pines del DS1804

PIN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1.	$\overline{INC}$	Controla el movimiento del terminal móvil.
2.	$U/\overline{D}$	Elección de subida ó bajada.
3.	H	Terminal resistivo alto.
4.	Gnd	Se conecta a masa.
5.	W	Terminal móvil. Su posición es controlada por las tres señales de control.
6.	L	Terminal resistivo bajo.
7.	$\overline{CS}$	Pin selector.
8.	Vcc	Tensión de alimentación positiva (de 2,7V a 5,5V). Se conecta a 5V.

Tabla 7: Descripción de los pines del DS1804.

### 7.3.2 Funcionamiento

El potenciómetro digital DS1804 tiene un total de 100 posiciones incluyendo los terminales L (terminal bajo) y H (terminal alto), las cuales serán accesibles por el terminal W (terminal móvil). Todas las posiciones serán controladas por los tres terminales de control  $\overline{CS}$ ,  $\overline{INC}$  y  $U/\overline{D}$ . En la Figura 56

se podrá observar el diagrama de bloques interno del potenciómetro digital DS1804.

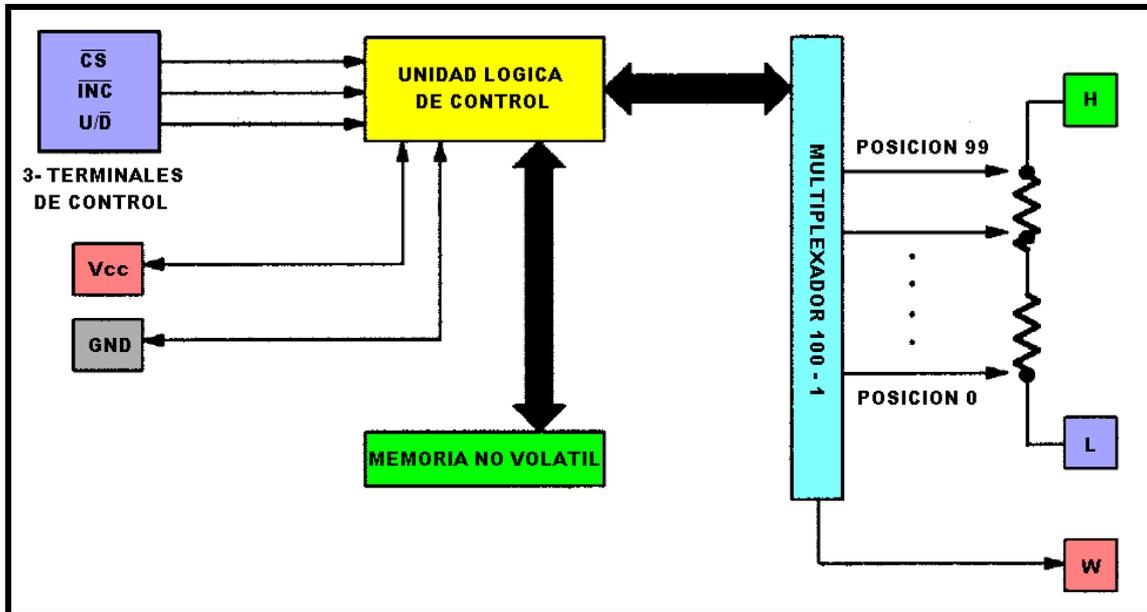


Figura 56 : Diagrama de bloques interno del DS1804

Los tres terminales de control del dispositivo DS1804 son los encargados de realizar el interfaz Subida/Bajada. Los terminales de control están formados por las señales  $\overline{CS}$ ,  $\overline{INC}$  y  $U/\overline{D}$ .

- $\overline{CS}$ : La entrada  $\overline{CS}$  sirve para activar o desactivar el DS1804. Se activará a nivel bajo, y ningún cambio en  $\overline{INC}$  ni en  $U/\overline{D}$  alterará la posición del terminal móvil si  $\overline{CS}$  está a nivel alto.
- $\overline{INC}$ : Esta entrada permite que el terminal móvil se mueva siempre y cuando  $\overline{CS}$  esté activo a nivel bajo. El terminal móvil se desplazará una posición por cada transición de nivel alto a bajo (flanco de bajada), en esta señal de entrada.
- $U/\overline{D}$ : Esta señal de entrada, fija la dirección del movimiento del terminal móvil. Si  $U/\overline{D}$  está a nivel alto y ocurre un flanco de bajada en  $\overline{INC}$ , el terminal móvil se desplazará hacia el terminal resistivo alto. Por otro



esta manera, variar el ciclo de trabajo de la señal generada por el temporizador LM555 y, por tanto, generar una distinta luminosidad.

El pin P1.7, del microcontrolador, controlará el terminal  $\overline{INC}$  del potenciómetro, mientras que el pin P2.7 hará lo propio con el terminal  $U/\overline{D}$ . La entrada  $\overline{CS}$  permanecerá siempre a nivel bajo conectada a tierra, lo que significa que el potenciómetro digital siempre permanecerá activo. El terminal alto (H) del potenciómetro estará unido al cátodo del diodo D1, en la rama de carga del condensador C6, y el terminal bajo (L) hará lo propio con el ánodo del diodo D2, en la rama de descarga del condensador C6. Mientras el terminal móvil, según le indique el microcontrolador donde debe situarse, tendrá un valor más o menos cercano a la rama de carga o a la de descarga del condensador C6. De esta manera, se sustituirá el potenciómetro que aparece en la Figura 45 por el potenciómetro digital DS1804 que aparece en la Figura 58.

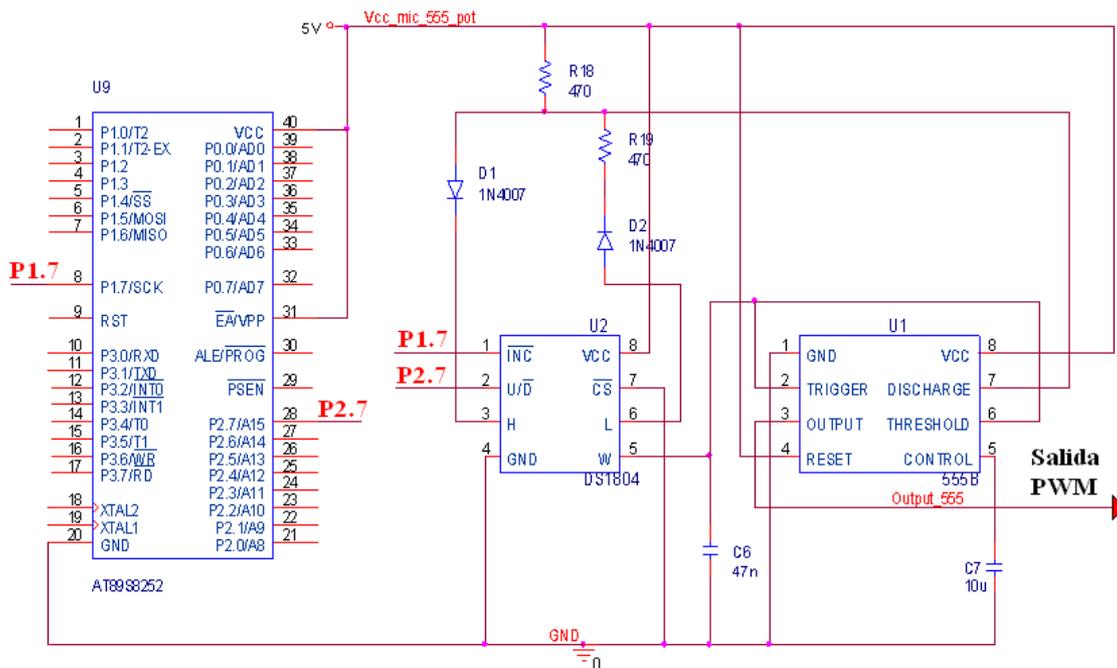


Figura 58: Diseño Hardware del potenciómetro digital DS1804

### 7.3.4 Diseño Software

Para conseguir que el potenciómetro digital DS1804 varíe adecuadamente su resistencia entre los valores de  $10K\Omega$  y  $5K\Omega$ , es necesario programar debidamente el microcontrolador AT89S52. Antes de introducir el código fuente se explicará el diagrama de flujo que se ha seguido en el desarrollo de dicho código (Figura 59.).

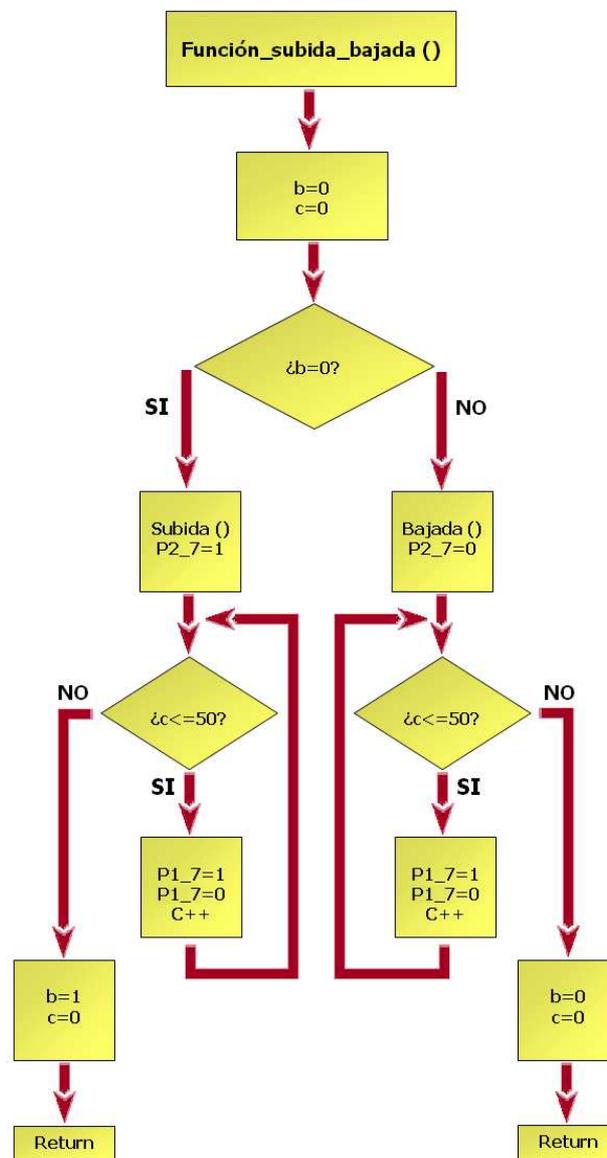


Figura 59: Diagrama de bloques de la programación del AT89S52 necesario para el correcto funcionamiento del potenciómetro digital



Se entrará en la función "Función\_Subida\_Bajada()" nada más activarse el AT89S52, donde se procederá a colocar el potenciómetro a su valor máximo de  $10K\Omega$  en la función "Subida()", provocando que la intensidad lumínica tenga su valor máximo. No se volverá a entrar a la "Función\_Subida\_Bajada()" a menos que el usuario accione el botón del panel de control indicado para ello, y si es así, se entrará en la función "Bajada()" colocando el potenciómetro a su valor intermedio de  $5K\Omega$ , provocando que la intensidad lumínica tenga un valor notablemente inferior al máximo.

Si el usuario desea que la intensidad lumínica vuelva a tener su valor máximo solo deberá de volver a accionar el mismo botón del panel de control, provocando la entrada en la función "Subida()".

Nada más entrar en la función "Subida()", se pondrá el pin P2\_7 a nivel alto, para activar el pin  $U/\bar{D}$  del potenciómetro digital, indicando que los incrementos a generar sean de subida. Después, se realizarán 50 pulsos de bajada del pin P1\_7 que serán los encargados de incrementar el valor del terminal móvil del potenciómetro digital, dando a  $R_{ON}$  su valor máximo de  $10K\Omega$  y, por lo tanto, el valor máximo del ciclo de trabajo de la señal PWM.

En la función "Bajada()", se procederá a colocar el pin P2\_7 a nivel bajo, indicando que los incrementos sean, en este caso, de bajada ( $U/\bar{D}$  a nivel bajo). Se generarán 50 pulsos de bajada del pin P1\_7 que decrementarán el valor del terminal móvil del potenciómetro digital, dando a  $R_{ON}$  su valor medio de  $5K\Omega$  generando un ciclo de trabajo de la señal PWM del 50%.

## 7.4 CONSUMO.

En el siguiente punto y para concluir con el apartado perteneciente a la regulación de la luminosidad, donde se ha estudiado y generado la forma de disminuir la intensidad lumínica en las matrices de LEDs, se medirá igual que se hizo en el Capítulo 3 con todos los elementos luminosos a máxima intensidad lumínica, la corriente consumida a intensidad lumínica denominada "ahorro de energía".

Para conocer la corriente que consumen las matrices de LEDs a intensidad lumínica denominada "ahorro de energía", todas ellas y por separado, se han conectado a la placa electrónica diseñada en el presente proyecto fin de carrera, encargada de generar la forma de onda PWM, aplicándole a ésta una tensión de 12V por medio de la misma fuente de tensión regulable utilizada en el Capítulo 3 y se ha activado el modo "ahorro de energía" pulsando el botón "A" del panel de control.

Despreciando la corriente consumida por los diferentes dispositivos que conforman la placa electrónica, que ronda el orden de los  $\mu\text{A}$ , la corriente demandada por la fuente de tensión será la consumida por las matrices de LEDs. Al no aplicar el modo "ahorro de energía" a las luces halógenas, al ser activadas, se mantendrán siempre a máxima intensidad lumínica y por lo tanto su consumo será el mismo que el medido en el Capítulo 3.

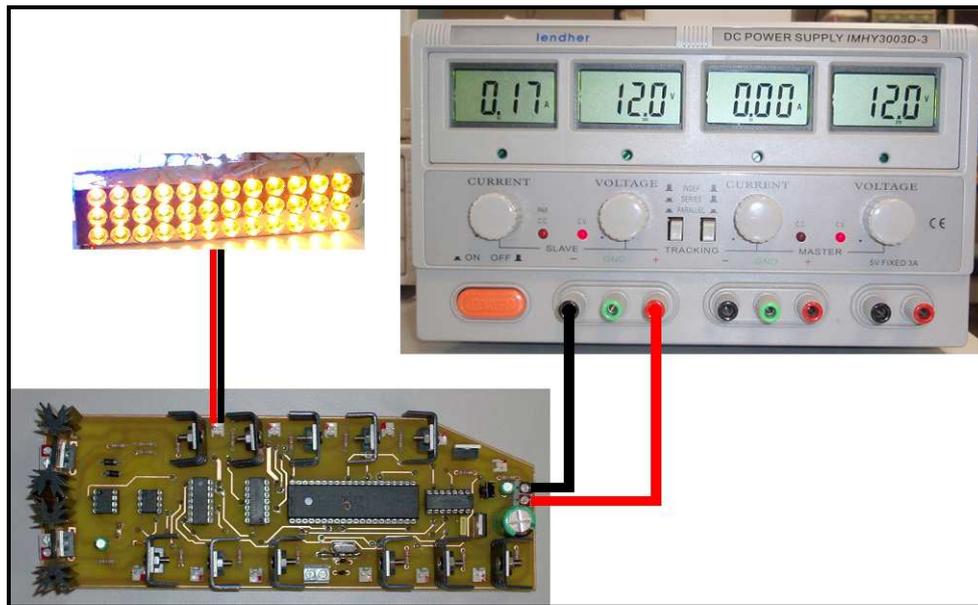


Figura 60: Tensión de 12V aplicada a la matriz de LEDs Ámbar, a través de la placa electrónica en modo “ahorro de energía”.

En la siguiente tabla se puede observar, la corriente resultante al realizar el procedimiento anteriormente descrito, a cada una de las matrices LEDs.

<b>Matriz de LEDs</b>	<b>Azul</b>	<b>180mA</b>
	<b>Ámbar</b>	<b>170mA</b>
	<b>Blanca</b>	<b>21mA</b>

Tabla 8: Consumo de los elementos luminosos al activar el modo “ahorro de energía”.

Teniendo en cuenta que el sistema puente de luces consta de 8 matrices de LEDs azules, 2 blancas, 2 ámbar y 2 lámparas halógenas el consumo total será:

<b>Matriz de LEDs</b>	<b>Azul (x8)</b>	<b>1,44A</b>
	<b>Ámbar (x2)</b>	<b>340mA</b>
	<b>Blanca (x2)</b>	<b>42mA</b>
<b>Luz Halógena (x2)</b>		<b>2,8A</b>
<b>CONSUMO TOTAL</b>		<b>4,62A</b>

Tabla 9: Consumo total de los elementos luminosos, en modo “ahorro de energía”.



En el Capítulo 3 se llegó a la conclusión de que la corriente consumida por el sistema luminoso del puente de luces a máxima intensidad lumínica es de 6,24A, por lo que cabe destacar el ahorro de la misma al ser activado el modo "ahorro de energía", siendo éste de un 26%. Dicho ahorro de corriente conllevará a una mayor duración de la batería.

$$T = \frac{Q}{I} = \frac{100}{4,62} = 21 \text{ Horas y } 36 \text{ minutos}$$

Lo que significa que la batería de 100Ah es capaz de suministrar la energía necesaria al sistema puente de luces durante 5 horas y 36 minutos más que a intensidad lumínica máxima, donde la duración era de 16 horas, sin necesidad de tener el motor del vehículo en marcha.

# Capítulo 8:

## DRIVER DE ILUMINACIÓN

### 8.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.

El sistema de iluminación se basa en matrices de LEDs de alta luminosidad de los colores azul, ámbar y blanco y dos lámparas halógenas. En la Figura 61, Figura 62 y Figura 63 se puede observar los esquemas eléctricos internos de las diferentes matrices de LEDs

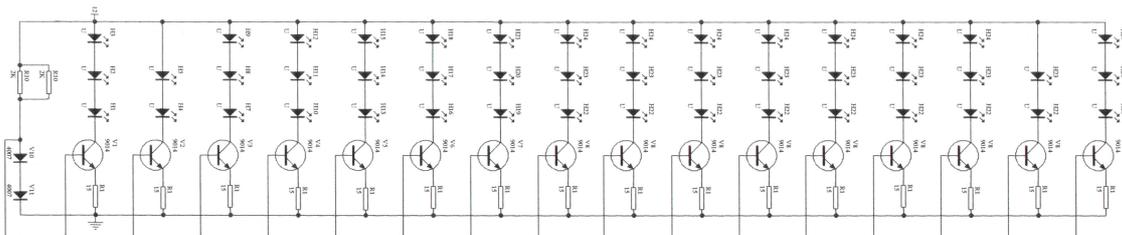
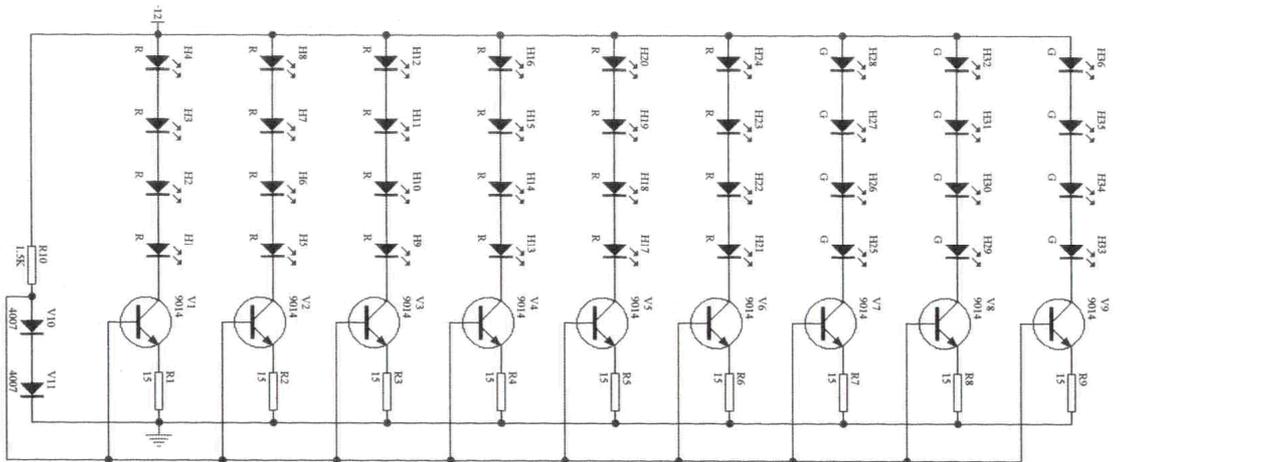
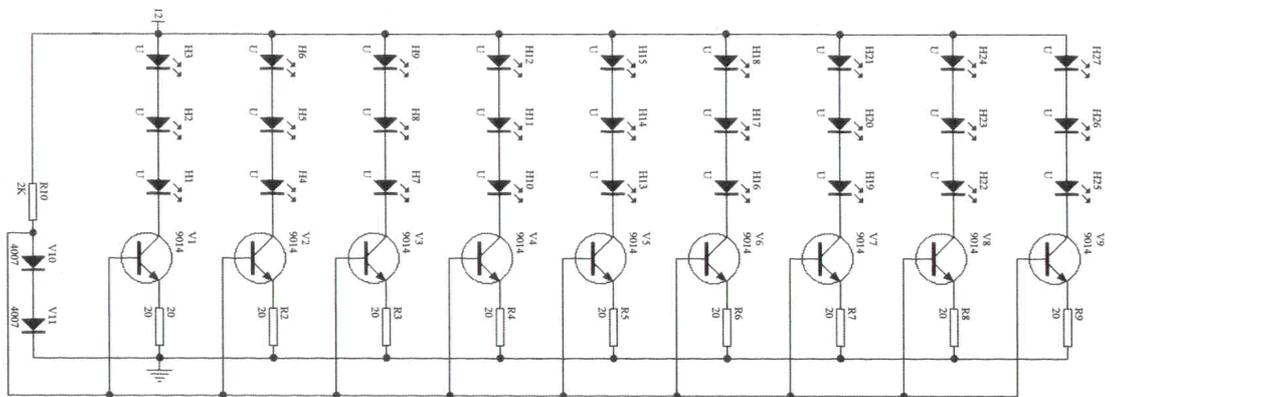


Figura 61. Esquema eléctrico interno de la matriz de luces azul

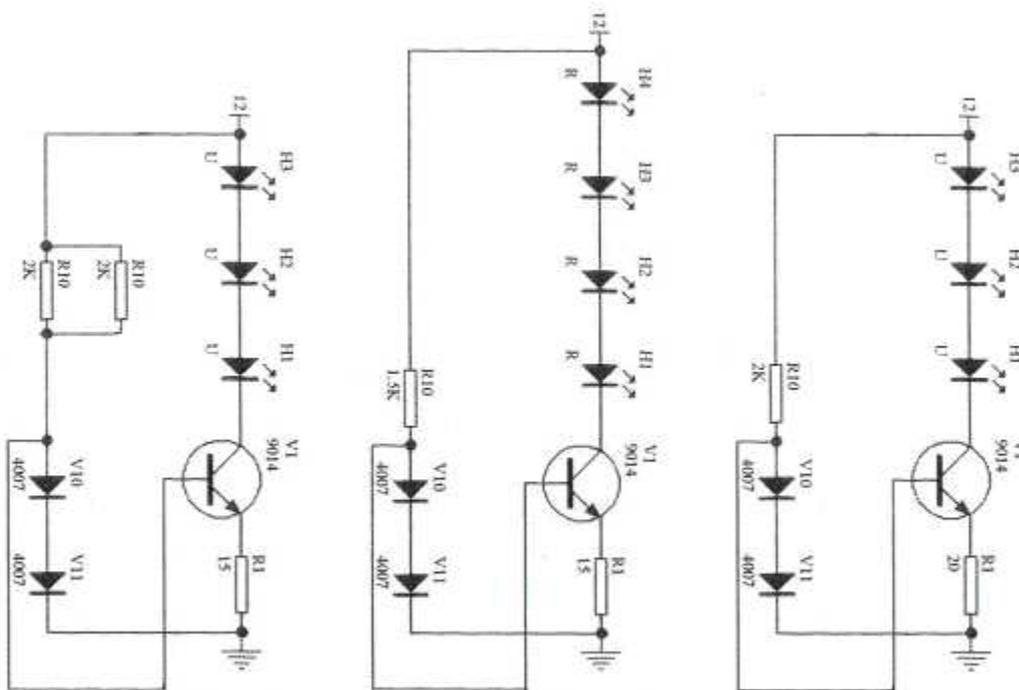


**Figura 62. Esquema eléctrico interno de la matriz de luces ámbar**



**Figura 63. Esquema eléctrico interno de la matriz de luces blanco**

Una matriz de LEDs está formada por diferentes bloques repetitivos denominados rama. Estas ramas, a su vez, están constituidas por varios LEDs conectados en serie al colector de un transistor. La base de este transistor estará, a través de una resistencia, conectada a 12v y su emisor, también a través de una resistencia, a tierra.



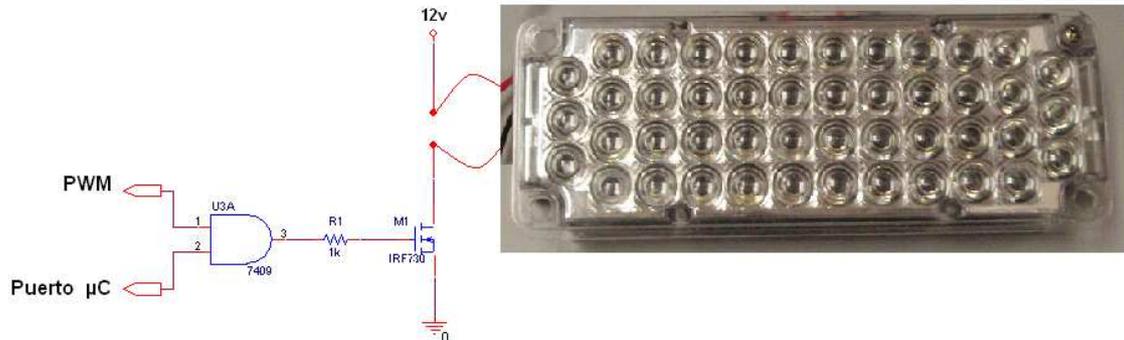
**Figura 64. Esquema eléctrico de una rama de LEDs de las matrices azul, izquierda, ámbar, centro, y blanca, derecha.**

Los diodos 1N4007 [E.11], se conectan en serie con la base de los transistores de todas las ramas de cada matriz y tienen la función de polarizar correctamente dichos transistores.

Las resistencias conectadas al emisor de todos los transistores de todas las ramas de cada matriz, fijarán la corriente necesaria para que, si el transistor se encuentra en conducción, se activen los LEDs de cada rama.

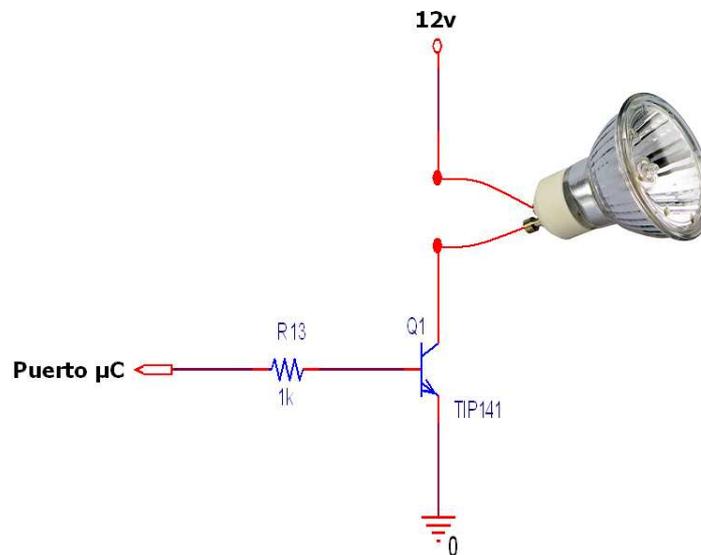
### 8.3 DISEÑO ELECTRÓNICO.

El diseño electrónico del driver será el mismo para los tres tipos de matrices de LEDs, azul, ámbar y blanca, ya que las tres configuraciones se alimentan entre 12v y masa.



**Figura 65. Diseño del driver de iluminación para matriz de LEDs**

El diseño del driver de las lámparas halógenas será similar, diferenciándose al de las matrices de LEDs en que éstas no poseerán la opción de regulación de luminosidad mediante señal PWM.



**Figura 66: Diseño del driver de iluminación para lámpara halógena.**

Los componentes que intervienen en el driver de iluminación, y que se explican a continuación son:

- Semiconductores con su correspondiente disipador.
- Puerta lógica AND.

### **8.3.1 SEMICONDUCTORES**

#### IRF730

El semiconductor escogido para suministrar la corriente de alimentación necesaria a cada matriz de LEDs, permitiéndola o bloqueándola según lo establezca la señal PWM es un MOSFET de canal N. Las principales ventajas de este semiconductor son las siguientes:

- Dispositivo controlado por tensión, esto quiere decir que para que circule corriente por las matrices de LEDs es necesario aplicar una tensión positiva en la puerta (G), que será suministrada por la señal PWM cuando ésta se encuentra a nivel alto (5v).
- Dispositivo extremadamente veloz, capaz de conmutar a la frecuencia de trabajo de la señal PWM de 2,8Khz.

Debido a que las matrices de LEDs a máxima luminosidad consumen una corriente elevada, se ha pensado en un MOSFET que pudiera suministrar tal corriente sin ser dañado. El MOSFET utilizado es el IRF730 [E.12] de encapsulado TO-220AB, que soporta una corriente de Drenador de hasta 5,5 amperios y presenta una resistencia de conducción muy pequeña. En la Figura 67 se pueden ver las características más importantes de este dispositivo.

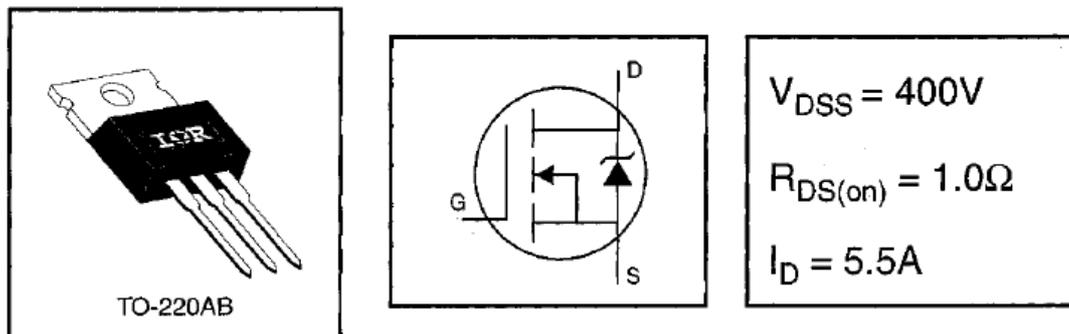


Figura 67. Características del MOSFET IRF730

En el peor de los casos tendrá que soportar una corriente de 340mA que será la corriente en la matriz de LEDs azul a máxima intensidad. El transistor utilizado puede soportar una corriente de 5,5A por lo que estará sobredimensionado.

La resistencia conectada en serie a la salida de la puerta AND sirve para limitar los picos de corriente producidos en la conmutación, debido a la capacidad parásita del MOSFET entre puerta (G) y fuente (S).

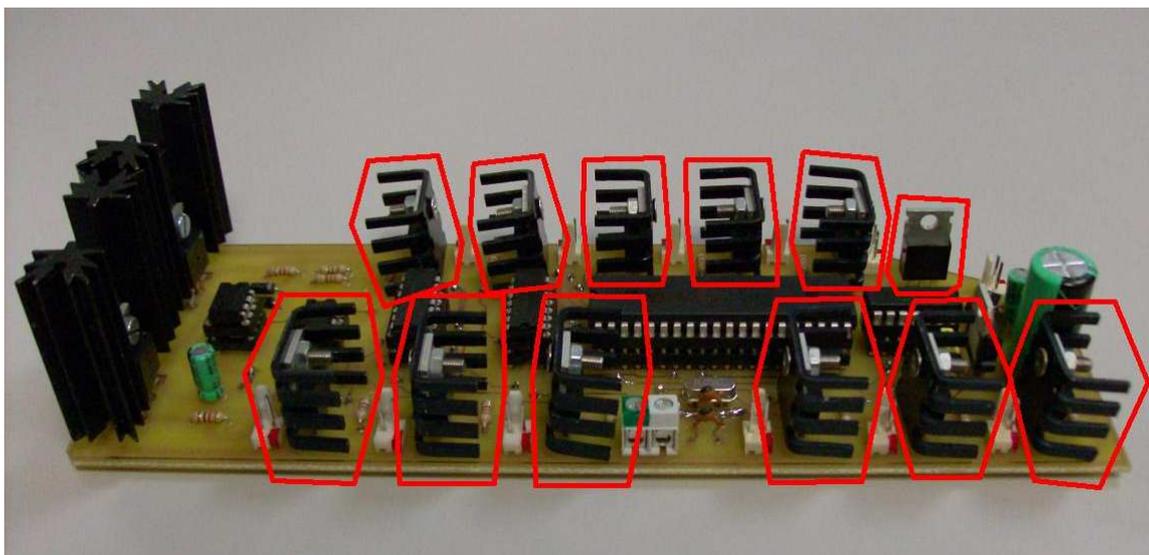
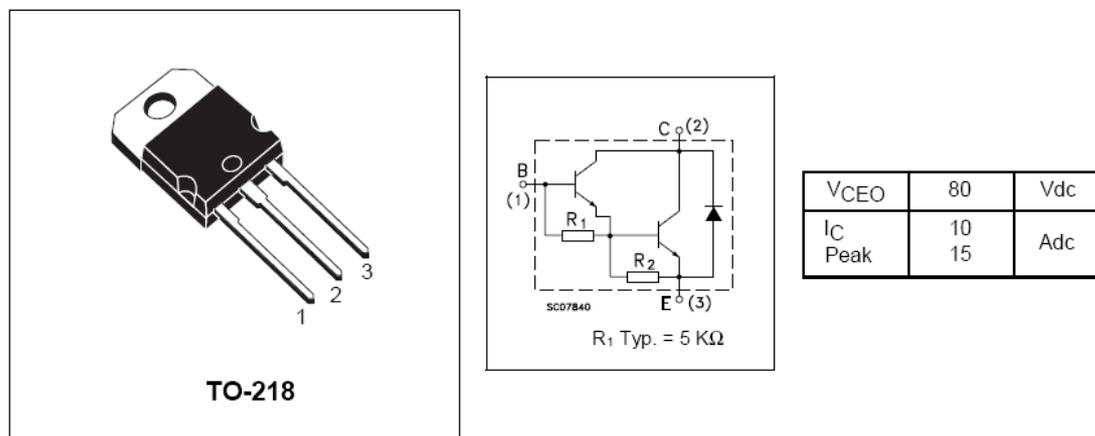


Figura 68: Posicionamiento de los semiconductores MOSFETs IRF730 en la placa PCB.

## TIP141

Las luces halógenas demandan más cantidad de corriente que las matrices de LEDs, por ello es necesario colocar un semiconductor más robusto que el IRF730, por cada una de las luces halógenas.

El semiconductor escogido es el TIP141 [E.13] de encapsulado TO-218, que es capaz de suministrar una corriente de colector de 10A, y cuyas características más importantes se pueden ver en la Figura 69.



**Figura 69. Características del semiconductor TIP141.**

Este semiconductor tendrá que soportar una corriente de 1,4A, que es la demandada por las luces halógenas cuando éstas están alimentadas por una tensión de 12V. De nuevo, este semiconductor estará sobredimensionado ya que es capaz de soportar, como ya se ha especificado, una corriente de colector de 10A.

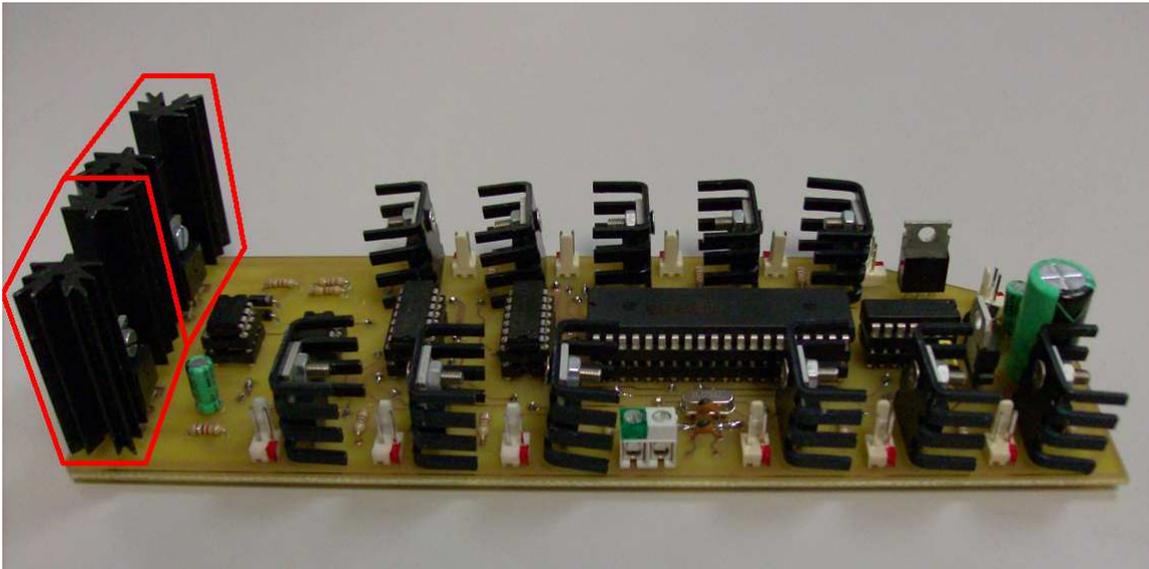


Figura 70: Perfil de los semiconductores TIP141 con disipador, encuadre rojo.

### 8.3.2 PUERTA LÓGICA AND

Cada puerta de los MOSFET IRF730 será gobernada por una puerta lógica AND de dos entradas. Estas puertas lógicas comercialmente se pueden encontrar agrupadas en un chip, en concreto el modelo TTL 74HC08N [E.14], su esquema interno se puede ver en la Figura 71.

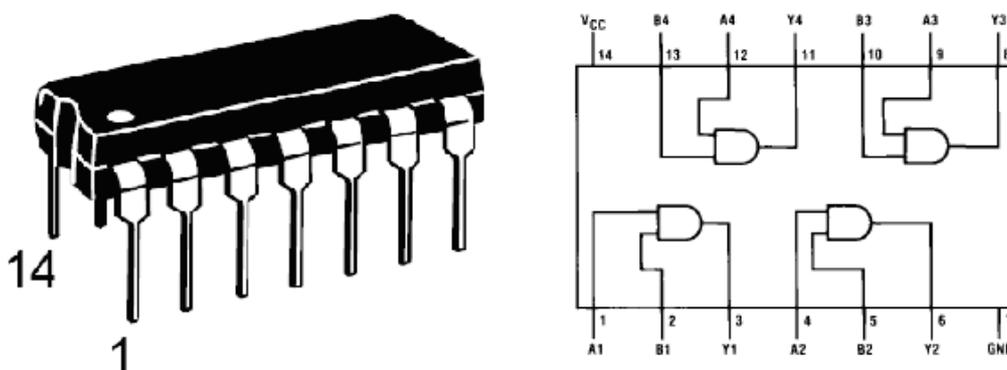
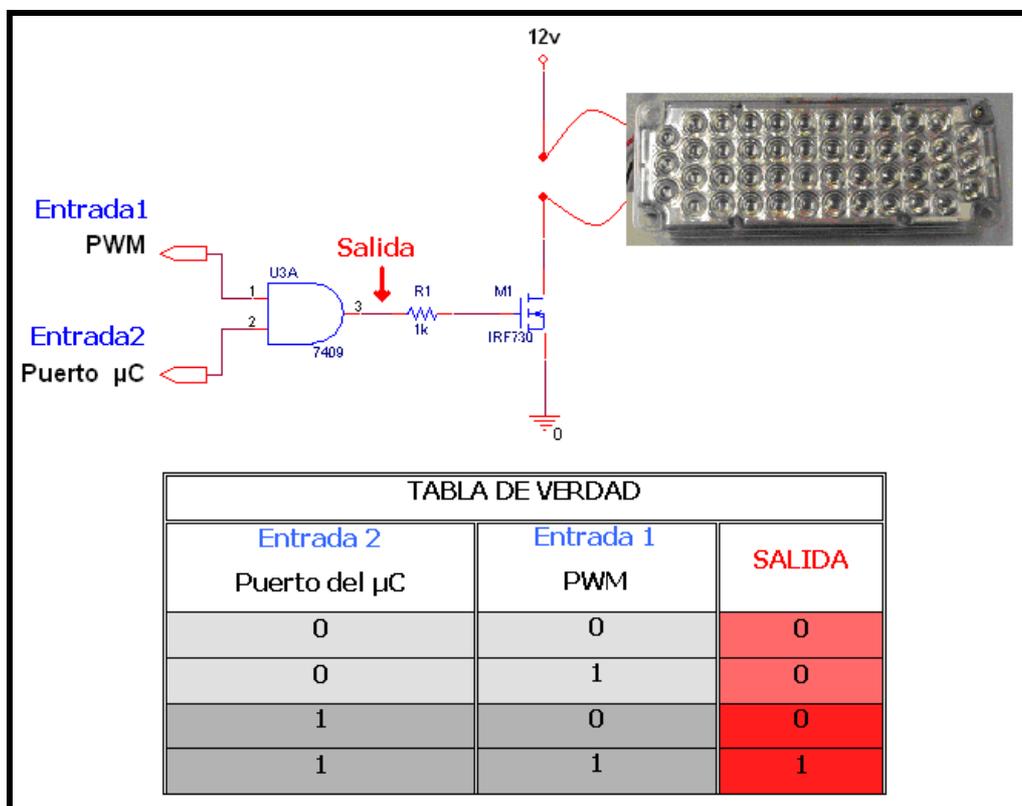


Figura 71. Integrado y esquema interno del TTL 74HC08

En la **entrada 1** existirá una señal PWM, que como se mencionó en el capítulo 6, es una señal cuadrada de periodo constante y ciclo de trabajo del 96%, si se desea que las matrices de LEDs tengan una intensidad lumínica máxima, o del 50%, para una intensidad notablemente inferior a la máxima. Todas las entradas 1 de las doce puertas AND existentes tendrán la misma señal PWM.

La **entrada 2** estará conectada a uno de los puertos del microcontrolador, el cual será activado o desactivado por software según se requiera para la realización de las diferentes secuencias de luces. Cada entrada 2 de las doce puertas AND tendrá asignada un puerto del microcontrolador distinto como se indicó en el capítulo 5, referente al sistema de control.

La **salida** de la puerta AND se conectará al conjunto de MOSFETs encargados de activar o desactivar la corriente de alimentación a cada matriz de LEDs.



**Figura 72: Tabla de verdad de la puerta AND.**

Como se puede observar en la tabla de verdad de la Figura 72 y en los cronogramas de la Figura 73 y Figura 74, la función de la puerta AND es la de anular o permitir el paso de la señal PWM procedente del LM555, disponiendo así de un *enable* activo a nivel alto mediante el puerto del microcontrolador, dando lugar a las diferentes secuencias de luces.

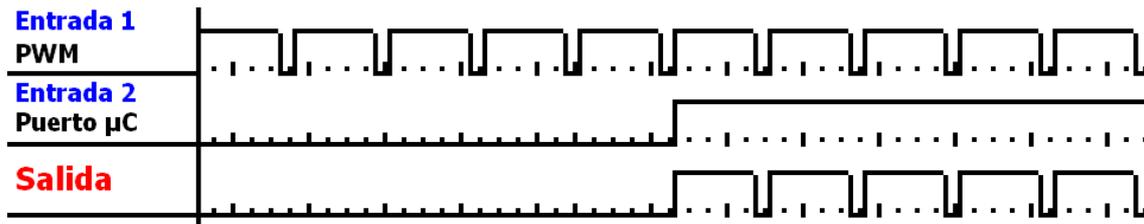


Figura 73: Cronograma cuando el ciclo de trabajo de la señal PWM es del 96%.

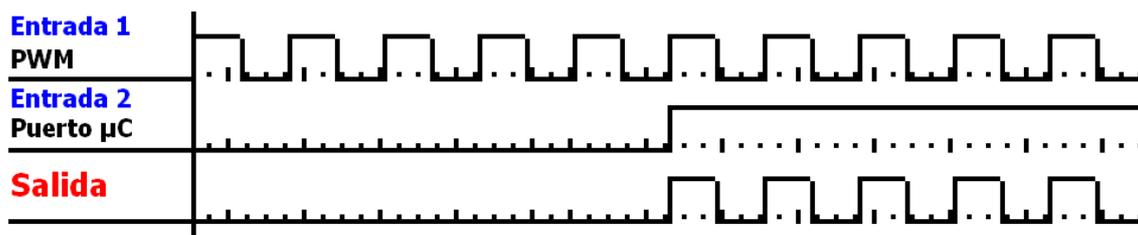


Figura 74: Cronograma cuando el ciclo de trabajo de la señal PWM es del 50%.

Para la realización del presente proyecto fin de carrera se utilizarán tres chips 74HC08N, ya que éste integra cuatro puertas AND de dos entradas y son necesario una puerta por cada matriz de LEDs, en total 12.

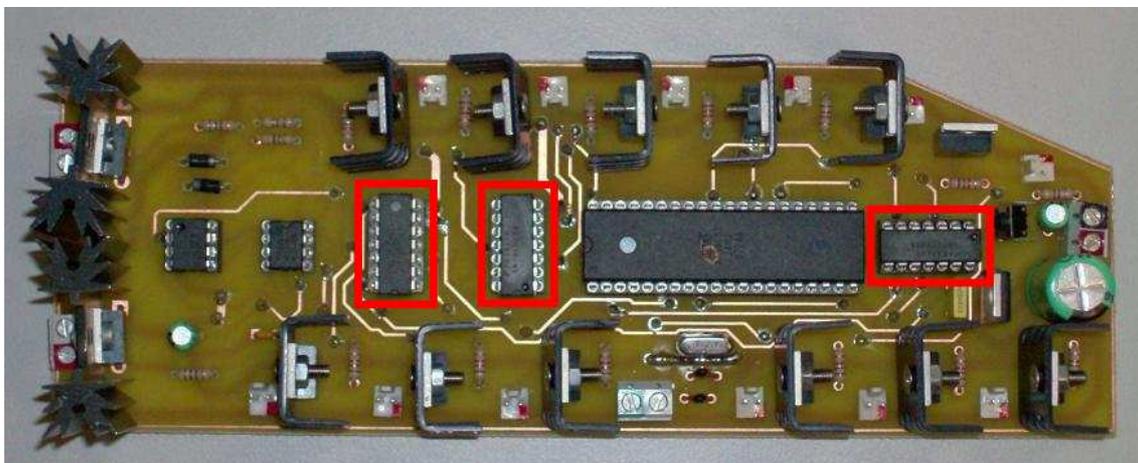


Figura 75: Disposición de los tres chips 74HC08 en la placa PCB, encuadrados en rojo

### **8.3.3 DISIPADORES**

El disipador es un elemento físico, destinado a eliminar el exceso de calor de cualquier elemento. Esto es debido a que, en todo semiconductor, el flujo de la corriente eléctrica produce una pérdida de energía que se transforma en un incremento de la temperatura, el cual si es excesivo e incontrolado, provocará una reducción de la vida útil del elemento y en el peor de los casos lo destruirá. [B.3].

El funcionamiento de un disipador se basa en la segunda ley de la termodinámica, transfiriendo el calor de la parte caliente que se desea disipar al aire. Este proceso se propicia aumentando la superficie de contacto con el aire permitiendo una eliminación más rápida del calor excedente.

Para calcular la potencia máxima que se puede hacer disipar a un semiconductor con disipador, se utiliza la denominada ley de Ohm térmica que es la siguiente:

$$Pd = \frac{Tj - Ta}{Rjc + Rcd + Rd}$$

Donde:

**Tj:** Temperatura de la unión del elemento semiconductor.

**Ta:** Temperatura ambiente.

**Rjc:** Resistencia de la unión del elemento semiconductor–encapsulado.

**Rcd:** Resistencia encapsulado–disipador.

**Rd:** Resistencia disipador.

Se considerará una temperatura ambiente de 50°C, ya que se tendrá en cuenta que la placa electrónica tendrá que estar colocada cerca de las matrices de LEDs, que incrementarán la temperatura cuando estén en funcionamiento.

Hay que tener en cuenta que  $R_{cd}$  varía según el tipo de contacto que haya entre el encapsulado y el disipador. En este proyecto, el contacto se realizará directamente y aplicando una pasta de silicona, la cual ayudará para que el contacto entre el encapsulado y el disipador sea mayor y así, favorecer la disipación de calor. El valor de  $R_{cd}$  teniendo en un contacto directo con pasta de silicona es de  $0,12 \text{ }^\circ\text{C/W}$ .

### IRF730

Como se ha mencionado este MOSFET es el encargado de suministrar la corriente que demanden cada matriz de LEDs, colocando un MOSFET por cada una de las matrices de LEDs. Por lo tanto se calculará el disipador necesario para el caso más crítico que sería la matriz de LEDs azul, que es la que mayor corriente consume. Las características del IRF730 y que nos facilita el fabricante son:

$$R_{jc} = 1,7^\circ\text{C/W}$$

$$T_j = 150^\circ\text{C}$$

La potencia a la que esta expuesta este dispositivo es:

$$P = V \cdot I = 12V \cdot 340mA = 4,08W$$

El disipador escogido tiene una  $R_d = 21 \text{ }^\circ\text{C/W}$ , [E.15], por lo tanto, la potencia máxima que disipará el MOSFET con este disipador será de:

$$P_d = \frac{T_j - T_a}{R_{jc} + R_{cd} + R_d} = \frac{150 - 50}{1,7 + 0,12 + 21} = 4,38W$$

Como se puede apreciar, la potencia que puede disipar el conjunto dispositivo semiconductor y disipador, aplicando en su unión una pasta de

silicona, para las condiciones más desfavorables (4,38W), es superior a la potencia a la que está expuesta (4,08W).

### TIP141

Dado que las luces halógenas demandan más cantidad de corriente que las matrices de luz, es necesario colocar un semiconductor más robusto que el IRF730, por cada una de las luces halógenas. El semiconductor escogido es el TIP141 cuyas características que nos facilita el fabricante son:

$$R_{jc} = 1^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

$$T_j = 150^{\circ}\text{C}$$

La potencia a la que esta expuesta este dispositivo es:

$$P = V \cdot I = 12\text{V} \cdot 1,4\text{A} = 16,8\text{W}$$

El disipador escogido tiene una  $R_d = 5,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$  [E.16], por lo tanto, la potencia máxima que puede disipar el semiconductor con este disipador será de:

$$P_d = \frac{T_j - T_a}{R_{jc} + R_{cd} + R_d} = \frac{150 - 50}{1 + 0,12 + 5,5} = 17,18\text{W}$$

De esta manera, de nuevo se consigue que siendo 17,18W la potencia que puede disipar el conjunto dispositivo semiconductor y disipador, aplicando en su unión una pasta de silicona, para las condiciones mas desfavorables, es superior a la potencia a la que está expuesta, 16,8W.



# Capítulo 9:

## ESTRUCTURA MECÁNICA

### 9.1 SOPORTE.

El sistema que se ha desarrollado en este proyecto tiene como finalidad la de ser instalado en cualquier vehículo de emergencia. Por ello, se requiere de una estructura sólida y robusta, que proporcione la suficiente protección frente a golpes e inclemencias del tiempo.

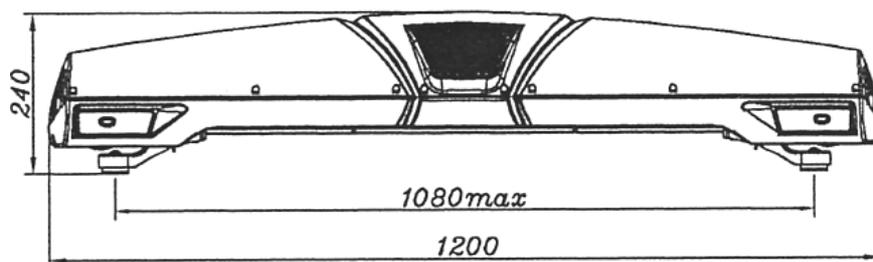
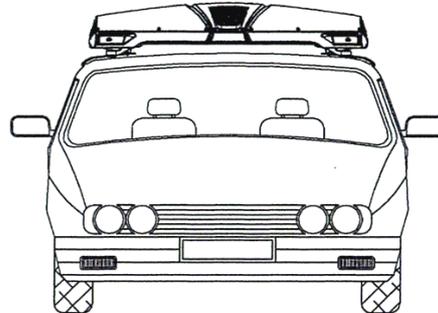


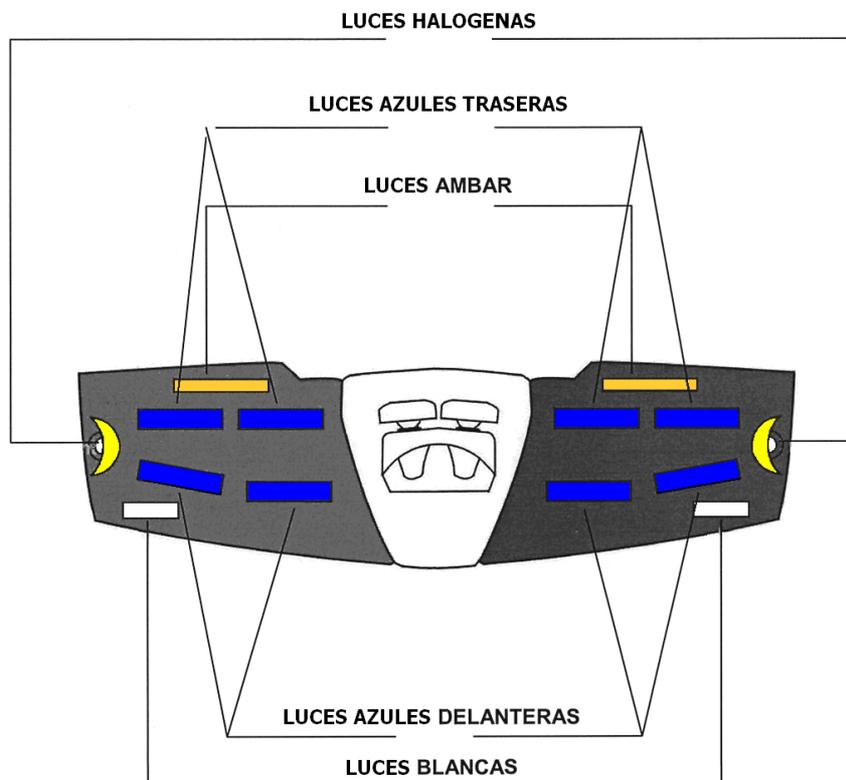
Figura 76: Vista de la estructura mecánica con sus correspondientes medidas.

Además, el soporte posee un sistema de anclaje al vehículo para que éste se encuentre perfectamente sujeto, evitando su caída en las ocasiones en las que éste sea sometido a grandes vibraciones.



**Figura 77: Ubicación del puente de luces en el vehículo.**

Como ya se ha mencionado anteriormente, las matrices de LEDs, luces halógenas y estructura mecánica, que se pueden ver en la Figura 78, han sido cedidas por la empresa RADIOTRANS S.A.



**Figura 78: Distribución de luces en el Puente de Luces**

La estructura mecánica posee una forma física en forma de "D" (Figura 78), lo cual favorece en la medida de lo posible su aerodinámica, y así evitar incrementar el consumo de combustible en el vehículo. La disposición, tanto de las matrices de LEDs como de las luces halógenas en la estructura mecánica, permite que se pueda iluminar en los 360° alrededor del vehículo

## 9.2 DISPOSICIÓN DE LA ELECTRÓNICA

La placa electrónica diseñada debe situarse en un espacio libre dentro de la estructura del soporte, de tal manera que no interfiera en el haz luminoso de ninguna de las matrices de LEDs ni de las luces halógenas. Por ello, se ha escogido el espacio libre comprendido entre las cuatro matrices de LEDs azules de la parte derecha del puente de luces, por su parte posterior, como se puede observar en la Figura 79.

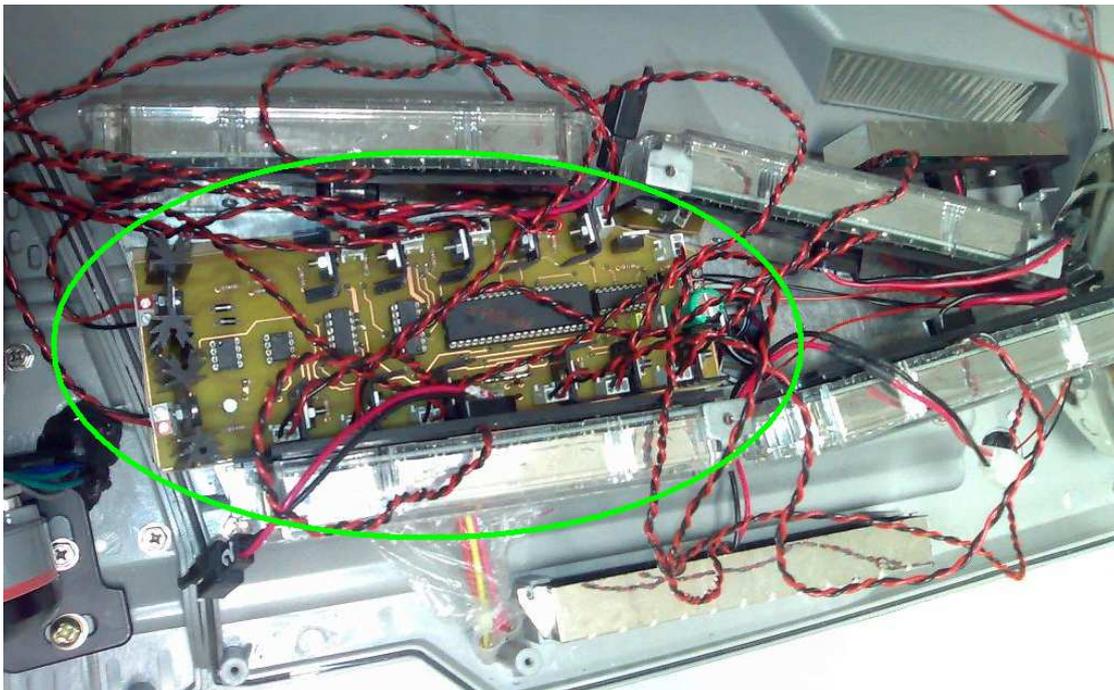
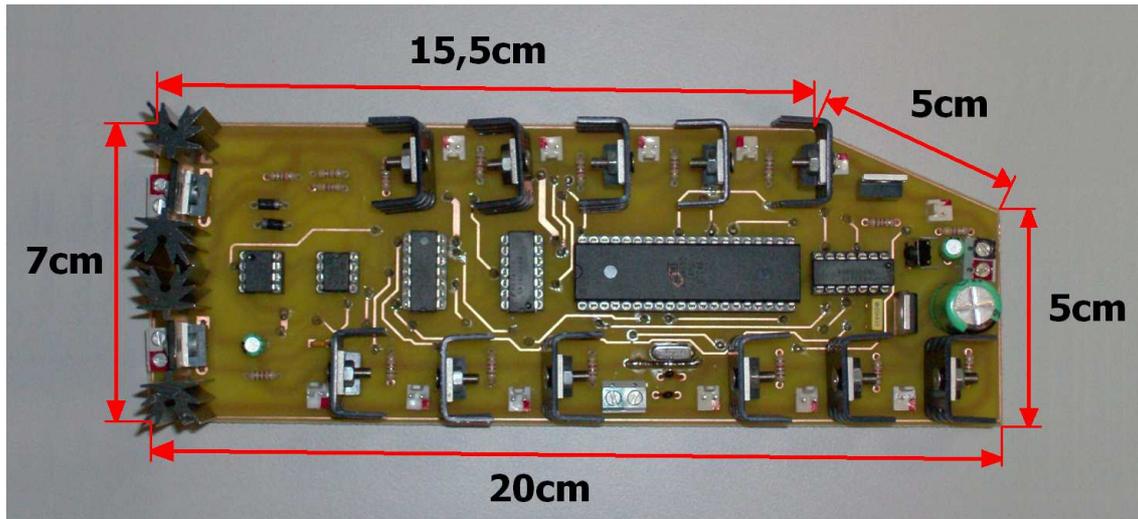


Figura 79: Ubicación de la placa electrónica dentro del puente de luces.

Para poder ubicar todos los dispositivos de la placa electrónica dentro de este espacio y no tener que recurrir a otro adicional, lo cual aumentaría considerablemente el cableado dentro de la estructura mecánica, se ha tenido que diseñar una placa electrónica que ocupase todo el espacio disponible. Las medidas de dicha placa utilizada aparecen en la Figura 80.



**Figura 80: Medidas de la placa electrónica en centímetros.**



# Capítulo 10:

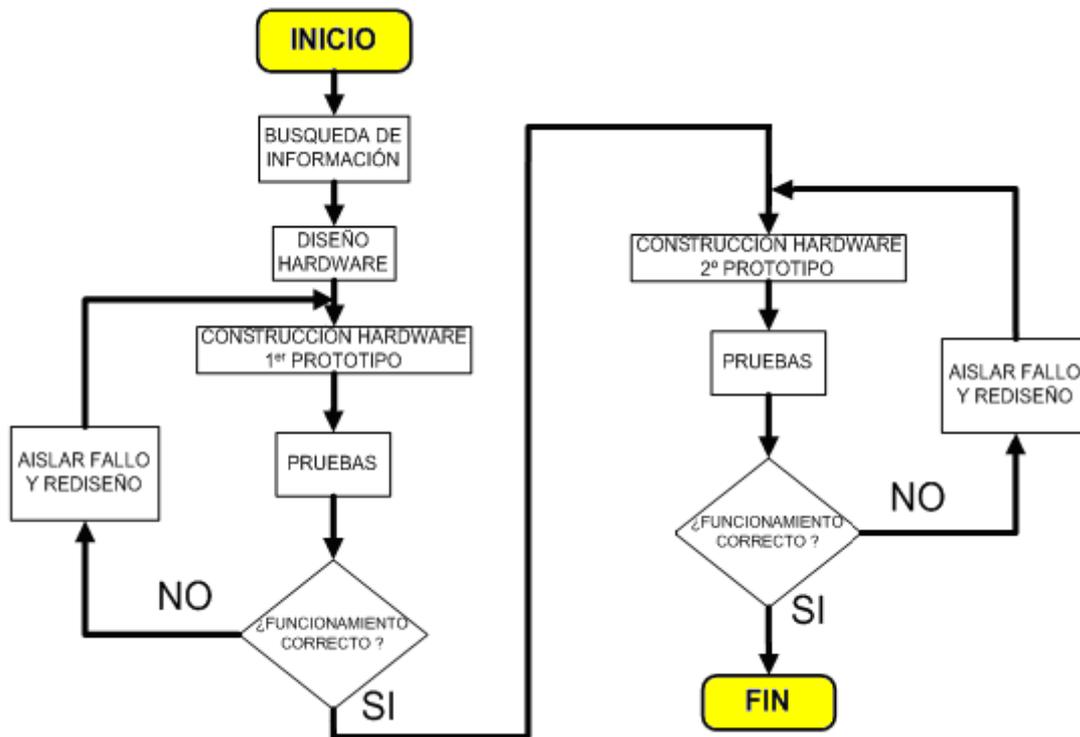
## FASES DE DESARROLLO

A lo largo de este capítulo se describe el procedimiento llevado a cabo para el desarrollo y diseño del hardware y del software, de manera que se obtenga una idea global de cómo se ha desarrollado el presente proyecto.

### 10.1 DISEÑO HARDWARE.

El objetivo buscado en la fase del desarrollo del hardware es diseñar y probar los distintos dispositivos que conforman el sistema. Para ello, se decide diseñar dichos dispositivos de forma independiente para conseguir un diseño más depurado y fácil de corregir. Una vez comprobado su correcto funcionamiento por separado se procederá a conexasionarlas entre sí y cerciorarse de su funcionamiento global.

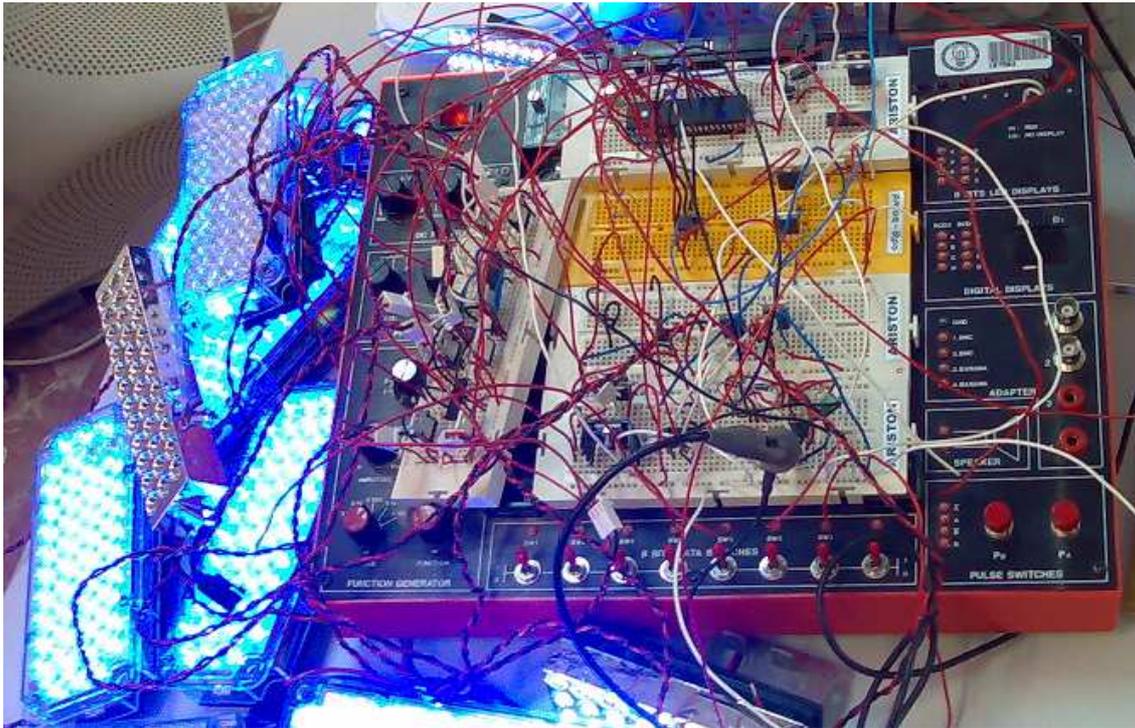
Para diseñar, probar y rediseñar el hardware se procede según un proceso iterativo que permite depurar errores o fallos.



**Figura 81: Diagrama del procedimiento iterativo de rediseño hardware.**

En primer lugar, se realiza el diseño hardware del dispositivo y, basándose en este último, se construye un primer prototipo, el cual, se implementó en un entrenador digital cedido por el laboratorio del grupo de investigación GDAF (Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas), dentro del departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Carlos III de Madrid. Dicho entrenador proporciona entradas y salidas digitales, permitiendo interconectar eléctricamente los diferentes componentes que conforman cada dispositivo, sin necesidad de realizar soldaduras.

En este primer prototipo se realizan todo tipo de pruebas de funcionamiento para comprobar si existe algún fallo en el diseño. En caso de aparecer el fallo se rediseñará y, posteriormente, se volverá a comprobar su correcto funcionamiento



**Figura 82: Primer prototipo implementado en un entrenador digital.**

Para el diseño del segundo prototipo se ha usado el software de diseño electrónico ORCAD, que contiene distintas herramientas. Con una de sus herramientas, *Capture*, se desarrollará el esquemático. Una vez que las interconexiones entre los diferentes componentes no tienen errores, se generará un listado de conexiones ("netlist") cuyo contenido será:

- Nombres de los footprints.
- Nomenclatura de los componentes en PCB.
- Tipo de encapsulado.
- Referencia enumerada de componentes y terminales E/S.
- Información de pines, conexiones, propiedades del componente...

Con otra de las herramientas, *Layout Plus*, se diseñará la placa de circuito impreso PCB (de su acronimo en inglés Printed Circuit Board). Primeramente, se cargará el "netlist" antes creado y se procederá a la definición de parámetros concretos para cada tarjeta tales como:

1. Fijar el borde o contorno exterior de la placa electrónica.
2. Distribución y posicionamiento de los componentes.
3. Trazado de las conexiones eléctricas.
4. Procesado del diseño, donde se definen las dimensiones finales de toda la placa, incluyendo la anchura de las pistas, el diámetro de los pads, etc. [B.4]

Una vez definidos dichos parámetros, se imprime la capa superior (Top) e inferior (Bottom) de la placa de circuito impreso y se construye en un laboratorio especializado.

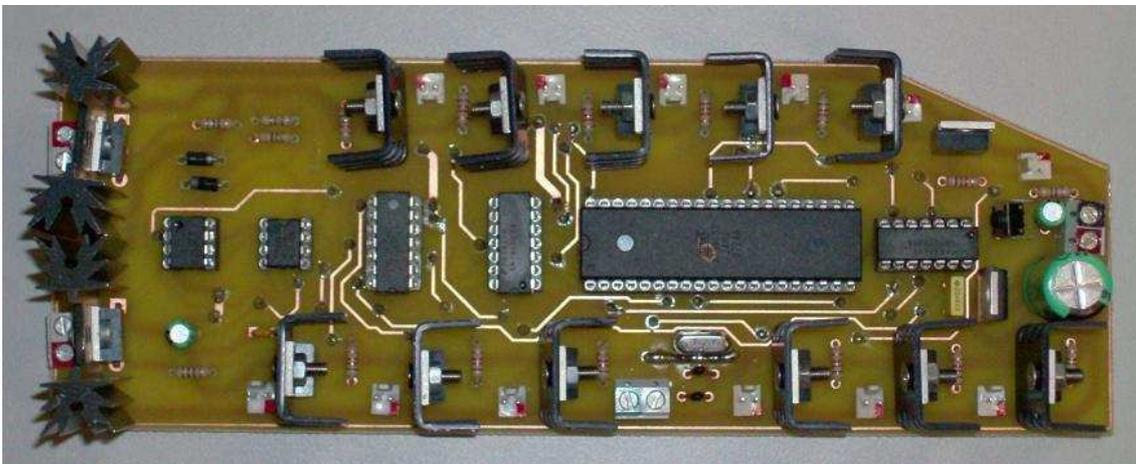
Este segundo prototipo, también fue probado y rediseñado para obtener los resultados deseados y obtenidos con el primer prototipo, ya que éste conformará el diseño final del hardware. Para este segundo prototipo fue necesario realizar un segundo diseño, puesto que el primero (Figura 83) poseía errores de diseño tales como:

- **Contorno cuadrículado.** Como ya se ha visto en el Capítulo 9, la estructura mecánica posee un hueco para emplazar la PCB irregular. Para aprovechar el máximo espacio posible, el contorno de la PCB se debe adaptar a dicho hueco, no siendo un contorno cuadrículado el más eficiente.
- **Pistas que deben suministrar potencia demasiado finas.** Con unas pistas demasiado finas no es posible suministrar la energía necesaria a elementos, como las luces halógenas, que demandan gran cantidad de energía.
- **Distribución de componentes deficiente.** El pequeño espacio donde debe emplazarse la PCB y la gran cantidad de componentes que ésta debe albergar, implica distribuir dichos componentes de una manera totalmente eficiente, para provechar al máximo el espacio y evitar que las conexiones eléctricas entre ellos se entrecrucen.



**Figura 83: Primer diseño del segundo prototipo.**

En las figuras Figura 84 y Figura 85 se muestra el prototipo final, en donde, se han corregido los errores del primer diseño, y al cual se le ha sometido a todo tipo de pruebas para comprobar su correcto funcionamiento.



**Figura 84: Segundo diseño del segundo prototipo, capa TOP.**

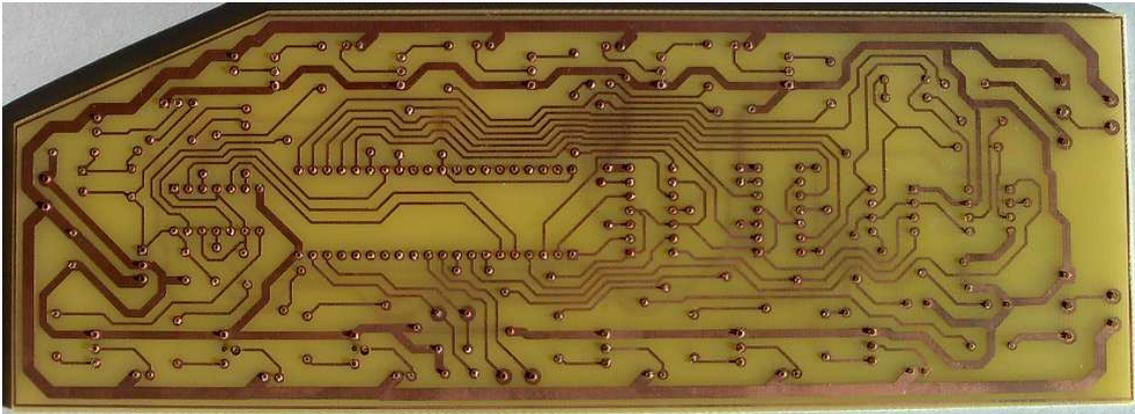


Figura 85: Segundo diseño del segundo prototipo, capa BOTTOM.

## 10.2 DISEÑO SOFTWARE.

La segunda fase de desarrollo consiste en el diseño del software necesario para actuar sobre los dispositivos hardware. Para ello, el diseño software analiza la información suministrada por el usuario y actúa sobre las distintas partes del puente de luces. Del mismo modo, que ocurre con el diseño hardware, se ha utilizado un método iterativo de desarrollo para eliminar errores de código de una forma más sencilla, tal y como muestra la Figura 86.

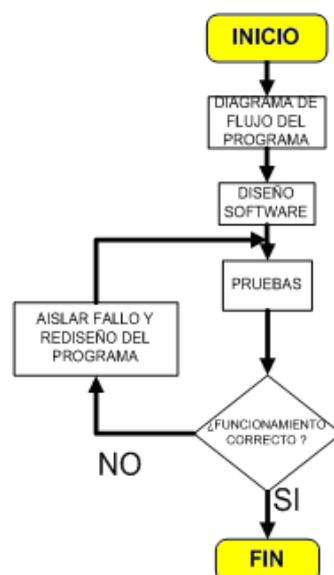


Figura 86: Diagrama del proceso iterativo de rediseño software.



Una vez se hayan tenido en cuenta las necesidades de funcionamiento del sistema, se ha desarrollado un diagrama de flujo del programa para su posterior implementación y depuración de dicho programa en la herramienta  $\mu$ Vision.

Tras haber comprobado el programa, a partir de las pruebas que permite realizar el simulador de la herramienta  $\mu$ Vision, se implementará el software en el microcontrolador de la placa electrónica, para probar si el funcionamiento del software en conjunto con el hardware es el correcto.





# Capítulo 11:

## CONCLUSIONES

Al comienzo de este documento se plantearon una serie de objetivos a cumplir al término del presente proyecto, tales como:

- Estudiar e implementar los sistemas electrónicos necesarios para cubrir las necesidades funcionales del sistema.
- Implementar el sistema electrónico en un soporte físico, con unas dimensiones adecuadas para su correcta colocación en el soporte mecánico.
- Reducir el número de dispositivos utilizados, integrando toda la electrónica únicamente en uno.
- Tratar cada matriz de LEDs de una forma independiente al resto y controlar la intensidad lumínica de todas las matrices de LEDs, con el fin de ahorrar energía.
- Crear un diseño global que se ajuste a las normativas actuales.



Una vez finalizado el diseño e implementación del sistema, se puede observar que se han cumplido satisfactoriamente todos los objetivos marcados.

Se ha realizado el diseño de un único dispositivo capaz de ser instalado en el soporte cedido por la empresa RADIOTRANS S.A., que alberga todos los elementos que conforman el sistema puente de luces, en el que se incluye, tanto el control del sistema luminoso, como la recepción de las diferentes opciones que ofrece el cuadro de mandos del interior del vehículo.

Se ha conseguido una reducción notable del consumo energético, en comparación con los sistemas convencionales que se comercializan actualmente, gracias a la utilización de dispositivos LEDs y a la implementación de la opción "ahorro de energía", que permite al usuario elegir entre una intensidad máxima o media de las matrices de LEDs.

## 11.1 TRABAJOS FUTUROS.

A partir del diseño e implementación creados se proponen como ampliaciones, realizar los siguientes trabajos futuros.

- **Sensores detectores de luminosidad.** La inclusión de sensores capaces de detectar la luminosidad exterior proporcionaría:
  - Activar la opción "ahorro de energía" de forma automática.
  - Aumentar la intensidad lumínica proporcionalmente a la disminución de la luminosidad exterior y viceversa.

Para introducir esta implementación sería necesario sustituir el potenciómetro digital, encargado de modificar el ciclo de trabajo de la señal generada por el LM555, por una fotorresistencia LDR (Light



Dependent Resistor, según la bibliografía anglosajona), la cual varía su valor dependiendo de la cantidad de luz que la ilumina.

- **Implementación del sistema acústico en combinación con el sistema óptico.** Sería necesario estudiar el sistema acústico ofrecido por la empresa RADIOTRANS S.A. e integrar el control sobre él en el dispositivo ya ofrecido.





# BIBLIOGRAFÍA

## **NORMATIVA:**

[N.1] Normativa UN65 “Uniform provisions concerning the approval of special warning lamps for motor vehicles”

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

[B.1] **“Introducción a los microcontroladores 8x51y 8x52”**

José Adolfo González Vázquez 1994 McGraw-Hill.

[B.2] **“Microcontroladores 8051 y 8052”**

Bernard Odant 1995 Editorial Paraninfo.

[B.3] **“Disipadores de calor para semiconductores de potencia”**

J.D. Aguilar Peña, J de la Cruz Molina Salido, J. Nieto Pulido y P. López Muñoz. Publicado por la Cámara de Comercio e Industria de Jaén.

[B.4] **“Diseño de circuitos impresos con Orcad Capture y Layout V 9.2”**

M<sup>a</sup> Auxiliadora Recasens Bellver 2002 Thompson.



### **E-LINKS:**

- [E.1] <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM%2FLM7810.pdf>
- [E.2] <http://usuarios.lycos.es/sfriswolker/pic/uno.htm>
- [E.3] [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc1919.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1919.pdf)
- [E.4] [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc0368.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc0368.pdf)
- [E.5] <http://www.etxea.net/docu/elektro/atmel/entregar/documentacion/documentacion.pdf>
- [E.6] <http://www.national.com/mpf/LM/LM317.html#Overview>
- [E.7] <http://www.national.com/ds/LM/LM124.pdf>
- [E.8] <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM555.pdf>
- [E.9] [http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/analogdevices/676292834AD5241\\_2\\_b.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/analogdevices/676292834AD5241_2_b.pdf)
- [E.10] <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1804.pdf>
- [E.11] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/1N4002.pdf>
- [E.12] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/irf/irf730.pdf>
- [E.13] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/TIP141.pdf>
- [E.14] [http://www.nxp.com/acrobat\\_download/datasheets/74HC\\_HCT08\\_3.pdf](http://www.nxp.com/acrobat_download/datasheets/74HC_HCT08_3.pdf)
- [E.15] <http://www.farnell.com/datasheets/316031.pdf>
- [E.16] <http://www.aavidthermalloy.com/cgi-bin/stdisp.pl?Pnum=bw63-4g>

### **PROYECTOS ANTERIORES:**

**“Sistema Electroóptico/Acústico de Señalización para Vehículos Especiales I”** Iván Alejo Piña 2006

**“Sistema Electroóptico/Acústico de Señalización para Vehículos Especiales II”** Marta A. Pajares Gallego 2006



# **ANEXO I: CODIGO FUENTE.**



## **TABLA DE ASIGNACIÓN**

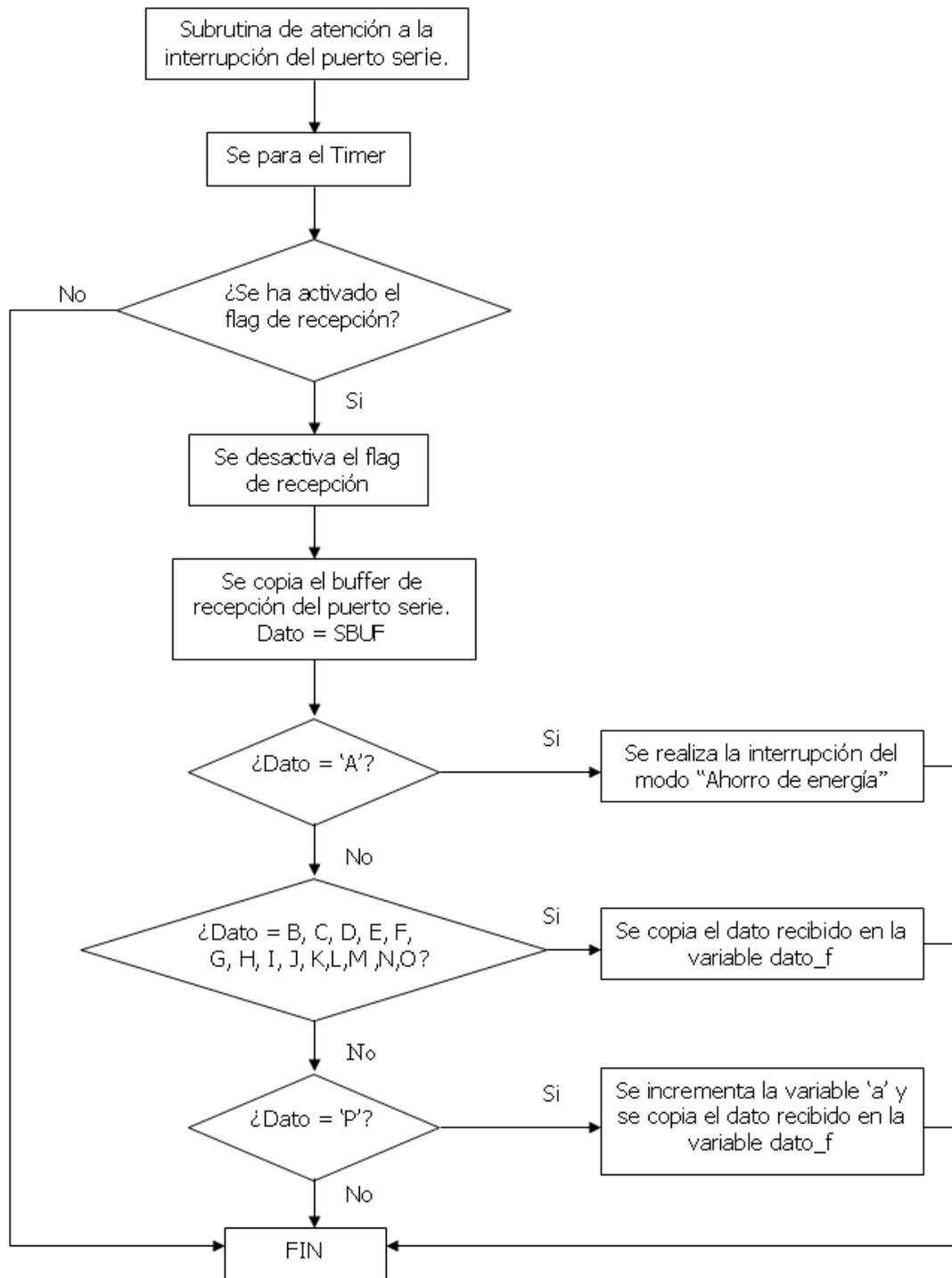
<b>Etiqueta</b>	<b>Función</b>
<b>A</b>	Modo "Ahorro de Energía"
<b>B</b>	Apagado de todas las luces
<b>C</b>	Luces Ámbar parpadeo simultáneo
<b>D</b>	Luces Blancas parpadeo simultáneo
<b>E</b>	Encendido de todas las luces menos halógenas
<b>F</b>	Ámbar Izquierda parpadeo
<b>G</b>	Parpadeo Ámbar, izquierda-derecha
<b>H</b>	Ámbar derecho parpadeo
<b>I</b>	Luces Azules rotación central
<b>J</b>	Luces Azules rotación horaria
<b>K</b>	Luces Azules rotación antihoraria
<b>L</b>	Luces Azules parpadeo lateral-central
<b>M</b>	Luces Azules parpadeo izquierda-derecha
<b>N</b>	Luces Azules parpadeo anterior-posterior
<b>O</b>	Luces Azules barrido
<b>P</b>	Luces Halógenas, encendido y apagado

## DIAGRAMAS DE FLUJO DEL CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

### PROGRAMA PRINCIPAL



## **SUBROUTINA DE ATENCIÓN A LA INTERRUPCIÓN DEL PUERTO SERIE**





```
#include <REGX55.H>
#include <stdio.h>
#include <intrins.h>

#define tiempo 21000

unsigned char dato;
unsigned char vector_izq, vector_der, i;
unsigned char j=0;
unsigned char luces_azules[8]={0xFF,0xFF};
unsigned char secuencias=0x02;

bit luces_halogenas_ambas=0;
bit luces_todas_off=0;
bit luces_azules_off=0;
bit luces_ambar_izq=0;
bit luces_ambar_der=0;
bit luces_ambar_ambas=0;
bit luces_ambar_parpadeo=0;
bit luces_blancas_parpadeo=0;

unsigned char sec_I = 0x08; //CENTRAL
unsigned char I_sec[8]={0xFF, 0x00, 0x18, 0x3C, 0x66, 0xC3, 0x81, 0x00};

unsigned char sec_J = 0x08; //HORARIA
unsigned char J_sec[8]={0x0C, 0x18, 0x30, 0x60, 0xC0, 0x81, 0x03, 0x06};

unsigned char sec_K = 0x08; //ANTIHORARIA
unsigned char K_sec[8]={0x30, 0x18, 0x0C, 0x06, 0x03, 0x81, 0xC0, 0x60};

unsigned char sec_L = 0x02; //LATERAL-CENTRAL
unsigned char L_sec[8]={0x99, 0x66};

unsigned char sec_M = 0x02; //IZQUIERDA-DERECHA
unsigned char M_sec[8]={0x0F, 0xF0};

unsigned char sec_N = 0x02; //ANTERIOR-POSTERIOR
unsigned char N_sec[8]={0x3C, 0xC3};

unsigned char sec_O = 0x04; //BARRIDO
unsigned char O_sec[8]={0x9F, 0x6F, 0xF6, 0xF9};

// DECLARACIÓN DE FUNCIONES

void interrupcion(void); //Función modo "Ahorro de energía"
void funcion1(void);
void configuracion(void);
void espera(void);
void bajada (void);
void subida (void);
int c;
int b;
int N=0;
int a=0;
char dato_f='B';

void configuracion(void)
//Configura todos los recursos del microcontrolador
{
    P1=0x00; //configuración del puerto como salida
    P3=0xFF; //configuración del puerto como entrada
    P2=0x00; //configuración del puerto como salida
    P2_7=1; //up/down, up con un 1
    P1_7=1; //CLK
    EA=1;
    ES=1;
}
```



```
TMOD=0x01; //Configuración del Timer0 en modo2,8 bits con autorrecarga
TH0=0xFD; //Precarga de Timer0 para 9600 Baudios
TL0=0xFD; //Precarga de Timer0 para 9600 Baudios
TR0=1; //Puesta en marcha del Timer0
SCON=0x40; //Puerto serie en Modo 1 (8 bits, frecuencia variable)
REN=1; //Puesta en marcha el puerto serie
}

//PROGRAMA PRINCIPAL
void main(void)
{
configuracion();//Se configuran los recursos del microcontrolador

while(1){
switch (dato_f){
case 'A': //Modo cambio de intensidad lumínica
interrupcion();
break;
case 'B': //Apagado de todo
luces_todas_off = 1;
luces_azules_off = 0;
luces_halogenas_ambas = 0;
luces_blancas_parpadeo = 0;
luces_ambar_izq = 0;
luces_ambar_der = 0;
luces_ambar_ambas = 0;
luces_ambar_parpadeo = 0;
funcion1();
break;
case 'C': //Parpadeo Ámbar
luces_ambar_parpadeo =~ luces_ambar_parpadeo;
luces_blancas_parpadeo = 0;
luces_todas_off = 0;
funcion1();
break;
case 'D': //Parpadeo blancas
luces_blancas_parpadeo =~ luces_blancas_parpadeo;
luces_ambar_parpadeo = 0;
luces_todas_off = 0;
funcion1();
break;
case 'E': //Modo encendido, no enciende las halógenas
luces_azules_off = 0;
luces_halogenas_ambas = 0;
luces_blancas_parpadeo = 0;
luces_ambar_izq = 0;
luces_ambar_der = 0;
luces_ambar_ambas = 0;
luces_todas_off = 0;
funcion1();
break;
case 'F': //Ámbar izquierdo parpadeo
luces_ambar_izq =~ luces_ambar_izq;
luces_ambar_der = 0;
luces_ambar_ambas = 0;
luces_todas_off = 0;
funcion1();
break;
case 'G': //Parpadeo Ámbar primero una luego otra
luces_ambar_izq =~ luces_ambar_izq;
luces_ambar_der = 0;
luces_ambar_ambas = 0;
luces_todas_off = 0;
funcion1();
luces_ambar_der =~ luces_ambar_der;
luces_ambar_izq = 0;
}
```

```
        luces_ambar_ambas = 0;
        luces_todas_off = 0;
        funcion1();
        break;
    case 'H': //Parpadeo Ámbar derecha
        luces_ambar_der = ~ luces_ambar_der;
        luces_ambar_izq = 0;
        luces_ambar_ambas = 0;
        luces_todas_off = 0;
        luces_ambar_parpadeo = 0;
        funcion1();
        break;
    case 'I': //Azules Rotación central
        luces_azules_off = 1;
        secuencias=sec_I;
        for(j=0;j<sec_I;j++){
            luces_azules[j] = I_sec[j];
        }
        luces_todas_off = 0;
        luces_blancas_parpadeo = 1;
        luces_ambar_izq = 1;
        luces_ambar_der = 1;
        funcion1();
        break;
    case 'J': //Azules Rotación horaria
        luces_azules_off = 1;
        secuencias=sec_J;
        for(j=0;j<sec_J;j++){
            luces_azules[j] = J_sec[j];
        }
        luces_todas_off = 0;
        luces_blancas_parpadeo = 1;
        luces_ambar_izq = 1;
        luces_ambar_der = 1;
        funcion1();
        break;
    case 'K': //Azules Rotación antihoraria
        luces_azules_off = 1;
        secuencias=sec_K;
        for(j=0;j<sec_K;j++){
            luces_azules[j] = K_sec[j];
        }
        luces_todas_off = 0;
        luces_blancas_parpadeo = 1;
        luces_ambar_izq = 1;
        luces_ambar_der = 1;
        funcion1();
        break;
    case 'L': //Azules parpadeo lateral-central
        luces_azules_off = 1;
        secuencias=sec_L;
        for(j=0;j<sec_L;j++){
            luces_azules[j] = L_sec[j];
        }
        luces_todas_off = 0;
        luces_blancas_parpadeo = 1;
        luces_ambar_izq = 1;
        luces_ambar_der = 1;
        funcion1();
        break;
    case 'M': //Azules parpadeo izquierda derecha
        luces_azules_off = 1;
        secuencias=sec_M;
        for(j=0;j<sec_M;j++){
            luces_azules[j] = M_sec[j];
        }
    }
```

```
        luces_todas_off = 0;
        luces_blancas_parpadeo = 1;
        luces_ambar_izq = 1;
        luces_ambar_der = 1;
        funcion1();
        break;
    case 'N': //Azules parpadeo anterior posterior
        luces_azules_off = 1;
        secuencias=sec_N;
        for(j=0;j<sec_N;j++){
            luces_azules[j] = N_sec[j];
        }
        luces_todas_off = 0;
        luces_blancas_parpadeo = 1;
        luces_ambar_izq = 1;
        luces_ambar_der = 1;
        funcion1();
        break;
    case 'O': //Azules barrido izquierda
        luces_azules_off = 1;
        secuencias=sec_O;
        for(j=0;j<sec_O;j++){
            luces_azules[j] = O_sec[j];
        }
        luces_todas_off = 0;
        luces_blancas_parpadeo = 1;
        luces_ambar_izq = 1;
        luces_ambar_der = 1;
        funcion1();
        break;
    case 'P': //Encendido y apagado de luces halógenas
        funcion1();
        break;
    default:funcion1();
        break;
    }
}
}
void espera(void){ //Función de tiempo de espera entre el encendido y
    while(N<tiempo){ //apagado de las matrices de LEDs dentro de la misma
        N++; //secuencia.
    }
    N=0;
}
void interrupcion(void)
{
    if(b==0){
        subida();
    }
    else
        bajada();
}
void bajada(void)
{
    P2_7=0; //los incrementos producidos serán de bajada
    while(c<=50)
    {
        P1_7=1; //incrementa el terminal móvil del potenciómetro cuando
        P1_7=0; //se produce una transición de alto a bajo en este pin
        c++;
    }
    b=0;
    c=0;
}
```

```
void subida(void)
{
P2_7=1;           //los incrementos producidos serán de subida
while(c<=50)
{
P1_7=1;         //incrementa el terminal móvil del potenciómetro cuando
P1_7=0;         //se produce una transición de alto a bajo en este pin
c++;
}
b=1;
c=0;
}

// RUTINA PUERTO SERIE PARA ENVIO DE DATOS
void recibir(void) interrupt 4{

TR0=0;          //Se para el Timer0

if(RI==1)
{
RI=0;          //Se desactiva el flag de recepción
dato=SBUF;

if (dato=='A')    //Modo cambio de intensidad lumínica
{
interrupcion();
}
if((dato=='B')|| (dato=='C')|| (dato=='D')|| (dato=='E')|| (dato=='F')|| (dato=='G')|| (dato=='H')|| (dato=='I')|| (dato=='J')|| (dato=='K')|| (dato=='L')|| (dato=='M')|| (dato=='N')|| (dato=='O'))
{
dato_f=dato; //Se copia el dato recibido en la variable dato_f
}
if(dato=='P')
{
a++;          //Se incrementa la variable para poder apagar
dato_f=dato;  //y encender las luces halógenas pulsando el
              //mismo botón
}
}
TR0=1;        //Arranca el Timer0
}

void funcion1(void)
{
for(i=0;i<secuencias;i++)
{
if(luces_azules_off==1){

vector_izq = luces_azules[i]/0x10;
vector_der = luces_azules[i] - (vector_izq*0x10);
vector_izq = ((vector_izq + 0xF0)*0x02)+0x01;
vector_der = ((vector_der + 0xF0)*0x02)+0x01;
}
if(luces_azules_off==0){

vector_izq = 0xFF; //P1(11111111)
vector_der = 0xFF; //P2(11111111)
}

if(luces_todas_off==1){

vector_izq &= 0x80; //P1(10000000)
vector_der &= 0x80; //P2(10000000) Al hacer AND se ponen
//todos a 0 menos P1.7 y P2.7 que
//conservan su valor.
}
}
}
```

```
    }
    if(luces_halogenas_ambas==0 && a%2==0){

        vector_izq &= 0xBF; //P1(10111111)
        vector_der &= 0xFE; //P2(11111110) Al hacer AND se ponen
            //P1.6 y P2.0 a 0 sin variar el
            //valor del resto.
    }
    if(luces_halogenas_ambas==1 && luces_todas_off==0){

        vector_izq |= 0x40; //P1(01000000)
        vector_der |= 0x01; //P2(00000001) Al hacer OR se ponen
            //P1.6 y P2.0 a 1 sin variar el
            //valor del resto.
    }
    if (luces_ambar_parpadeo==0){

        vector_izq = vector_izq; //No varia permitiendo el
        vector_der = vector_der; //parpadeo
    }
    if (luces_ambar_parpadeo==1 && luces_todas_off==0){

        if(i%2==0){
            vector_izq |= 0x20; //P1(00100000)
            vector_der |= 0x20; //P2(00100000) Al hacer OR se
                //ponen P1.5 y P2.5 a 1 sin
                //variar el valor del resto.
        }
        else{
            vector_izq &= 0xDF; //P1(11011111)
            vector_der &= 0xDF; //P2(11011111) Al hacer AND se
                //ponen P1.5 y P2.5 a 0 sin
                //variar el valor del resto.
        }
    }
    if (luces_blancas_parpadeo==0){

        vector_izq = vector_izq; //No varia permitiendo el
        vector_der = vector_der; //parpadeo
    }
    if (luces_blancas_parpadeo==1 && luces_todas_off==0){

        if(i%2==0){
            vector_izq |= 0x01; //P1(00000001)
            vector_der |= 0x40; //P2(01000000) Al hacer OR se
                //ponen P1.0 y P2.6 a 1 sin
                //variar el valor del resto.
        }
        else{
            vector_izq &= 0xFE; //P1(11111110)
            vector_der &= 0xBF; //P2(10111111) Al hacer AND se
                //ponen P1.0 y P2.6 a 0 sin
                //variar el valor del resto.
        }
    }
    if (luces_ambar_izq==0){

        vector_izq = vector_izq; //No varia permitiendo el
        //parpadeo
    }
    if (luces_ambar_izq==1 && luces_todas_off==0){

        if(i%2==0){
            vector_izq |= 0x20; //P1(00100000) Al hacer OR se
                //pone P1.5 a 0 sin variar el
                //el valor del resto.
        }
    }
}
```



```
        }
    else{
        vector_izq &= 0xDF; //P1(11011111) Al hacer AND se
                            //pone P1.5 a 1 sin variar el
                            //valor del resto.
    }
}
if (luces_ambar_der==0){
    vector_der = vector_der; //No varia permitiendo el
                             //parpadeo
}
if (luces_ambar_der==1 && luces_todas_off==0){
    if(i%2==0){
        vector_der |= 0x20; //P2(00100000) Al hacer OR se
                            //pone P2.5 a 0 sin variar el
                            //el valor del resto.
    }
    else{
        vector_der &= 0xDF; //P2(11011111) Al hacer AND se
                            //pone P2.5 a 1 sin variar el
                            //valor del resto.
    }
}
if (luces_ambar_ambas==0){
    vector_izq = vector_izq; //No varia permitiendo el
    vector_der = vector_der; //parpadeo
}

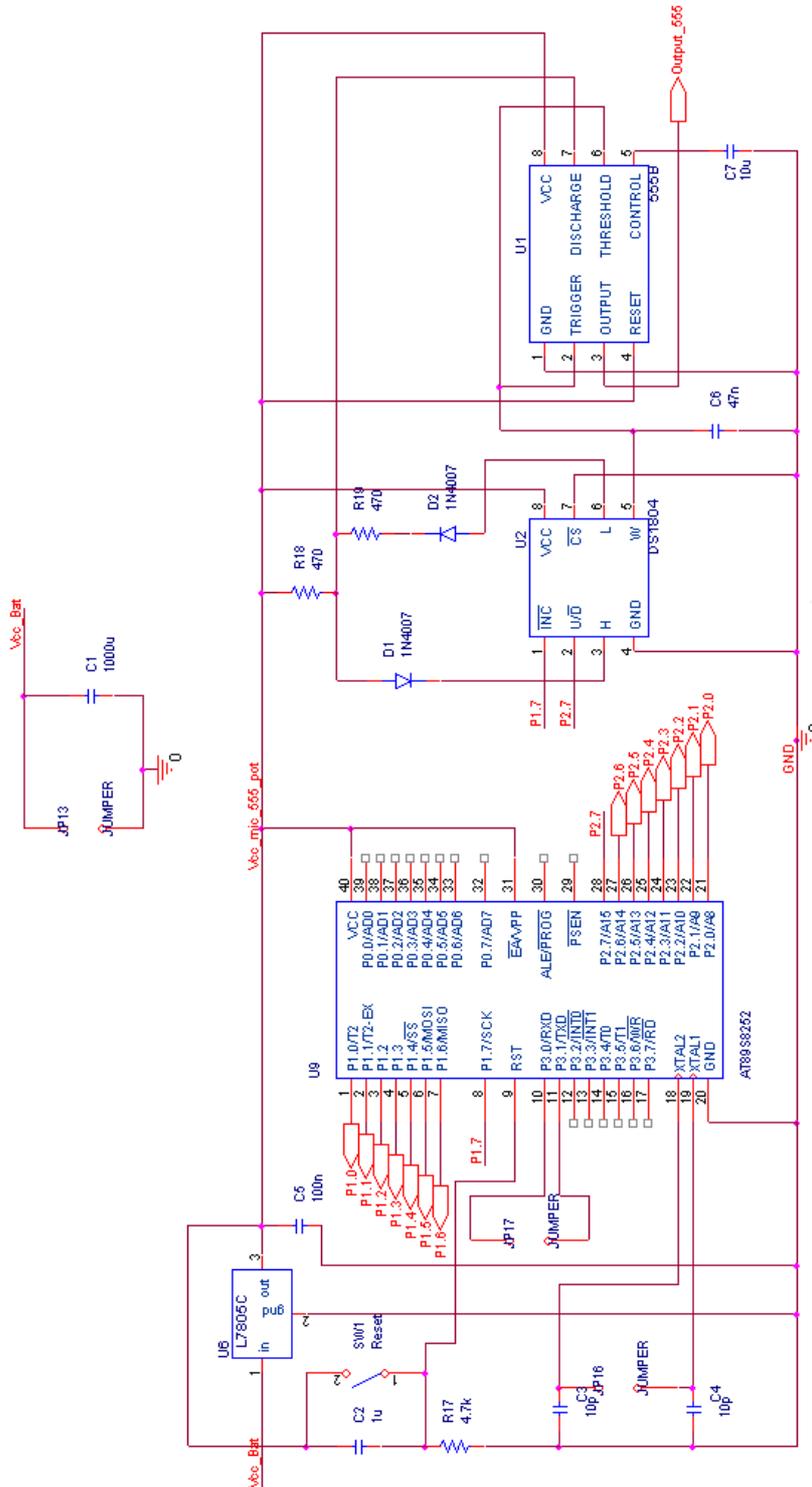
P1 = vector_izq;
P2 = vector_der;
espera();
}
}
```



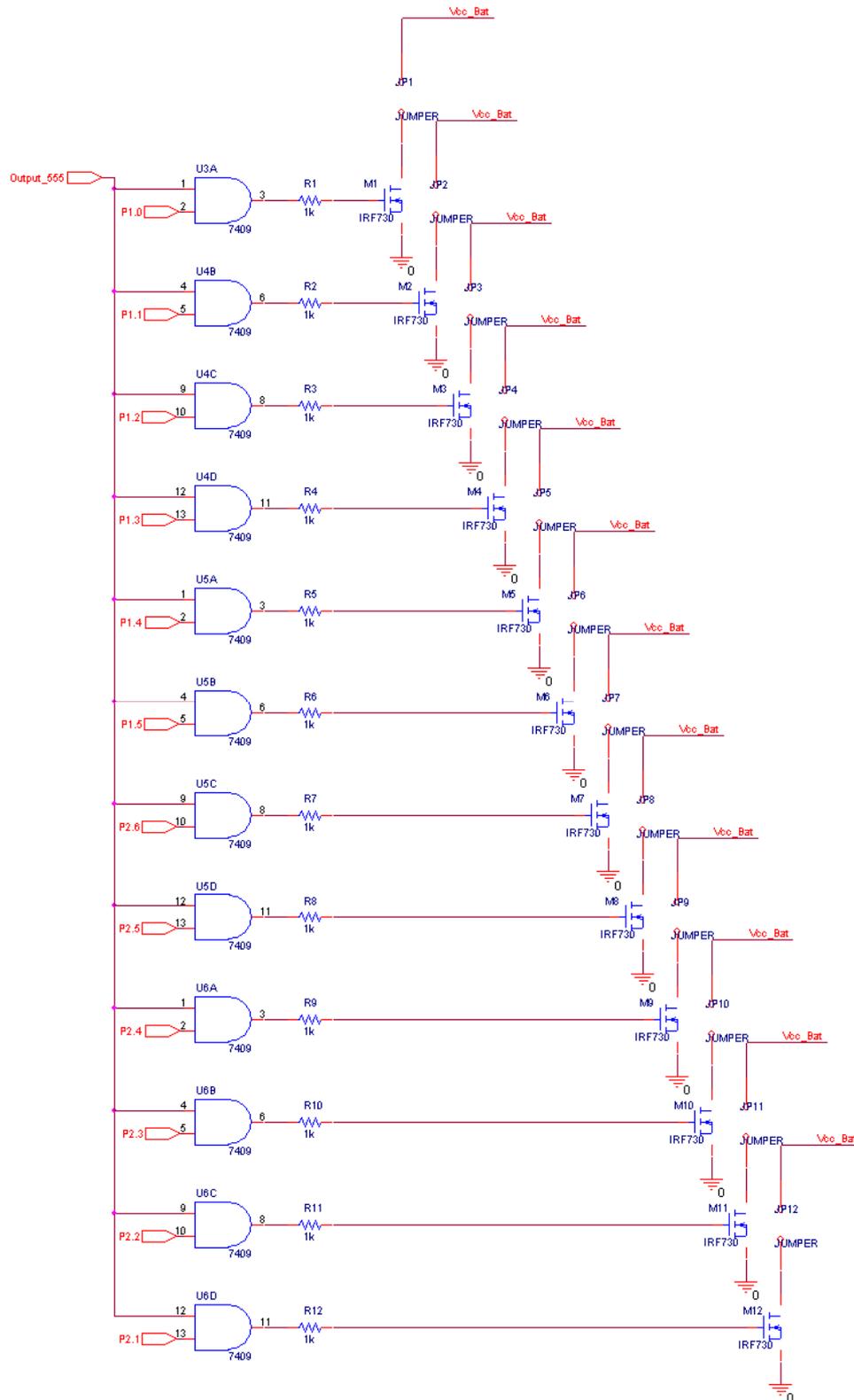
# **ANEXO II: PLANOS.**

# PLANO 1: PLACA CONTROLADORA Y REGULADORA DE LA ILUMINACIÓN.

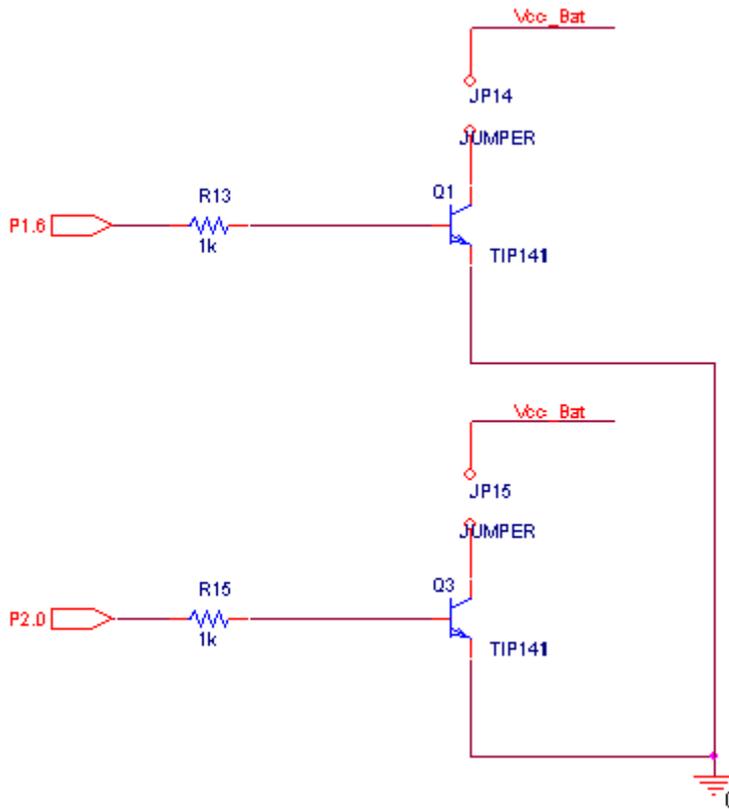
## ESQUEMÁTICO



UNIVERSIDAD CARLOS III		Departamento de Tecnología Electrónica	
Esquemático de la placa controladora y reguladora de la luminosidad			
Realizado por: MANUEL JOSÉ GÓMEZ NOGALES			
Fecha: Julio 2010			
Escala: I			
N.º Plano: I			



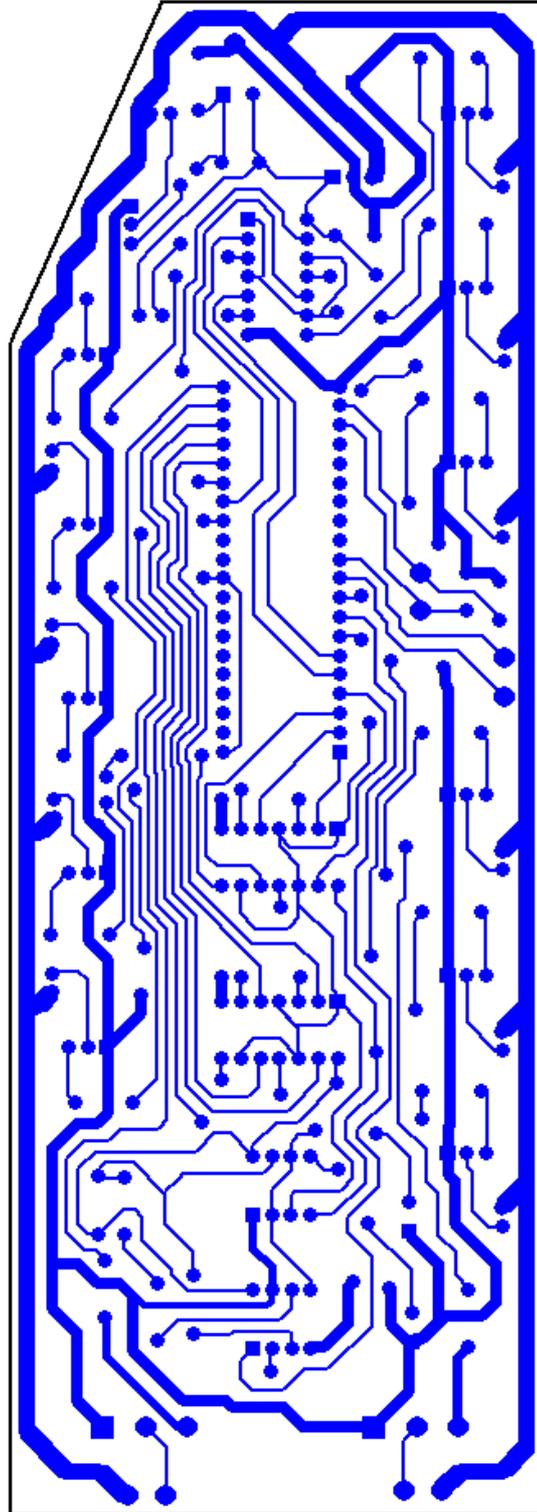
UNIVERSIDAD CARLOS III		Departamento de Tecnología Electrónica	
Esquemático de la placa controladora y reguladora de la luminosidad			
Realizado por:		Firma	
MANUEL JOSÉ GÓMEZ NOGALES			
Fecha:	Escala:	Nº Plano	
Julio 2010		2	



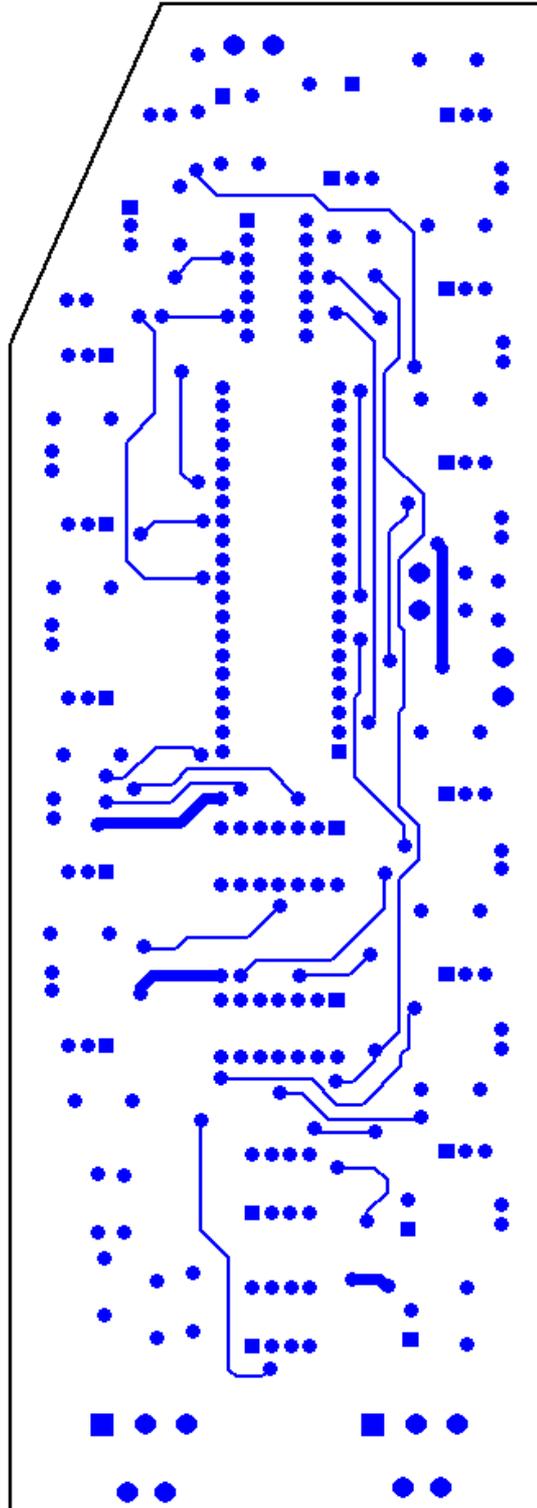
UNIVERSIDAD CARLOS III		Departamento de Tecnología Electrónica
Esquemático de la placa controladora y reguladora de la luminosidad		
	Realizado por:	Firma
	MANUEL JOSÉ GÓMEZ NOGALES	
Fecha:	Escala:	Nº Plano
Julio 2010		3

LAYOUT

**Cara Bottom**



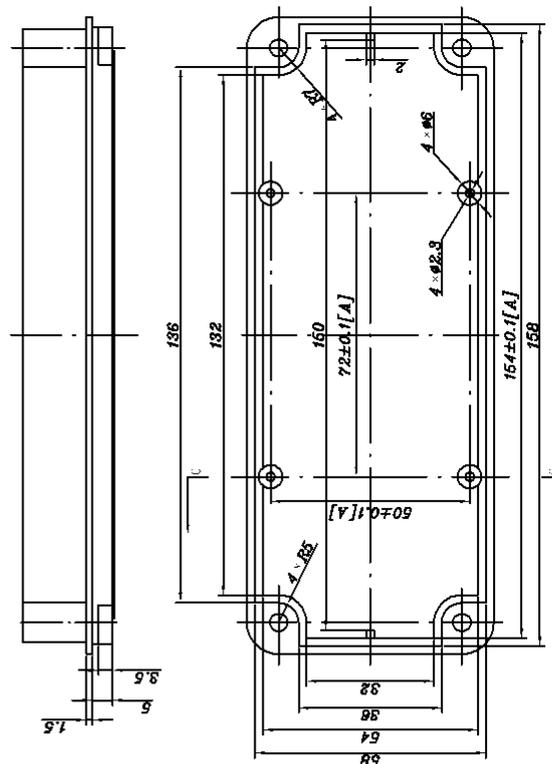
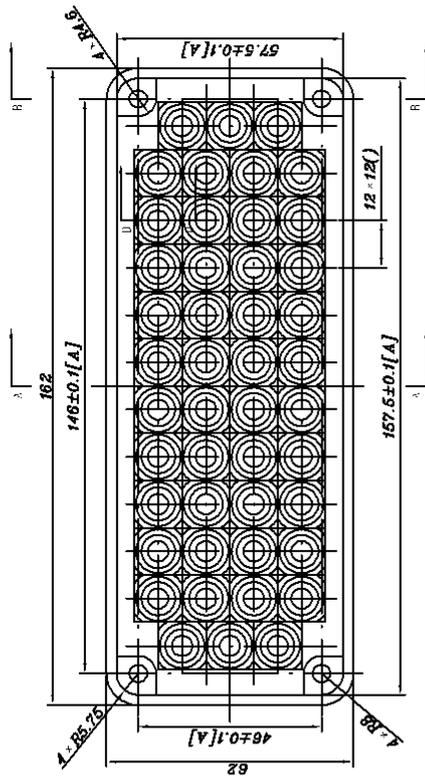
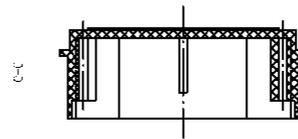
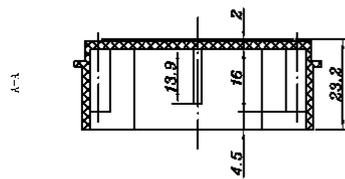
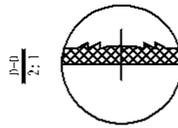
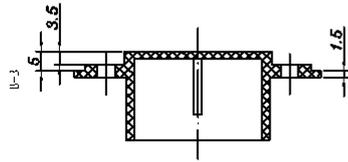
**Cara Top**

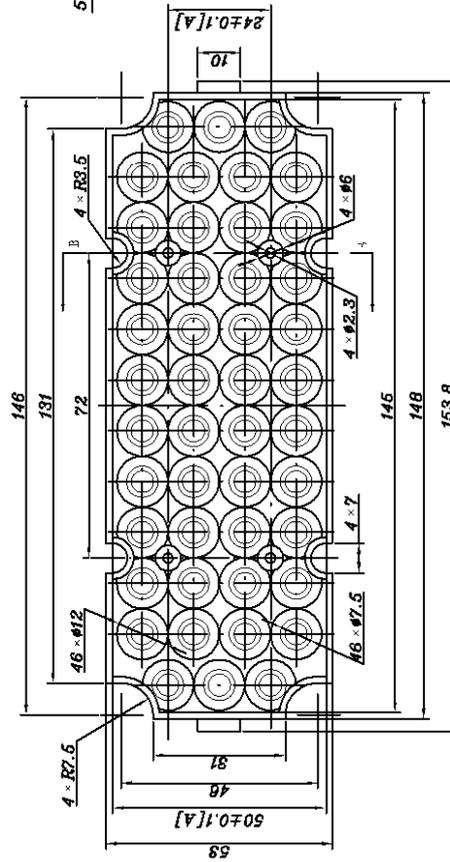
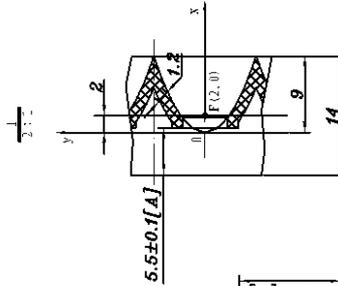
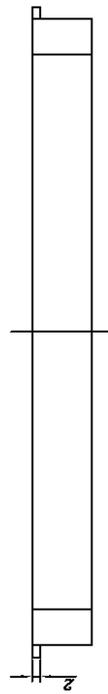
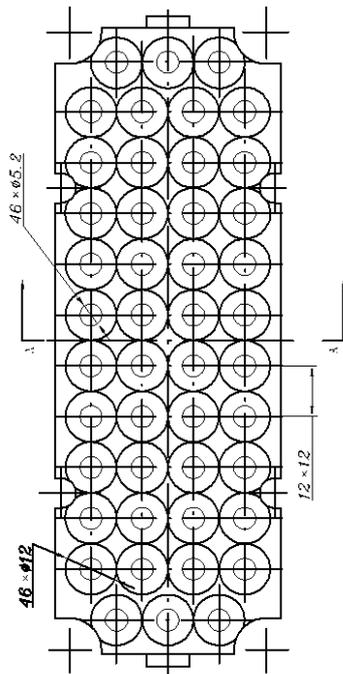
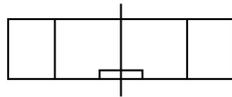
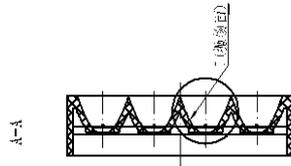
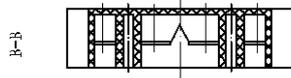






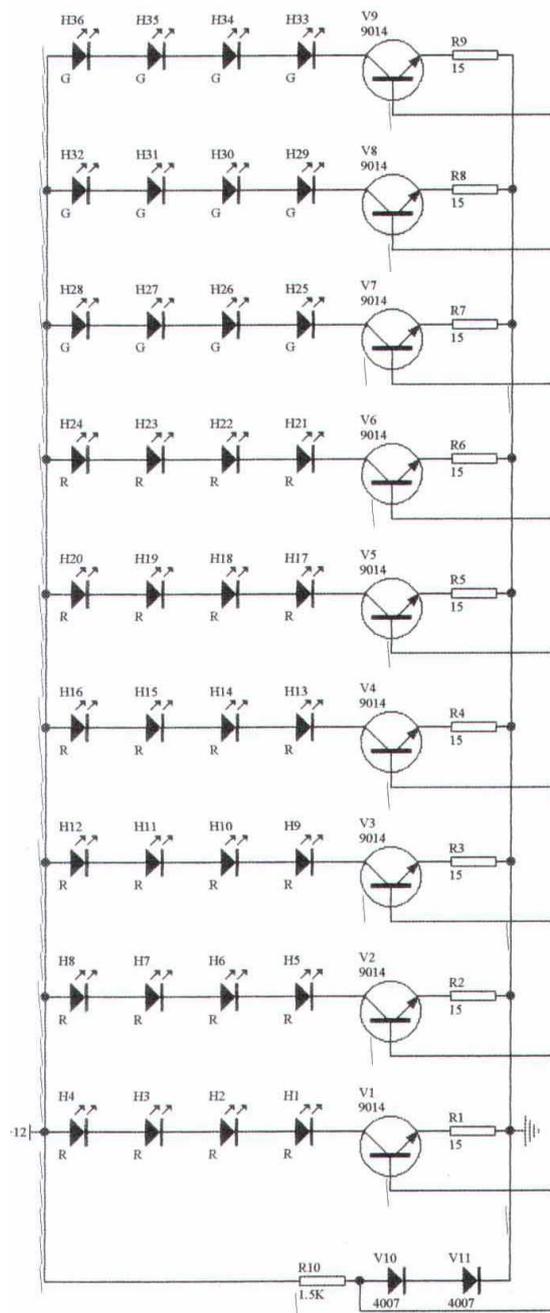
PLANOS DE MONTAJE:



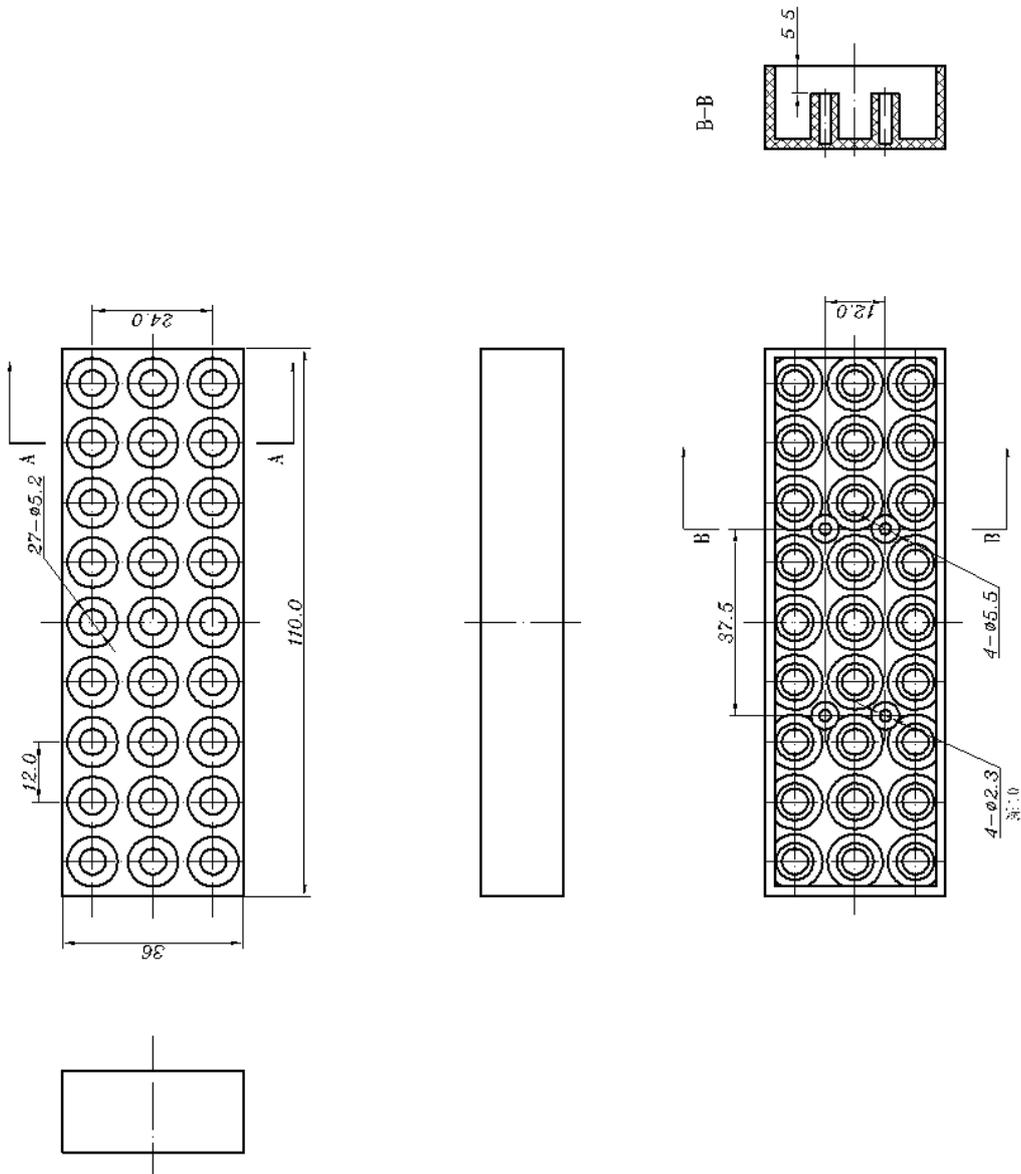


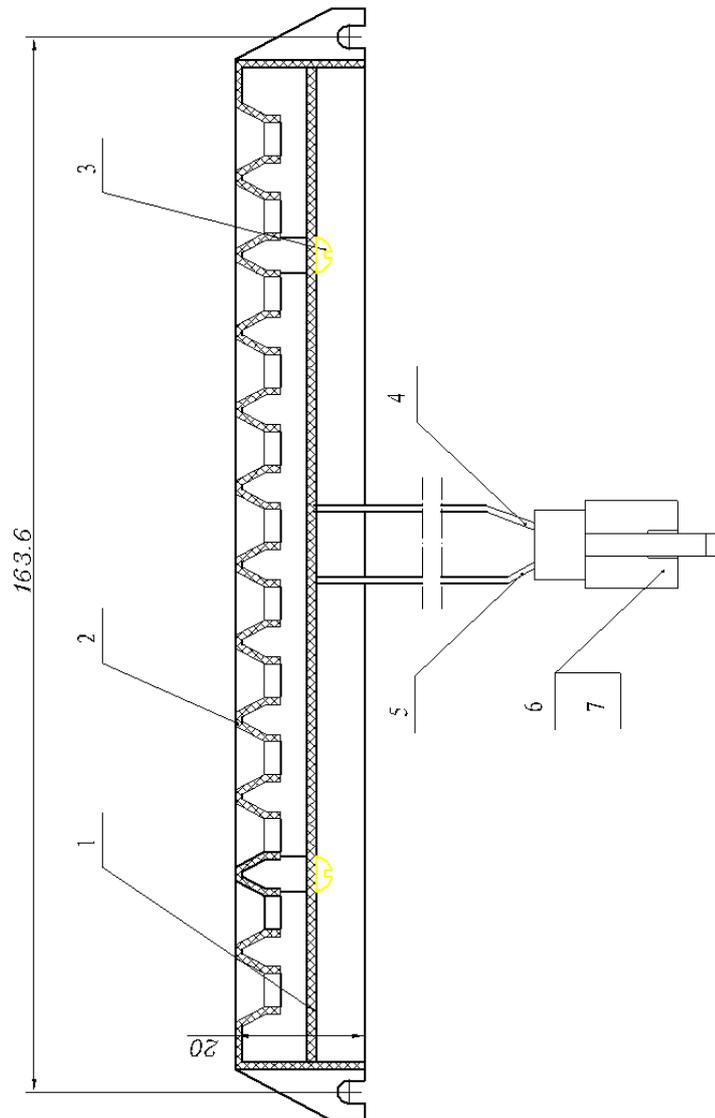
# LUCES ÁMBAR

## ESQUEMÁTICO:



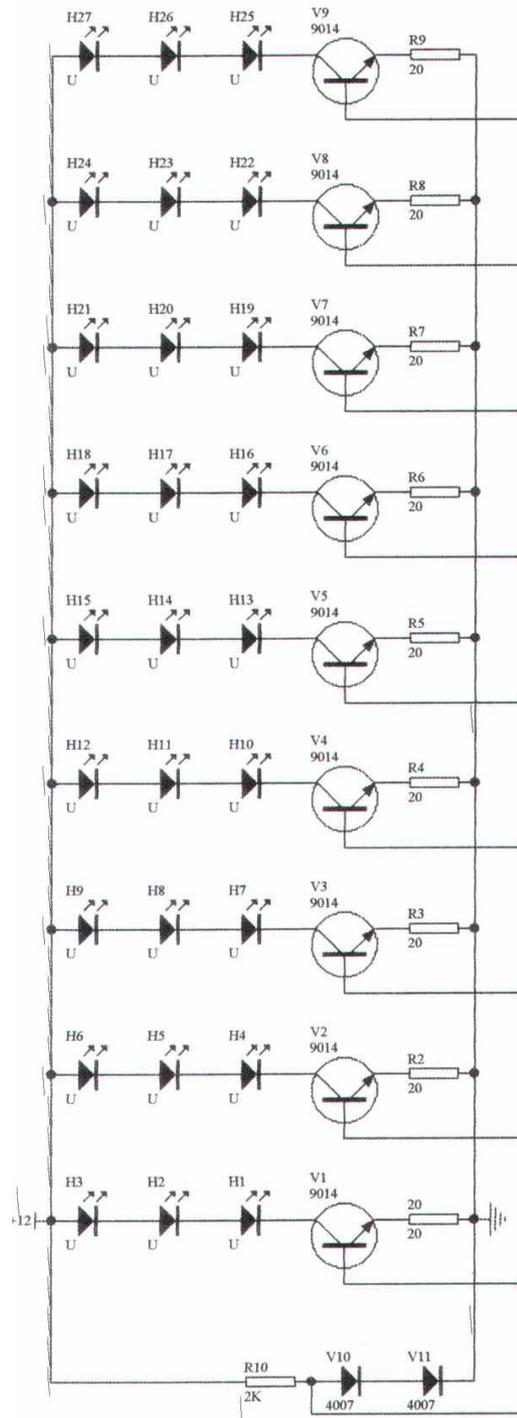
PLANOS DE MONTAJE:



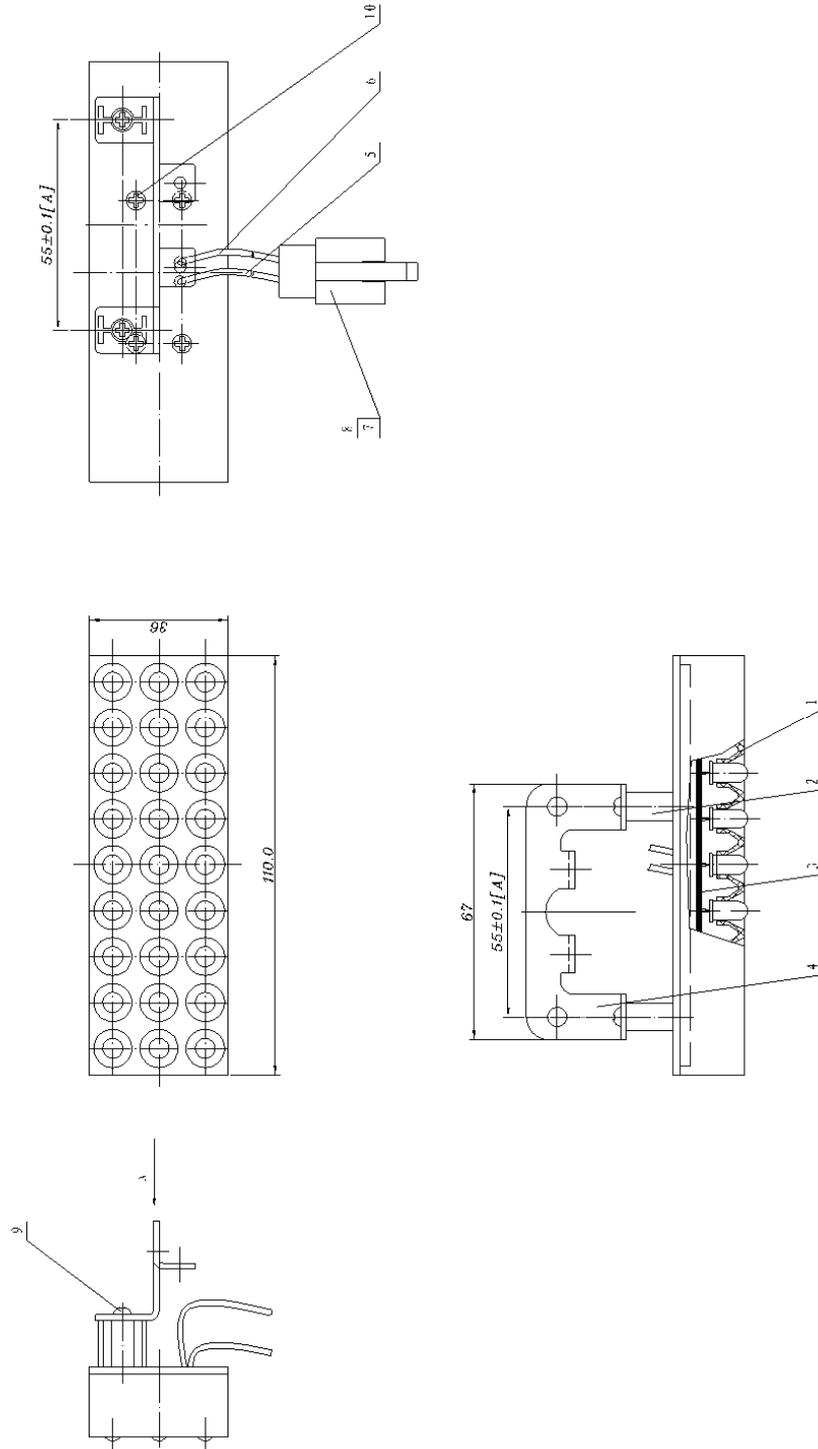


## LUCES BLANCAS

### ESQUEMÁTICO:



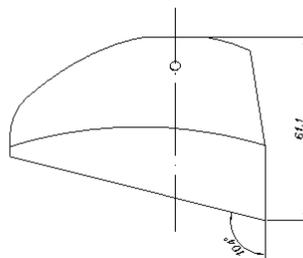
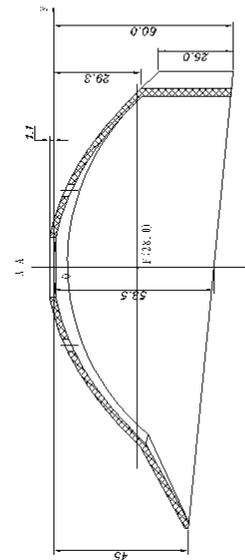
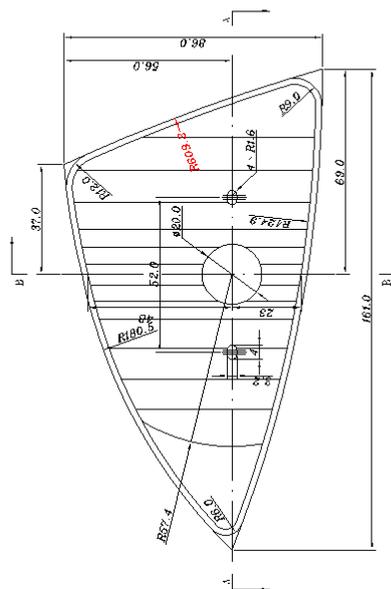
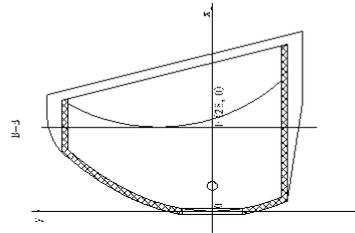
**PLANOS DE MONTAJE:**





## PLANOS DE MONTAJE: PERFIL DERECHO

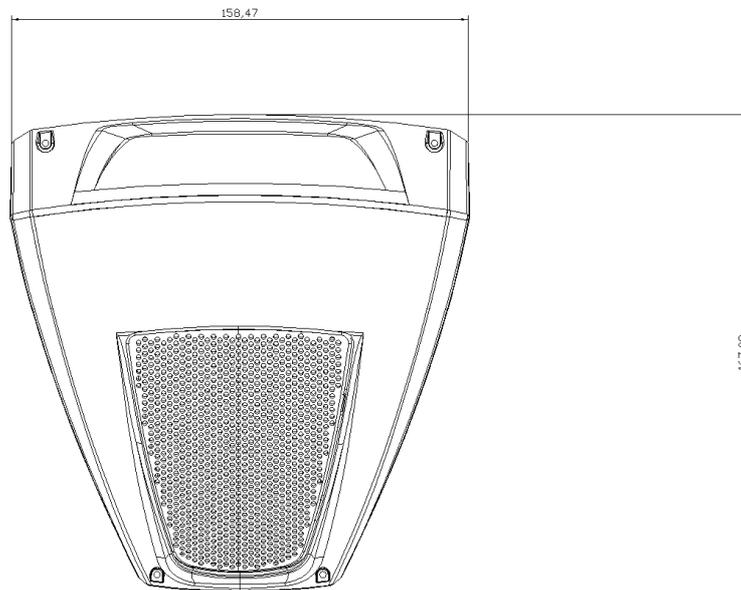
A



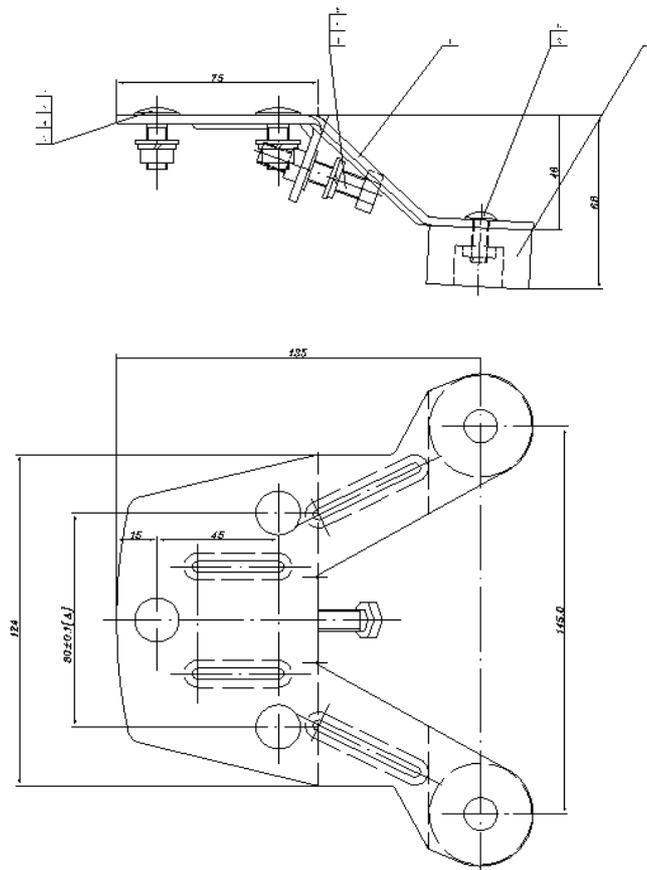




ZONA CENTRAL:



FIJACIONES:





# **ANEXO III: PLIEGO DE CONDICIONES.**



Para el diseño y desarrollo del presente proyecto fin de carrera ha sido necesario el material que se detalla a continuación.

Unidad	Descripción	Referencia
1	Microcontrolador	AT89S52-24PU
1	Temporizador	LM555CN
1	Potenciómetro Digital 10k $\Omega$	DS1804-010+
1	Regulador	LM7805CT
3	Puertas Lógicas AND	74HC08N
1	Reloj de Cuarzo	11,0592MHz
1	Interruptor Táctil	Reset
1	Zócalo	DIL 40 Pines
12	Conector hembra	2 Vías
12	Conector macho vertical para montaje en PCB	2 Vías
100	Terminal Crimpar	
4	Terminal de Conexión por tornillo	2 Vías
7	Condensadores	Varios valores
17	Resistencias	Varios valores
2	Diodos	1N4007
2	Transistores	TIP141
12	Transistores	IRF730
14	Disipadores	Varios valores
1	Placa PCB	

Además como herramientas adicionales se ha dispuesto de:

### Hardware

- Fuente de alimentación de corriente continua, LENDHER, DC POWER SUPPLY IMHY3003D-3.



- Osciloscopio, TEKTRONIX TDS2012 Digital storage Oscilloscope.
- Programador, ADVANTECH LabTool-48 versión 2.20.
- Ordenador personal, AMD Athlon™ 64 processor 3200+2,00GHz de 960Mb de RAM.

## Software

- Editor de código fuente y herramienta de depuración, compilación, linkado, ensamblado y descarga, Keil  $\mu$ Vision 3.
- ORCAD Capture V 10.0, utilizado para el diseño de los circuitos electrónicos.
- ORCAD Lay-Out Plus V 10.0, utilizados para el diseño de los circuitos impresos de las PCB.





# **ANEXO IV: PRESUPUESTO.**



## **INTRODUCCIÓN.**

En el presupuesto que se muestra a continuación, se muestra una estimación de los gastos que ha conllevado la realización de este proyecto, quedando reflejados los costes del material tanto electrónico como los relativos al personal que han participado en el desarrollo.

## **COSTE DE MATERIAL.**

Los costes asociados al material utilizado para el desarrollo del proyecto se resumen en las tablas adjuntas, donde se distinguen los costes producidos por los primeros prototipos y el prototipo final.

### **- Placa primer diseño**

<b>Descripción</b>	<b>Referencia</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Precio Total</b>
Microcontrolador	AT89S52-24PU	1	2,50€	2,50€
Regulador	LM7805CT	1	0,43€	0,43€
Reloj de Cuarzo	11,0592MHz	1	1,24€	1,24€
Interruptor Táctil	Reset	1	0,27€	0,27€
Zócalo	DIL 40 Pines	1	8,92€	8,92€
Terminal de Conexión por tornillo	2 Vías	14	0,95€	13,30€
Condensador	1000uF/50v	1	0,55€	0,55€
Condensador	100nF	1	0,12€	0,12€
Condensador	1uF/63v	1	0,08€	0,16€
Condensador	10pF	2	0,04€	0,08€
Resistencia	47k $\Omega$ (1/4w)	1	0,05€	0,05€
Resistencia	1K $\Omega$ (1/4w)	14	0,05€	0,70€



Transistor	TIP141	2	4,44€	8,88€
Transistor	IRF730	12	0,96€	11,52€
Placa PCB		1	50,00€	50,00€
<b>TOTAL</b>				<b>98,72</b>

**- Placa definitiva.**

Descripción	Referencia	Unidad	Precio Unidad	Precio Total
Microcontrolador	AT89S52-24PU	1	2,50€	2,50€
Temporizador	LM555CN	1	0,86€	0,86€
Potenciómetro Digital 10kΩ	DS1804-010+	1	3,27€	3,27€
Regulador	LM7805CT	1	0,43€	0,43€
Puertas Lógicas AND	74HC08N	3	0,56€	1,68€
Reloj de Cuarzo	11,0592MHz	1	1,24€	1,24€
Interruptor Táctil	Reset	1	0,27€	0,27€
Zócalo	DIL 40 Pines	1	8,92€	8,92€
Conector hembra	2 Vías	12	0,14€	1,68€
Conector macho vertical para montaje en PCB	2 Vías	12	0,23€	2,76€
Terminal Crimpar		100	0,06€	6,00€
Terminal de Conexión por tornillo	2 Vías	4	0,95€	3,80€
Condensador	1000uF/50v	1	0,55€	0,55€
Condensador	100nF	1	0,12€	0,12€
Condensador	1uF/63v	1	0,08€	0,16€
Condensador	47nF	1	0,12€	0,15€
Condensador	10pF	2	0,04€	0,08€



Condensador	10uF/63v	1	0,08€	0,08€
Resistencia	470Ω (1/4w)	2	0,07€	0,14€
Resistencia	47kΩ (1/4w)	1	0,05€	0,05€
Resistencia	1KΩ (1/4w)	14	0,05€	0,70€
Diodo	1N4007	2	0,08€	0,16€
Transistor	TIP141	2	4,44€	8,88€
Transistor	IRF730	12	0,96€	11,52€
Disipador	4,7°C/W	2	5,28€	10,56€
Disipador	21°C/W	12	1,29€	15,48€
Placa PCB		1	50,00€	50,00€
<b>TOTAL</b>				<b>132,04€</b>

Los costes totales de material son:

Coste material placa primer diseño	98,72€
Coste material placa definitiva	132,04€
<b>TOTAL coste material electrónico</b>	<b>230,76€</b>

### **COSTE DE PERSONAL.**

Los costes que se van a detallar a continuación comprenden los desprendidos de las etapas de diseño y desarrollo, montaje y prueba, y redacción de la documentación relativa al proyecto. Para el cálculo de los costes de personal, se suponen los siguientes salarios brutos anuales.

Ingeniero Técnico Industrial	26.000€
Técnico Electrónico	15.000€
Secretario	12.000€

Las cargas sobre los salarios son:



- %IRPF 11,34%
- %Seguridad Social 4,70%
- %Desempleo 1,55%
- %Formación Profesional 0,10%

Para un total de 1735 horas de trabajo al año, estos salarios suponen un coste por hora de trabajador de:

Ingeniero Técnico Industrial	15€
Técnico Electrónico	8,65€
Secretario	6,90€

Por tanto, los gastos personales totales son:

Concepto	Número de horas	Coste/Hora	Total
Diseño	60	15€	900€
Desarrollo y pruebas	300	15€	4.500€
Montaje de las tarjetas electrónicas	40	8,65€	346€
Desarrollo y depuración del software del microcontrolador	180	15€	2.700€
Redacción y edición del documento	140	6,90€	966€
<b>TOTAL coste de personal</b>			<b>9.412€</b>



### **1.4 PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN.**

El coste total de la ejecución del presente Proyecto Fin de Carrera se estima en **nueve mil seiscientos cuarenta y dos, con setenta y seis céntimos de euro.**

<b>Concepto</b>	<b>Coste (€)</b>
TOTAL coste material electrónico	230,76€
TOTAL coste de personal	9.412€
<b>TOTAL</b>	<b>9.642,76€</b>