



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA



Universidad
Zaragoza

PROYECTO FINAL DE CARRERA

GENERADOR DE EVENTOS VISUALES Y SONOROS

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE ZARAGOZA

✓ DARÍO TOLOSANA MALLADA

DIRECTOR: ALEJANDRO IBARZ GARCÍA

CONVOCATORIA: SEPTIEMBRE 2010

Contenido

1.	Introducción. Marco del proyecto. Alcance. Diagrama de Gantt. Resumen	9
1.1.	Introducción	9
1.2.	Marco del proyecto	9
1.3.	Alcance del proyecto	10
1.4.	Diagrama de Gantt	11
1.5.	Resumen	12
2.	Estado del arte. Justificación del proyecto.	13
2.1.	Domótica, tecnología de apoyo y control de entorno.	13
2.2.	Beneficios del control de entorno.	13
2.3.	Sistemas de control de entorno.	14
2.4.	Características de un sistema de control de entorno.	15
2.5.	Elementos controlables.	15
2.6.	Medios de control.	17
2.7.	Consideraciones tecnológicas.	19
2.8.	Comunicación Inalámbrica.	20
2.8.1.	<i>ZigBee Vs Bluetooth</i>	22
2.8.2.	<i>Wireless USB</i>	23
2.8.3.	<i>Wi-Fi</i>	23
2.8.4.	<i>Wibree</i>	24
2.8.5.	<i>TinyOS</i>	25
2.8.6.	<i>Comparativa Comunicaciones</i>	26
2.8.7.	<i>Modelos de redes ZigBee</i>	27
2.8.7.1.	Topología en estrella.	27
2.8.7.2.	Topología en árbol	28

2.8.7.3.	Topología en malla.....	29
2.8.7.4.	Árbol de clusters	29
2.9.	Fuente de alimentación	30
2.9.1.	<i>Fuentes conmutadas</i>	30
2.9.1.1.	Convertidor Buck	33
2.9.1.2.	Flyback y forward (Boost).....	34
2.9.1.3.	Push-Pull.....	36
2.9.1.4.	Half-Bridge.....	36
2.9.1.5.	Half Bridge	37
2.9.2.	<i>Fuentes conmutadas Vs Fuentes lineales</i>	38
2.10.	Justificación.	40
3.	Especificaciones. Diagrama de bloques	41
3.1.	Diagrama de bloques.....	41
3.2.	Fuente de alimentación	42
3.3.	Diodo led.....	45
3.4.	Buzzer	48
3.5.	Altavoz	49
3.6.	Microprocesador	50
3.7.	Módulos ZigBee.....	51
3.7.1.	<i>Módulo EXTR2</i>	51
3.7.2.	<i>Módulo XBee ZNet 2.5 RF Module</i>	52
3.7.3.	<i>Módulo XBee-PRO ZNet 2.5 RF Module</i>	52
3.7.4.	<i>Módulo EasyBee ZigBee Transceiver Module</i>	53
3.7.5.	<i>Módulo ZB-21 ZigBee OEM Module</i>	54
3.7.6.	<i>Módulo MICAz Module</i>	55
3.7.7.	<i>Módulo ATMEL Module</i>	56
3.7.8.	<i>Comparativa Módulos ZigBee</i>	58

4.	Prototipo.....	59
4.1.	Pcb Generador de eventos visuales y sonoros.....	59
4.2.	Pcb Generador de eventos visuales y sonoros detallado	60
4.3.	Pruebas diodo led.....	61
4.4.	Pruebas buzzer	62
4.5.	Altavoz	63
4.6.	Kit de desarrollo 1.....	63
4.7.	Kit de desarrollo 2.....	64
5.	Montaje en caja	66
6.	Firmware.....	69
6.1.	Estructura de los mensajes	69
6.1.1.	<i>Diodo Led RGB</i>	69
6.1.1.1.	Blink.....	69
6.1.1.2.	Fade In	71
6.1.1.3.	Fade Out	73
6.1.2.	<i>Buzzer</i>	76
6.2.	Estructura del árbol de programación.....	79
7.	Manual de usuario	81
8.	Conclusiones y posibles mejoras.....	84
9.	Bibliografía.....	85
	Anexos.....	86

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Logotipo Grupo de Investigación Tecnodiscap.....	10
Ilustración 2. Diagrama de Gantt.....	11
Ilustración 3. Posibles tareas.....	14
Ilustración 4. Mando para control de ambiente.....	16
Ilustración 5. Elementos para la movilidad.....	16
Ilustración 6. Elementos para la comunicación.....	16
Ilustración 7. Diferentes tipos de conmutadores.....	17
Ilustración 8. Mando a distancia.....	17
Ilustración 9. Mando secuencial.....	18
Ilustración 10. Periférico.....	18
Ilustración 11. Aspecto de un programa de control de entorno.....	19
Ilustración 12. Diferentes sistemas de sujeción.....	20
Ilustración 13. Topología en estrella.....	27
Ilustración 14. Topología en árbol.....	28
Ilustración 15. Topología en malla.....	29
Ilustración 16. Árbol de clusters.....	30
Ilustración 17. Diagrama de bloques.....	31
Ilustración 18. Configuraciones básicas.....	31
Ilustración 19. Modo continuo.....	33
Ilustración 20. Modo discontinuo.....	33
Ilustración 21. Boost.....	35
Ilustración 22. Modos de funcionamiento.....	35
Ilustración 23. Flyback / Forward.....	35
Ilustración 24. Push-Pull.....	36
Ilustración 25. Half-Bridge.....	37

Ilustración 26. Con condensador de acoplamiento	37
Ilustración 27. Full-Bridge.....	37
Ilustración 28. Regulador lineal	38
Ilustración 29. Regulador conmutado.....	38
Ilustración 30. Estructura de un convertidor conmutado on line	39
Ilustración 31. Estructura de un convertidor conmutado off line	39
Ilustración 32. Tipos de fuentes conmutadas.....	40
Ilustración 33. Esquema conexión regulador LM3940.....	42
Ilustración 34. Diseño 1.....	42
Ilustración 35. Diseño 2.....	43
Ilustración 36. Diseño 3.....	43
Ilustración 37. Diseño 4.....	44
Ilustración 38. Traco TMLM 05105	44
Ilustración 39. Conexión regulador LM3940	44
Ilustración 40. Esquema conexiones.....	45
Ilustración 41. Conexiones driver	46
Ilustración 42. MZT-03A BLK	48
Ilustración 43. K 28 WP	49
Ilustración 44. PIC24FJ16GA002	50
Ilustración 45. Módulo EXTR2	51
Ilustración 46. Transceiver XBee ZNet 2.5 RF Module	52
Ilustración 47. Transceiver XBee-PRO ZNet 2.5 RF Module	53
Ilustración 48. EasyBee ZigBee Transceiver Module.....	53
Ilustración 49. ZB-21 ZigBee OEM Module.....	54
Ilustración 50. MICAz Module	55
Ilustración 51. ATMEL Module	56
Ilustración 52. Cara Top	59

Ilustración 53. Cara Bottom.....	59
Ilustración 54. Cara Top detallado	60
Ilustración 55. Cara Bottom detallado	60
Ilustración 56. Prueba diodo led laboratorio	61
Ilustración 57. Esquema prueba diodo led.....	61
Ilustración 58. Prueba diodo led en pcb	62
Ilustración 59. Esquema prueba buzzer	62
Ilustración 60. Esquema altavoz	63
Ilustración 61. Kit desarrollo 1. Cara Top	63
Ilustración 62. Kit desarrollo 1. Cara Bottom	64
Ilustración 63. Kit desarrollo 2. Cara Top	64
Ilustración 64. Kit desarrollo 2. Cara Bottom	65
Ilustración 65. MPLAB ICD3.....	65
Ilustración 66. Caja A9021665	66
Ilustración 72. Caja. Vista lateral	66
Ilustración 68. Caja. Vista planta	67
Ilustración 69. Caja.....	67
Ilustración 70. Mezcla de colores	75
Ilustración 71. Estructura librerías.....	79
Ilustración 76. Función Blink	80
Ilustración 73. Función Fade In.....	80
Ilustración 74. Función Play.....	80
Ilustración 75. Terminal	81
Ilustración 76. Network Scan.....	81
Ilustración 77. Network Info.....	82
Ilustración 78. Unicast Binary	82
Ilustración 79. Envío mensaje.....	83

Índice de Tablas

Tabla 1. ZigBee Vs Bluetooth.....	22
Tabla 2. Comparativa de comunicaciones inalámbricas	23
Tabla 3. Comparativa de comunicaciones inalámbricas	26
Tabla 4. Circuito Vs Potencia	32
Tabla 5. Comparativa leds	45
Tabla 6. Características diodo led	46
Tabla 7. Comparativa Drivers	46
Tabla 8. Led current Vs Rset	47
Tabla 9. Led current 300/350 mA	47
Tabla 10. Comparativa Drivers	48
Tabla 11. Comparativa altavoces.....	49
Tabla 12. Comparativa Módulos ZigBee.....	58
Tabla 13. Blink.....	69
Tabla 14. Ejemplo Blink	70
Tabla 15. Fade In.....	71
Tabla 16. Ejemplo Fade In	72
Tabla 17. Fade Out	73
Tabla 18. Ejemplo Fade Out	74
Tabla 19. Código / Color LED	75
Tabla 20. Buzzer	76
Tabla 21. Ejemplo buzzer	77
Tabla 22. Nº Octava / Código.....	78
Tabla 23. Nota musical / Código.....	78
Tabla 24. Tiempo / Código	78

1. Introducción. Marco del proyecto. Alcance. Diagrama de Gantt. Resumen

1.1. *Introducción*

Cada vez se utiliza con más frecuencia la palabra domótica. Si buscamos su significado en el diccionario, encontraremos la siguiente definición: “Sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar.”

Por otra parte, el término “tecnología de apoyo” abarca todo aquel conjunto de tecnologías orientadas a las personas con discapacidad para mejorar su autonomía y calidad de vida. Los sistemas de avisos son una parte de la tecnología de apoyo y de la domótica, destinada a la mejora de las tareas de la vida diaria en el entorno doméstico de las personas con discapacidad.

Los sistemas de aviso como tecnología de apoyo sirven de interfaz para suplir las carencias sensoriales que pueda tener un usuario (discapacidades físicas como ceguera o sordera, discapacidades cognitivas de diversa índole). El impacto de los sistemas de aviso gana potencial cuando se integran en plataformas residenciales que ofrecen servicios al usuario. Por ejemplo, un dispositivo de aviso no es útil per se pero conectado a un sistema que gestione la agenda del usuario lo dota de una mayor utilidad. Si esta agenda estuviera a su vez conectada con su centro médico, tendríamos de un sistema de aviso con una versatilidad superior.

1.2. *Marco del proyecto*

D. Alejandro Ibarz García, perteneciente a “Tecnodiscap”, un grupo de investigación enmarcado dentro del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), adscrito al Dpto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones de la Universidad de Zaragoza, realizó la propuesta para la realización de este proyecto de ingeniería en el presente curso 2010/11.

El objetivo del grupo “Tecnodiscap” (<http://www.tecnodiscap.unizar.es/>) es la mejora de la calidad de vida de las personas con algún tipo de discapacidad, dependencia o necesidades especiales mediante servicios basados en la aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC). Una de las líneas de actividad del grupo de investigación son las comunicaciones inalámbricas y las redes de sensores. El grupo “Tecnodiscap” diseña y fabrica dispositivos electrónicos propios, para el desarrollo de aplicaciones y servicios de domótica avanzada, y ambientes inteligentes. En el grupo

de investigación se identificaron, a través del estudio de requisitos funcionales, necesidades en lo relativo a la falta de sistema de aviso con capacidades aumentadas y se pudieran integrar en sistemas complejos o plataformas residenciales.



Ilustración 1. Logotipo Grupo de Investigación Tecnodiscap

El alcance de este proyecto comprende la creación de un prototipo funcional, que será utilizado como referencia para implementar un sistema generación de eventos visuales y sonoros con comunicación inalámbrica.

1.3. Alcance del proyecto

El objeto del proyecto enunciado en este caso consiste en la redacción y diseño de un prototipo de generador de eventos visuales y sonoros, además de dotarlo de comunicación inalámbrica. Este proyecto englobará el estudio del estado del arte actual, la búsqueda de componentes que generarán los avisos, la gestión de los mensajes inalámbricos, la programación del dispositivo así como las validaciones funcionales del prototipo. El resultado será un prototipo en un estado que permita estar cercano a su fabricación pero sin ser un producto final acabado. No llegará a integrarse con ningún sistema complejo, sino que se validará de forma aislada con un terminal software del grupo de investigación que generará los mensajes.

Este desarrollo servirá como base a futuras investigaciones o mejoras que permitan incorporar a este diseño una batería para tener la posibilidad de que el dispositivo tenga la capacidad de ser portable de un sitio a otro, evitando así la necesidad de estar conectado permanentemente a la red eléctrica.

Se describirá el proceso de desarrollo seguido para la construcción de cada una de las partes esenciales de que consta el generador de eventos visuales y sonoros inalámbrico con el objetivo de que el prototipo sea funcional.

1.4. Diagrama de Gantt

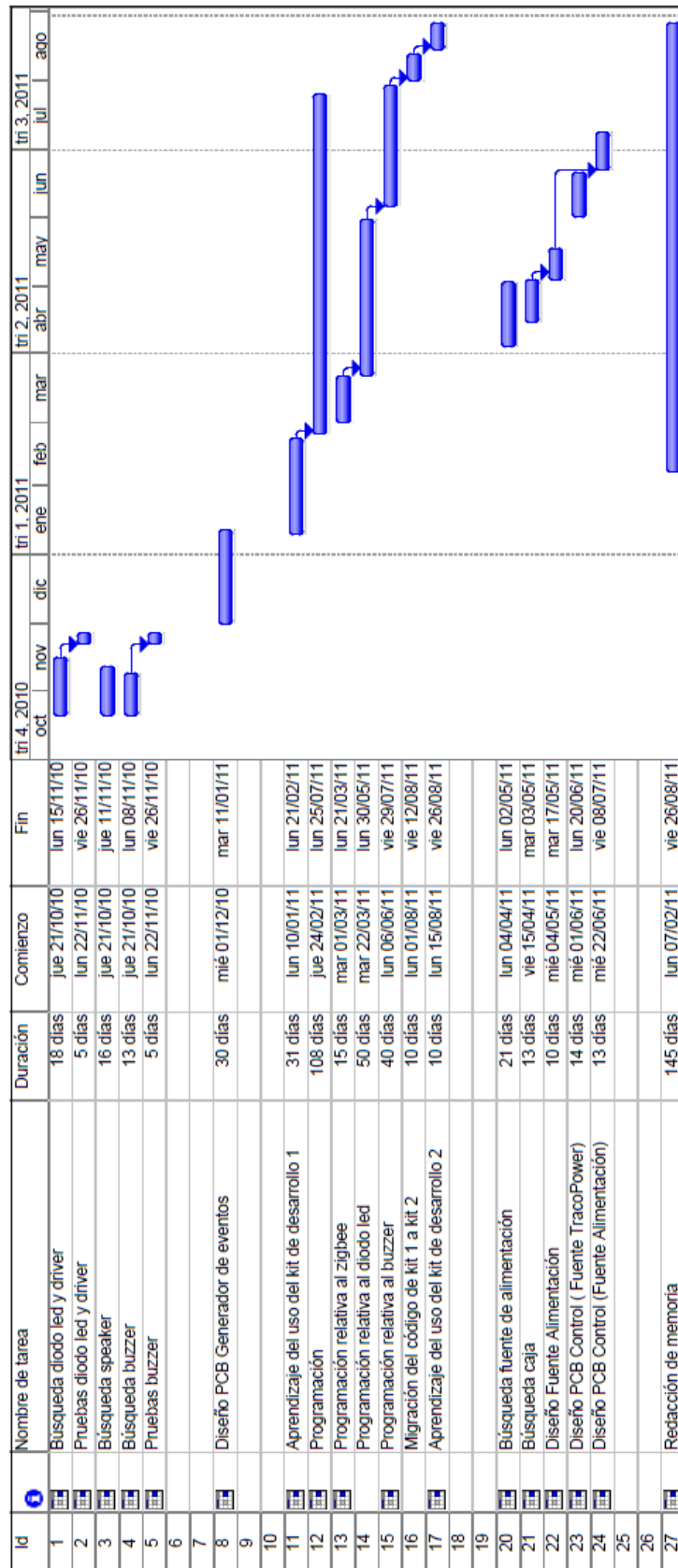


Ilustración 2. Diagrama de Gantt

1.5. Resumen

El proyecto de “Generador de eventos visuales y sonoros” responde a la propuesta realizada por grupo de investigación Tecnodiscap realizada al comienzo del curso 2010-2011. En dicho proyecto se pidió como requerimiento una señal luminosa de una potencia que iría entre 1W y 3W, una señal acústica y todo ello controlado con comunicación inalámbrica.

Como señal luminosa se eligió un diodo led RGB de una potencia de 3W tras buscar la mejor opción que ofrecía el mercado teniendo en cuenta la relación prestaciones-precio. Para suministrar la corriente necesaria al diodo led en cada caso se tuvieron que buscar los drivers correspondientes que necesitaran el mínimo número de componentes adicionales y si fuera posible evitando componentes inductivos como bobinas.

Como señal acústica se tienen dos opciones, un buzzer, el cual se ha programado para tener la posibilidad de reproducir cualquiera de las notas en cualquiera de las octavas musicales y en el que además como concatenación se pueden reproducir melodías, y además también se ofrece la posibilidad de conectar el altavoz como medida de mejora respecto a la calidad de audio. Las conexiones necesarias para el altavoz estaban ya validadas por el grupo Tecnodiscap.

La comunicación inalámbrica se hace mediante módulos ZigBee, los cuales son muy útiles para este tipo de usos en los que no se tiene que estar transmitiendo información todo el rato sino solamente en casos puntuales.

Se han diseñado tres pcs, una que alberga los dispositivos de aviso y dos variantes de pcb con el control y fuente de alimentación. Además se ha buscado la caja en la que irían colocadas, dejándolas así listas para su fabricación.

La programación se ha llevado a cabo con un kit de desarrollo facilitado por el grupo Tecnodiscap, que además de lo estrictamente necesario, disponía de un LCD y de pulsadores y diodos led que sirvieron para lograr el aprendizaje del uso del kit y de la posterior implementación del código de programación de una manera más fácil.

Una vez programado todo, se realizó la migración a otro kit de desarrollo, el cual contenía el modelo del micro que figura en la placa de control diseñada ya que dispone de los pines suficientes con PWM que nos permite controlar nuestros dispositivos. Además dispone de los componentes de audio necesarios para el uso del altavoz, al contar con un amplificador de audio y de todos los demás componentes necesarios.

2. Estado del arte. Justificación del proyecto.

2.1. *Domótica, tecnología de apoyo y control de entorno.*

Cada vez se utiliza con más frecuencia la palabra domótica. Si buscamos su significado en el diccionario, encontraremos la siguiente definición: “Sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar.”

Por otra parte, el término “tecnología de apoyo” abarca todo aquel conjunto de tecnologías orientadas a las personas con discapacidad para mejorar su autonomía y calidad de vida. Los sistemas de control de entorno son una parte de la tecnología de apoyo y de la domótica, destinada a la mejora en el control de los elementos del entorno doméstico o laboral de las personas con discapacidad.

Más allá de los conceptos de “casa del futuro” y “hogar inteligente” el control de entorno es un recurso que permite, mediante la aplicación de las tecnologías adecuadas, la mejora de la autonomía de las personas con discapacidad. Debe ser considerado como una herramienta de primera necesidad y no como un lujo inalcanzable, como en muchas ocasiones se suele malinterpretar.

2.2. *Beneficios del control de entorno.*

Las nuevas tecnologías vienen mejorando la calidad de vida de todos, desde hace muchos años en ámbitos como el ocio, la comunicación, la medicina, el desarrollo industrial, etc.

Este desarrollo tecnológico puede ser considerado como una amenaza para las personas con discapacidad, en cuanto puede aumentar la distancia social entre las personas que pueden acceder a dicha tecnología y las que no.

No obstante, debemos considerarla como una gran oportunidad para la mejora de su calidad de vida y el incremento de su grado de autonomía.

La tecnología de apoyo orientada a las personas con discapacidad debe cumplir, por lo tanto, una doble misión:

- Permitir el acceso y control de los elementos tecnológicos estándar, como el teléfono, el ordenador, la iluminación, el televisor, etc. de forma alternativa, cómoda y segura.
- Colaborar en la realización de tareas que la discapacidad no permite realizar a la persona de forma autónoma. En este sentido, podemos encontrar ayudas para la movilidad, la realización de transferencias, la higiene, la comunicación, etc.



Ilustración 3. Posibles tareas

El control de entorno permite a las personas con discapacidad, incluso a las gravemente afectadas, el control integral de los diferentes elementos de la vivienda, que precisan para su vida diaria (luces, cama, persianas, puertas, ventanas, interfono, cadena WC, electrodomésticos, grúa, teléfono, etc.), ya sea desde la cama, la silla de ruedas, etc.

La correcta aplicación de la tecnología adecuada a cada persona aporta abundantes beneficios:

- Aumenta la calidad de vida de la persona afectada.
- Aumenta su grado de autonomía.
- Mejora su respuesta ante situaciones imprevistas o de emergencia.
- Facilita el desarrollo social y laboral de la persona afectada, mejorando sus posibilidades de comunicación y de realización de sus actividades de la vida cotidiana.
- Mejora su autoestima, dado que comprueba que puede realizar un elevado número de tareas, sin requerir la ayuda de una segunda persona.
- Incrementa el deseo de mejora en su proceso de rehabilitación, ya que ve compensados sus esfuerzos gracias a la tecnología, con la obtención de mejoras funcionales en su vida diaria.
- Reduce la necesidad asistencial de la persona afectada, mejorando su calidad de vida y la de su entorno (familiares, cuidadores).
- Reduce el coste asistencial cuando es necesaria la ayuda de una segunda persona, tanto en el entorno familiar como en el de una residencia.
- En algunos casos permite una vida independiente.

2.3. *Sistemas de control de entorno.*

Entendemos por sistemas de control de entorno, aquel conjunto de tecnologías que permiten realizar las funciones de control de entorno.

Estos sistemas están compuestos por los medios de control, que son aquellos elementos con los que se dan las órdenes de actuación y por los elementos controlables, que son aquellos elementos que realizan la actuación deseada como el encendido de una luz, el cambio del canal de la televisión o el inicio de una conversación telefónica.

La correcta elección de los medios de control y de los elementos controlables para cada persona, es una tarea que debe afrontarse en equipo: entre el afectado, su familia, los profesionales de la salud y los técnicos especializados.

2.4. Características de un sistema de control de entorno.

Un sistema de control de entorno para personas con discapacidad debe ser:

- Funcional: Se debe acomodar a las necesidades del usuario y aportarle soluciones a problemas reales, y nunca al revés.
- Adaptable: Ha de permitir el control de forma sencilla y alternativa para el usuario. Cuando se trata de usuarios con enfermedades progresivas esta característica es de vital importancia. En el apartado “medios de control” se describen diferentes formas para realizar el control.
- Integral: Ha de permitir el control de los elementos desde un único mando o interface. No son válidos sistemas en los que cada elemento se deba controlar de una forma diferente.
- Seguro: Ha de ser eficaz y sin riesgos, para aumentar la sensación de seguridad y control.
- Redundante: No debe modificar el control habitual de los elementos del hogar para las otras personas de la casa.
- Personalizable: Debe permitir a la empresa instaladora realizar los cambios necesarios al sistema para que se adapte a las necesidades y capacidades de cada usuario.
- Transportable: Ha de permitir que el control se realice desde diferentes puntos de la casa. Normalmente el control de entorno se desea realizar desde diferentes lugares de la casa: cama, silla de ruedas, ordenador, sofá; todos ellos deben estar contemplados.
- Escalable: Ha de permitir su propia ampliación de forma progresiva, en caso necesario, sin que suponga la realización de importantes reformas en el hogar.

2.5. Elementos controlables.

Podemos clasificar los elementos controlables según su funcionalidad:

- Elementos para el control del ambiente: Dispositivos para realizar el control de la iluminación, la temperatura, el estado de las persianas, ventanas y cortinas.



Ilustración 4. Mando para control de ambiente

- Elementos para la higiene: Grifos, seca-manos y jaboneras automatizadas, inodoros que realizan la higiene anal y/o vaginal, y sistemas motorizados para el acceso a la bañera, entre otros.
- Elementos para la movilidad: Camas automatizadas con diferentes movimientos, grúas fijas, grúas que circulan por raíles y que permiten el acceso a zonas clave como la cama, la ducha y el WC, puertas automatizadas, cerraduras eléctricas, elevadores, muebles automatizados de altura regulable, etc.



Ilustración 5. Elementos para la movilidad

- Elementos para la comunicación: Teléfonos adaptados, sistemas que permiten atender las llamadas del interfono desde cualquier teléfono (incluidos los inalámbricos y los adaptados) y abrir la puerta a distancia, ayudas para la amplificación del habla, videoconferencia, etc.



Ilustración 6. Elementos para la comunicación

- Elementos para el entretenimiento: Televisión, equipos de música, DVD, juegos, ayudas para la lectura, radio.
- Elementos para el acceso al ordenador: Diferentes sistemas que nos permiten acceder a un abanico de posibilidades de entretenimiento, ocio, trabajo y comunicación.
- Elementos para la realización de avisos: Timbres de aviso, equipos que generan una llamada telefónica de emergencia con mensajes de auxilio y sistemas de alarma.

2.6. Medios de control.

Para el control de los diferentes elementos anteriormente descritos, podemos encontrar una gran variedad de alternativas que podríamos agrupar, en función de su forma de acceso, de la siguiente manera:

- Control predictivo o semiautomático: Este tipo de elementos tiene la capacidad de detectar situaciones, como la presencia de una persona y actuar en consecuencia. Algunos ejemplos de estos sistemas son las puertas que se abren automáticamente o las luces que se encienden cuando detectan el paso de una persona, la cisterna del WC que se vacía cuando éste ha sido usado, los grifos que dejan caer el agua al detectar las manos, las jaboneras o los seca-manos automáticos.
- Control individual alternativo: Esta forma de control se realiza mediante el uso de “botones especiales”; cada uno de ellos realiza una acción concreta como el encendido de una luz, la activación de algún enchufe, o la apertura de una puerta. Estos “botones especiales” reciben el nombre de conmutadores. En el mercado podemos encontrar un amplio abanico de conmutadores activados por lengua o mentón, pestañeo, soplido, aspiración, voz, proximidad, botones gigantes, etc. Todos los conmutadores tienen un conector estándar, de forma que cualquier elemento que esté preparado para ser controlado mediante conmutador, podrá ser accionado mediante cualquiera de los conmutadores existentes.



Ilustración 7. Diferentes tipos de conmutadores

- Control mediante mando directo: Desde un único mando a distancia, cuyos botones son especialmente ergonómicos para las personas con discapacidad, podemos realizar el control de todos los elementos de la vivienda, como televisión, luces, puertas, alarmas, grúas, etc. El uso de estos mandos es mediante pulsación directa.



Ilustración 8. Mando a distancia

- Control mediante mando secuencial: De la misma forma que con el mando directo, integramos el control de los diferentes elementos en un único mando. En este caso, el control no se realiza mediante pulsación directa, sino mediante métodos de barrido o “scanning”. Existen diferentes métodos de barrido, todos ellos utilizan por lo menos un conmutador como los descritos anteriormente.



Ilustración 9. Mando secuencial

El método más sencillo de barrido se inicia cuando el usuario acciona el conmutador. A partir de ese momento se van destacando secuencialmente, de forma automática, las diferentes opciones de su mando mediante algún tipo de señal luminosa o acústica; cuando está destacada la opción deseada por el usuario, éste vuelve a accionar el conmutador para realizar la acción escogida. Las otras modalidades de barrido son similares a ésta pero optimizan el acceso mediante el uso de bloques de opciones o conmutadores de doble acción.

- Control informático: En este caso el control se realiza mediante un software personalizable y un periférico que se conecta al ordenador. El acceso a este sistema ofrece muchas posibilidades de configuración debido a que existen en el mercado multitud de sistemas que nos permiten controlar el ordenador mediante ratones, teclados y *joysticks* especiales, reconocimiento de voz, acceso por conmutador, etc.



Ilustración 10. Periférico

Las pantallas de los programas de control de entorno pueden ser muy sencillas, por ejemplo, para discapacitados psíquicos y muy completas para aquellos usuarios que lo necesiten. Los programas se pueden complementar con el uso de dibujos intuitivos, asistentes que nos proporcionen ayuda, voz sintetizada que “dialogue” con el usuario, mensajes de aviso o confirmación, etc.

Otra ventaja del uso de los sistemas informáticos es que permite la integración con los elementos de ocio, trabajo y comunicación propios del ordenador.

También es posible realizar el control de entorno mediante una agenda personal o PDA.



Ilustración 11. Aspecto de un programa de control de entorno

2.7. Consideraciones tecnológicas.

Existen determinados aspectos prácticos que debemos tener en cuenta a la hora de evaluar y conocer un sistema de control de entorno:

- Modo de transmisión. Adicionalmente al modo de acceso, que hemos descrito en el apartado anterior, existe otro parámetro que define un medio de control: el modo de transmisión, que determina la forma en que las órdenes “viajarán” del medio de control al elemento controlable.

Básicamente podemos diferenciar, en este sentido, entre sistemas cableados y sistemas inalámbricos, siendo estos últimos más recomendables por su sencillez de instalación y movilidad.

Dentro de las tecnologías inalámbricas podemos encontrar dos tipos de forma de transmisión: infrarrojos y radiofrecuencia. La diferencia entre estas dos tecnologías es importante, ya que mientras los infrarrojos necesitan tener visibilidad directa entre emisor y receptor, (lo que podría ser un inconveniente para una persona con movilidad reducida), en los sistemas de radiofrecuencia eso no es necesario y podemos saltar obstáculos o dar las órdenes sin necesidad de “apuntar”. Sin embargo, los mandos de control de entorno de infrarrojos pueden presentar una característica adicional especialmente interesante, que es la capacidad de “aprender de otros mandos”, como por ejemplo, el poder memorizar en uno de sus botones una orden del mando de la

TV y en otro, una orden del mando del aire acondicionado. Este proceso de aprendizaje suele realizarse de una forma sencilla, encarando el mando de control de entorno con el mando que queremos replicar.

Como conclusión, podríamos decir que el mando ideal, en cuanto a su forma de transmisión, sería aquel que combinara la transmisión por infrarrojos con la transmisión por radiofrecuencia.

- Ergonomía: Debemos estudiar detalladamente la forma en que será utilizado el sistema para optimizar su uso. Aspectos como la situación de los diferentes elementos, el sistema de sujeción de los mandos y/o conmutadores, la personalización del sistema, el proceso de aprendizaje, etc., deben ser estudiados concienzudamente por un equipo multidisciplinar.



Ilustración 12. Diferentes sistemas de sujeción

- Instalación: En algunas ocasiones, los sistemas de control de entorno requieren la realización de reformas en el hogar. Es interesante, por lo tanto, que el sistema de elección minimice estas reformas y que la instalación sea realizada por un equipo técnico, con la capacidad de coordinar los diferentes trabajos a desarrollar.
- Características técnicas de los equipos: Debemos prestar especial atención a algunos detalles propios de los equipos, tales como la duración de sus baterías (si las tiene), la cobertura de los sistemas inalámbricos, el tipo de conector de los mandos informáticos, los sistemas operativos en los que funciona, etc.

2.8. Comunicación Inalámbrica

Para la comunicación inalámbrica se ha optado por comunicación ZigBee después de valorar las diferentes opciones que hay.

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo. Está basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (*wireless personal area network*, WPAN).

Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

ZigBee utiliza la banda ISM para usos industriales, científicos y médicos; en concreto, 868 MHz en Europa, 915 en Estados Unidos y 2,4 GHz en todo el mundo. Sin embargo, a la hora de diseñar dispositivos, las empresas optarán prácticamente siempre por la banda de 2,4 GHz, por ser libre en todo el mundo.

Los usos de la comunicación ZigBee son muchos, entre ellos:

- Puede utilizarse para realizar control industrial.
- Albergar sensores embebidos.
- Recolectar datos médicos.
- Ejercer labores de detección de humo o intrusos o domótica.
- La red en su conjunto utilizará una cantidad muy pequeña de energía de forma que cada dispositivo individual pueda tener una autonomía de hasta 5 años antes de necesitar un recambio en su sistema de alimentación.

También hay varios tipos de dispositivos móviles según su papel en la red. Se definen tres tipos distintos de dispositivo ZigBee según su papel en la red:

- *Coordinador ZigBee (ZigBee Coordinator, ZC).*

El tipo de dispositivo más completo. Debe existir uno por red. Sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos.

- *Router ZigBee (ZigBee Router, ZR)*

Interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.

- *Dispositivo final (ZigBee End Device, ZED)*

Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un router), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. De esta forma, este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías. Un ZED tiene requerimientos mínimos de memoria y es por tanto significativamente más barato.

2.8.1. ZigBee Vs Bluetooth

Como ya hemos podido comprobar, el desarrollo de la tecnología de ZigBee se centra en la sencillez y bajo coste de sus nodos y en el bajo nivel de transmisión de información. Es por ello que su utilización para nuestro proyecto es la más adecuada en comparación con otras redes inalámbricas semejantes de la familia WPAN, como por ejemplo Bluetooth. ZigBee es muy similar al Bluetooth pero con algunas diferencias:

- Una red ZigBee puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos, frente a los 8 máximos de una subred (Piconet) Bluetooth.
- Menor consumo eléctrico que el de Bluetooth. En términos exactos, ZigBee tiene un consumo de 30mA transmitiendo y de 3uA en reposo, frente a los 40mA transmitiendo y 0.2mA en reposo que tiene el Bluetooth. Este menor consumo se debe a que el sistema ZigBee se queda la mayor parte del tiempo dormido, mientras que en una comunicación Bluetooth esto no se puede dar, y siempre se está transmitiendo y/o recibiendo. En la Tabla 1 podemos ver en términos exactos el consumo de ZigBee y de Bluetooth.

	En transmisión	En reposo
ZigBee	30mA	3μA
Bluetooth	40mA	0.2mA

Tabla 1. ZigBee Vs Bluetooth

- Existe una versión que integra el sistema de radiofrecuencias característico de Bluetooth junto a una interfaz de transmisión de datos vía infrarrojos desarrollado por IBM mediante un protocolo ADSI y MDSI.
- La velocidad ZigBee es menor a la de Bluetooth. ZigBee tiene una velocidad de hasta 250kbps, mientras que en Bluetooth es de hasta 1Mbps. Esta diferencia de valores es lógica si tenemos en cuenta que ZigBee se basa en una transmisión de datos baja, y por lo tanto no nos afecta en gran medida en el momento de transmisión y recepción de datos.

Vistas las principales diferencias entre ZigBee y Bluetooth, podemos llegar a la conclusión de que uno es más apropiado que el otro para ciertas aplicaciones. Haciendo referencia a la diferencia de velocidades, Bluetooth se usa para aplicaciones con mayor carga de información para transmitir, como por ejemplo para teléfonos móviles e informática casera; la velocidad de ZigBee se hace insuficiente para estas tareas, desviándolo a usos tales como la domótica, los productos dependientes de la batería, artículos de juguetería y sensores médicos, en los cuales la transferencia de datos es menor. Éste último caso de utilización de ZigBee, los sensores médicos, nos garantiza que ZigBee será un medio idóneo para nuestro proyecto que se basa en la

transmisión de datos a partir de medidas capturadas por parte de un conjunto de sensores.

2.8.2. *Wireless USB*

Wireless USB es un protocolo de comunicación inalámbrica por radio con gran ancho de banda, que combina la sencillez de uso de USB con la versatilidad de las redes inalámbricas.

Utiliza como banda frecuencial la plataforma UWB (*Ultra-Wide Band*), operando en los rangos de frecuencia de 3.1 a 10.6GHz. Puede lograr tasas de transmisión de hasta 480Mbps en rangos de tres metros y 110Mbps en rangos de diez metros. Gracias a su alta tasa de transferencia, Wireless puede usarse para aplicaciones que requieren un flujo de transferencia elevado. Wireless USB se utiliza en mandos de videoconsola, impresoras, escáneres, transmisión y visualización de vídeos, etc. Haciendo una comparativa de los principales aspectos de Wireless USB, Bluetooth, Wi-Fi y ZigBee, como podemos comprobar en la Tabla 2, el rango de frecuencia en el que trabaja Wireless es superior al de los otros medios de transmisión, al mismo tiempo que su tasa de transferencia es más elevada. Centrándonos en los valores de transferencia y utilizando la lógica, a mayor tasa de transferencia mayor será el consumo, con lo cual no nos beneficia para el tipo de proyecto que queremos llevar a cabo. ZigBee sigue siendo la mejor opción.

	ZigBee	Bluetooth	Wireless USB	Wi-Fi
Banda frec. (Hz)	2.4G / 868M / 915M	2.4G	3.1-10.6G	2.4-5G
Tasa de transf. (bps)	250k	1M	110-480M	11-108M
Cobertura (metros)	1-75	1-10	3-10	20-100

Tabla 2. Comparativa de comunicaciones inalámbricas

2.8.3. *Wi-Fi*

WiFi, al igual que el resto de medios que estamos analizando, consiste en un sistema de envío de datos sobre redes que utiliza ondas en lugar de cables (*wireless*). Se basa en el estándar IEEE 802.11, y es por ello que podemos encontrar diversos tipos de WiFi:

- Los estándares IEEE 802.11 son fácilmente aceptados debido a que usan la banda frecuencial de 2.4GHz.
- La velocidad de transferencia del medio depende del estándar que se haga uso. Puede proporcionarnos una velocidad de 11Mbps (IEEE 802.11b) hasta 108Mbps (IEEE 802.11n), pasando por los 54Mbps del estándar IEEE 802.11g.
- En la actualidad ya se utiliza el estándar IEEE 802.11a, conocido como Wi-Fi5 ya que opera en la banda de 5GHz. Dicha banda frecuencial (5GHz) ha sido

recientemente habilitada. Al no existir otras tecnologías como ZigBee o Bluetooth que hagan uso de ella, nos garantiza un mínimo de interferencias vecinas. Su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2.4GHz.

La principal ventaja que nos proporciona WiFi, aparte de las altas velocidades de transferencia, es la capacidad de suministrar cobertura en un gran rango de distancia (capaz de alcanzar los 100 metros).

Por otra parte, la desventaja fundamental de estas redes existe en el campo de la seguridad. Existen algunos programas capaces de capturar paquetes enviados y calcular la contraseña de la red, y de esta forma acceder a ella. Al igual que el resto de medios de transmisión *wireless*, la velocidad de transferencia se ve disminuida al no utilizar cables.

Vistos los principales puntos que nos puede aportar la utilización de WiFi (altas velocidades de transmisión y gran cobertura), podemos concluir que este tipo de medio quedaría fuera del tipo de transmisión que queremos llevar a cabo al necesitar una mayor fuente de energía para poder proporcionar dichas tasas de velocidades.

2.8.4. Wibree

Wibree resultaría ser una opción a tener en cuenta para su empleo en nuestro proyecto puesto que sus principales características y sus principios básicos son parejos a los ya vistos en ZigBee.

Wibree es una nueva tecnología digital de radio interoperable para pequeños dispositivos. Consiste en una tecnología de comunicación inalámbrica que nos ofrece conexión y comunicación entre dispositivos móviles o computadores y otros dispositivos más pequeños. Su diseño está pensado para que funcione con un consumo de energía mínimo.

Al igual que en ZigBee, Wibree opera a los 2.4GHz (banda ISM) haciendo posible la comunicación entre dispositivos de pila de botón y dispositivos Bluetooth. Su tasa de transferencia es superior respecto a ZigBee: 250kbps de ZigBee frente a 1Mbps de Wibree. Puesto que en nuestro proyecto la cantidad de información a transmitir será mínima (datos medidos por nuestros sensores), la tasa de transferencia tampoco nos interesa, en primera instancia, que sea muy elevada.

Wibree se diseñó para dos modos distintos de implementación:

- Wibree de implementación única: Esta implementación está pensada para el funcionamiento de dispositivos que requieren un consumo bajo de energía, pequeños y de bajo costo, como por ejemplo relojes, sensores deportivos, teclados inalámbricos, etc.
- Wibree de implementación modo dual (Bluetooth – Wibree): Se diseña para su uso en dispositivos Bluetooth donde Wibree se integra con Bluetooth y

BluetoothRF, utilizando los dispositivos existentes y dirigidos especialmente a dispositivos como teléfonos móviles y computadoras personales.

2.8.5. *TinyOS*

TinyOS es un sistema operativo *open source* basado en componentes para redes de sensores inalámbricas. Está diseñado para incorporar nuevas innovaciones rápidamente y para funcionar bajo las importantes restricciones de memoria que se dan en las redes de sensores.

Las aplicaciones para TinyOS se escriben en nesC, un dialecto del lenguaje de programación C optimizado para las limitaciones de memoria de las redes de sensores; donde el lenguaje de programación nesC consiste en un conjunto de tareas y procesos que colaboran entre sí. Existen, además, varias herramientas que completan y facilitan su uso, escritas en su mayoría en Java y en Bash.

TinyOS proporciona interfaces, módulos y configuraciones específicas, que permiten a los programadores construir programas como una serie de módulos que hacen tareas específicas. Los módulos de TinyOS proporcionan interfaces para los tipos estándar de entradas y salidas de hardware y sensores.

A pesar de que TinyOS no sea una tecnología para comunicaciones inalámbricas, se puede tener en cuenta su utilización para posibles configuraciones y programaciones de redes inalámbricas.

2.8.6. Comparativa Comunicaciones

En la tabla 3 podemos ver una comparativa de las características de los diferentes tipos de comunicaciones inalámbricas.

	ZigBee	Bluetooth	Wireless USB	Wi-Fi	Wibree	TinyOS
Aplicaciones	Monitorización y control	Reemplazo de cable	Web, email, video	Web, email, video	Reemplazo de cable	Soluciones de muy bajo consumo energético
Frecuencia de radio	868MHz, 915MHz, 2.4GHz	2.4GHz	3.1 – 10.6GHz	2.4 – 5GHZ	2.4GHz	868MHz, 915MHz, 2.4GHz
Ancho de banda	20 – 250kbps	1Mbps	110 – 480Mbps	11 – 108Mbps	1Mbps	20 – 250kbps
Dimensión de red	>65000	7 - 8	-	30	-	>65000
Rango de transmisión (metros)	1 - 75	1 - 10	1 - 10	1 - 100	1 -10	1 - 100
Topología de red	Estrella, mallado y árbol de <i>clúster</i>	Ad hoc, piconet	Point-to-point, multipoint	Point-to-point, multipoint	-	Mallado puro
Complejidad	Baja	Media - alta	Alta	Alta	Media	Baja
Consumo energético	Bajo	Medio	Alto	Alto	Bajo	Muy bajo
Puntos fuertes	Consumo, coste, robustez, seguridad	Coste, seguridad	Velocidad	Velocidad, flexibilidad	Consumo, coste, robustez, seguridad	Robustez, consumo, coste, flexibilidad

Tabla 3. Comparativa de comunicaciones inalámbricas

2.8.7. Modelos de redes ZigBee

Las redes están compuestas por grupos de dispositivos separados por distancias suficientemente reducidas. Cada dispositivo posee un identificador único de 64 bits, aunque si se dan ciertas condiciones de entorno en éste pueden utilizarse identificadores cortos de 16 bits. Probablemente éstos se utilizarán dentro del dominio de cada PAN separadas.

Un aspecto a tener muy en cuenta son los tipos de topologías de red que permite el estándar que soporta ZigBee. Su nivel de red permite tres topologías distintas:

- Topología en estrella.
- Topología en árbol.
- Topología de malla.

Toda red necesita al menos un dispositivo coordinador (FFD), encargado de su creación, mantenimiento básico y control de sus parámetros. Seguidamente estudiaremos de forma detallada los distintos tipos de topologías de ZigBee, dónde se sitúa en cada uno de ellos, el coordinador de la red y cuál es la topología más adecuada.

2.8.7.1. Topología en estrella

En redes en estrella el coordinador se sitúa en el centro, y toda conexión que se quiera realizar entre los distintos nodos de la red debe pasar por éste.

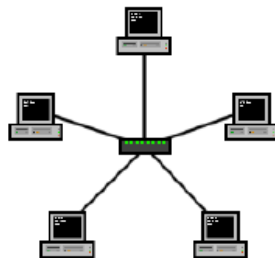


Ilustración 13. Topología en estrella

Una red en estrella activa tiene un nodo central activo que normalmente tiene los medios para prevenir problemas. Se utiliza sobre todo para redes locales. La mayoría de las redes de área local que tienen un *router*, un *switch* o un *hub* siguen esta topología.

El nodo central, en el caso de utilizar uno de estos dispositivos, sería el *router*, el *switch* o el *hub* por el que pasan todos los paquetes.

Las ventajas que nos puede aportar una red en estrella sería la facilidad a la hora de implementarla, adecuada para redes temporales, el fallo de un nodo periférico no influiría en el comportamiento del resto de la red y no hay problemas con colisiones de datos ya que cada estación tiene su propia conexión al coordinador central.

En contrapartida, la utilización de una red en estrella nos limita tanto el número de nodos que pueden estar conectados a la red, como la longitud del cableado (en caso de ser una conexión cableada). También se debe tener muy en cuenta que los costes de mantenimientos pueden aumentar a largo plazo, y que el fallo del nodo central puede echar abajo la red entera.

A causa de todo ello, podemos confirmar que una red en estrella puede ser poco fiable en el momento de realizar transferencias de información.

2.8.7.2. Topología en árbol

Topología de red en la que los nodos están colocados en forma de árbol. Para este tipo de topología el coordinador será la raíz del árbol. Desde una vista topológica, la conexión en árbol es parecida a una serie de redes en estrella interconectadas, salvo en que no tiene un nodo central. En cambio, tiene un nodo de enlace troncal, generalmente ocupado por un *hub* o *switch*, desde el que se ramifican los demás nodos.

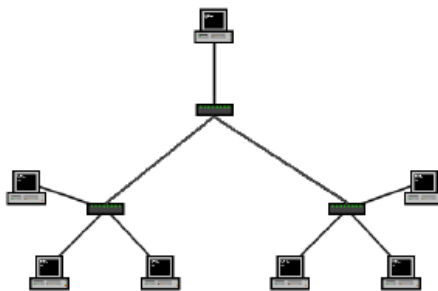


Ilustración 14. Topología en árbol

En redes de árbol se permite el uso de Router ZigBee para interconectar los distintos nodos de la red. Así mismo, la comunicación en árbol es estrictamente jerárquica con lo que puede utilizar opcionalmente tramas balizas (véase capítulo 1.6). Una falla de un nodo no implica la interrupción en las comunicaciones. Se comparte el mismo canal de comunicaciones.

Los problemas asociados a este tipo de topología radican en que los datos son recibidos por todas las estaciones sin importar para quien vayan dirigidos. Por lo tanto es necesario dotar a la red de un mecanismo que permita identificar al destinatario de los mensajes. Además, debido a la presencia de un medio de transmisión compartido entre muchas estaciones, pueden producirse interferencias entre las señales cuando dos o más estaciones transmiten al mismo tiempo. La solución al primero de estos problemas aparece con la introducción de un identificador de estación destino. Para darle solución al segundo problema, hay que mantener una coordinación entre todas las estaciones, y para eso se utiliza cierta información de control en las tramas que controlan quien transmite en cada momento (utilización de tramas balizas mencionadas anteriormente).

2.8.7.3. Topología en malla

La topología más interesante es la topología de malla. Consiste en que al menos uno de los nodos tendrá más de dos conexiones. Con ello conseguimos que si, en un momento dado, un nodo del camino falla y se cae, pueda seguir la comunicación entre todos los demás nodos debido a que se rehacen todos los caminos.

El establecimiento de una red de malla es una manera de encaminar datos, voz e instrucciones entre los nodos. Las redes de malla se diferencian de otras redes en que las piezas de la red (los nodos) están conectadas unas con otras por uno u otro camino. Esta configuración ofrece caminos redundantes por toda la red, de modo que si falla un cable, otro se hará cargo del tráfico.

Esta topología, a diferencia de las vistas en apartados anteriores, no requiere de un servidor o nodo central, con lo que se reduce el mantenimiento. Un error en un nodo, sea importante o no, no implica la caída de toda la red.

Como ya se ha comentado anteriormente, las redes de malla son autogenerables. La red puede funcionar incluso cuando un nodo desaparece o la conexión falla, ya que el resto de nodos evitan el paso por ese punto. Consecuentemente, se forma una red muy confiable.

Gracias a las estructuras arbitrarias que permite la topología en malla (Figura 7), es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos. A consecuencia de este tipo de estructura no se pueden usar tramas balizas.

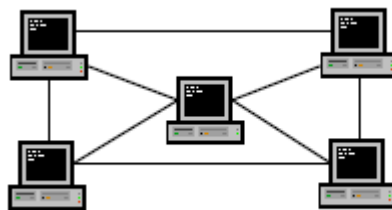


Ilustración 15. Topología en malla

Al igual que en la topología en árbol, las redes en malla permiten el uso de Routers ZigBee para habilitar la comunicación en el nivel de red. Éstos no son Coordinadores ZigBee, pero pueden serlo de sus respectivos espacios de operación personal definidos por 802.15.4.

Aunque la facilidad de solución de problemas y el aumento de la fiabilidad son ventajas muy interesantes, estas redes resultan caras de instalar, ya que utilizan mucho cableado. Es por ello que su uso se centra en redes inalámbricas, como es el caso de nuestro proyecto.

2.8.7.4. Árbol de clusters

Vistos los tipos de topologías que podemos manipular, encontramos que nuestro estándar menciona un tipo de red definido como “árbol de *clusters*”. Para ello se usan redes punto a punto. Las redes punto a punto pueden formar patrones arbitrarios de conexionado, donde su extensión se ve limitada únicamente por la distancia existente entre cada par de nodos. Forman la base de redes *ad hoc* autoorganizativas. El

estándar no define un nivel de red, por lo que no se soportan funciones de ruteo de forma directa, aunque si ha dicho nivel se le añade se pueden realizar comunicaciones en varios saltos.

Las estructuras árbol de *clusters* (Figura 8) están formadas por el conexionado entre nodos FFD y RFD. Puesto que se necesita de al menos un nodo FFD para poder conectar diferentes RFD's, se aprovecha de ello para generar estructuras donde los nodos RFD's simbolizan las hojas de un árbol, y donde la mayoría de los nodos son FFD's. A partir de los árboles de *clusters* podemos generar grandes redes de malla, cuyos nodos sean árboles de *clusters* con un coordinador local para cada *clúster*, junto con un coordinador global.

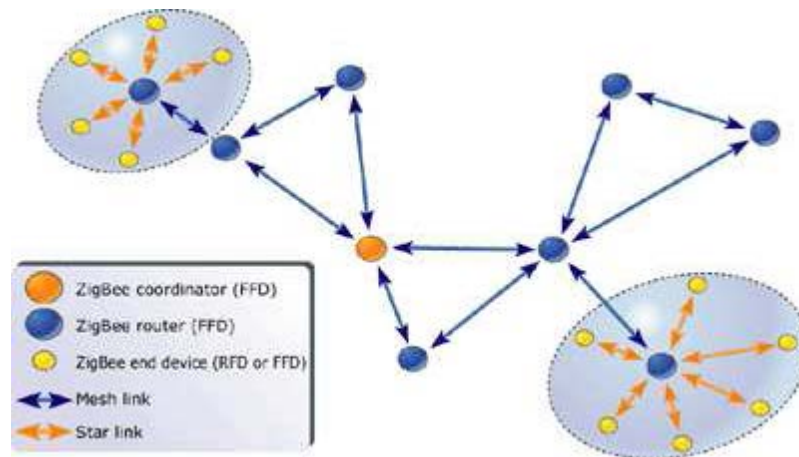


Ilustración 16. Árbol de clusters

2.9. Fuente de alimentación

2.9.1. Fuentes conmutadas

Remontándonos un poco en la historia describiremos que en la industria no se contaba con equipos eléctricos, luego se empezaron a introducir dispositivos eléctricos no muy sofisticados por lo que no eran muy sensibles a sobretensiones, luego llegaron los equipo más modernos que necesitaban de bajos voltajes por lo que se inicio la construcción de fuentes de alimentación que proporcionaran el voltaje suficiente de estos dispositivos. La tecnología avanzo, claro mejores equipos para la industria y el hogar pero esto contribuyo a que los dispositivos electrónicos fueran más sensibles a sobretensiones por lo que sé tubo que diseñar fuentes reguladas que garanticen el voltaje necesario para el buen funcionamiento de estos dispositivos.

Configuraciones básicas:

Las fuentes conmutadas son de circuitos relativamente complejos, pero podemos siempre diferenciar cuatro bloques constructivos básicos:

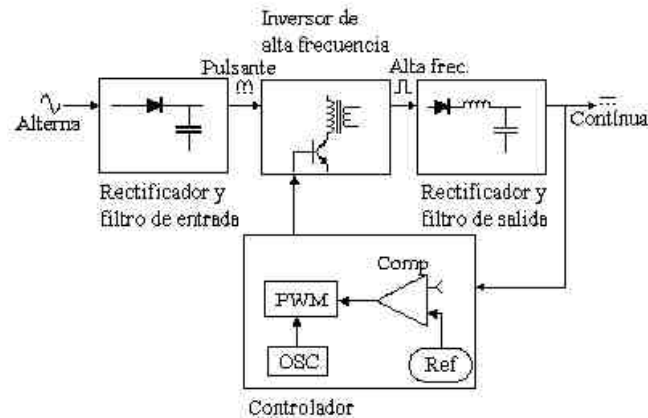


Ilustración 17. Diagrama de bloques

En el primer bloque rectificamos y filtramos la tensión alterna de entrada convirtiéndola en una continua pulsante. El segundo bloque se encarga de convertir esa continua en una onda cuadrada de alta frecuencia (10 a 200 kHz.), la cual es aplicada a una bobina o al primario de un transformador. Luego el segundo bloque rectifica y filtra la salida de alta frecuencia del bloque anterior, entregando así una continua pura.

El cuarto bloque se encarga de comandar la oscilación del segundo bloque. Este bloque consiste de un oscilador de frecuencia fija, una tensión de referencia, un comparador de tensión y un modulador de ancho de pulso (PWM). El modulador recibe el pulso del oscilador y modifica su ciclo de trabajo según la señal del comparador, el cual coteja la tensión continua de salida del tercer bloque con la tensión de referencia.

En la mayoría de los circuitos de fuentes conmutadas encontraremos el primer y el cuarto bloque como elementos invariables, en cambio el cuarto y en segundo tendrán diferentes tipos de configuraciones. A veces el cuarto bloque será hecho con integrados y otras veces nos encontraremos con circuitos totalmente transistorizados.

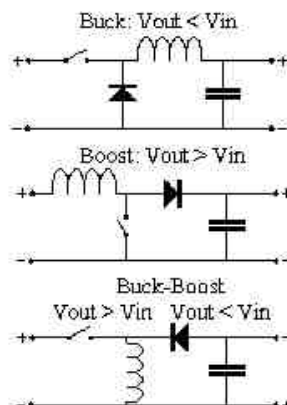


Ilustración 18. Configuraciones básicas

El segundo bloque es realmente el alma de la fuente y tendrá configuraciones básicas: Buck, Boost, Buck-Boost.

Buck: El circuito interrumpe la alimentación y provee una onda cuadrada de ancho de pulso variable a un simple filtro LC. La tensión aproximada es $V_{out} = V_{in} \cdot \text{ciclo de trabajo}$ y la regulación se ejecuta mediante la simple variación del ciclo de trabajo. En la mayoría de los casos esta regulación es suficiente y sólo se deberá ajustar levemente la relación de vueltas en el transformador para compensar las pérdidas por acción resistiva, la caída en los diodos y la tensión de saturación de los transistores de conmutación.

Boost: El funcionamiento es más complejo. Mientras el Buck almacena la energía en una bobina y éste entrega la energía almacenada más la tensión de alimentación a la carga.

Buck-Boost: Los sistemas conocidos como Flyback son una evolución de los sistemas anteriores y la diferencia fundamental es que éste entrada a la carga sólo la energía almacenada en la inductancia. El verdadero sistema Boost sólo puede regular siendo V_{out} mayor que V_{in} , mientras que el Flyback puede regular siendo menor o mayor la tensión de salida que la de entrada.

En el análisis de los sistemas Boost comenzamos por saber que la energía que se almacena en la inductancia es entregada como una cantidad fija de potencia a la carga: $P_o = (L I^2 f_o) / 2$; I es la corriente de pico en la bobina, f_o es la frecuencia de trabajo, L es el valor de la inductancia. Este sistema entrega siempre una cantidad fija de potencia a la carga sin fijarse en la impedancia de la carga, por eso es que el Boost es muy usado en sistemas de flash fotográficos o en sistemas de ignición del automotor para recargar la carga capacitiva, también es usado como un muy buen cargador de baterías. Pero cuando necesitamos alimentar un sistema electrónico con carga resistiva debemos conocer muy bien el valor de resistencia para poder calcular el valor de la tensión de salida: $V_o = (P_o \cdot R_l)^{1/2} = I (1/2 L f_o R_l)^{1/2}$, donde R_l es el valor de resistencia del circuito. En este caso la corriente de la bobina es proporcional al tiempo de conectado o al ciclo de trabajo del conmutador y la regulación para cargas fijas se realiza por variación del ciclo de trabajo.

Las configuraciones más recomendadas por los fabricantes se diferencian en potencia, modo, precio, utilidad y calidad. Son muy comunes las siguientes configuraciones:

Circuito	Potencia (W)
Convertidores DC (Buck)	5
Flyback	50
Forward (Boost)	100
Half-Bridge	200
Full-Bridge	500

Tabla 4. Circuito Vs Potencia

2.9.1.1. Convertidor Buck

El convertidor Buck (o reductor) es un convertidor de potencia que obtiene a su salida una tensión continua menor que a su entrada.

El funcionamiento del conversor Buck es sencillo, consta de un inductor controlado por dos dispositivos semiconductores los cuales alternan la conexión del inductor bien a la fuente de alimentación o bien a la carga.

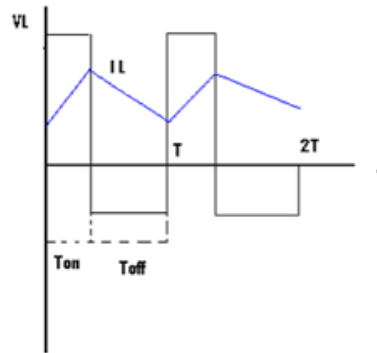


Ilustración 19. Modo continuo

El convertidor se dice que está modo continuo si la corriente que pasa a través del inductor (I_L) nunca baja a cero durante el ciclo de conmutación. Con el interruptor cerrado la tensión en el inductor es $V_L = V_i - V_o$ y la corriente aumenta linealmente. El diodo está en inversa por lo que no fluye corriente por él. Con el interruptor abierto el diodo está conduciendo en directa. La tensión en el inductor es $V_L = -V_o$ y la corriente disminuye.

La energía almacenada en la bobina se incrementa en estado ON (interruptor cerrado) y se decrementa durante el estado OFF (interruptor abierto). La bobina se usa para transferir energía desde la entrada a la salida.

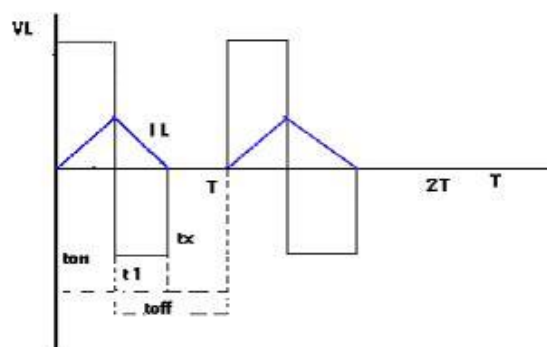


Ilustración 20. Modo discontinuo

Si se asume que el convertidor opera en un estado estable, la energía almacenada en cada componente al final del ciclo de conmutación T es igual a que había al principio del ciclo. Esto significa que la corriente I_L es igual en $t=0$ y en $t=T$.

En algunos casos la cantidad de energía requerida por la carga es tan pequeña que puede ser transferida en un tiempo menor que el periodo de conmutación; en este caso la corriente a través de la bobina cae a cero durante una parte del periodo. La única diferencia con el funcionamiento descrito antes es que el inductor está completamente descargado al final del ciclo de conmutación.

La energía en el inductor sigue siendo la misma al principio y al final del ciclo. Esto significa que el valor medio de la tensión del inductor (V_L) es cero. La corriente de salida entregada a la carga (I_o) es constante. También se supone que la capacidad del condensador de salida es suficientemente alta para mantener constante el nivel de tensión en sus terminales durante un ciclo de conmutación. Esto implica que la corriente que pasa a través del condensador tiene como valor medio cero, así que la corriente media en la bobina será igual a la corriente de salida: $(V_{in} - V_{sal}) \cdot t_{on} = V_{sal} \cdot t_1$.

En donde podemos apreciar la dependencia, en este modo, de la tensión de salida no solo con la d sino que además con la carga y la frecuencia de conmutación. $f_{conmutación} = 1/T$.

2.9.1.2. Flyback y forward (Boost)

Las principales características de un convertidor Boost son las siguientes:

- Rango desde 50 hasta 250 W.
- Variación del voltaje de entrada: $V_{in} +10\%$, -20%
- Eficiencia del convertidor: $\eta = 80\%$
- Regulación por variación del ciclo de trabajo: $d(\max) = 0.4$
- Máx. corriente de trabajo en el transistor:

$$I_w = 2 P_{out} / (\eta d(\max) V_{in}(\min) 1.41) = 5.5 P_{out} / V_{in} \text{ (FLYBACK)}$$

$$I_w = P_{out} / (\eta d(\max) V_{in}(\min) 1.41) = 2.25 P_{out} / V_{in} \text{ (FORWARD)}$$

- Máx. tensión de trabajo del transistor: $V_w = 2 V_{in}(\max) 1.41 +$ tensión de protección

Configuración básica:

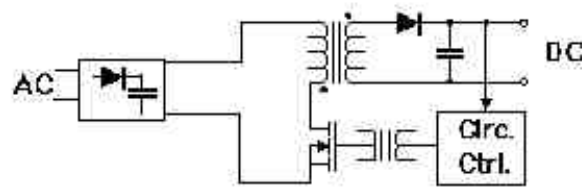


Ilustración 21. Boost

En el regulador flyback se puede variar sutilmente el modo de trabajo, continuo o discontinuo.

- Modo Discontinuo: Es el modo Boost estrictamente, donde la energía se vacía completamente del inductor antes de que el transistor vuelva a encenderse.
- Modo Continuo: Antes que la bobina se vacié enciende nuevamente el transistor. La ventaja de este modo radica en que el transistor sólo necesita conmutar la mitad de un gran pico de corriente para entregar la misma potencia a la carga.

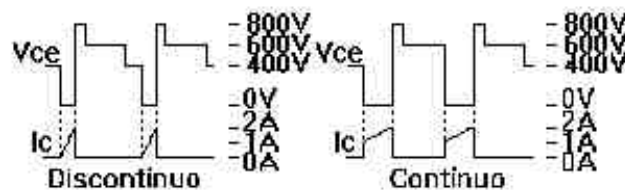


Ilustración 22. Modos de funcionamiento

El regulador Forward difiere del Flyback en que agrega un diodo más para ser usado como diodo de libre rodado en el filtro LC y un devanado más en el transformador para lograr el restablecimiento. Gracias a todo esto puede entregar potencia a la carga mientras el transistor está encendido. El ciclo de trabajo no puede superar el 50%.

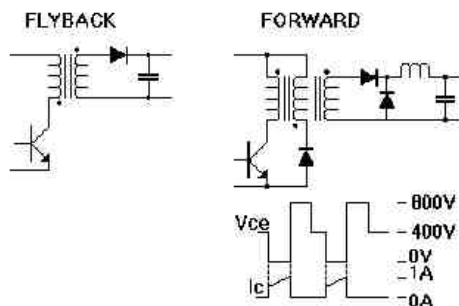


Ilustración 23. Flyback / Forward

2.9.1.3. Push-Pull

Las principales características de un convertidor Push-Pull son las siguientes:

- Rango desde 100 hasta 500 vatios.
- Variación del voltaje de entrada: $V_{in} +10\%$, -20%
- Eficiencia del convertidor: $\eta = 80\%$
- Regulación por variación del ciclo de trabajo: $d(\max) = 0.8$
- Máx. corriente de trabajo en el transistor:

$$I_w = P_{out} / (\eta d(\max) V_{in}(\min) 1.41) = 1.4 P_{out} / V_{in} \text{ (FORWARD)}$$

- Máx. tensión de trabajo del transistor: $V_w = 2 V_{in}(\max) 1.41 + \text{tensión de protección}$

Configuración básica:

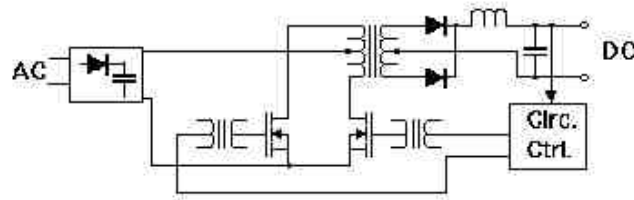


Ilustración 24. Push-Pull

2.9.1.4. Half-Bridge

Las principales características de un convertidor Half-Bridge son las siguientes:

- Rango desde 100 hasta 500 vatios.
- Variación del voltaje de entrada: $V_{in} +10\%$, -20%
- Eficiencia del convertidor: $\eta = 80\%$
- Regulación por variación del ciclo de trabajo: $d(\max) = 0.8$
- Máx. corriente de trabajo en el transistor:

$$I_w = 2 P_{out} / (\eta d(\max) V_{in}(\min) 1.41) = 2.8 P_{out} / V_{in} \text{ (FORWARD)}$$

- Máx. tensión de trabajo del transistor: $V_w = V_{in}(\max) 1.41 + \text{tensión de protección}$

Configuración básica:

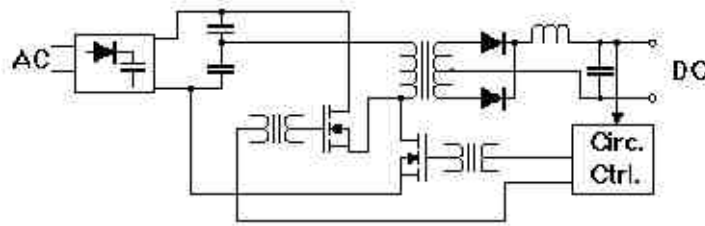


Ilustración 25. Half-Bridge

Opcionalmente agregando un condensador de acoplamiento:

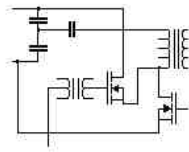


Ilustración 26. Con condensador de acoplamiento

2.9.1.5. Half Bridge

Las principales características de un convertidor Half-Bridge son las siguientes:

- Rango desde 500 hasta 1000 vatios.
- Variación del voltaje de entrada: $V_{in} +10\%$, -20%
- Eficiencia del convertidor: $\eta = 80\%$
- Regulación por variación del ciclo de trabajo: $d(\max) = 0.8$
- Máx. corriente de trabajo en el transistor:

$$I_w = P_{out} / (\eta d(\max) V_{in}(\min) 1.41) = 1.4 P_{out} / V_{in} \text{ (FORWARD)}$$

- Máx. tensión de trabajo del transistor: $V_w = V_{in}(\max) 1.41 + \text{tensión de protección}$

Configuración básica:

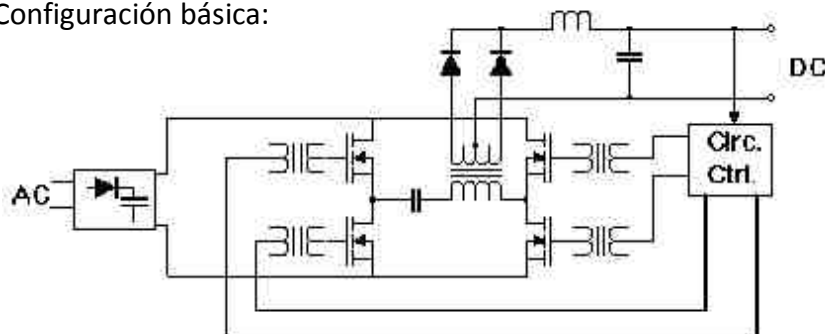


Ilustración 27. Full-Bridge

2.9.2. Fuentes conmutadas Vs Fuentes lineales

Básicamente existen dos formas de realizar una fuente de alimentación regulada. Una de ellas consiste en hacer una fuente que entregue mayor tensión de la requerida a la salida. Entre la fuente y la carga se coloca un dispositivo regulador que no hace otra cosa que disminuir la tensión de la fuente hasta un valor deseado manteniéndolo constante. Para lograr esto, se utilizan transistores que trabajan como resistencias variables. De esta manera, parte de la potencia de la fuente llega a la carga y parte se transforma en calor que se disipa luego en el aire.

A estos dispositivos se los denomina reguladores lineales y se caracterizan por generar bastante calor para potencias medianas y altas.

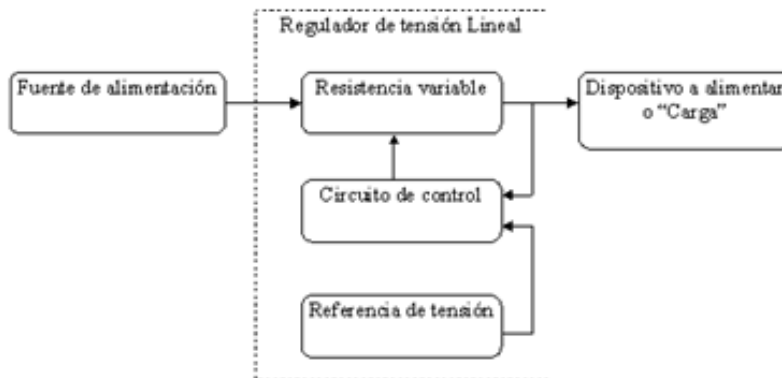


Ilustración 28. Regulador lineal

Otro tipo de reguladores son capaces de tomar de la fuente sólo la potencia que la carga requiere. De esta manera, prácticamente no hay potencia disipada en forma de calor y por ello su eficiencia es mucho mayor.

El principio de funcionamiento de estos reguladores consiste en transformar la tensión continua de la fuente en una serie de pulsos que tienen un ancho determinado. Estos pulsos son luego integrados y transformados nuevamente en una tensión continua. Variando el ancho de los pulsos es posible controlar la tensión de salida. A los reguladores que emplean este principio se los denomina reguladores conmutados.

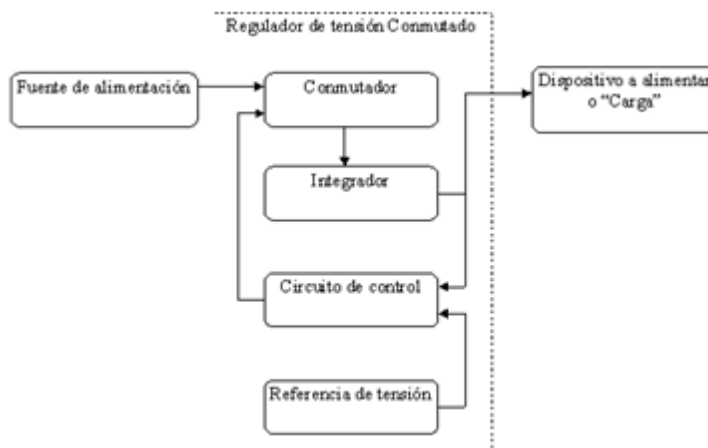


Ilustración 29. Regulador conmutado

La complejidad circuital de los reguladores conmutados había relegado su uso, hasta no hace mucho tiempo, al campo de las altas potencias o aplicaciones especiales. Sin embargo ahora se cuenta con circuitos integrados que facilitan y reducen los costos de este tipo de reguladores con lo cual su uso se ha extendido enormemente en los últimos años.

Hay varios tipos de clasificaciones de las fuentes conmutadas. Se pueden clasificar en convertidores on line y off line.

El diagrama característico de convertidor on line es el siguiente:

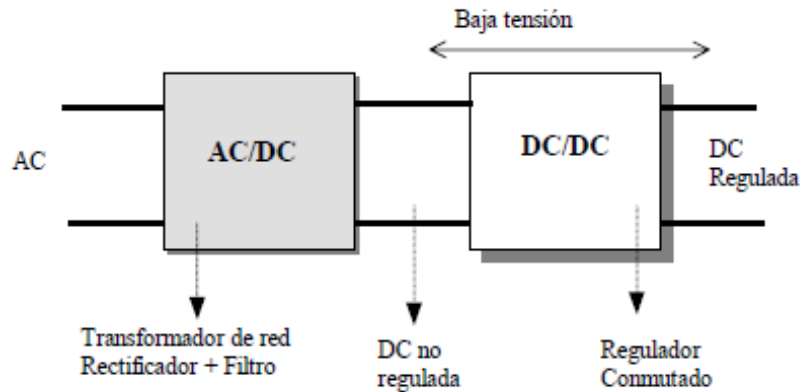


Ilustración 30. Estructura de un convertidor conmutado on line

El diagrama de bloques de un convertidor off line es el siguiente:

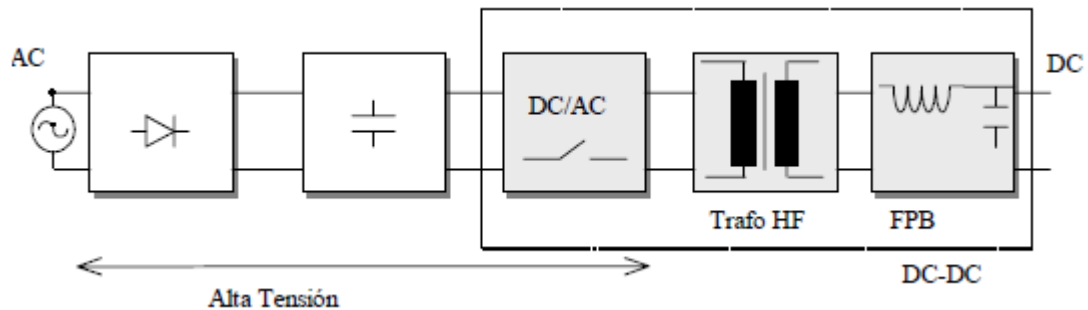


Ilustración 31. Estructura de un convertidor conmutado off line

También se pueden clasificar teniendo en cuenta si poseen aislamiento galvánico o carecen de él.

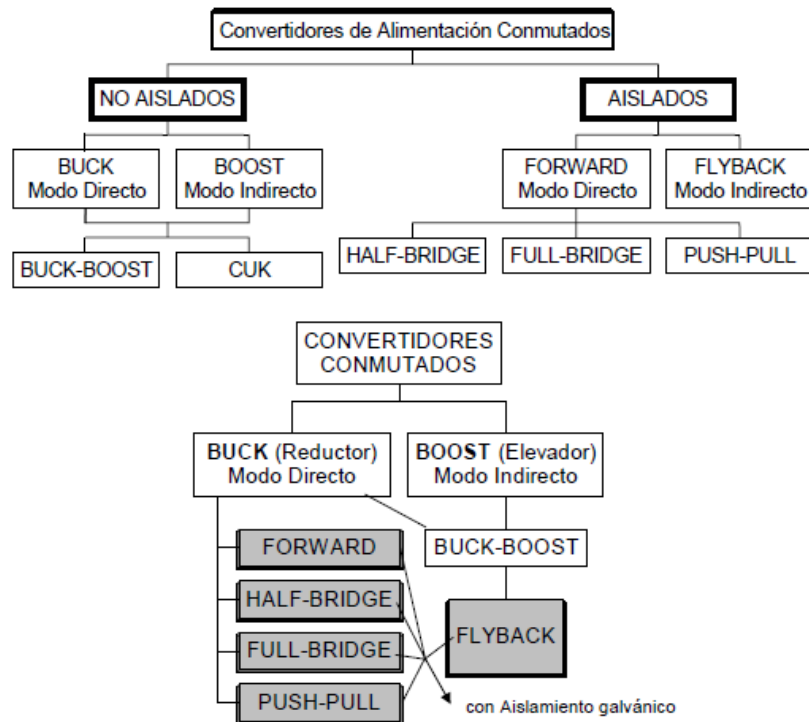


Ilustración 32. Tipos de fuentes conmutadas

2.10. Justificación.

Teniendo en cuenta todas las características anteriormente expuestas acerca de los sistemas de control de entorno, cabe decir que el proyecto realizado reúne los requisitos que todo dispositivo para control de entorno debe tener.

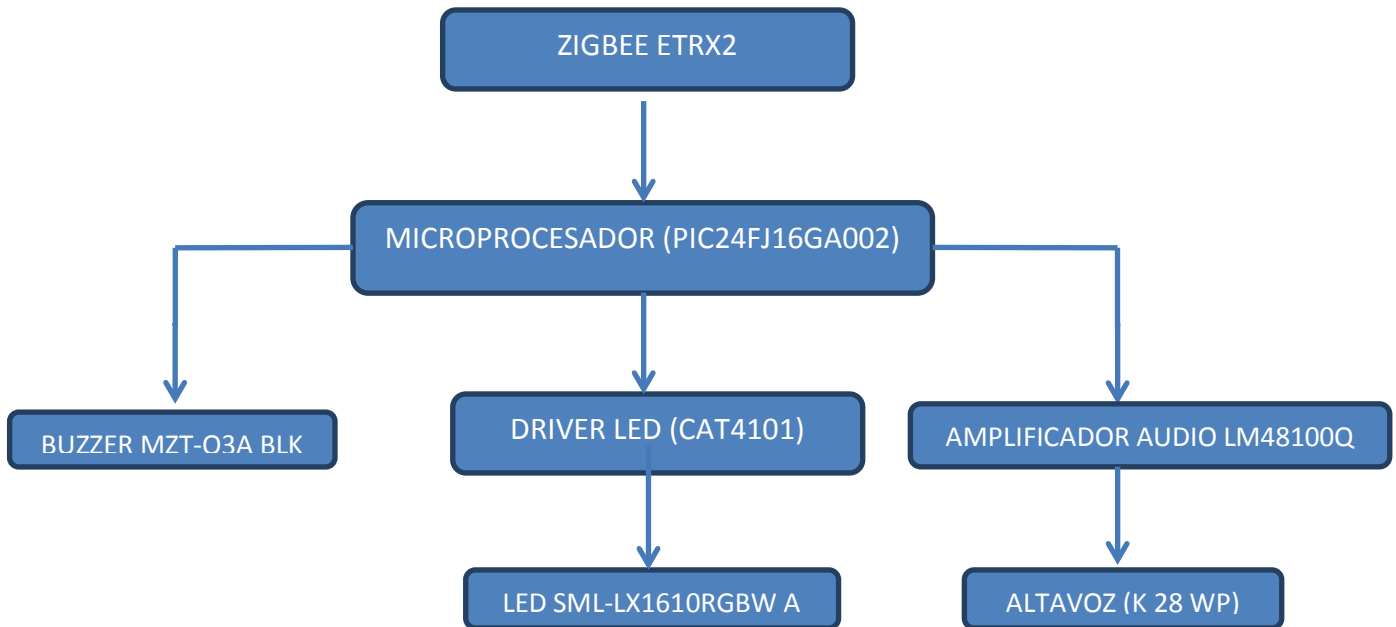
Además de todos esos requisitos, es importante señalar que es totalmente personalizable, puede producir cualquiera de las notas de las octavas musicales, por lo que podemos reproducir cualquier sonido o melodía, como concatenación de las mismas durante el tiempo que consideremos.

En lo que a señales visuales se refiere, cuenta con un diodo led que puede lucir de varios modos distintos, ya sea con parpadeos o bien haciendo las funciones de “fade in” y “fade out” durante el tiempo que consideremos, con cualquiera de los colores que se detallan en la parte que corresponde al diodo led.

En el mercado actual no hay ningún dispositivo similar, no hay nada que ofrezca tanta posibilidad de personalización de las características de la señal de aviso.

3. Especificaciones. Diagrama de bloques

3.1. Diagrama de bloques



3.2. Fuente de alimentación

En lo referente a la fuente de alimentación del sistema, tenemos dos opciones. Por un lado, una fuente diseñada de 5W, a la que conectaremos un regulador para conseguir así los 3.3V que necesitamos para algunos de los dispositivos.

El esquema de conexión del regulador de 3.3V se puede ver en la ilustración 33.

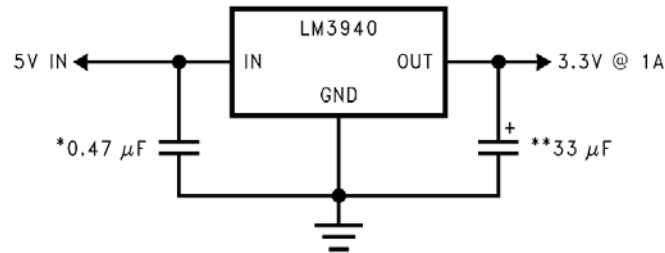


Ilustración 33. Esquema conexión regulador LM3940

Para el diseño se ha adoptado por una configuración buck utilizando los integrados de Power Integrations, lo cual lo simplifica bastante.

El diseño que podemos ver en la ilustración 34 ha sido uno de los que se ha barajado para la fuente de alimentación. Se ha descartado por la complejidad que ofrece el trafo frente a la simplicidad del mismo del diseño escogido.

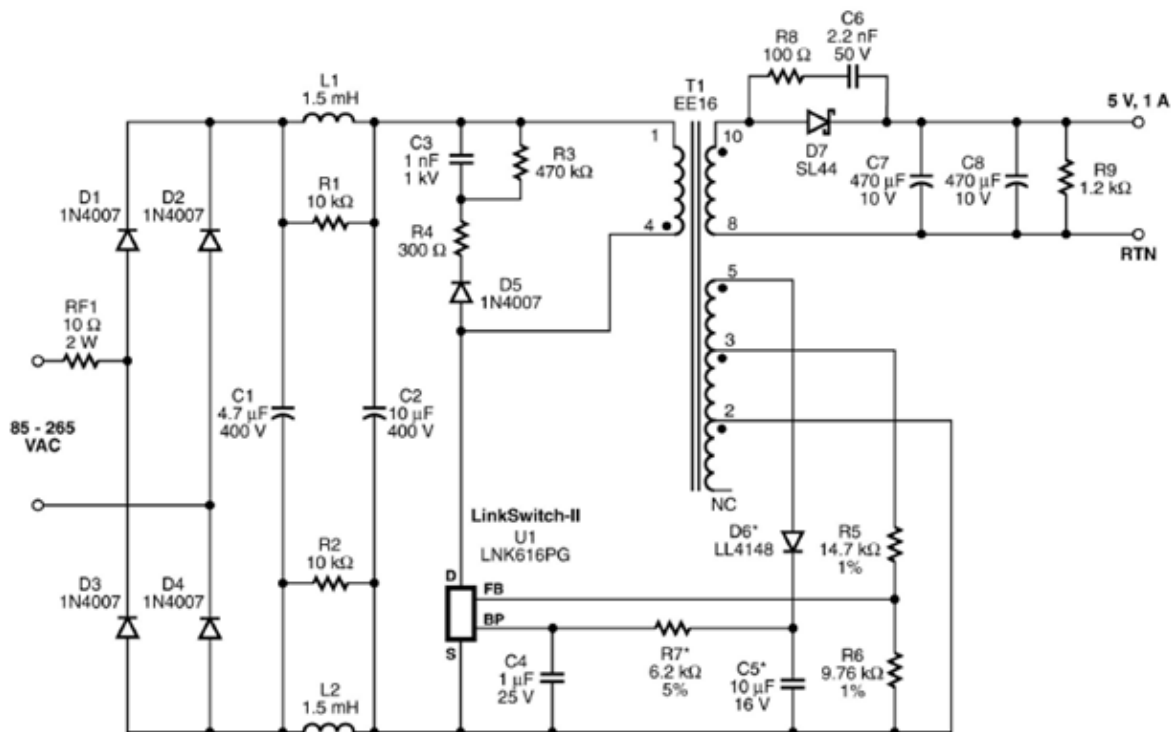


Ilustración 34. Diseño 1

En la ilustración 35 podemos ver otro posible diseño para la fuente, que se ha descartado finalmente por la numerosa cantidad de componentes que serían necesarios.

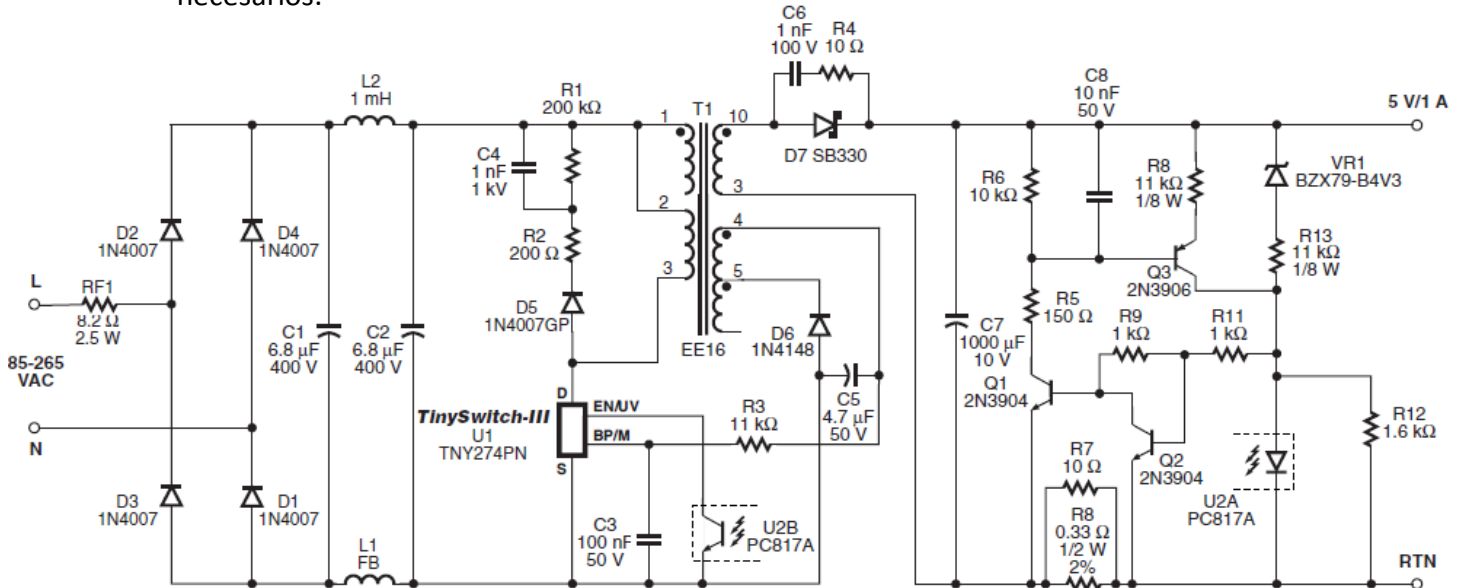


Ilustración 35. Diseño 2

El diseño que vemos en la ilustración 36 corresponde a una fuente de alimentación de 6W, y para la fuente de alimentación que se necesita bastaría con 5W, por lo que se descartó también este diseño.

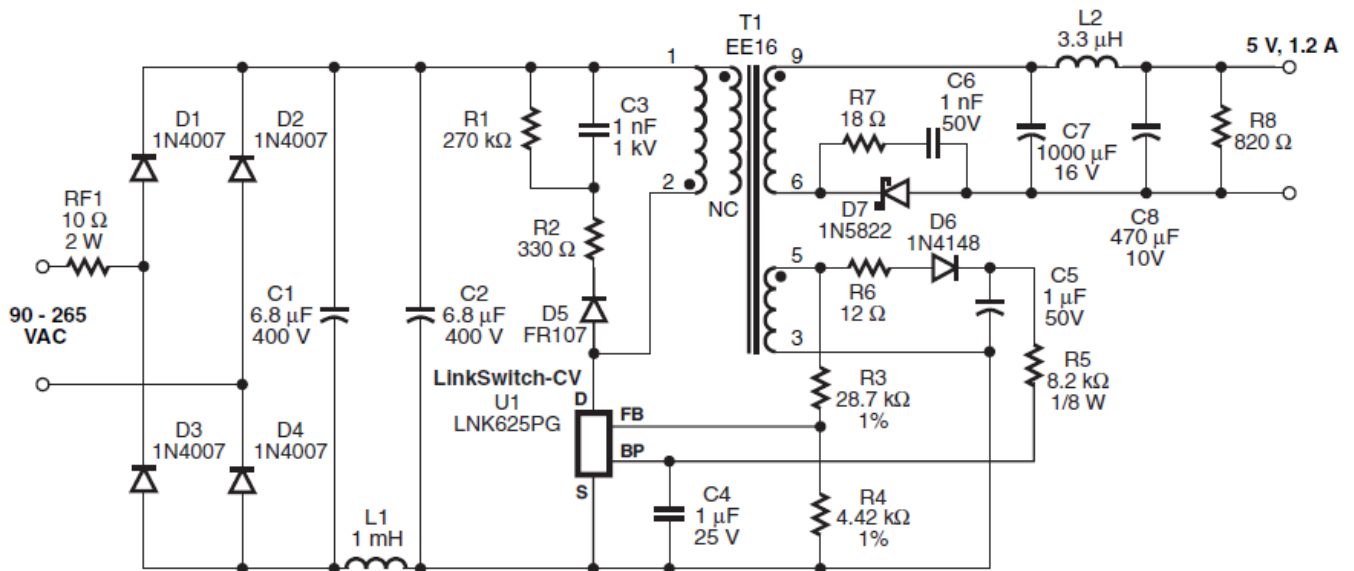


Ilustración 36. Diseño 3

En la ilustración 37 podemos ver el diseño que se ha escogido frente a las demás opciones que se han barajado, por las razones ya explicadas anteriormente.

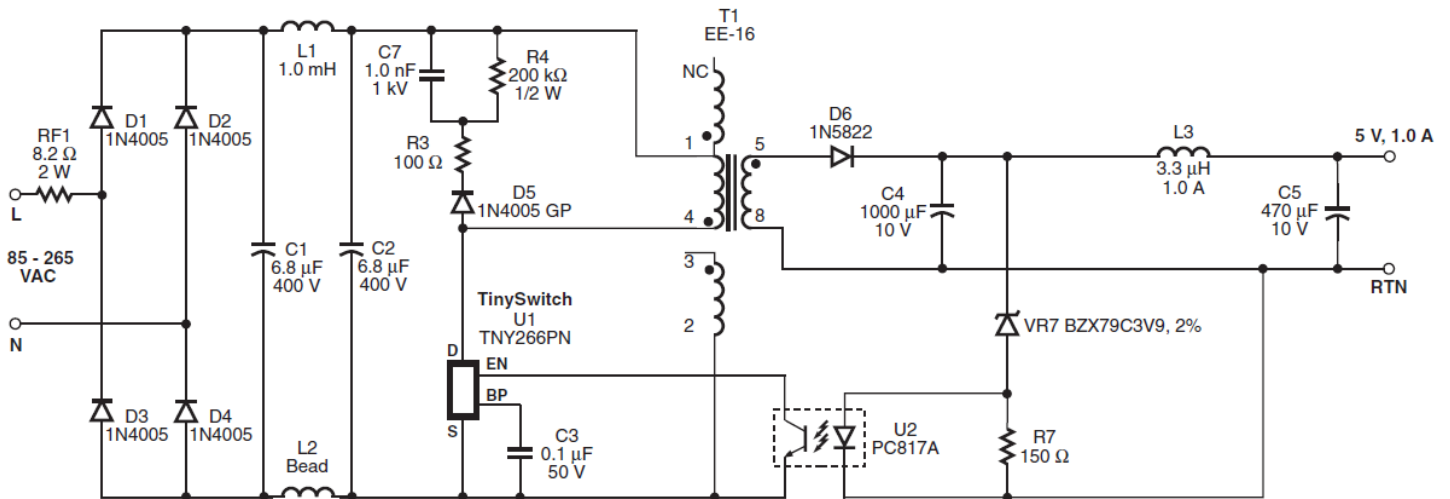


Ilustración 37. Diseño 4

Otra opción es la conexión de una fuente de alimentación ya diseñada por TRACO POWER. Se ha elegido un modelo de 5W de potencia. El modelo concreto es el TMLM 05105 (Ilustración 38), cuya salida son 5V y de 1A de corriente. También será necesaria la conexión de un regulador con el que conseguir 3.3V. (Ilustración 39)



Ilustración 38. Traco TMLM 05105

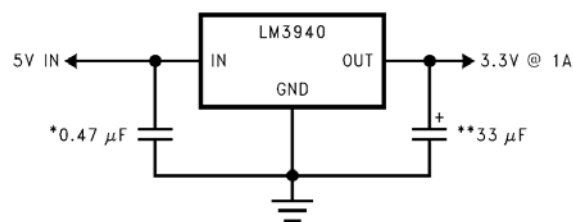


Ilustración 39. Conexión regulador LM3940

3.3. Diodo led

Como señal luminosa se pidió como requerimiento un diodo led de una potencia en el rango de 1 a 3W.

Se han barajado varias opciones, una de ellas el diodo led RGB F50360 de Z-POWER LED Series del fabricante Seoul Semiconductor. Otra de las opciones fue el diodo led RGB OSW-8339 de OS-83 Series del fabricante Multicomp.

También se estudió la posibilidad de utilizar el diodo led RGB OV4ZRGBA de Optek Technology, el P3RGB1H de OMC y el SML-LX1610RGBW/A de LUMEX.

En la siguiente tabla podemos ver las principales características de cada uno de ellos.

Características		F50380	OSW-8339	OV4ZRGBA	P3RGB1H	SML-LX1610RGBW/A
Forward Voltage (V)	RED	2.6	2.3	2.5	2.3	2.1
	GREEN	3.8	3.5	3.9	3.6	3.5
	BLUE	3.6	3.5	3.6	3.5	3.5
	AMBER			2.5		
Forward Current (mA)	RED	350	350	350	350	300
	GREEN	350	350	350	350	350
	BLUE	350	350	350	350	350
	AMBER			350		
Potencia (W)		3.2	3.3	4.3	3.3	3.5
Número de pines		6	6	6	6	4
Precio (€)		16.86	13.02	29.99	17.59	12.60

Tabla 5. Comparativa leds

Finalmente se optó por elegir el diodo SML-LX1610RGBW/A. Teniendo en cuenta el precio, la disponibilidad a la hora de realizar el pedido, la complejidad de manejo y la potencia de luz necesaria, este diodo es el que reunía mejores características en su conjunto.

El esquema de conexiones del diodo LED SML-LX1610RGBW/A es el siguiente:

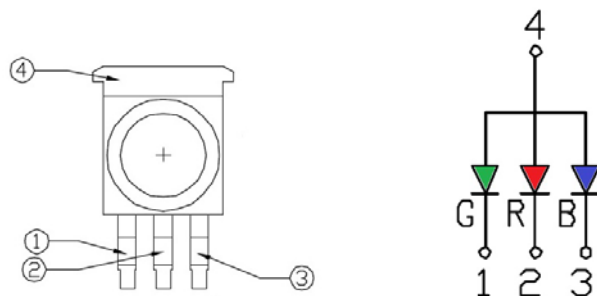


Ilustración 40. Esquema conexiones

La tabla de características del diodo led es la siguiente:

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS $T_A=25^\circ\text{C}$					
PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNITS	TEST COND
PEAK WAVELENGTH		626 (RED)		nm	
		525 (GREEN)		nm	
		470 (BLUE)		nm	
FORWARD VOLTAGE (R)		2.1	2.79	V _f	I _f =300mA
	(G)	3.5	3.99	V _f	I _f =350mA
	(B)	3.5	3.99	V _f	I _f =350mA

Tabla 6. Características diodo led

Para asegurar que el diodo led tiene la corriente y tensión necesarias en cada caso necesitamos un driver para el led, además para poder controlar su estado ON-OFF el propio driver también estará conectado al micro.

Como driver para el led se han buscado varias opciones, tales como el A6260 del fabricante Allegro, EL7513 de Intersil, el LM3401 de National Semiconductor, el AP8800 de Diodes Incorporated y el CAT4101 de ON Semiconductor, entre otros.

Características	A6260	LM3401	AP8800	CAT4101	EL7513
Rango Tensión Entrada (V)	6 - 40	4.5 - 35	8 - 28	3 - 25	2.6 - 13.2
Corriente de Salida (mA)	0 - 350	0 - 800	0 - 350	0 - 1000	0 - 500
Frecuencia de operación	1 Mhz	1.5 Mhz	0.25 Mhz	5 Khz	1 Mhz
Necesidad de componentes externos	No	Si	Si	No	Si
Número de pines	8	8	8	5	8
Precio (€)	1,84	2.02	1.82	1.33	1.96

Tabla 7. Comparativa Drivers

El driver CAT4101 posee mejores características para nuestro caso, ya que mejora a los demás tanto en el precio como en la facilidad de conexión y además no necesita la utilización de otros componentes externos conectados a él como bobinas y condensadores.

El esquema de conexiones del driver es el siguiente:

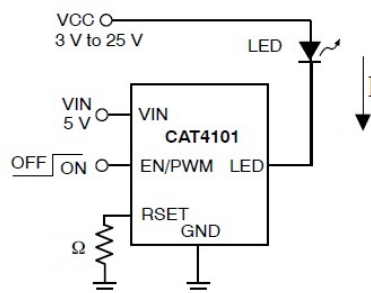


Ilustración 41. Conexiones driver

Para el color "Blue" y "Green" la corriente que debe circular a través del diodo led son 350 mA, mientras que para el color "Red" son 300 mA.

LED CURRENT [mA]	RSET [Ω]
100	4990
200	2490
300	1690
400	1270
500	1050
600	866
700	768
800	680
900	604
1000	549

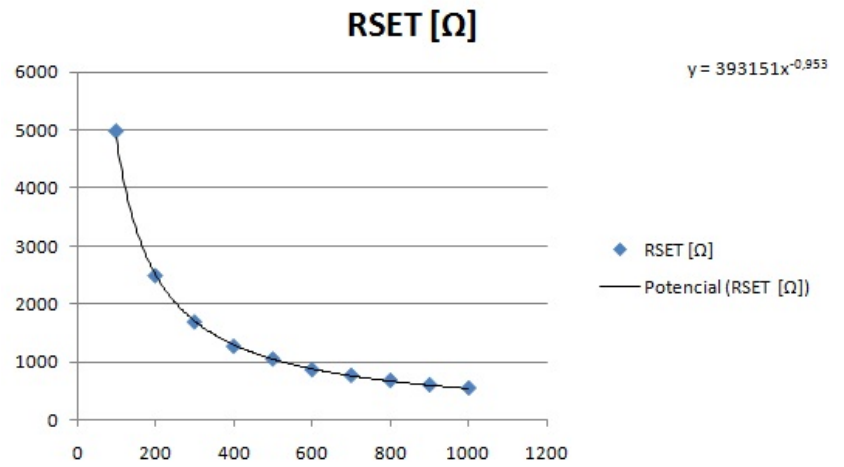


Tabla 8. Led current Vs Rset

Led Current (mA)	300
Rset (Ω)	1713,416043

Led Current (mA)	350
Rset (Ω)	1479,321395

Tabla 9. Led current 300/350 mA

Teniendo en cuenta estos valores, ha de ajustarse el valor de la Rset para cada caso de acuerdo con la gráfica mostrada en el datasheet.

Para los colores "Blue" y "Green" deberá utilizarse una Rset cuyo valor es 1.5 K Ω , mientras que para el color "Red" será de 1.8K Ω aproximadamente.

3.4. Buzzer

Como señal acústica se han barajado varias opciones, una de ellas el buzzer ABI-004-RC de Alan Butcher Components. Otra de ellas fue el AI-4228-TWT-R de Pui Audio.

Se han estudiado varios modelos del fabricante Star Micronics, el buzzer MZT-03A BLK, el MUT-01A y el MUT-03A.

Características	MZT-03A BLK	AI-4228-TWT-R	ABI-004-RC	MUT-01A	MUT-03A
Rated Voltage (V)	3.6	3-28	12	1.5	3
Current Consumption (mA)	60	10	15	65	70
Rated Frequency (Hz)	2670	2800 +/- 500	3500 +/- 500	3200	3200
Sound Output at 10cm (dB)	87	99	95	92	93
Weight (g)	0.5	12	15	1	1

Tabla 10. Comparativa Drivers

Finalmente, se optó por usar el MZT-03A BLK, dadas sus características similares a los demás y mejorándolos en el tamaño, al ser más pequeño, y en la tensión de entrada dado que puede funcionar a 3.3V como se verificó en las pruebas realizadas de audio.



Ilustración 42. MZT-03A BLK

3.5. Altavoz

Además del buzzer, se incluye en la pcb de generador de eventos un altavoz como posible mejora a la calidad de audio proporcionada por el buzzer.

Se han barajado varias opciones, una de ellas el altavoz ABS-222-RC del fabricante Pro Signal.

También se estudió la posibilidad de utilizar el, K 50 WP, el K 28 WP, el K 50 y el FRS 5, todos ellos del fabricante VISATON.

En la siguiente tabla podemos ver las principales características de cada uno de ellos.

Características	K 28 WP	K 50	FRS 5	FRWS 5 SC	K 50 WP	ABS-222-RC
Rated Power (W)	1	2	5	2	2	1
Impedance (Ω)	8 / 50	8	8	8	8	8
Frequency response (Hz)	300-20000	250-10000	150-20000	200-20000	180-17000	0-11000
Mean sound pressure level	75 dB (1W/1m)	83 dB (1W/1m)	84 dB (1W/1m)	80 dB (1W/1m)	86 dB (1W/1m)	85 dB(1W/1m)
Resonant frequency (Hz)	500	350	270	350	300	550
Cutout diameter (mm)	21	45	46	45	46	36
Net weight (g)	7	50	126	52	48	8.25

Tabla 11. Comparativa altavoces

Finalmente se optó por elegir el K 28 WP dado su menor tamaño y las demás características similares a los demás.



Ilustración 43. K 28 WP

3.6. Microprocesador

Son infinitos los microprocesadores que ofrece el mercado hoy en día, pero se optó por el uso de un micro del fabricante MICROCHIP porque son los que usan en el grupo de investigación Tecnodiscap, y por lo tanto tienen todos los kits de desarrollo y cables necesarios para su programación.

Además de lo anterior, se optó por el modelo PIC24FJ16GA002, ya que es un micro con una memoria suficiente para albergar toda la programación y que además cuenta con 5 posibles patillas en las que se pueden utilizar PWM para controlar nuestros dispositivos, 3 para el diodo led, 1 para el buzzer y 1 más adicional en el caso de que se quisiera conectar el altavoz.

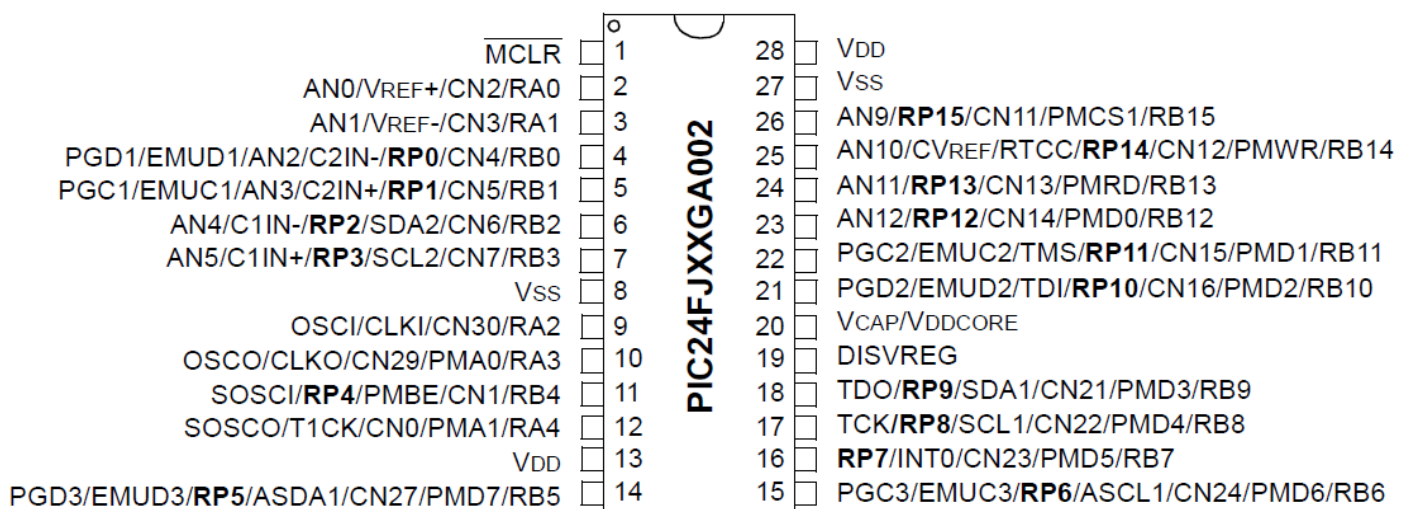


Ilustración 44. PIC24FJ16GA002

3.7. Módulos ZigBee

Una vez conocidos los dispositivos que debemos encontrar para poder implementar el proyecto y planteadas las condiciones que deben cumplir éstos, podemos empezar la búsqueda de los módulos compatibles con ZigBee.

Para ello se ha realizado una búsqueda y estudio de diferentes dispositivos ZigBee (transceiver y microcontroladores) que proporcionan un listado de fabricantes. Por lo tanto, en este apartado quedan detallados los distintos componentes que han sido analizados para poder encontrar la mejor solución posible.

Una vez finalizado el estudio de los distintos módulos se realizará una tabla donde quedarán detalladas todas las especificaciones técnicas de todos los dispositivos y de este modo realizar la selección del módulo más apto para nuestro proyecto

3.7.1. Módulo EXTR2

El módulo ZigBee *ETRX2* es un módulo que corresponde a la versión R207 que apareció el 4 de agosto de 2006. Sus principales características son:

- Dimensiones: 37,75 x 20,5mm
- Basado en el chip EM250
- Opera a 2,4 GHz banda ISM
- El módulo incluye el software de comandos AT de Telegesis basado en EmberZNet 2.x
- Tensión de alimentación: 2,1 – 3,6 V
- Rango de temperatura en los que opera: -40°C a +85°C
- Tasa de transferencia 250 kbits/s
- 16 canales disponibles
- Acepta encriptación (AES-128)
- Interficie UART con DMA (acceso directo a memoria)

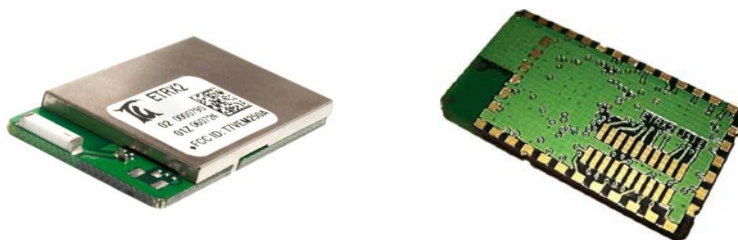


Ilustración 45. Módulo EXTR2

3.7.2. Módulo XBee ZNet 2.5 RF Module

En la familia de módulos XBee podemos encontrar, como veremos más adelante, dos tipos de módulos muy similares: XBee ZNet y XBee-PRO ZNet. En este caso tratamos con el módulo XBee ZNet 2.5, mostrado en la Figura 10.



Ilustración 46. Transceiver XBee ZNet 2.5 RF Module

El módulo XBee ZNet 2.5 RF satisface las necesidades de bajo coste y bajo consumo exigido en redes de sensores inalámbricas. El módulo diseñado para ZigBee es de fácil uso, requiere niveles mínimos de potencia y proporciona una entrega fiable de datos entre dispositivos. Su pequeño tamaño ayuda a su integración en una PCB.

Este módulo, totalmente compatible con ZigBee, opera a una frecuencia de 2.4GHz dentro de la banda ISM. Está diseñado para su uso en US, Canadá, Australia y Europa. No precisa de ninguna configuración para comunicaciones RF. XBee ZNet 2.5 no está configurado para ningún nivel de aplicación específico, esto proporciona que se pueda usar en una amplia gama de sistemas.

El fabricante proporciona únicamente el transceiver, por lo tanto se debe encontrar un microcontrolador compatible con este módulo.

Las principales especificaciones del módulo XBee ZNet 2.5 RF10 son las siguientes:

- Frecuencia: 2.4GHz
- Potencia de salida: 2mW (+3dBm)
- Consumo Rx: 40mA
- Consumo Tx: 40mA
- Pila: 2.1 – 3.6V
- Temperatura: -40°C a 85°C
- Distancia: Interior: 40m / Exterior: hasta 120m
- Tamaño (cm): 2.43 x 2.76
- Peso: 3gramos
- Uso para redes avanzadas y soporte de módulos de bajo consumo.
- Conectores RPSMA y U.FL, antena Chip o antena Wired Whip.

3.7.3. Módulo XBee-PRO ZNet 2.5 RF Module

Este nuevo módulo proviene del mismo fabricante que el anterior, por lo tanto las aportaciones de uno y otro son muy parejas. XBee-PRO se diferencia por una mayor potencia de salida y por lo tanto mayor cobertura, mayor tamaño de dispositivo y mayor consumo en potencia.

Al igual que en el caso anterior, XBee-PRO es solamente el transceiver, como podemos ver en la Figura 11. Este es uno de los motivos por el que probablemente se puedan descartar los módulos proporcionados por XBee.



Ilustración 47. Transceiver XBee-PRO ZNet 2.5 RF Module

Las principales especificaciones del módulo XBee-PRO ZNet 2.5 RF11 son las siguientes:

- Frecuencia: 2.4GHz
- Potencia de salida: 50mW (+17dBm)
- Consumo Rx: 45mA
- Consumo Tx: 295mA
- Pila: 3.0 – 3.4V
- Temperatura: -40°C a 85°C
- Distancia: Interior: 120m / Exterior: hasta 1.6km
- Tamaño (cm): 2.43 x 3.29
- Peso: 3gramos
- Uso para redes avanzadas y soporte de módulos de bajo consumo.
- Conectores RPSMA y U.FL, antena Chip o antena Wired Whip.

3.7.4. Módulo EasyBee ZigBee Transceiver Module

EasyBee consiste en un módulo transceiver útil para RF ZigBee dentro del IEEE 802.15.4. Esto permite facilitar el diseño de productos inalámbricos que posean ZigBee/IEEE 802.15.4 sin la necesidad de RF o de diseño de antenas grandes.

El módulo EasyBee, que podemos ver en la Figura 12, contiene toda la circuitería pertinente de RF, incluyendo una antena integrada y el regulador, el enchufe de unión o el módulo de montaje superficial.



Ilustración 48. EasyBee ZigBee Transceiver Module

Contiene un SPI de 4 cables que funcionan de interface con el microcontrolador. La capa PHY incluye una impedancia al igual que la antena integral. Posibilita la opción de una pantalla o de un conector externo de antena.

La capa MAC incluye la generación CRC-16, la evaluación de canal clara, la detección de señal de energía, la seguridad, encriptación y autenticación.

EasyBee es un dispositivo totalmente capaz de comunicarse en una red y no precisa de una capa de red ZigBee. Si se precisa ZigBee, podemos encontrar ZigBee Stacks libres. Este módulo es una solución rápida para aplicar ZigBee y IEEE 802.15.4 a las comunicaciones del mercado.

Nos encontramos con otro fabricante que nos proporciona únicamente el dispositivo transceiver para hacer la conexión mediante ZigBee, pero en este caso el propio fabricante nos recomienda el uso de un microcontrolador de la casa MICROCHIP. Sería una posible solución en caso de no encontrar ningún módulo que posibilite una solución completa.

Las principales especificaciones del módulo EasyBee ZigBee Transceiver Module son las siguientes:

- Frecuencia: 2.4GHz
- Potencia de salida: 1mW (+0dBm)
- Consumo Rx: 20mA
- Consumo Tx: 18mA
- Pila: 2.1 – 3.6V
- Temperatura: -40°C a 85°C
- Distancia: 120m
- Tamaño (cm): 2.6 x 2
- Posibilidad de antena integrada o externa.
- Uso para redes ZigBee, sustitución de cables, automatización del hogar, control y conexionado industrial, redes inalámbricas de sensores.

3.7.5. Módulo ZB-21 ZigBee OEM Module

Es uno de los mejores módulos con capacidad de utilización de ZigBee. El ZB-21 ZigBee OEM Module ha sido diseñado para aportar una mayor flexibilidad en las conexiones. El módulo ZB-21 incluye un procesador OKI ARM7TDMI y funciones RF de ZigBee. El procesador ARM7 está disponible para el desarrollo de conexiones flexibles, esto lo hace un dispositivo controlador inalámbrico.

A lo que refiere a la potencia de consumo de este módulo, ha sido cuidadosamente optimizada (23µA en estado dormido).

El módulo está listo para ser precargado con programas y posteriormente ser probado de modo que estén listos a instalar sin procedimientos adicionales.

Como podemos ver en la Figura 13, el ZB-21 consiste en un montaje superficial sobre una PCB, donde se encuentra el módulo totalmente integrado (microcontrolador + transceiver) listo para ser utilizado en tecnologías sin cables ZigBee.



Ilustración 49. ZB-21 ZigBee OEM Module

Visto lo que nos proporciona AMPEDRF, casa origen del módulo ZB-21, hay que tener muy en cuenta esta opción puesto que nos suministran de forma conjunta e integrada los dispositivos transceiver y microcontrolador.

Las principales especificaciones del módulo ZB-21 ZigBee OEM Module13 son las siguientes:

- Frecuencia: 2.4GHz
- Potencia de salida: 1mW (+0dBm)
- Consumo Rx: 25 μ A
- Consumo Tx: 50mA
- Pila: 3.3V
- Temperatura: -20°C a 70°C
- Distancia: Interior: 30m / Exterior: 100m
- Tamaño (cm): 1.5 x 2.7
- Apto para estándar ZigBee.
- Módulo completo de RF.
- Antena Integrada.
- Interface SPI.

3.7.6. Módulo MICAz Module

El fabricante de MICAz, Crossbow, proporciona módulos inalámbricos que satisfacen todo tipo de necesidades de los usuarios para sus aplicaciones o incluso para el diseño de proyectos a gran escala. Crossbow proporciona una gran variedad de kits diseñados para proporcionar las herramientas necesarias para el diseño y desarrollo de redes de sensores inalámbricas.

El módulo MICAz que vemos en la Figura 14 hace uso de la banda frecuencial de 2.4GHz y es usado para habilitar redes de sensores inalámbricos de bajo consumo.



Ilustración 50. MICAz Module

La PCB del módulo MICAz se conoce como MPR2400CA, y está basado en un microcontrolador de Atmel (ATmega1281). ATmega128L consiste en un “micro” de bajo consumo en el cual se puede instalar en su memoria flash el ZigBee Stack usado por el fabricante (MoteWorks).

Su único procesador (MPR2400) puede ser configurado para ejecutar nuestra aplicación con sensores, procesar nuestra red o realizar comunicaciones simultáneas. Incluye una expansión de conectores de 51-pin que soporta entradas analógicas, entradas/salidas digitales, I2C, SPI e interface UART. Esta interface es muy útil para poder conectar el módulo a una gran variedad de periféricos. Crossbow ofrece una

gran variedad de conexiones para sensores vía el estándar de la expansión de conectores 51-pin y de este modo la posibilidad de adquisición de datos muy útiles. MICAz (MPR2400), basado en el estándar 802.15.4, transfiere a una velocidad de 250kbps e incluye un hardware de seguridad (AES-128).

Este módulo puede ser una muy buena opción para la implementación de nuestro proyecto, ya que incluye microcontrolador y transceiver y ambos compatibles con ZigBee. El *handicap* que puede acusar este dispositivo es el dimensionado de su PCB puesto que, como se puede apreciar en su ficha técnica, sobrepasaría los límites deseados.

Las principales especificaciones del módulo MICAz Module14 son las siguientes:

- Frecuencia: 2.4GHz
- Potencia de salida: 1mW (+0dBm)
- Consumo Rx: 19.7mA
- Consumo Tx: 17.4mA
- Pila: 3.3V
- Distancia: Interior: 20-30m / Exterior: 75-100m
- Tamaño (cm): 3.2 x 5.8 x 0.7
- Apto para estándar ZigBee.
- Módulo completo de RF.
- Antena Integrada.
- Interface SPI.
- Expansión de conectores para una gran variedad de sensores.

3.7.7. Módulo ATMEL Module

ATMEL es el nombre del fabricante que proporciona dispositivos compatibles con la especificación ZigBee.

En este caso se nos detalla, por separado, cual es el transceiver y el microcontrolador utilizados para la implementación del módulo. Como se puede comprobar en la Figura 15, nos encontramos con otra solución completa al integrar en su PCB todos los componentes requeridos y compatibles con ZigBee, por lo tanto debemos de analizar dichos componentes para conocer los beneficios que pueden aportar al proyecto y de este modo llegar a la mejor solución posible.

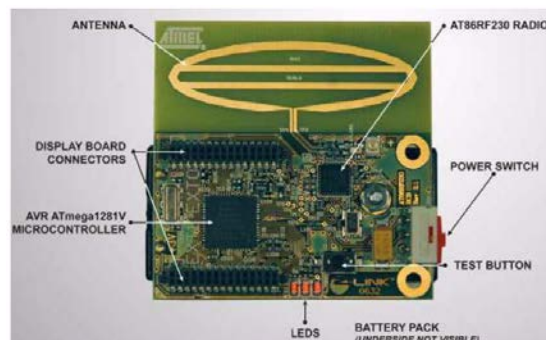


Ilustración 51. ATMEL Module

AT86RF230:

El AT86RF230 es un transceiver que de bajo consumo, como es requerido en ZigBee, y que trabaja en la banda frecuencial de los 2.4GHz. Éste ha sido diseñado especialmente para las aplicaciones de bajo coste de ZigBee/IEEE 802.15.4.

Junto al AT86RF230 viene incorporada la antena aunque ésta no está integrada dentro de la tarjeta PCB, como se puede apreciar en la Figura X. Todos los componentes necesarios para RF, exceptuando la antena, vienen implementados en el chip.

Por lo tanto, se puede decir que el transceiver AT86RF230 es muy útil para las siguientes aplicaciones:

- Redes de sensores inalámbricas.
- Control industrial.
- Automatización del hogar.
- Consumo electrónico.
- Periféricos del PC.

Este transceiver, como ya se ha comentado al inicio del apartado, puede ser usado juntamente con otro microcontrolador compatible y de la misma casa.

Las principales especificaciones del módulo ATMEL Module15 son las siguientes:

- Frecuencia: 2.4GHz
- Potencia de salida: 4mW (+3dBm)
- Consumo Rx: 15.5mA
- Consumo Tx: 16.5mA
- Pila: 3.6V
- Temperatura: -40°C a 85°C
- Apto para estándar ZigBee.
- Módulo completo de RF.
- Antena Integrada.
- Interface SPI.

ATmega1281:

ATmega1281 es el microcontrolador utilizado en el módulo ATMEL, compatible con ZigBee y con el transceiver anterior.

El ATmega1281 es un microcontrolador CMOS 8-bit de bajo consumo basado en las mejoras AVR de la arquitectura RISC. Este “micro” ha sido muy optimizado en el aspecto de la velocidad de procesamiento, por lo tanto es muy útil en casos de gran transferencia de datos y posterior procesamiento de ellos.

Otro aspecto que se ha tenido muy en cuenta a la hora del diseño del microcontrolador es su consumo, cumpliendo de este modo una de las principales premisas del estándar ZigBee.

Las principales especificaciones del módulo ATMEL Module16 son las siguientes:

- Memoria flash: 128kB

- Consumo modo activo: 500 μ A
- Consumo modo pasivo: 0.1 μ A
- Pila: 3.6V
- Temperatura: -40°C a 85°C
- Apto para estándar ZigBee.
- Interface SPI.

Una vez estudiado y analizado el módulo que propone ATMEL podemos llegar a un seguido de conclusiones a partir de las cuales podemos determinar si es apto o no para nuestro proyecto.

En primera instancia todos sus componentes son los adecuados para la implementación de una red de sensores inalámbrica ZigBee, puesto que el microcontrolador y el transceiver utilizados son compatibles con el estándar. Las características de ambos dispositivos son óptimas para su utilización ya que se adaptan al bajo consumo de energía.

De todos modos, la utilización del módulo de ATMEL parece más propicia para aplicaciones a mayor escala (entornos industriales o automatización).

En nuestro caso se requiere de una tasa de transferencia de datos muy baja, al igual que el consumo; y el dimensionado de la placa debe de ser lo menor posible. ATMEL proporciona servicios que quedarían muy por encima de los que nosotros haríamos servir, por lo tanto, a pesar de ser una muy buena opción, no entra en el perfil de dispositivos que queremos utilizar para trabajar en nuestro proyecto.

3.7.8. Comparativa Módulos ZigBee

	XBee Pro		EasyBee	AMPEDRF	MICAz	ATMEL	Telegesis (EXTR2)
	XBee	XBee-PRO					
Tamaño (cm) [LxWxH]	2.43 x 2.76	2.43 x 3.29	2.6 x 2	2.7 x 1.5	6 x 3.2 x 0.7	-	37.75x 20.5
Peso	3gr	3gr	-	-	18gr	-	-
Transceiver	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí (AT86RF230)	Sí (EM250)
Micro	No	No	No	Sí	Sí	Sí (ATmega1281)	Sí (XAP16b)
Consumo Rx	40mA	45mA	20mA	25mA	19.7mA	15.5mA	35.5mA
Consumo Tx	40mA	295mA	18mA	50mA	17.4mA	16.5mA	35.5mA
Pila	2.1-3.6V	3.0-3.4V	2.1-3.6V	3.3V	1.5V	3.6V	2.1-3.6V
Potencia salida	1.25-2mW	10-50mW	1mW	1mW	1-3.98mW	4mW	3.162mW

Tabla 12. Comparativa Módulos ZigBee

4. Prototipo

4.1. Pcb Generador de eventos visuales y sonoros

En la siguiente ilustración se puede ver el resultado final de nuestro diseño de la pcb de generador de eventos visuales y sonoros, una vez soldados todos los componentes en la cara top.

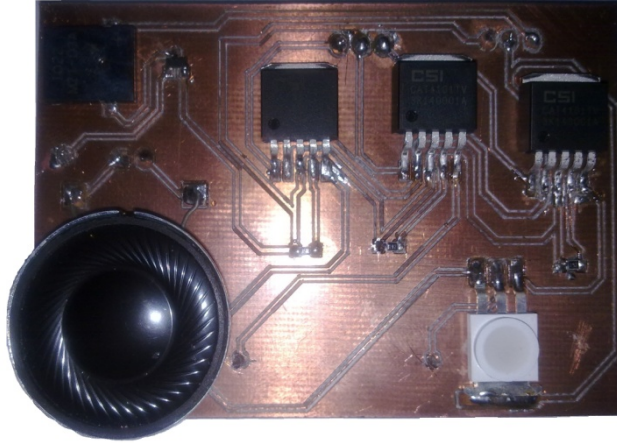


Ilustración 52. Cara Top

En la cara bottom se soldaron los pines para las conexiones de los dispositivos como se ve en la ilustración.

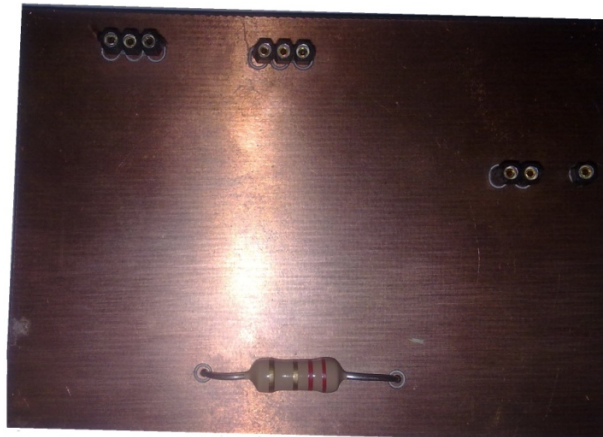


Ilustración 53. Cara Bottom

4.2. Pcb Generador de eventos visuales y sonoros detallado

En la siguiente ilustración se puede ver los distintos dispositivos que contiene la pcb en su cara top.

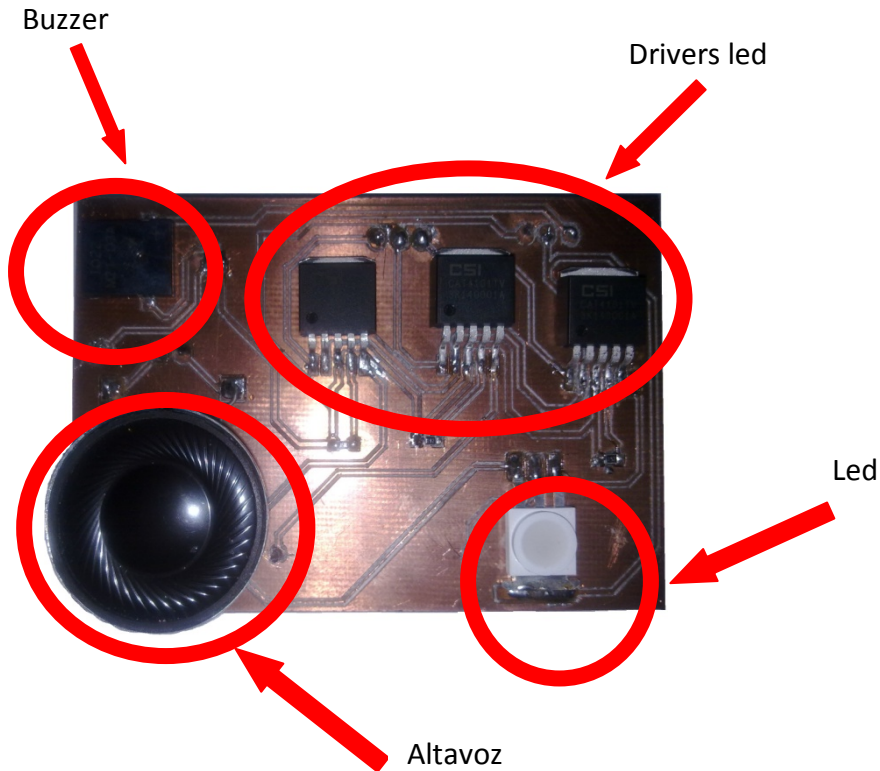


Ilustración 54. Cara Top detallado

En la siguiente ilustración se pueden ver cada uno de los pines necesarios para la conexión de los distintos dispositivos.

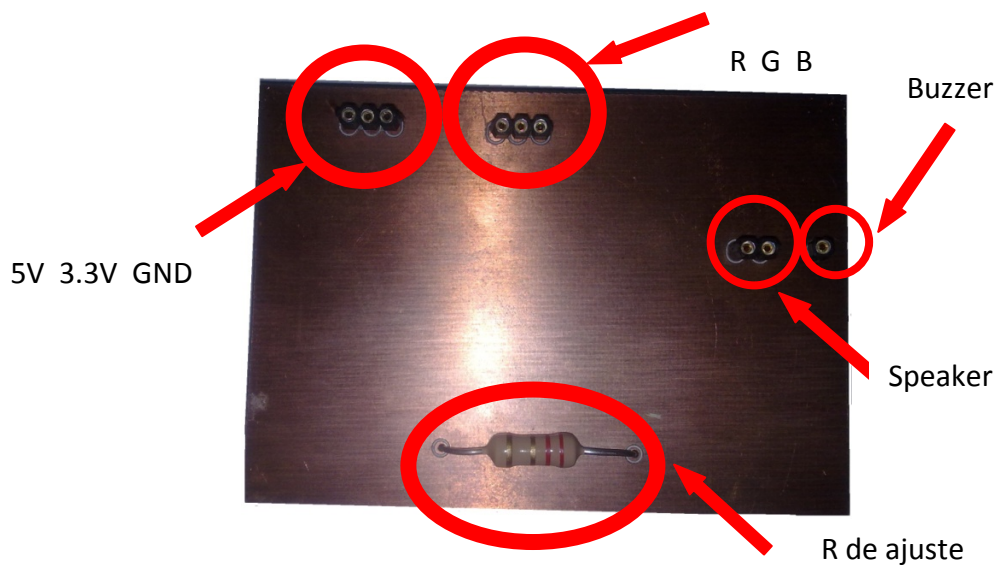


Ilustración 55. Cara Bottom detallado

4.3. Pruebas diodo led

Una vez que nos decantamos por el diodo led SML-LX1610RGBW/A, lo probamos con el driver correspondiente en placa blanca en el laboratorio como se puede ver en la Ilustración 56.



Ilustración 56. Prueba diodo led laboratorio

Para probar el diodo led y el driver seguimos el siguiente esquema:

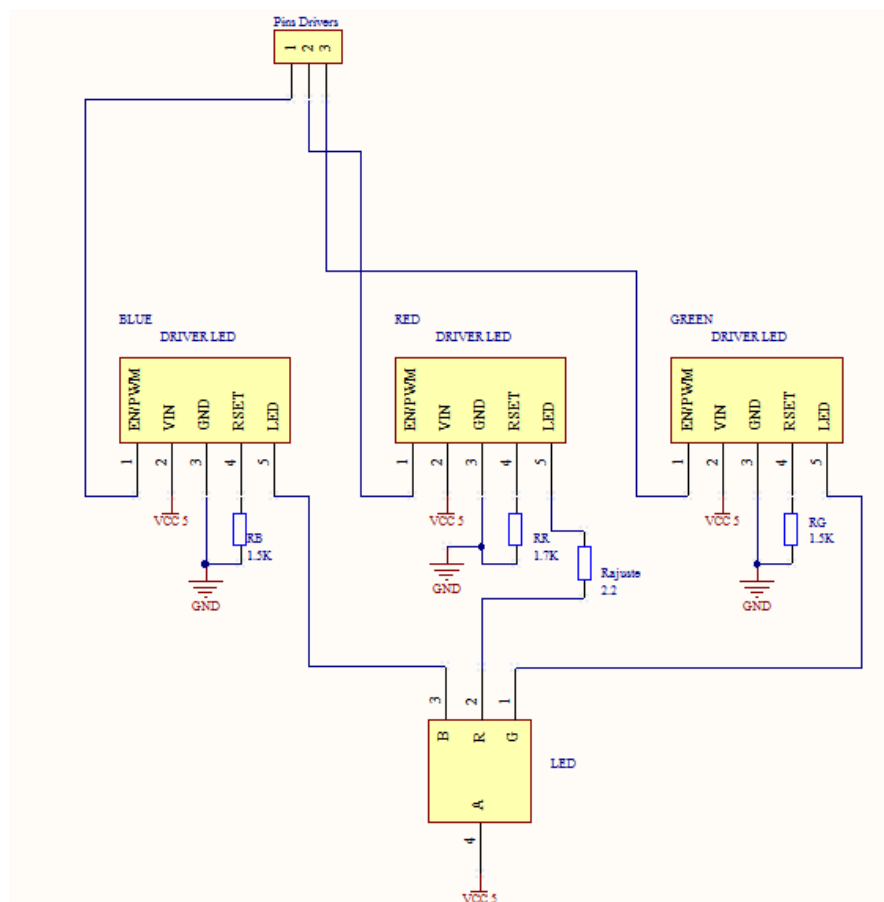


Ilustración 57. Esquema prueba diodo led

Una vez diseñada la pcb en la que se alojan tanto el diodo led como el buzzer y el altavoz soldamos uno de los drivers y el diodo led para probar su funcionamiento antes de soldar todos los demás componentes tal como se ve en la figura.



Ilustración 58. Prueba diodo led en pcb

4.4. Pruebas buzzer

Una vez elegido el modelo del Buzzer MZT-03A BLK, lo probamos en placa blanca según el esquema siguiente y constatamos que sonaba de un modo adecuado, por lo que luego trasladamos el diseño a la pcb.

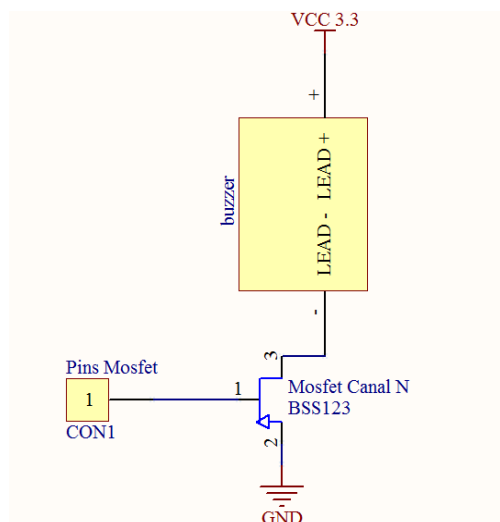


Ilustración 59. Esquema prueba buzzer

4.5. *Altavoz*

Elegimos el altavoz modelo K 28 WP entre los demás por las razones que ya hemos justificado y probamos el sonido del altavoz. El diseño de las conexiones y dispositivos necesarios para el correcto funcionamiento del altavoz como por ejemplo el amplificador de audio estaba validado por el grupo Tecnodiscap. Se incluye el altavoz en la pcb como posible mejora de la calidad de sonido que proporciona el buzzer.

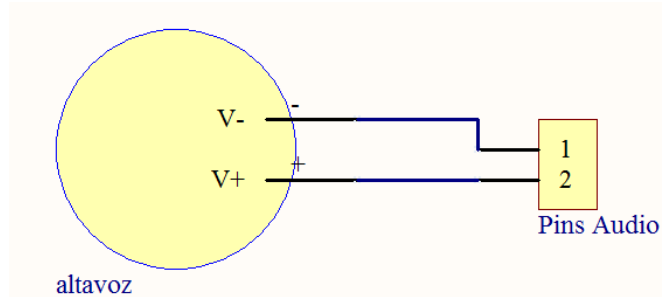


Ilustración 60. Esquema altavoz

4.6. *Kit de desarrollo 1*

En el kit de desarrollo 1 ha sido donde se ha llevado a cabo toda la programación y con el que se ha validado el funcionamiento de todos los componentes de la pcb.

Los cables de color azul que se aprecian en la imagen se soldaron para tener así dos patillas adicionales además de las dos que posee este kit con el cual controlar nuestros dispositivos.

Además como también se aprecia en la imagen cuenta con un dispositivo LCD que fue muy útil a la hora del aprendizaje y de la programación porque nos servía como apoyo para visualizar si nuestras órdenes de programación llegaban correctamente.

Junto con el LCD que hemos mencionado, también hay que destacar el uso de los dos diodos leds y de los dos pulsadores que tiene el kit que también nos ayudaron en la labor de aprendizaje de su uso.



Ilustración 61. Kit desarrollo 1. Cara Top

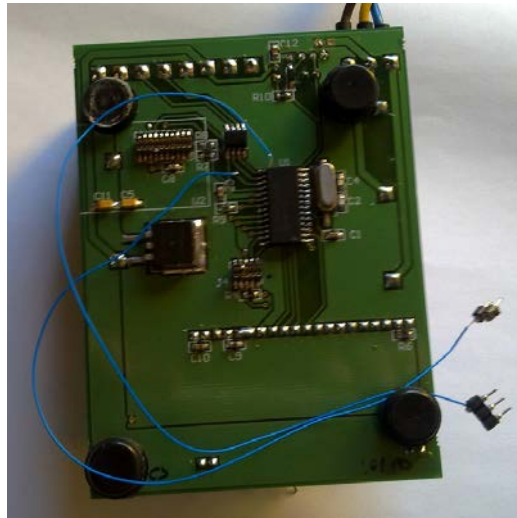


Ilustración 62. Kit desarrollo 1. Cara Bottom

4.7. *Kit de desarrollo 2*

Una vez acabada la programación en el kit de desarrollo 1, se hizo una migración de código a este kit de desarrollo 2, ya que en esta placa se encontraba un micro que contaba con 5 PWM y que además disponía de un amplificador de audio necesario para el correcto funcionamiento del altavoz.



Ilustración 63. Kit desarrollo 2. Cara Top



Ilustración 64. Kit desarrollo 2. Cara Bottom

Para la programación de este kit de desarrollo 2 se ha utilizado el dispositivo MPLAB ICD3 con los cables que podemos ver en la figura. Además se cambio de entorno de programación, pasándose a utilizar el MPLAB.



Ilustración 65. MPLAB ICD3

5. Montaje en caja

Tanto la pcb de generador de eventos como la de control hay que alojarlas en una caja para dispositivos electrónicos. Se ha optado por elegir el modelo A9021665 de OKW que se ve en la ilustración 66.

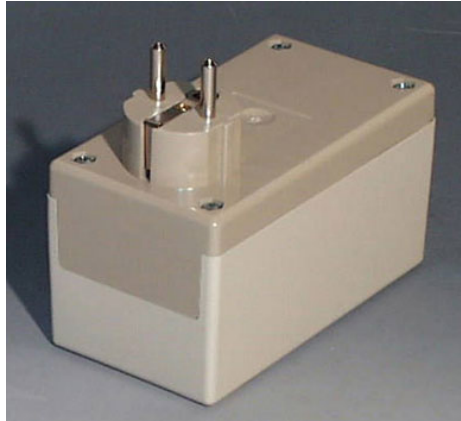


Ilustración 66. Caja A9021665

Para la correcta sujeción de las dos pcb a la caja, se utilizarían tornillos que pasarían por unos agujeros previamente realizados en las distintas placas.

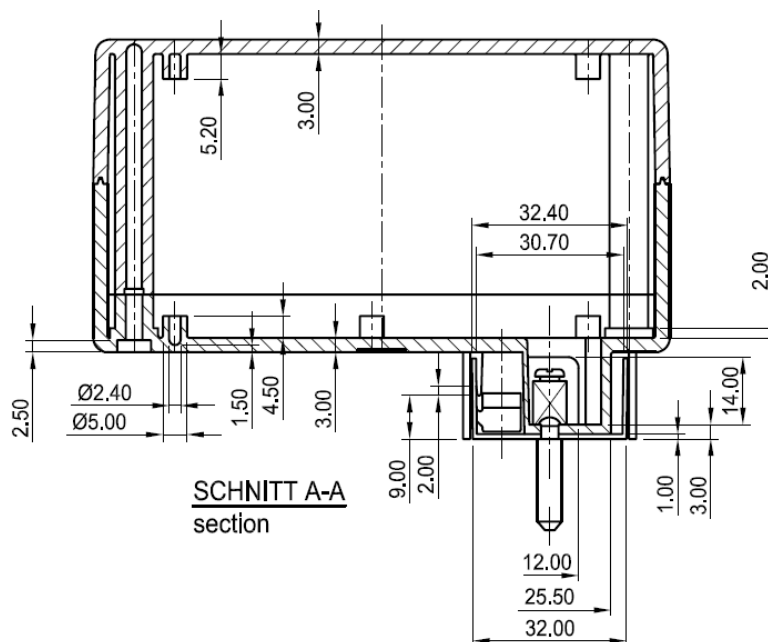


Ilustración 67. Caja. Vista lateral

Los tornillos irían en el lugar que se especifica a continuación.

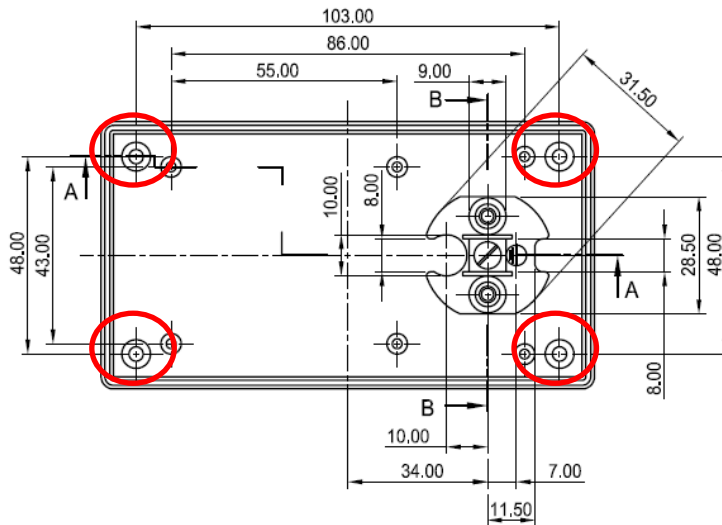


Ilustración 68. Caja. Vista planta

Tal como se ve en la Ilustración 69 una placa estaría colocada encima de la otra con suficiente espacio de separación entre las dos para que no choquen los componentes de ambas.

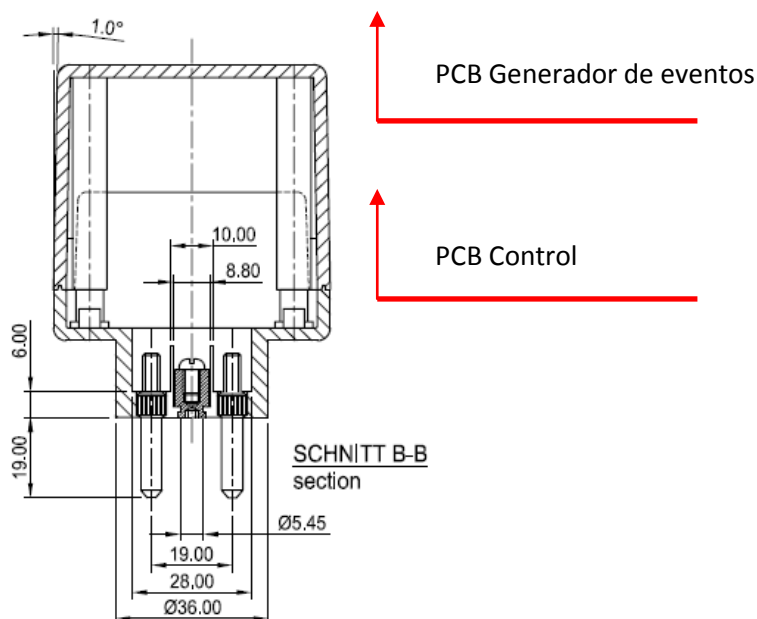


Ilustración 69. Caja

La PCB de generador de eventos estaría sujeta por dos tornillos solamente mientras la de control por 4, además se realizarían unas aperturas en la caja tanto para la antena del módulo ZigBee como para el diodo led. En este último caso se

colocaría un difuminador para que la potencia de la luz del diodo no fuera molesta.

Para el caso del buzzer se realizaría un taladrado formando una rejilla en la caja para así dejar salir el sonido y que pueda escucharse con claridad a una cierta distancia.

6. Firmware

6.1. Estructura de los mensajes

6.1.1. Diodo Led RGB

6.1.1.1. Blink

Dentro de la parte de programación relativa al diodo led tenemos tres tipos de mensajes distintos.

El primero de ellos se utiliza para que el diodo led parpadee con unas determinadas características. Tal y como vemos en la imagen este mensaje tiene 9 campos distintos.

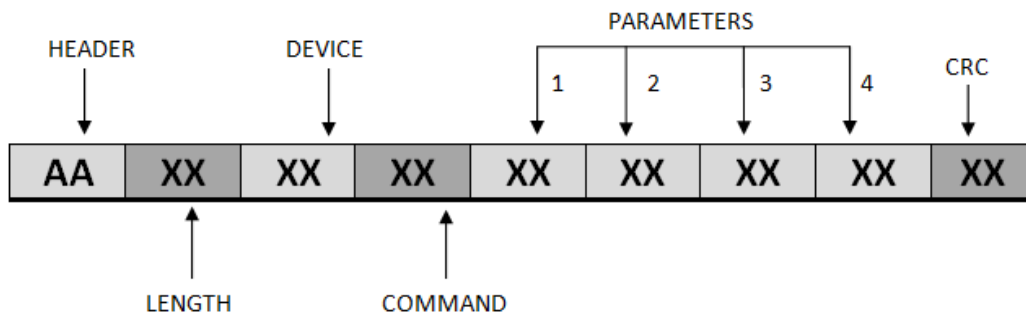


Tabla 13. Blink

El primer campo o “HEADER”, es el encabezamiento de cada mensaje que se manda. Se ha adoptado por convenio usar “AA”.

El segundo campo o “LENGTH”, indica la longitud del mensaje que se deberá de enviar.

El tercer campo o “DEVICE”, nos indica el dispositivo sobre el cual vamos a actuar dependiendo que contenga.

El cuarto campo o “COMMAND”, indica la función que va a tener el mensaje. En este caso la función será la de parpadeo.

Los campos quinto, sexto, séptimo y octavo o “PARAMETERS 1, 2, 3 y 4” sirven para indicar las características del parpadeo que va a tener lugar en el diodo led. Con el primero elegimos el color que aparecerá en el led, con el segundo elegimos la frecuencia de parpadeo, con el tercero el tiempo que estará parpadeando y con el cuarto el duty con el que parpadeará.

En el último campo o “CRC” aparecerá la suma en hexadecimal de todos los demás campos. Se usa como suma de verificación para detectar la alteración de datos durante su transmisión o almacenamiento.

En la siguiente imagen podemos ver un ejemplo de un mensaje que se podría dar en el diodo led:

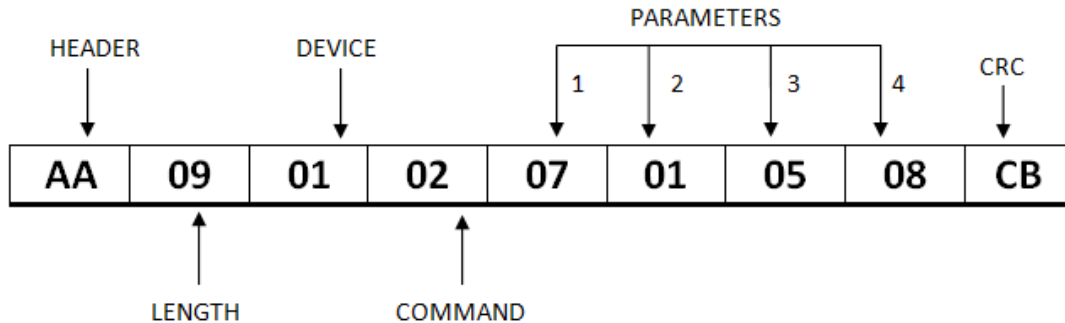


Tabla 14. Ejemplo Blink

El primer campo o "HEADER", es el encabezamiento de cada mensaje que se manda. Se ha adoptado por convenio usar "AA".

El segundo campo o "LENGTH" en este caso es "09" como podemos corroborar al enumerar el número de campos.

En el campo "DEVICE", el número "01" se ha asignado al led.

El campo "COMMAND", en este caso "02", indica la función de parpadeo.

El parámetro 1 indica el color con el que va a lucir el led, en este caso el "07" corresponde al color azul.

El parámetro 2, en este caso "01", corresponde a 1Hz de frecuencia.

El parámetro 3, "05" en este caso, es el tiempo que estará luciendo el led y corresponde a 5 segundos.

El parámetro 4, cuyo valor es "08", indica un duty del 80%.

El "CRC" en este caso es "CB" corresponde a la suma en hexadecimal de todos los demás campos.

6.1.1.2. Fade In

El segundo tipo de mensaje se utiliza para que el led haga un fade in en un tiempo determinado. Se parte del led apagado hasta acabar progresivamente iluminando con total intensidad. En la imagen podemos observar que este mensaje tiene 7 campos distintos.

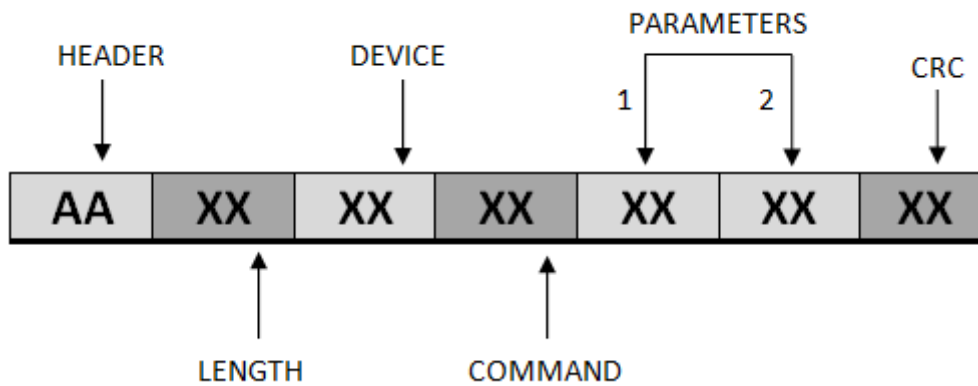


Tabla 15. Fade In

El primer campo o "HEADER", es el encabezamiento de cada mensaje que se manda. Se ha adoptado por convenio usar "AA".

El segundo campo o "LENGTH", indica la longitud del mensaje que se deberá de enviar.

EL tercer campo o "DEVICE", nos indica el dispositivo sobre el cual vamos a actuar dependiendo que contenga.

El cuarto campo o "COMMAND", indica la función que va a tener el mensaje. En este caso la función será la de fade in.

Los campos quinto y sexto o "PARAMETERS 1 y 2" sirven para indicar las características del fade in que va a tener lugar en el led. Con el primero elegimos el color que aparecerá en el led y con el segundo el tiempo en el que se hará el fade in.

En el último campo o "CRC" aparecerá la suma en hexadecimal de todos los demás campos. Se usa como suma de verificación para detectar la alteración de datos durante su transmisión o almacenamiento.

En la siguiente imagen podemos ver un ejemplo de un mensaje que se podría dar en el diodo led:

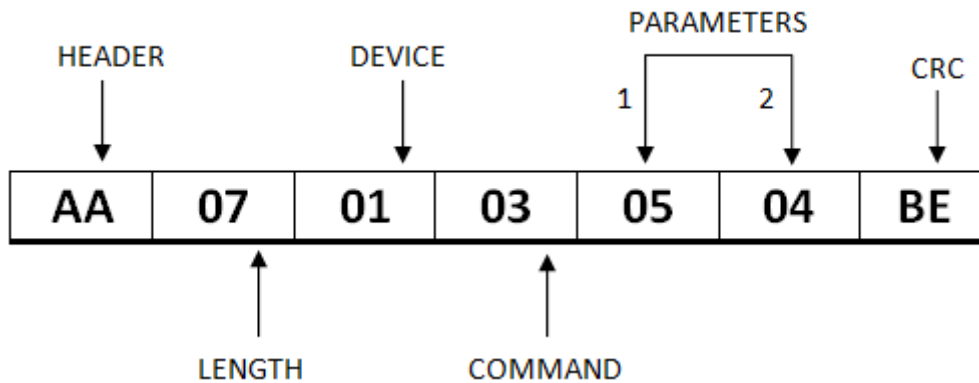


Tabla 16. Ejemplo Fade In

El primer campo o “HEADER”, es el encabezamiento de cada mensaje que se manda. Se ha adoptado por convenio usar “AA”.

El segundo campo o “LENGTH” en este caso es “07” como podemos corroborar al enumerar el número de campos.

En el campo “DEVICE”, el número “01” se ha asignado al led.

El campo “COMMAND”, en este caso “03”, indica la función de fade in.

El parámetro 1 indica el color con el que va a lucir el led, en este caso el “05” corresponde al color rojo.

El parámetro 2, “04” en este caso, es el tiempo que estará luciendo el led y corresponde a 4 segundos.

El “CRC” en este caso es “BE” corresponde a la suma en hexadecimal de todos los demás campos.

6.1.1.3. Fade Out

El tercer tipo de mensaje se utiliza para que el led haga un fade out en un tiempo determinado. Se parte del led apagado hasta acabar progresivamente iluminando con total intensidad. En la imagen podemos observar que este mensaje tiene 7 campos distintos.

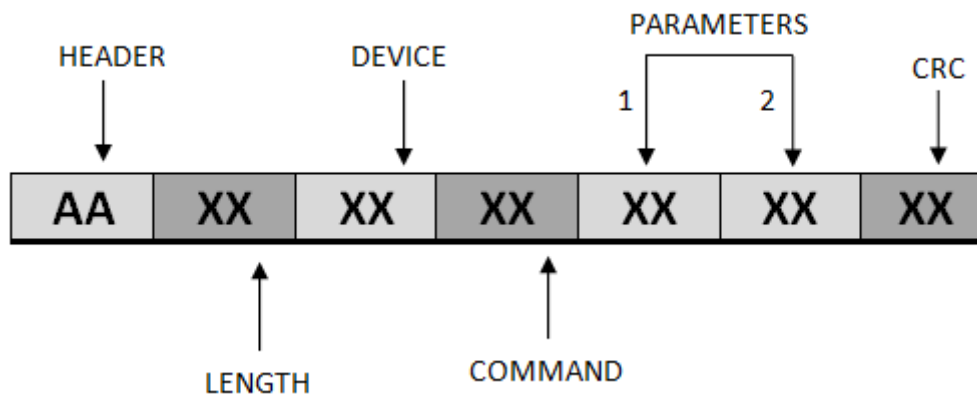


Tabla 17. Fade Out

El primer campo o “HEADER”, es el encabezamiento de cada mensaje que se manda. Se ha adoptado por convenio usar “AA”.

El segundo campo o “LENGTH”, indica la longitud del mensaje que se deberá de enviar.

EL tercer campo o “DEVICE”, nos indica el dispositivo sobre el cual vamos a actuar dependiendo que contenga.

El cuarto campo o “COMMAND”, indica la función que va a tener el mensaje. En este caso la función será la de fade out.

Los campos quinto y sexto o “PARAMETERS 1 y 2” sirven para indicar las características del fade out que va a tener lugar en el led. Con el primero elegimos el color que aparecerá en el led y con el segundo el tiempo en el que se hará el fade out.

En el último campo o “CRC” aparecerá la suma en hexadecimal de todos los demás campos. Se usa como suma de verificación para detectar la alteración de datos durante su transmisión o almacenamiento.

En la siguiente imagen podemos ver un ejemplo de un mensaje que se podría dar en el diodo led:

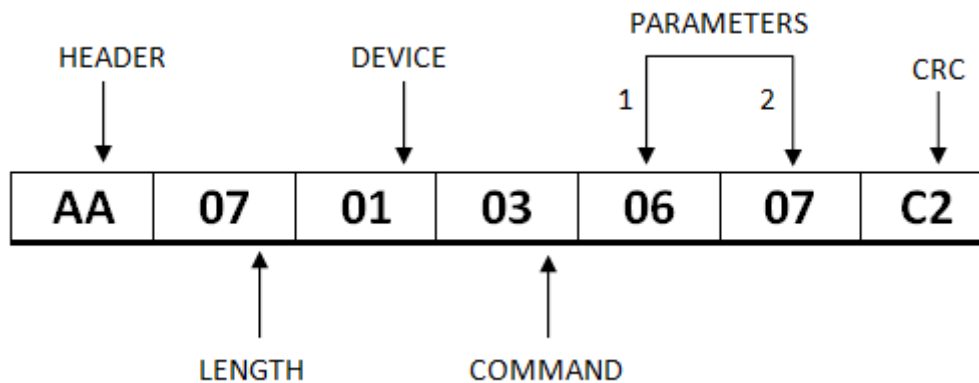


Tabla 18. Ejemplo Fade Out

El primer campo o “HEADER”, es el encabezamiento de cada mensaje que se manda. Se ha adoptado por convenio usar “AA”.

El segundo campo o “LENGTH” en este caso es “07” como podemos corroborar al enumerar el número de campos.

En el campo “DEVICE”, el número “01” se ha asignado al led.

El campo “COMMAND”, en este caso “03”, indica la función de fade in.

El parámetro 1 indica el color con el que va a lucir el led, en este caso el “06” corresponde al color verde.

El parámetro 2, “07” en este caso, es el tiempo que estará luciendo el led y corresponde a 7 segundos.

El “CRC” en este caso es “C2” corresponde a la suma en hexadecimal de todos los demás campos.

Código	Colores RGB			Color LED
	GREEN	RED	BLUE	
01				Blanco
02				Amarillo
03				Rosa
04				Cian
05				Rojo
06				Verde
07				Azul

Tabla 19. Código / Color LED

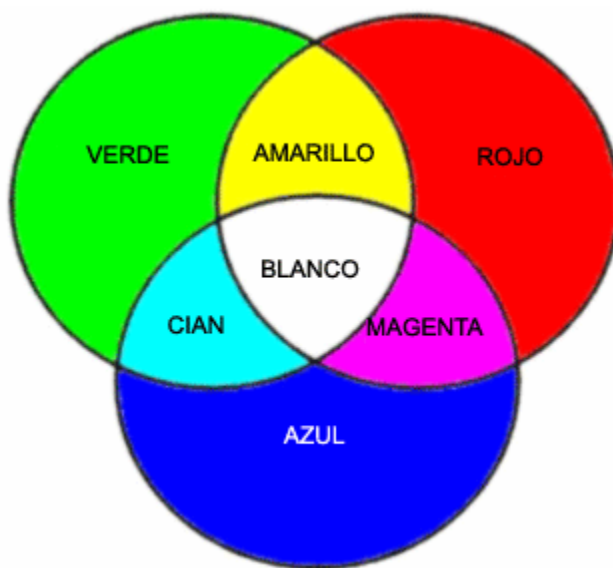


Ilustración 70. Mezcla de colores

6.1.2. Buzzer

En la parte de programación relativa al buzzer nos hemos basado en la utilización de un buffer circular, en el que cada campo del buffer tiene una función que desempeñar. Tal como vemos en la imagen este mensaje tiene 8 campos distintos.

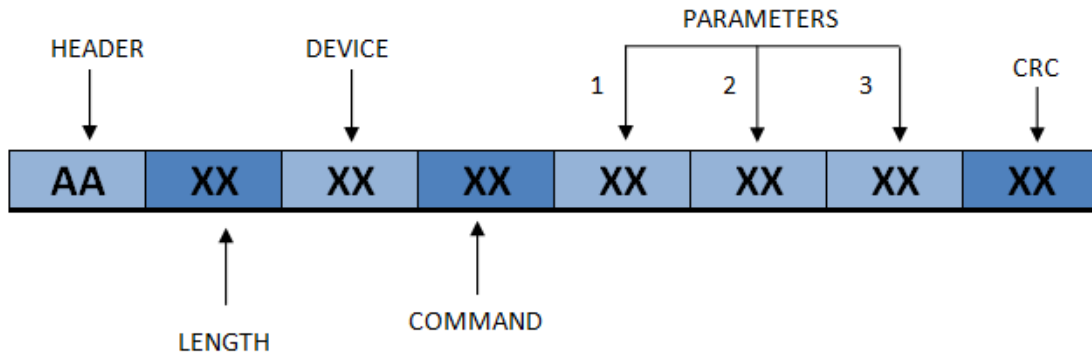


Tabla 20. Buzzer

El primer campo o “HEADER”, es el encabezamiento de cada mensaje que se manda. Se ha adoptado por convenio usar “AA”, no tiene ningún carácter especial.

El segundo campo o “LENGTH”, indica la longitud del mensaje que se deberá de enviar.

El tercer campo o “DEVICE”, nos indica el dispositivo sobre el cual vamos a actuar dependiendo que contenga.

El cuarto campo o “COMMAND”, nos indica la función que va a desarrollar el buzzer.

Los campos quinto, sexto y séptimo o “PARAMETERS 1, 2 Y 3” sirven para indicar las características del sonido que va a tener lugar en el buzzer. Con el primero elegimos la octava de la nota que sonará. Con el segundo elegimos la nota y con el tercero el tiempo de duración.

En el último campo o “CRC” aparecerá la suma en hexadecimal de todos los demás campos. Se usa como suma de verificación para detectar la alteración de datos durante su transmisión o almacenamiento.

En la siguiente imagen podemos ver un ejemplo de un mensaje que se podría dar en el buzzer:

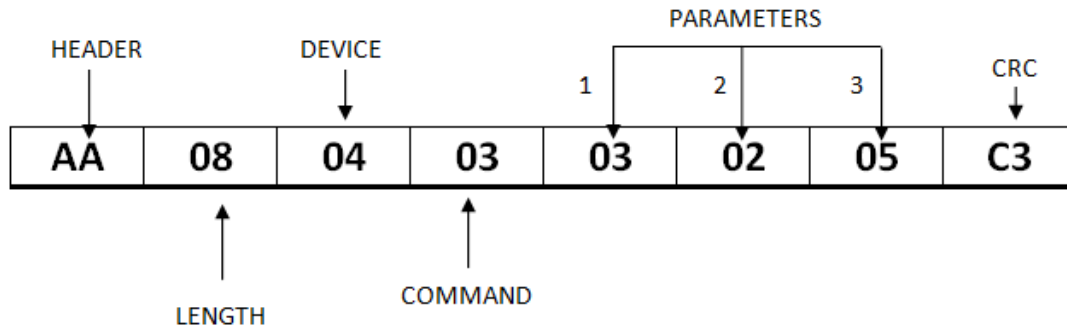


Tabla 21. Ejemplo buzzer

El primer campo es el encabezamiento como ya hemos explicado anteriormente, usamos "AA" por defecto.

La longitud en este caso es de "08" como podemos observar al enumerar la cantidad de campos del mensaje.

En el campo del dispositivo, el número "04" se ha asignado al buzzer.

El comando "03" indica que se ha elegido la opción de "PLAY" para el buzzer, correspondiente a que se prolongue un sonido determinado un tiempo determinado.

El parámetro 1, indica la octava de la nota musical que hemos elegido. El número "03" corresponde con la tercera octava.

El parámetro 2 indica la nota musical que queremos. El número 02 se corresponde con la nota Re.

El parámetro 3 indica el tiempo en segundos que sonará la nota musical, en este caso 5 segundos.

El CRC en este caso es "C3", corresponde a la suma de todos los campos en hexadecimal.

La correspondencia de las octavas con los códigos correspondientes son las siguientes:

Nº Octava	Código
1	01
2	02
3	03
4	04
5	05
6	06
7	07
8	08

Tabla 22. Nº Octava / Código

La correspondencia de las notas musicales con los códigos correspondientes es la siguiente:

Nota musical	Código
Do	01
Re	02
Mi	03
Fa	04
Sol	05
La	06
Si	07

Tabla 23. Nota musical / Código

La correspondencia del tiempo con el código correspondiente es la siguiente:

Tiempo (sg)	Código
1	01
2	02
3	03
4	04
5	05
6	06
7	07
8	08
9	09
10	A

Tabla 24. Tiempo / Código

6.2. Estructura del árbol de programación

En la siguiente imagen se ven los archivos organizados por librerías que forman la estructura del árbol de programación.

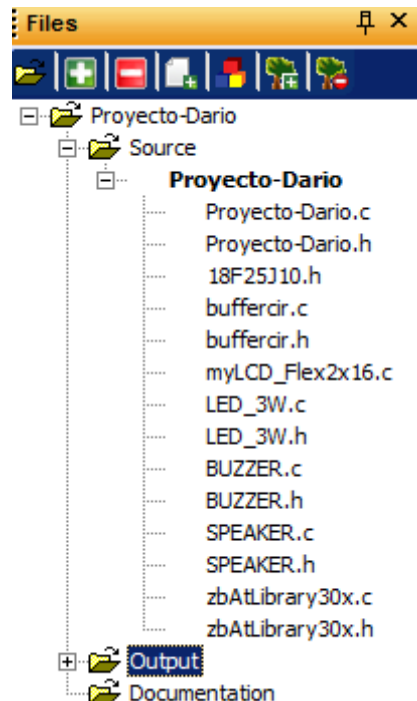


Ilustración 71. Estructura librerías

Se ha organizado por librerías para que si así lo consideran necesario, en el grupo Tecnodiscap puedan utilizar la programación de la parte que crean conveniente. Es la mejor manera a la hora de trabajar en programación para que una misma librería pueda formar parte de varios proyectos y no tener así la necesidad de readaptar el código, son partes independientes.

En la librería principal Proyecto-Dario el código está a la espera de que le llegue algún mensaje para así actuar sobre los dispositivos. Mientras no llegue nada, se encuentra esperando sin realizar ninguna acción.

La librería 18F25J10 corresponde al micro del kit de desarrollo 1, es ahí donde se programan sus pines.

La librería de buffercir es donde está programada la estructura de la cual nos servimos para enviar los mensajes.

En la librería LED_3W están programadas las funciones que realiza el diodo led.

La función de "blink" para el led tiene la siguiente estructura:

```
void led_blink (int8 color , int8 frecuencia, int8 time, int8 duty_blink)
```

Ilustración 72. Función Blink

El color, la frecuencia, el tiempo y el duty son parámetros que le llegan por mensaje.

La estructura de las funciones de “fade in” y “fade out” es prácticamente similar.

La función de “fade in” para el led tiene la estructura siguiente:

```
void FADE_IN (int8 color ,int8 time)
```

Ilustración 73. Función Fade In

Los parámetros color y tiempo le llegan por mensaje.

En la librería de BUZZER está programada la función de “Play”, además de todas las notas en todas las octavas musicales para que puedan ser reproducidas cualquiera de ellas.

La función de “Play” para el buzzer tiene la siguiente estructura:

```
void buzzer_PWM (int8 num_octava , int8 nota, int8 time)
```

Ilustración 74. Función Play

Los parámetros de octava, nota y tiempo le llegan por mensaje.

En la librería de zbAtlibrary30x está la programación relativa al ZigBee que nos permite enviar los mensajes.

Cuando se realizó la migración fueron importadas todas las librerías, excepto la del micro que se sustituyó por la del micro del kit de desarrollo 2, y la librería principal que se tuvo que adaptar.

7. Manual de usuario

Para utilizar nuestro generador de eventos visuales y sonoros, lo primero que tenemos que hacer es abrir la interface “Tecnodiscap Terminal”, elegir las características que se ven en la figura y pulsar en “CONNECT”.

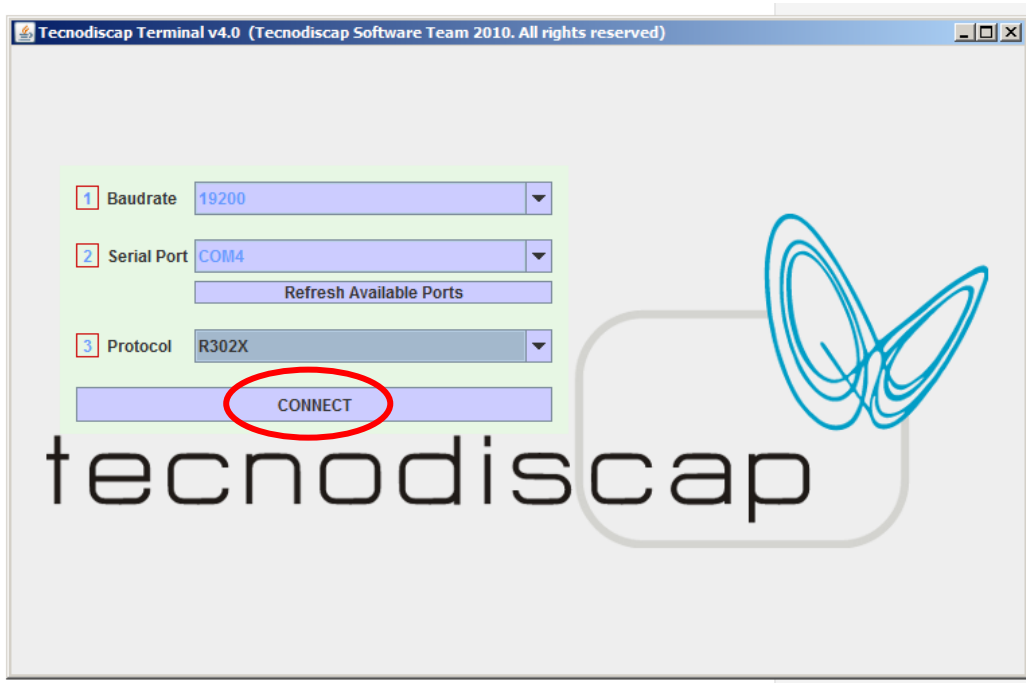


Ilustración 75. Terminal

Luego pulsamos en “Network Scan”.

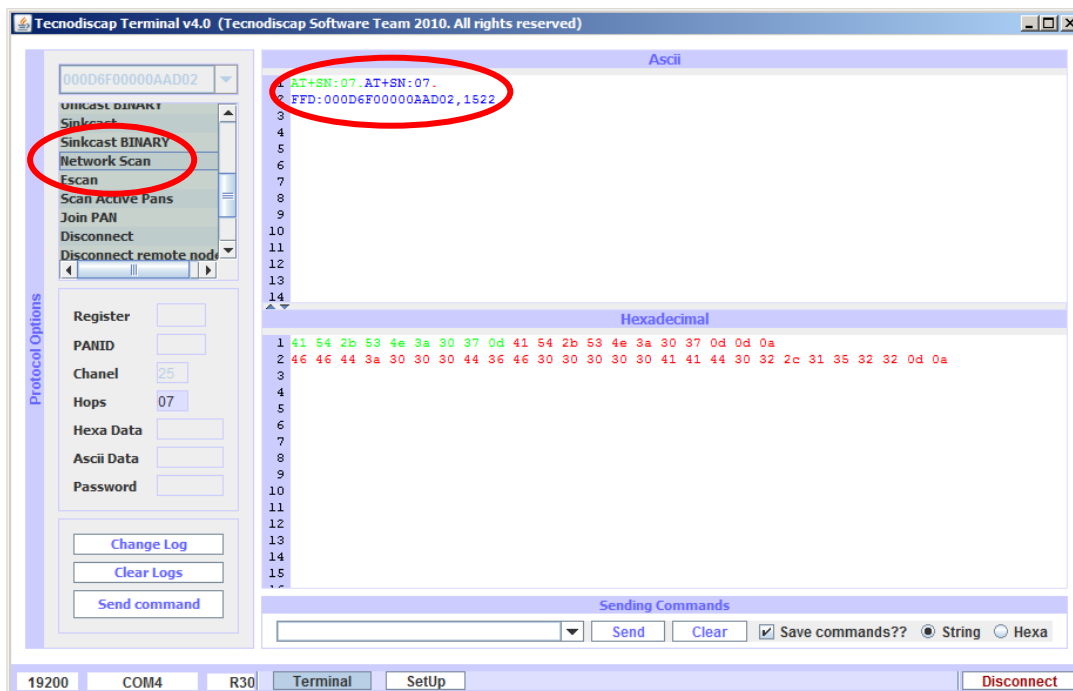


Ilustración 76. Network Scan

Al pulsar en “Network Scan” vemos en el cuadro de mensajes de la derecha que detecta una red creada por el coordinador.

A continuación pulsamos en “Network Info” y vemos que detecta además del coordinador un esclavo.

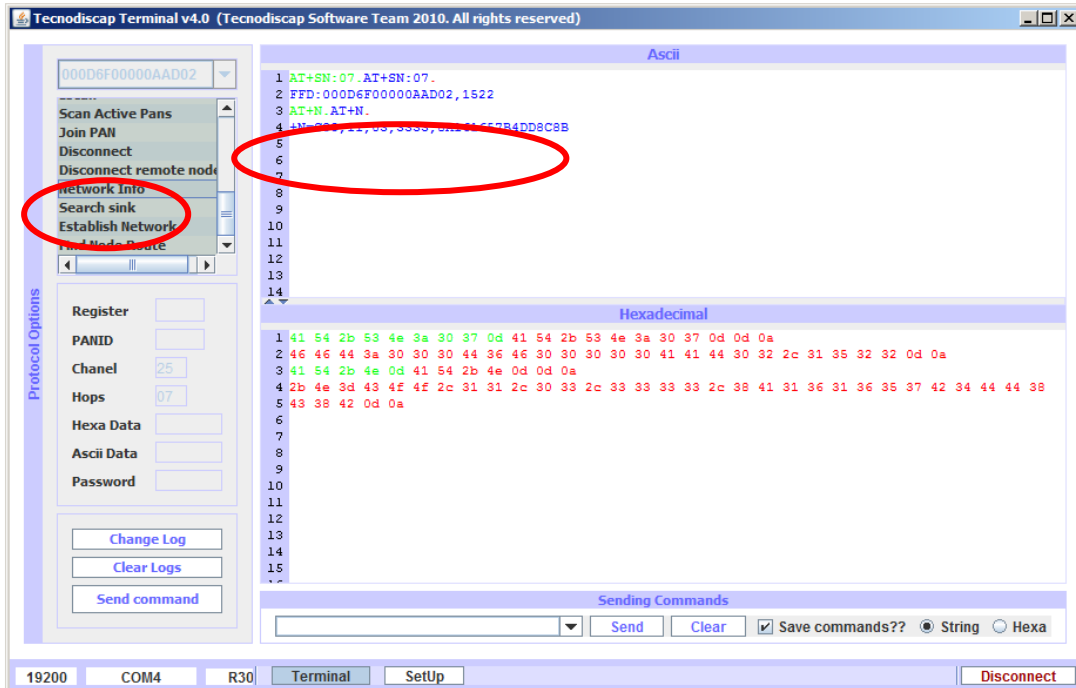


Ilustración 77. Network Info

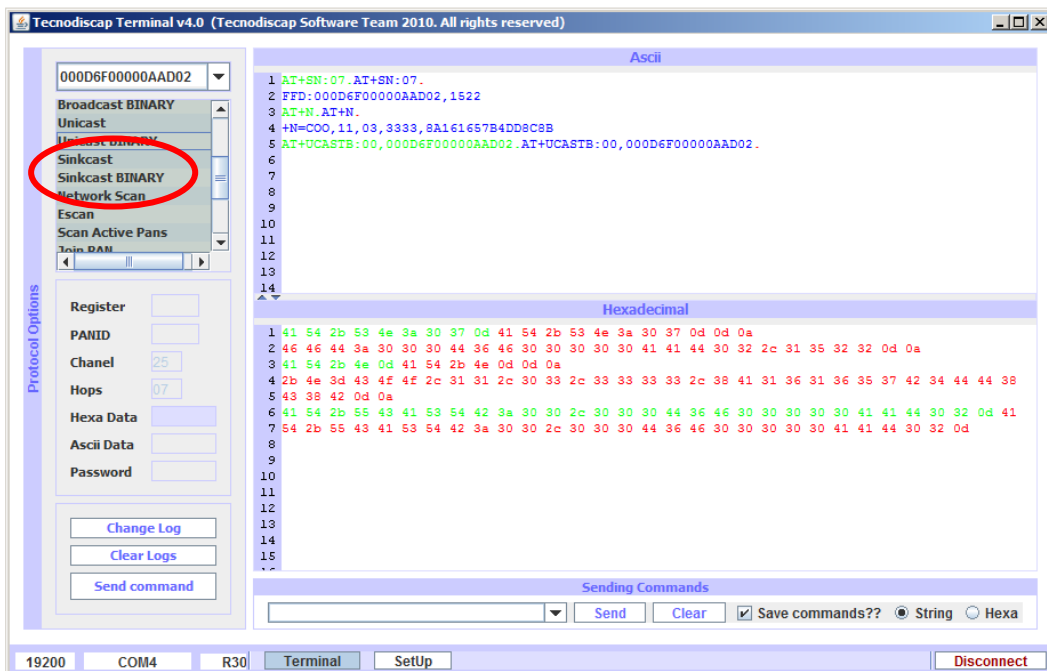


Ilustración 78. Unicast Binary

En la ilustración 78 se ve como en primer lugar tenemos que pulsar en “Unicast Binary” para mandar un mensaje.

Una vez que hemos pulsado en “Unicast BINARY”, escribimos en “Hexa Data” un mensaje que tiene la secuencia de la estructura explicada anteriormente en el apartado de “Estructura de los mensajes”.

Una vez escrito ahí pulsamos en “Send command” y vemos como aparece en el cuadro de mensajes inferior de la derecha la verificación de que el mensaje ha llegado del coordinador al esclavo.

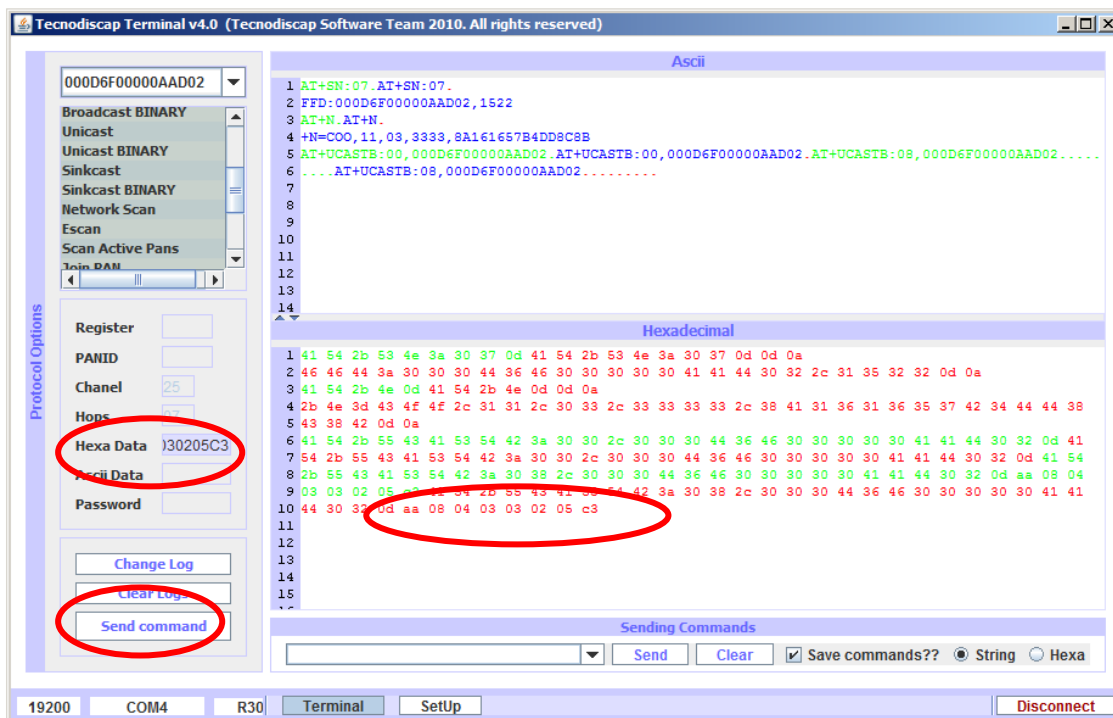


Ilustración 79. Envío mensaje

Tras efectuar estos pasos veremos como el dispositivo sobre el que hemos actuado, responde realizando la función relativa al código enviado.

8. Conclusiones y posibles mejoras

Como conclusión una vez acabado el proyecto cabe decir que la principal razón por la que elegí el proyecto era para aprender o profundizar en algunos aspectos como pueden ser el diseño de pcb, la programación de microprocesadores y aprender sobre comunicaciones inalámbricas. Todas esas expectativas han quedado cumplidas con creces.

He tenido que realizar varios diseños de pcs y no ha sido fácil porque llegar a un diseño óptimo con las dimensiones de la placa lo más pequeñas posible siempre es complicado. Surgieron algunos problemas a la hora de routear pero finalmente se consiguieron solventar.

En lo referente a la programación de microprocesadores se puede decir que ha sido un hándicap bastante importante, ya que a lo largo de la carrera, solo había aprendido la programación en ensamblador y algunas nociones del lenguaje de programación conocido como C al cursar la asignatura de microprocesadores e instrumentación electrónica. La programación del microprocesador del proyecto ha sido realizada en C++ por lo que he tenido que aprender la mayor parte del lenguaje, a manejar los entornos de programación y los kits de desarrollo para poder programarlos.

En cuanto a comunicaciones, primero tuve que investigar acerca del tipo de tecnología inalámbrica que sería más adecuado utilizar y posteriormente he tenido que aprender a programar los módulos ZigBee y a manejar la interface de usuario para así mandar los mensajes convenientemente.

En definitiva, tengo que decir que el proyecto ha cumplido las expectativas en cuanto a aprendizaje con las que lo comencé.

Como posibles mejoras que se pueden aplicar al proyecto realizado cabe la posibilidad de conectar una memoria EPROM donde irían almacenadas melodías para su posterior reproducción en el altavoz.

Además también sería posible ampliar la gama de colores con los que hacer efectos luminosos, ampliando la parte de programación relativa al diodo led.

Otra posible mejora sería la creación de un software propio para el envío de mensajes con una interface más intuitiva en lugar de utilizar el software de Tecnodiscap.

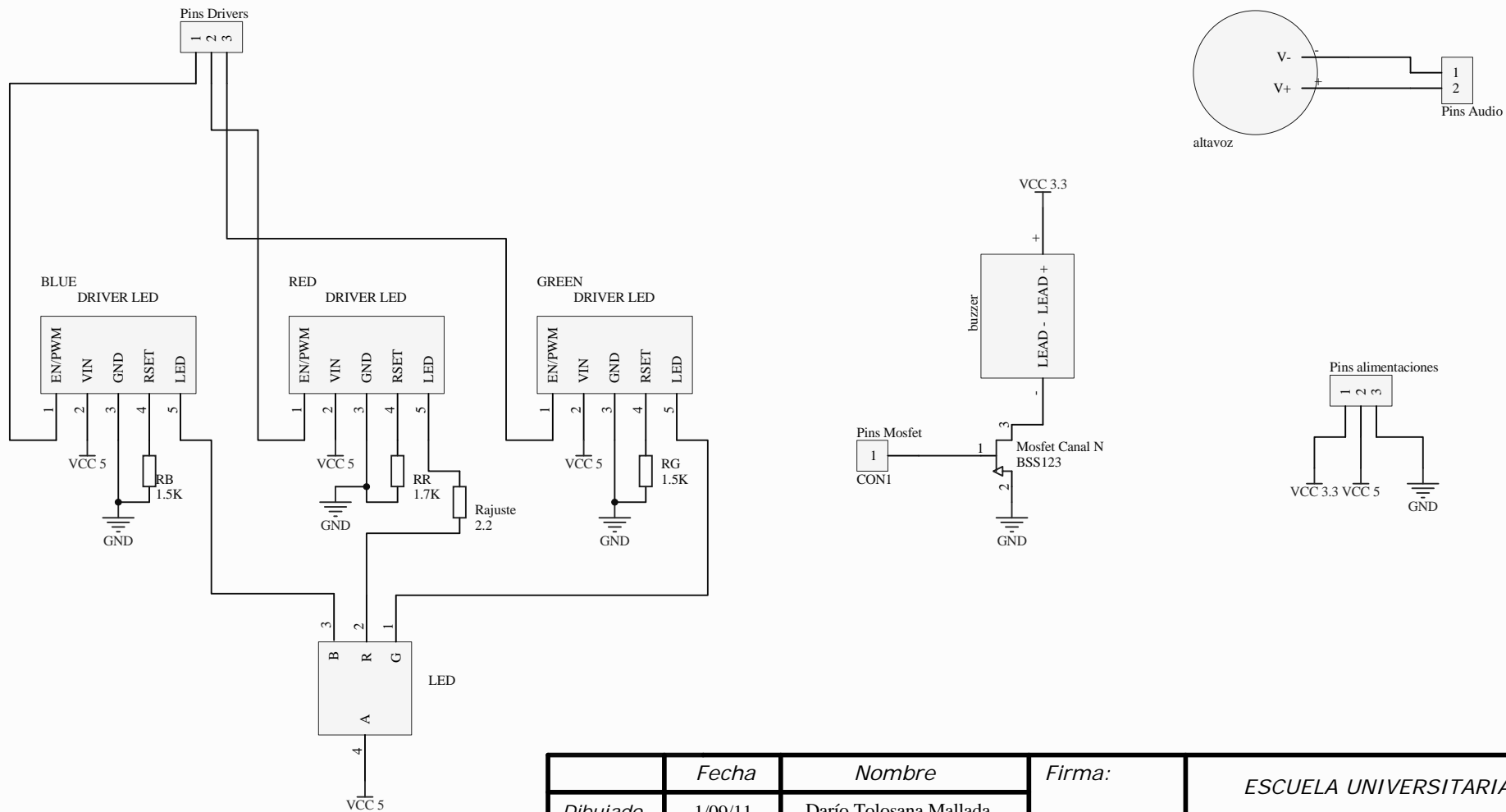
9. Bibliografía

- Torres Portero, Manuel y Miguel A., *Diseño e ingeniería electrónica asistida con PROTEL DXP*, Ra-Ma, Zaragoza, 2004
- Tecnodiscap, Tutorial ALTIUM DESIGNER para diseño de PCBs, 2010
- Barneda Faudot, Iván, *ZigBee aplicado a la transmisión de datos de sensores biomédicos*, Proyecto final de carrera, Universidad autónoma de Barcelona, 2008

- ❖ <http://www.powerint.com/>
- ❖ <http://www.microchip.com/>
- ❖ http://www.microchip.com/en_US/family/mplabx/index.html
- ❖ <http://www.mikroe.com/eng/products/view/25/lv-18fj-development-system/>
- ❖ <http://www.ccsinfo.com/>
- ❖ <http://es.farnell.com/>
- ❖ <http://www.tracopower.com/>
- ❖ <http://www.telegesis.com/>
- ❖ <http://www.bj-adaptaciones.com/>
- ❖ <http://latecladeescape.com/recetas-algoritmicas/frecuencia-de-las-notas-musicales.html>
- ❖ <http://www.okw.com>

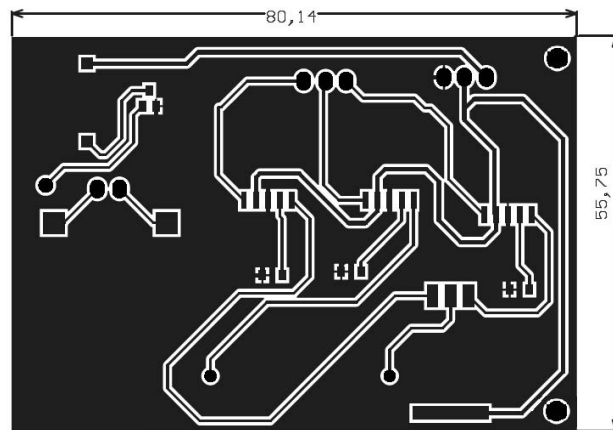
Anexos

- Planos “PCB Generador de eventos visuales y sonoros”
 - Planos “PCB Control con fuente TRACO”
 - Planos “PCB Control con fuente diseñada”
-
- ❖ Datasheet Buzzer MZT-03A BLK
 - ❖ Datasheet Diodo led SML-LX1610RGBW/A
 - ❖ Datasheet Altavoz K 28 WP
 - ❖ Datasheet Módulo ZigBee EXTR2
 - ❖ Datasheet Driver led CAT4101
 - ❖ Datasheet Fuente TRACO TLM 05105

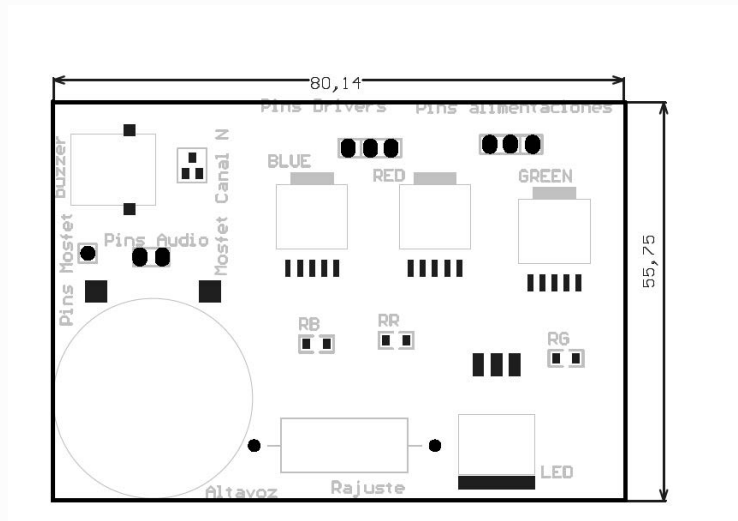



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	1/09/11	Darío Tolosana Mallada		
Comprobado				
Escala:	GENERADOR EVENTOS VISUALES Y SONOROS			Plano n.º
1:1				Schematic Print
				N.º Alumno: 539849
				Curso: 2010/2011

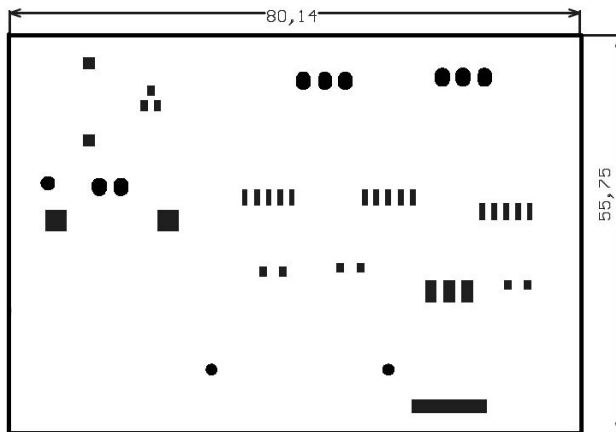





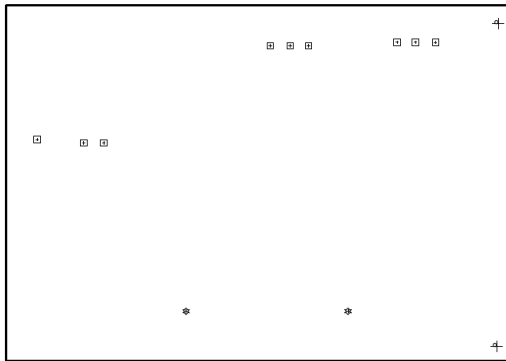
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	GENERADOR EVENTOS VISUALES Y SONOROS Top Layer			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			




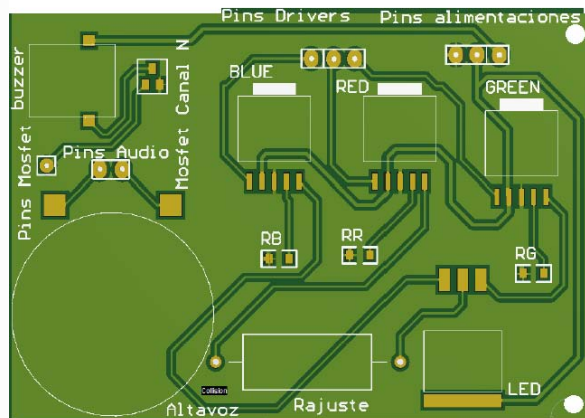
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	GENERADOR EVENTOS VISUALES Y SONOROS Top Silkscreen Overlay			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	GENERADOR EVENTOS VISUALES Y SONOROS Top Solder Mask Print			<i>Plano n.º</i>	
1:1				4	
				<i>N.º Alumno:</i>	539849
				<i>Curso:</i>	2010/2011



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	GENERADOR EVENTOS VISUALES Y SONOROS Drill Drawing			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	GENERADOR EVENTOS VISUALES Y SONOROS PCB			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			


Bill of Materials

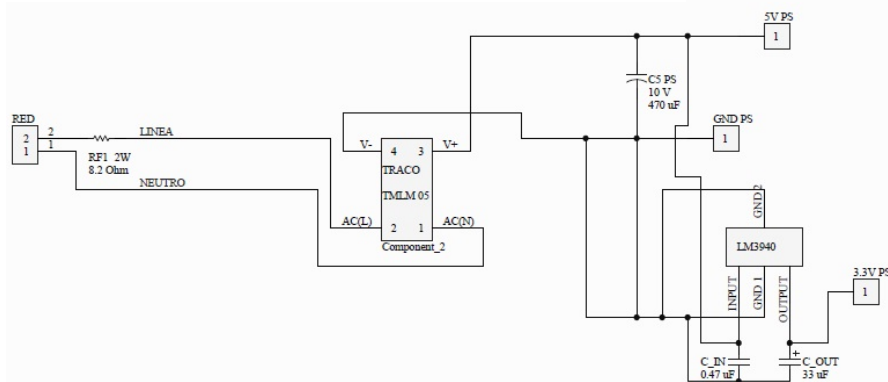
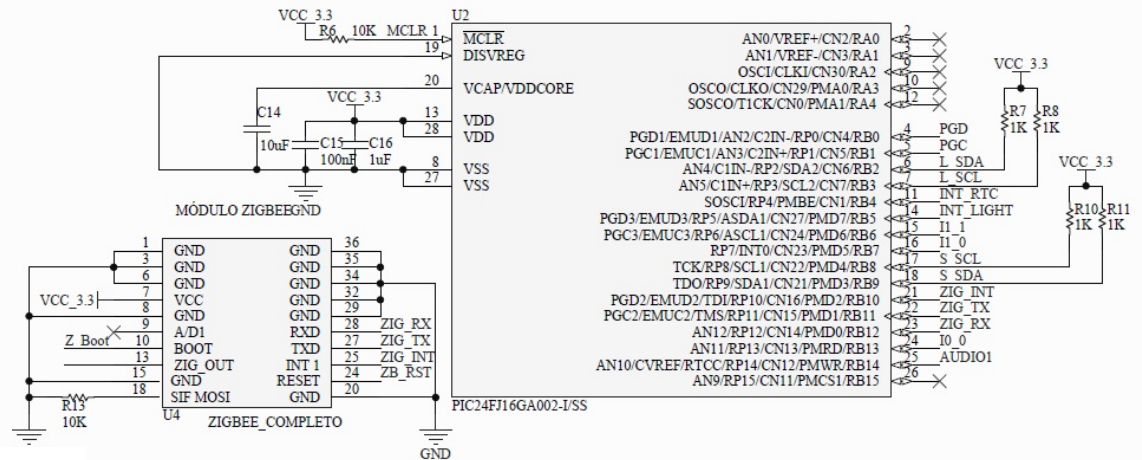
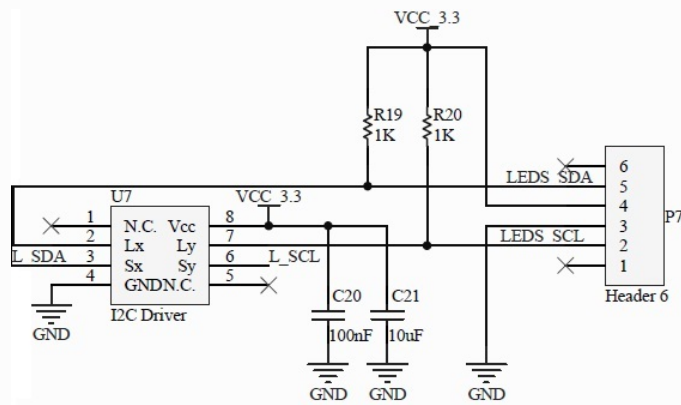
Source Data From: PCB_Project1.PrjPCB
 Project: PCB_Project1.PrjPCB
 Variant: None

Creation Date: _____
 Print Date: _____

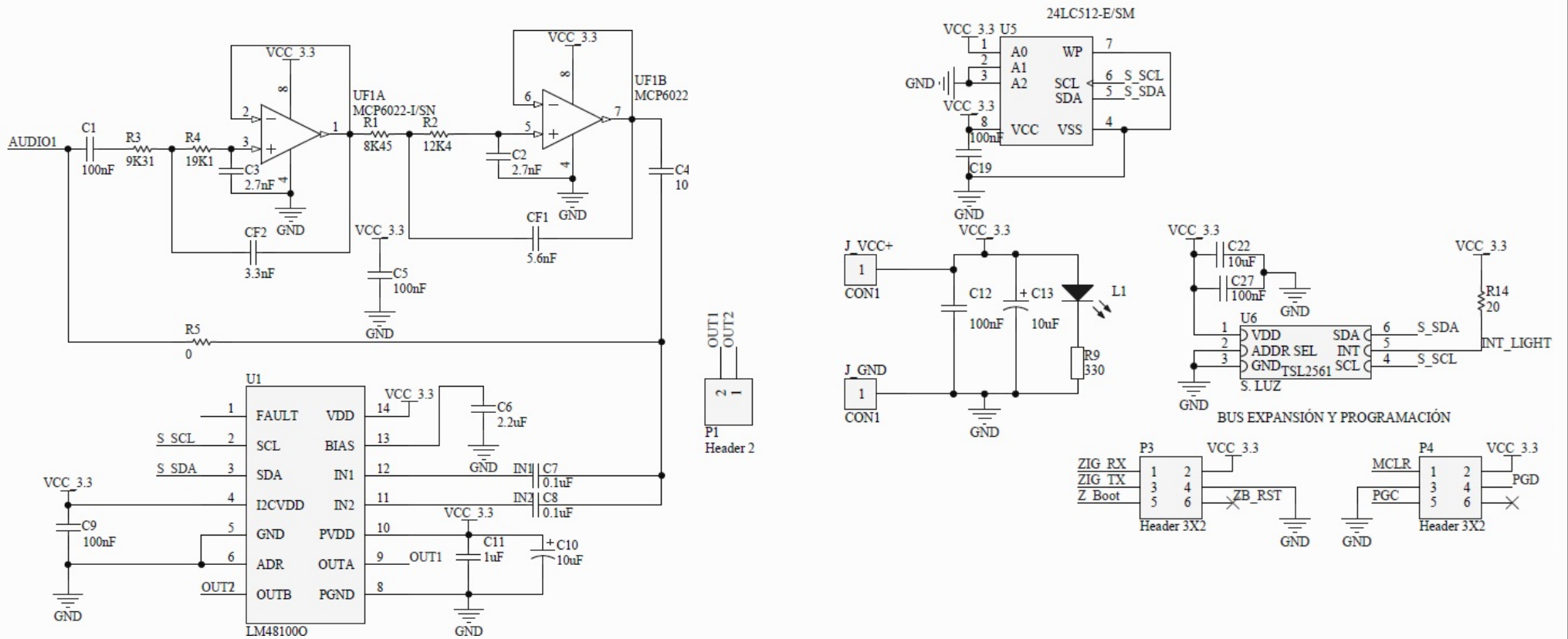
Footprint	Comment	LibRef	Designator	Description	Quantity
encapsulado	altavoz	altavoz	Altavoz		1
altavoz					
encapsulado	DRIVER	DRIVER	BLUE, GREEN, RED		3
driver led					
encapsulado	buzzer	buzzer	buzzer		1
buzzer					
encapsulado	LED	LED	LED		1
led					
SOT23	BSS123	BSS123	Mosfet Canal N	N-Channel Logic Level Enhancement Mode Field Effect Transistor	1
BIO SIP3	CON3	CON3	Pins alimentaciones, Pins Drivers	Connector	2
BIO SIP2	CON2	CON2	Pins Audio	Connector	1
SIP1	CON1	CON1	Pins Mosfet	Connector	1
AXIAL-1.0	Rajuste	Res2	Rajuste	Resistor	1
0805 - Estrecho	RB	Res2	RB	Resistor	1
0805 - Estrecho	RG	Res2	RG	Resistor	1
0805 - Estrecho	RR	Res2	RR	Resistor	1
					15

Approved	Notes

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala:</i>	GENERADOR EVENTOS VISUALES Y SONOROS Bill of materials		<i>Plano n.º</i>	
1:1			7	
			<i>N.º Alumno:</i> 539849	
			<i>Curso:</i> 2010/2011	

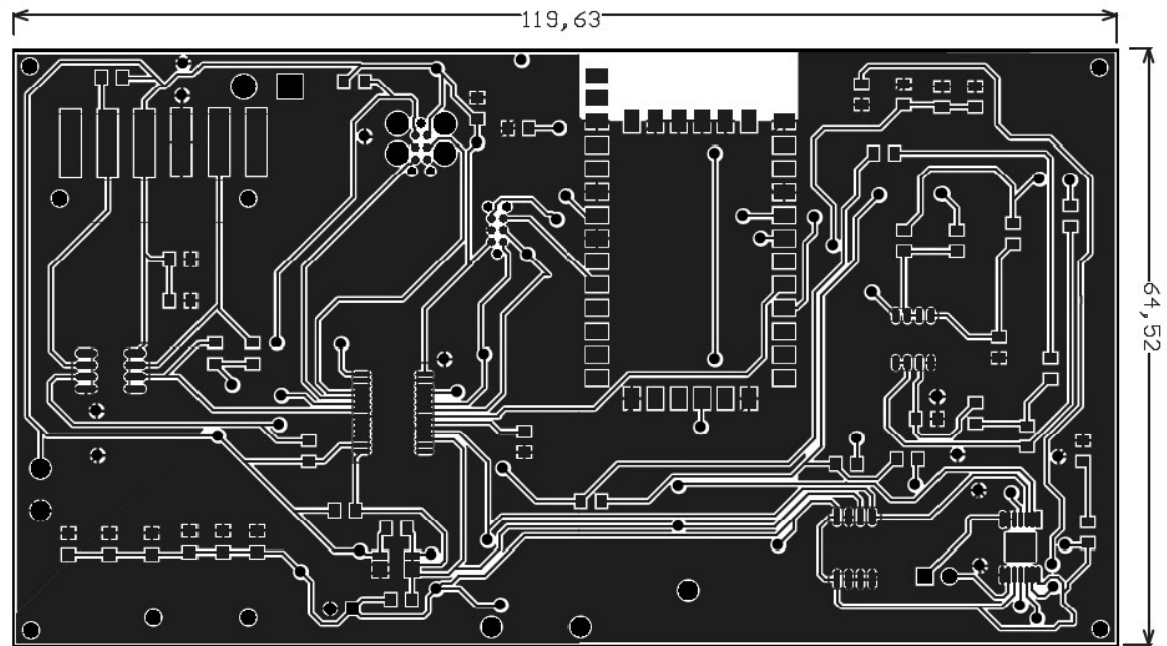



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
Dibujado	1/09/11	Darío Tolosana Mallada		Plano n.º 1 N.º Alumno: 539849 Curso: 2010/2011	
Comprobado					
Escala:	CONTROL CON FUENTE TRACO Schematic Print 1				
1:1					

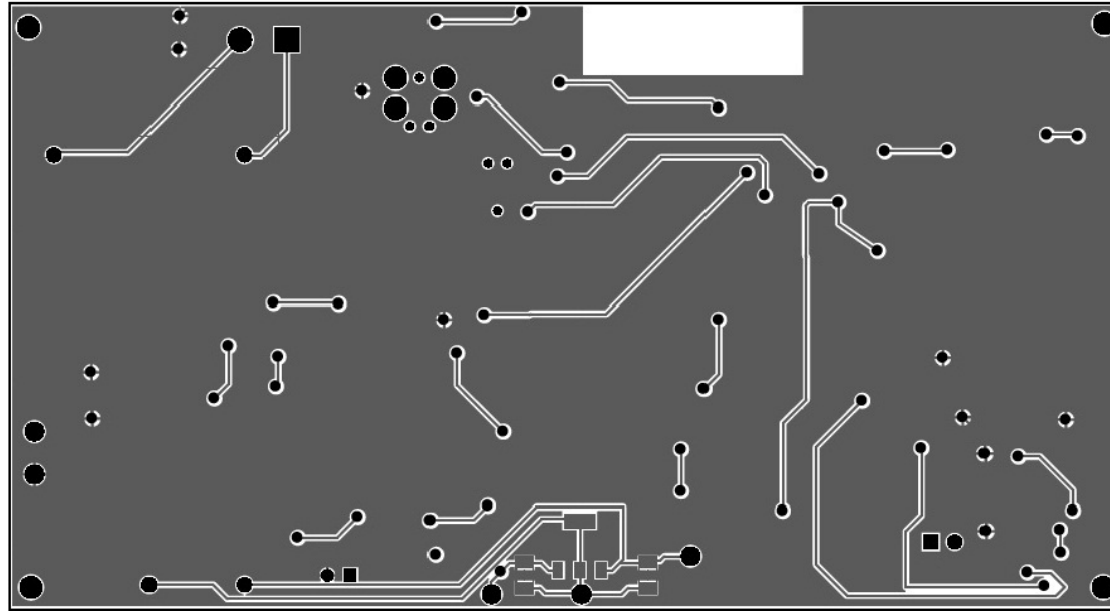



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
Dibujado	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
Comprobado					
Escala:	CONTROL CON FUENTE TRACO			Plano n.º	2
1:1	Schematic Print 2			N.º Alumno:	
				Curso:	2010/2011

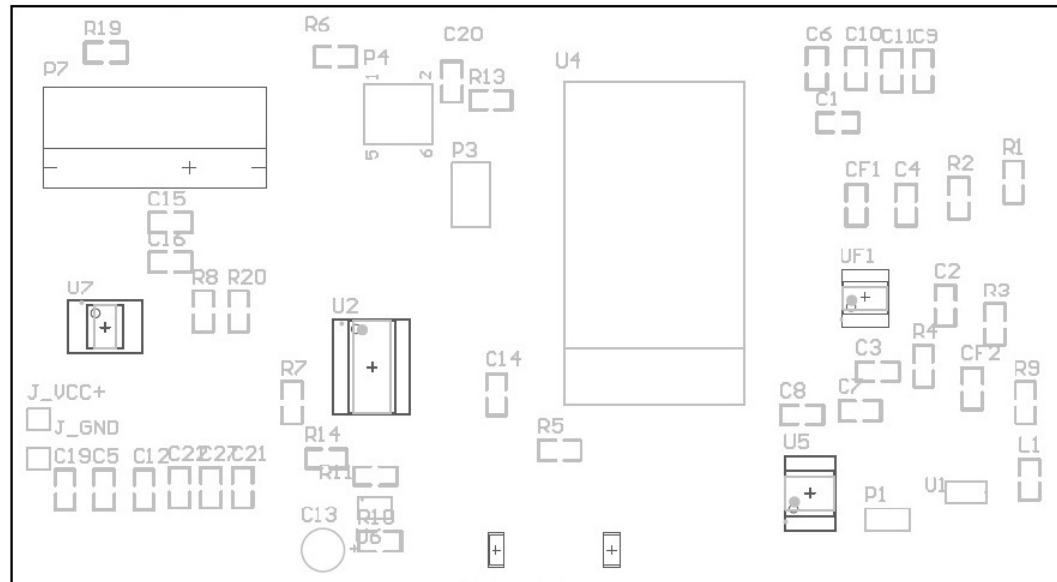





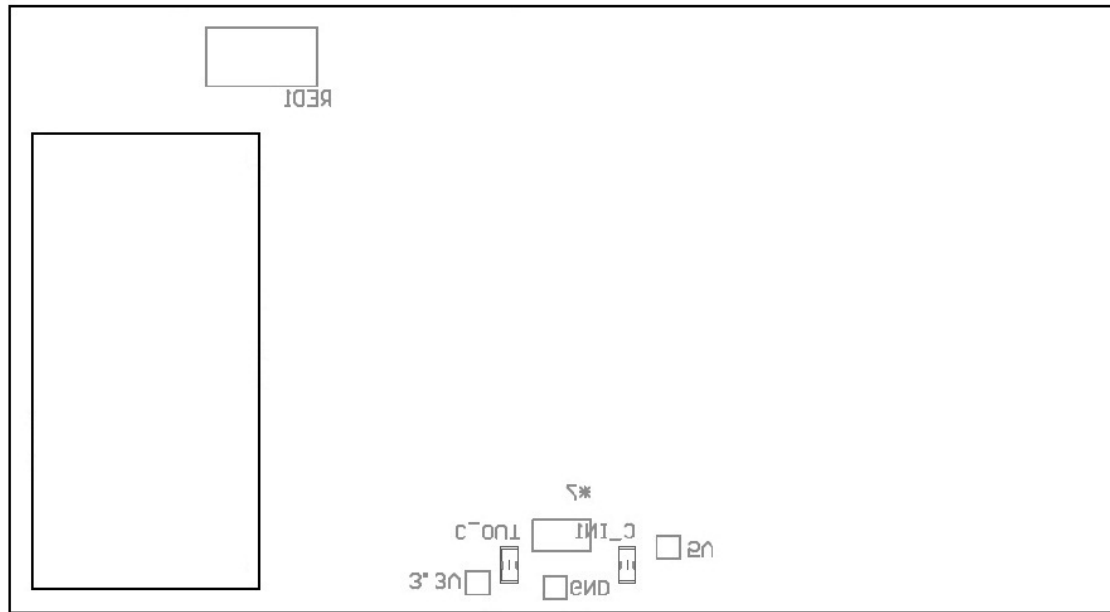
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE TRACO Top Layer			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
			<i>Curso:</i>	2010/2011	




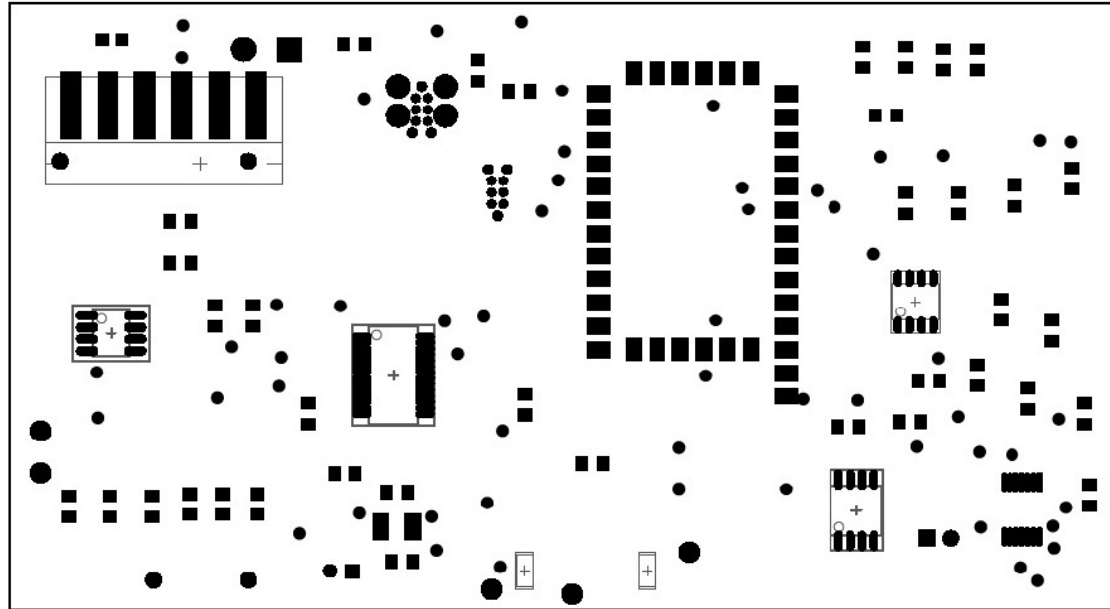
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE TRACO Bottom Layer			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
			<i>Curso:</i>	2010/2011	




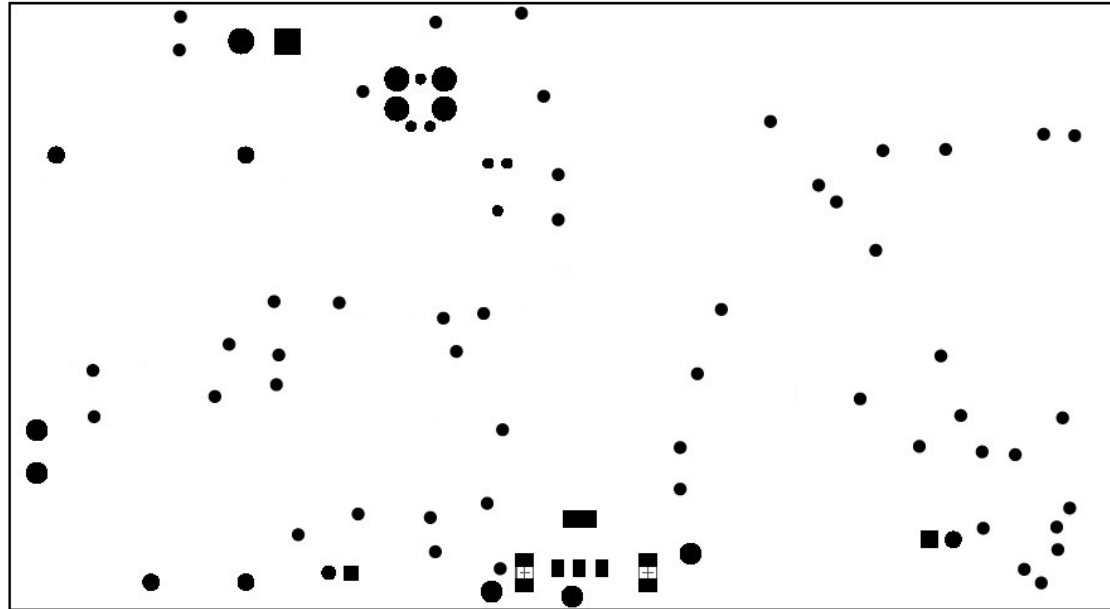
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
Dibujado	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
Comprobado					
Escala:	CONTROL CON FUENTE TRACO Top Silkscreen Overlay			Plano n.º	
1:1				N.º Alumno:	
			Curso:	2010/2011	




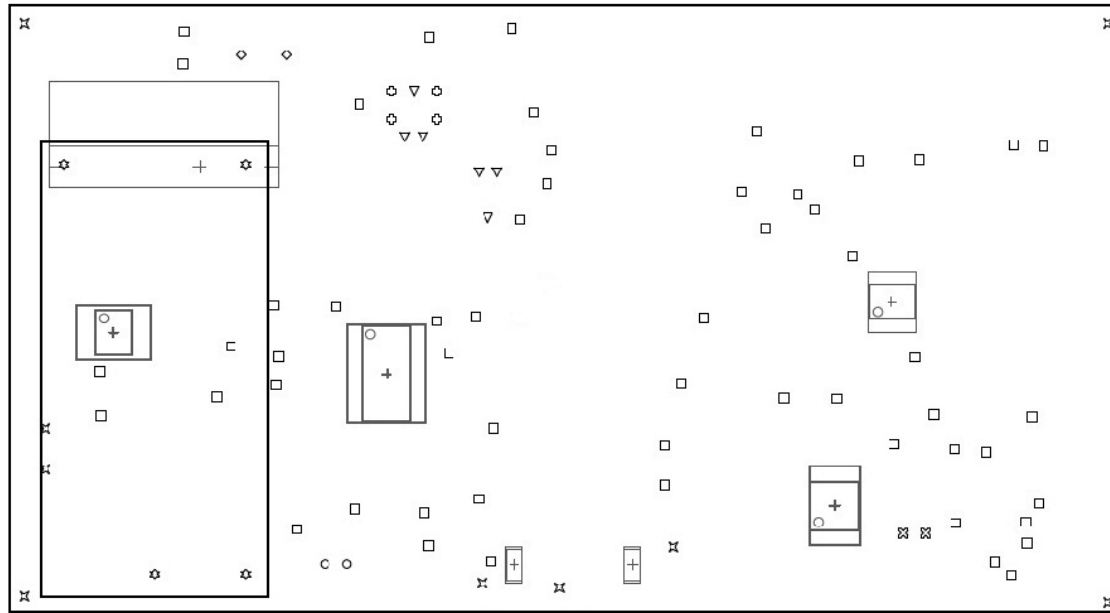
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE TRACO Bottom Silkscreen Overlay		<i>Plano n.º</i>		
1:1			6		
			<i>N.º Alumno:</i>	539849	
			<i>Curso:</i>	2010/2011	




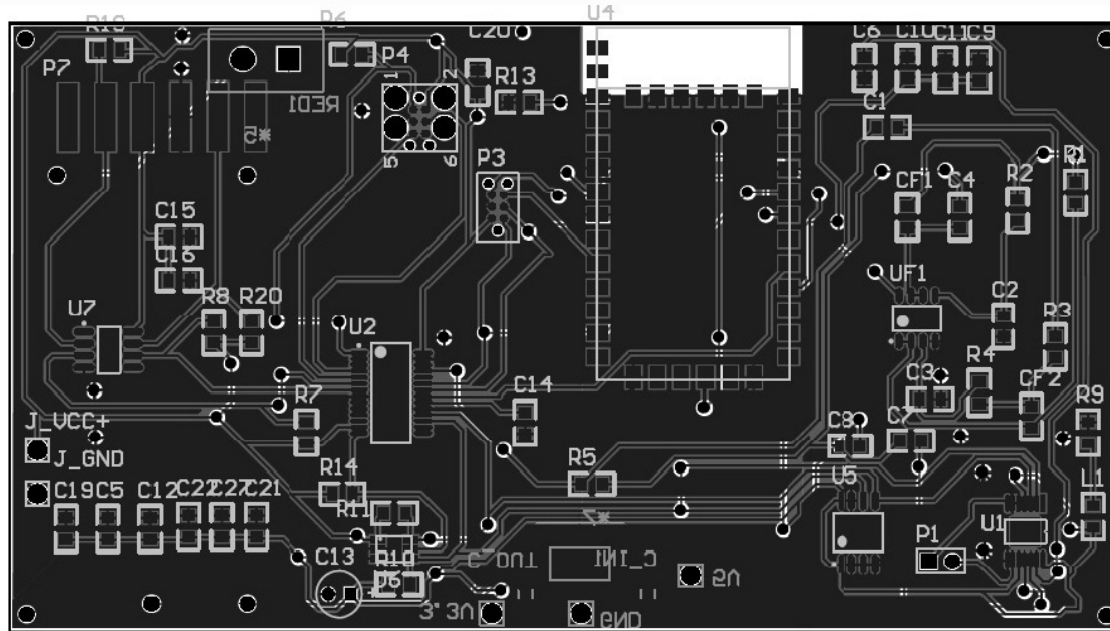
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE TRACO Top Solder Mask Print			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE TRACO Bottom Solder Mask Print			<i>Plano n.º</i>	
1:1					
				Curso: 2010/2011	



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE TRACO Drill Drawing			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
			<i>Curso:</i>	2010/2011	



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE TRACO PCB			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			

Bill of Materials

<Parameter Title not found>

Source Data From: _____

Project: _____

Variant: _____

Creation Date: _____

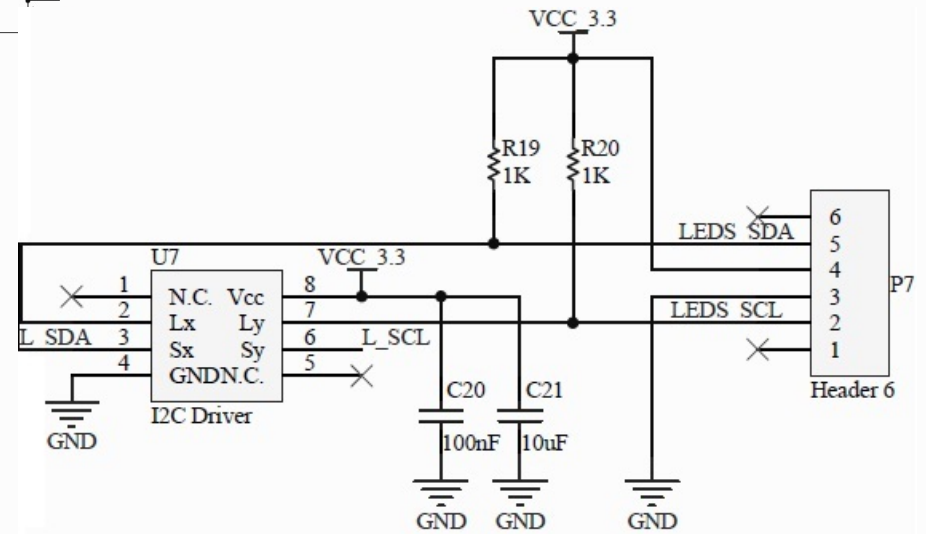
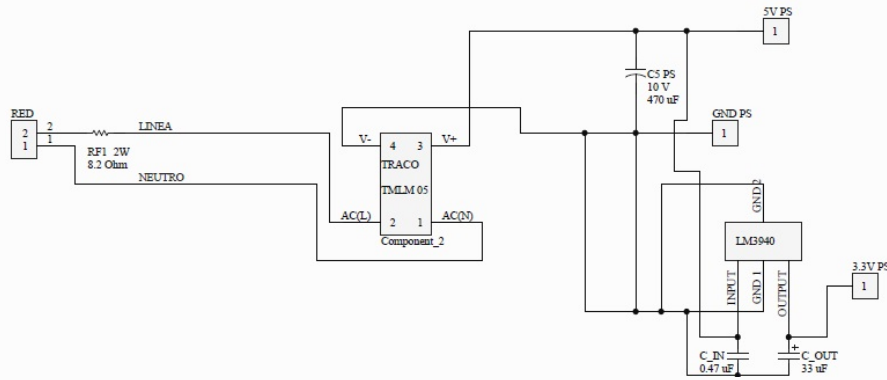
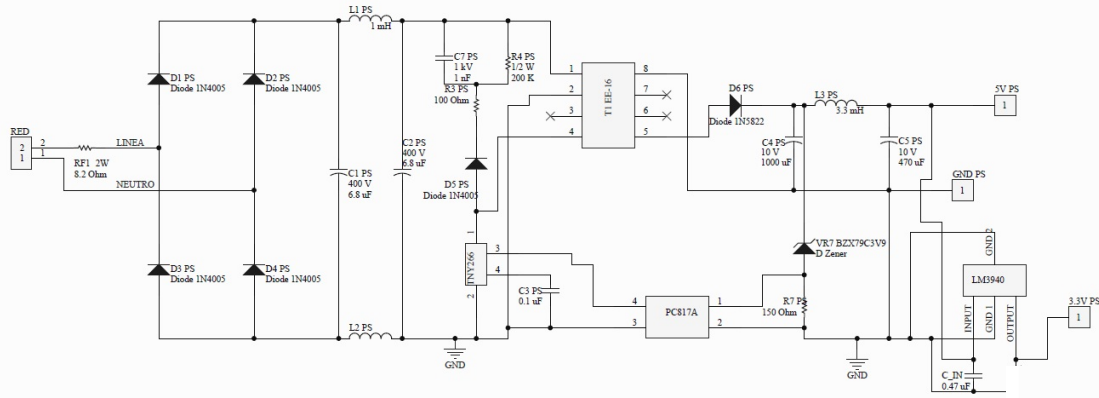
Print Date: _____

Footprint	Comment	LibRef	Designator	Description	Quantity
LM3940	Component_4	Component_4			1
SIP1	CON1	CON1	3,3V PS, GND PS, J_GND, J_VCC+	Connector	4
SIP1	5V PS	CON1	5V PS	Connector	1
BIO_0805	100nF	Cap, Cap Semi	C1, C4, C5, C9, C12, C15, C19, C20, C27	Capacitor, Capacitor (Semiconductor SIM Model)	9
BIO_0805	2.7nF	Cap	C2, C3	Capacitor	2
CAPR5-4X5	10 V	Cap2	C5 PS	Capacitor	1
BIO_0805	2.2uF	Cap	C6	Capacitor	1
BIO_0805	0.1uF	Cap	C7, C8	Capacitor	2
BIO_0805	10uF	Cap, Cap Pol1, Cap Semi	C10, C14, C21, C22	Capacitor, Capacitor (Semiconductor SIM Model), Polarized Capacitor (Radial)	4
BIO_0805	1uF	Cap, Cap Semi	C11, C16	Capacitor, Capacitor (Semiconductor SIM Model)	2
B	10uF	Cap Pol1	C13	Polarized Capacitor (Radial)	1
BIO_0805	5.6nF	Cap	CF1	Capacitor	1
BIO_0805	3.3nF	Cap	CF2	Capacitor	1
CAPC3218L	Cap Semi	Cap Semi	C_IN	Capacitor (Semiconductor SIM Model)	1
POLAR0.8	Cap Pol2	Cap Pol2	C_OUT	Polarized Capacitor (Axial)	1
BIO_0805	LED2	LED2	L1	Typical RED, GREEN, YELLOW, AMBER GaAs LED	1
HDR1X2	Header 2	Header 2	P1	Header, 2-Pin	1
TC2030-NL	Header 3X2	Header 3X2	P3	Header, 3-Pin, Dual row	1
TC2030-MCP	Header 3X2	Header 3X2	P4	Header, 3-Pin, Dual row	1
HERMAPRO	Header 6	Header 6	P7	Header, 6-Pin	1

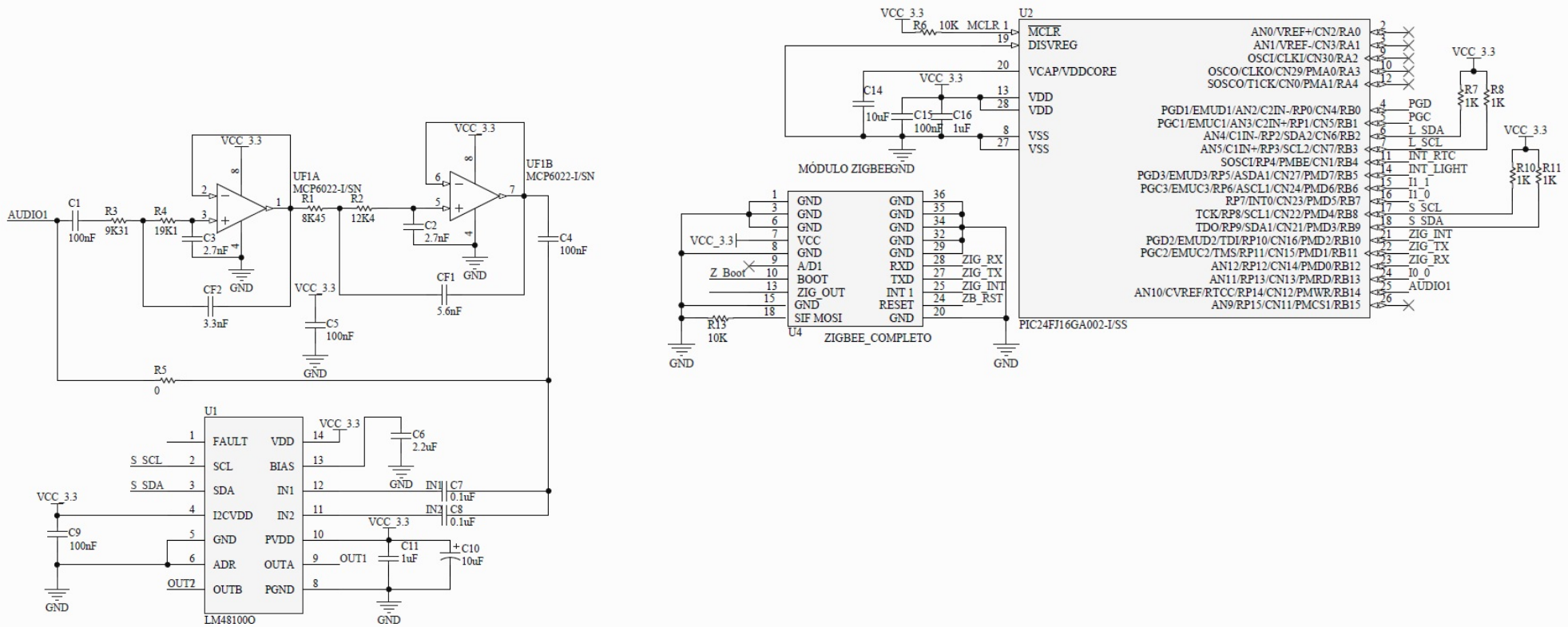
B						
BIO_0805	8K45	Res1	R1	Resistor	1	
BIO_0805	12K4	Res1	R2	Resistor	1	
BIO_0805	9K31	Res1	R3	Resistor	1	
BIO_0805	19K1	Res1	R4	Resistor	1	
BIO_0805	0	Res1	R5	Resistor	1	
BIO_0805	10K	Res1	R6, R13	Resistor	2	
BIO_0805	1K	Res1	R7, R8, R10, R11, R19, F20	Resistor	6	
BIO_0805	330	Res2	R9	Resistor	1	
BIO_0805	20	Res1	R14	Resistor	1	
2	CON_2	CON_2	RED		1	
CONECTOR						
SMM						
AXIAL-0.3	2W	Res1	RF1	Resistor	1	
TSSOP-14	LM48100Q	LM48100Q	U1		1	
SSOP-	PIC24FJ18GA00	PIC24FJ18GA00	U2	General Purpose 16-Bit Flash Microcontroller, 16KE Flash, 4KB SRAM, 28-Pin SSOP, Industrial Temperature	1	
SS28_L	2-ISS	2-ISS				
ZIGBEE_SO	ZIGBEE_COMP	ZIGBEE_COMP	U4		1	
LD	LETO	LETO				
SOU-SM8_L	24LC512-E/SM	24LC512-E/SM	U5	512Kbit, 400kHz, 2.5V, I2C Serial EEPROM, 8-Pin SOIC 208mil, Extended Temperature	1	
TSL2560	S_LUZ	TSL2560	U6		1	
SOIC127P80	I2C Driver	82B715	U7		1	
0 88M						
SOIC150-8_L	MCP6022-I/SN	MCP6022-I/SN	UF1	Rail-to-Rail Input/Output, 10 MHz Operational Amplifier, 8-Pin SOIC, Industrial Temperature	1	
					81	
Approved		Notes				

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	1/09/11	Darío Tolosana Mallada		
Comprobado				
Escala:	CONTROL CON FUENTE TRACO			Plano n.º
1:1	Bill of materials			11
				N.º Alumno: 539849
				Curso: 2010/2011

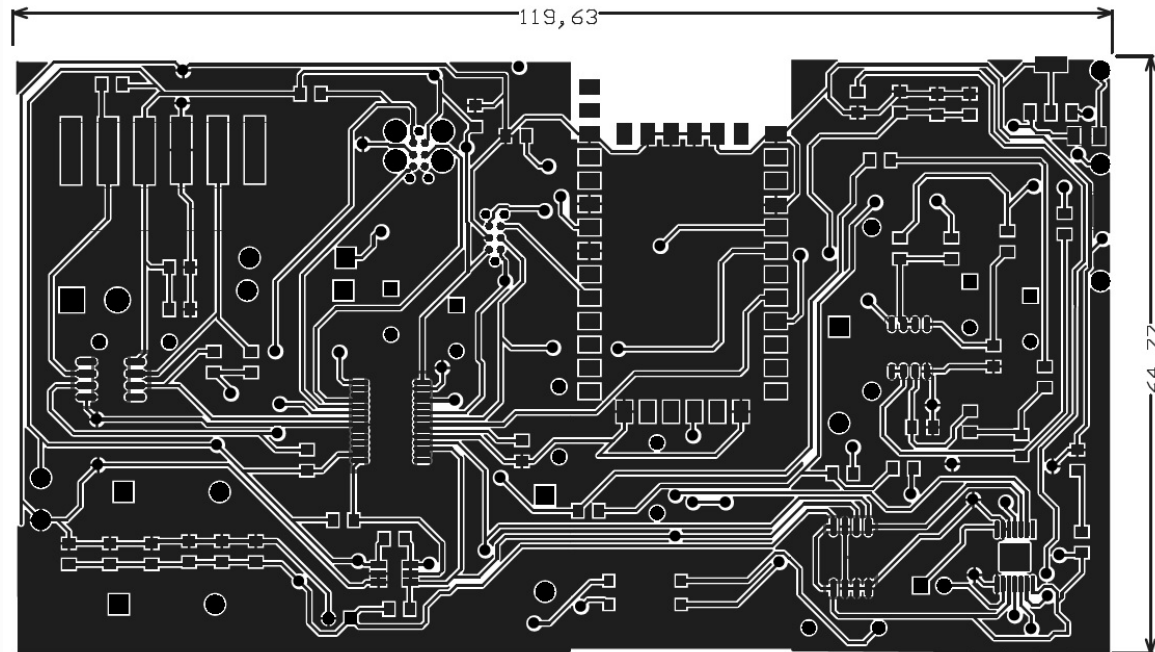





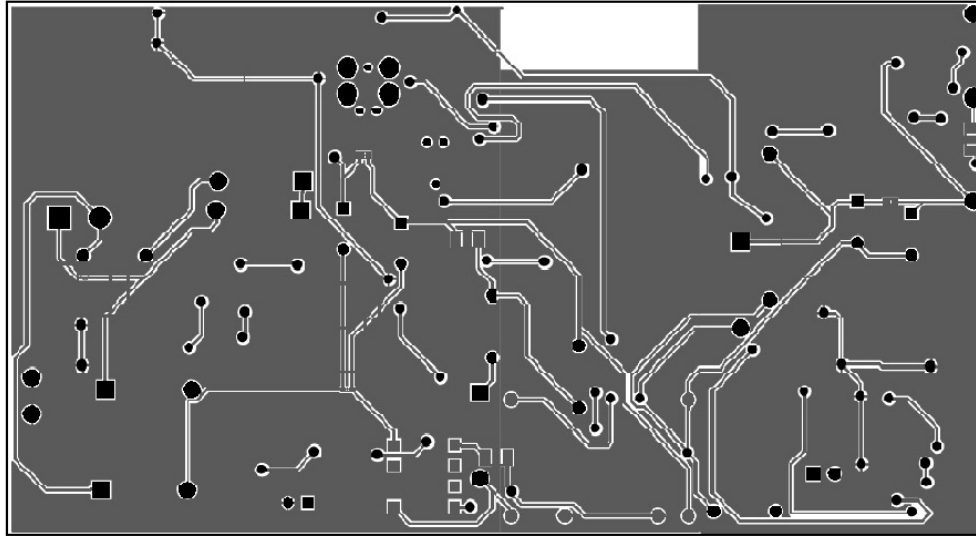
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	1/09/11	Darío Tolosana Mallada		
Comprobado				
Escala:	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA			Plano n.º
1:1				Schematic Print 1
			N.º Alumno: 539849	
			Curso: 2010/2011	




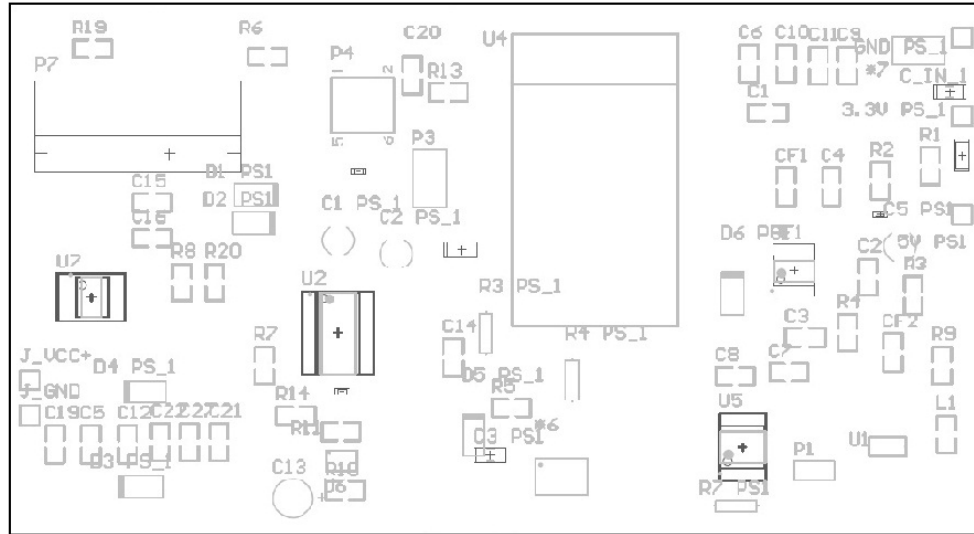
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	1/09/11	Darío Tolosana Mallada		
Comprobado				
Escala:	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA			Plano n.º
1:1				Schematic Print 2
			N.º Alumno: 539849	
			Curso: 2010/2011	




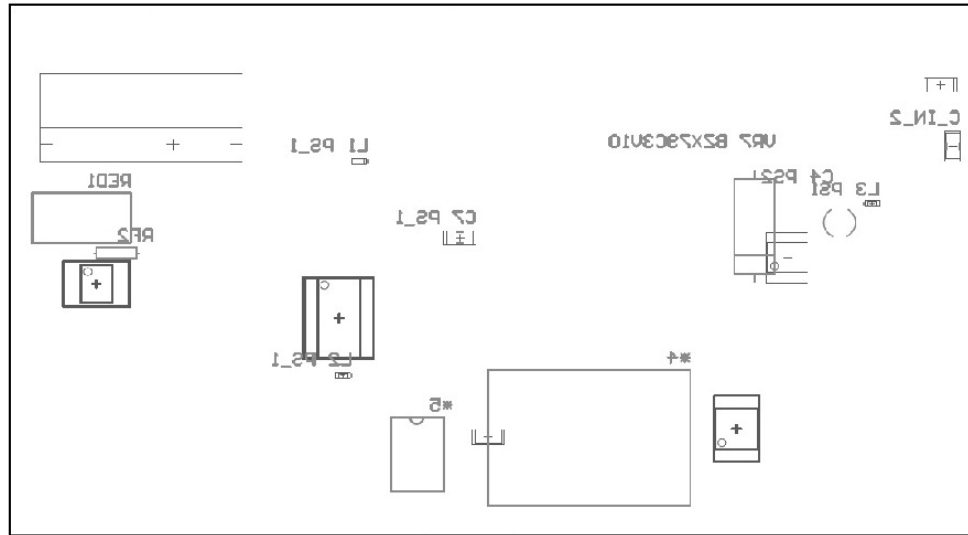
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA Top Layer			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			



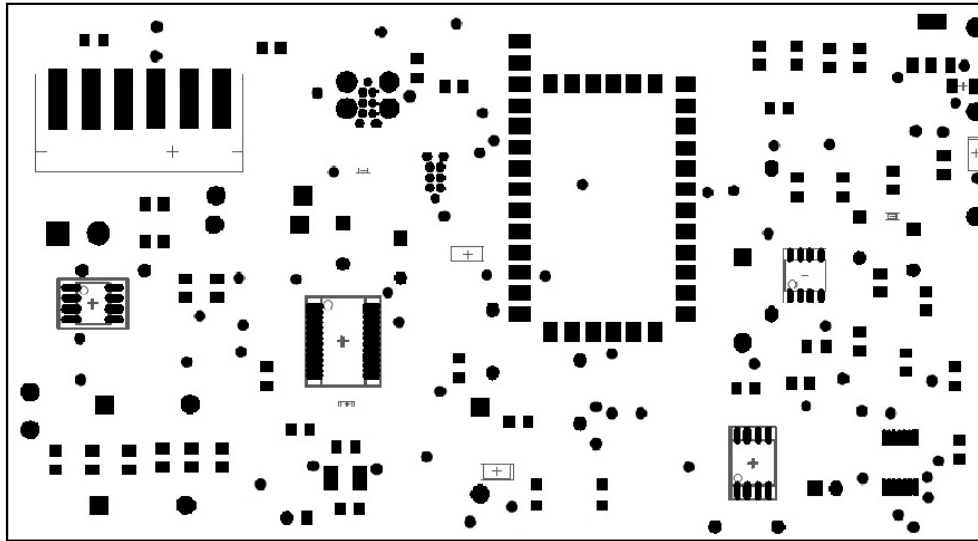
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA Bottom Layer			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			




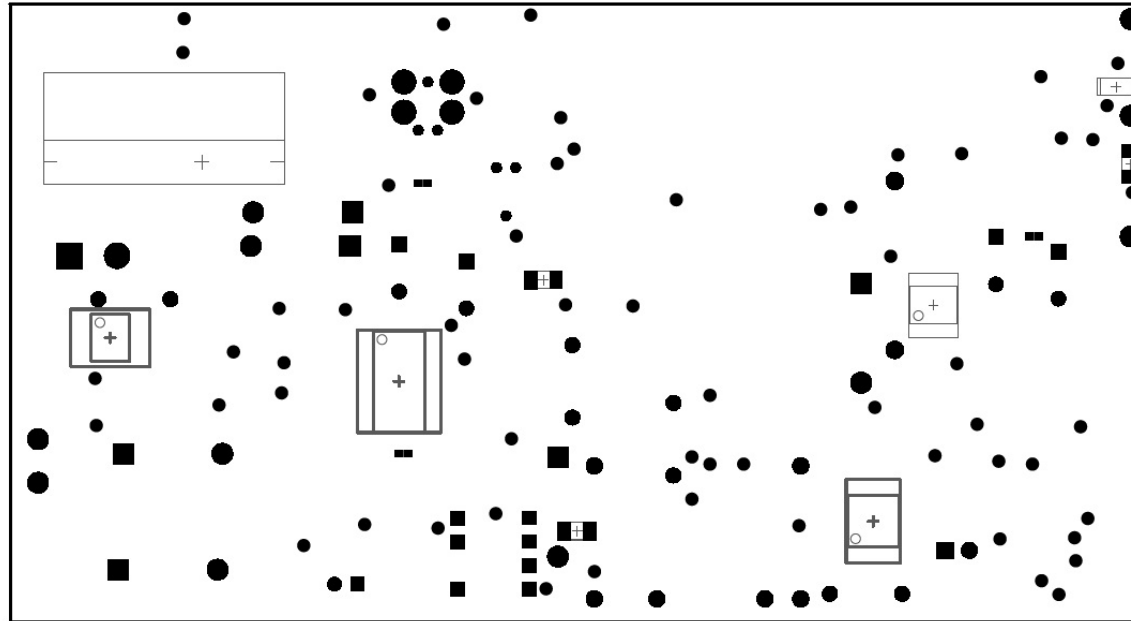
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA Top Silkscreen Overlay			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			




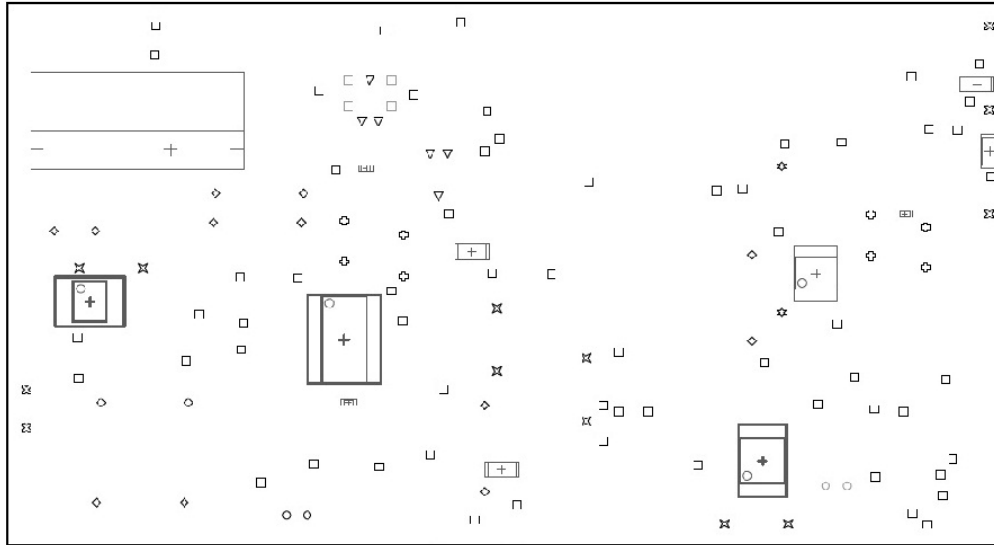
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA Bottom Silkscreen Overlay			<i>Plano n.º</i>	
1:1				6	
				<i>N.º Alumno:</i>	539849
				<i>Curso:</i>	2010/2011




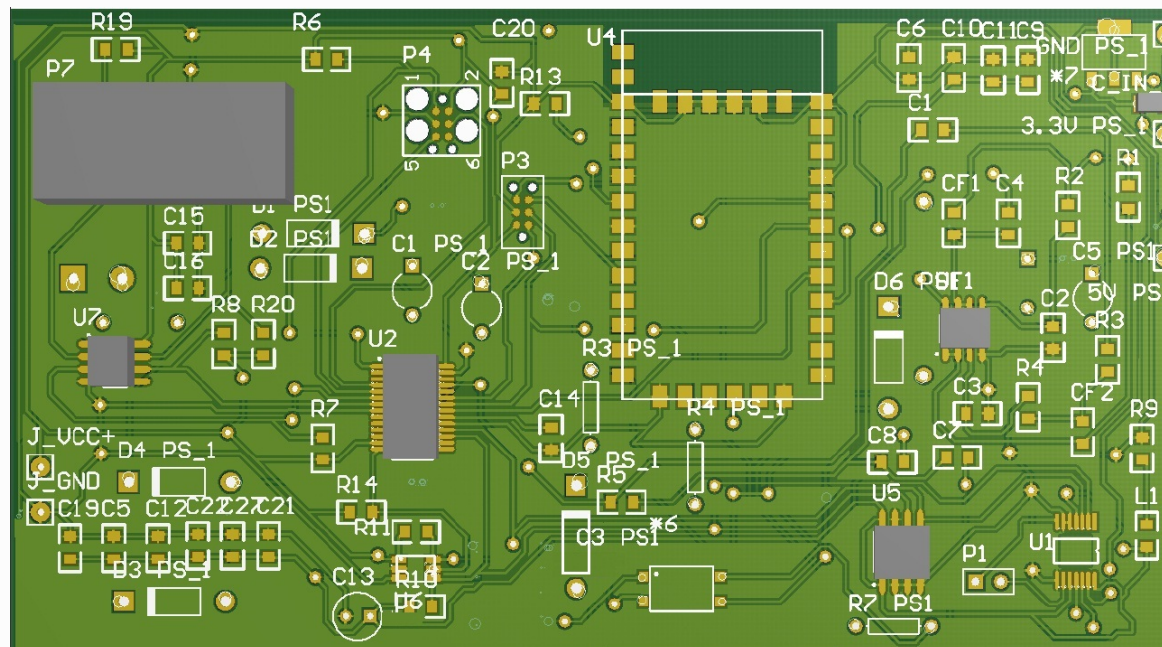
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA Top Solder Mask Print			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
	<i>Curso:</i>	2010/2011			




	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA Bottom Solder Mask Print			<i>Plano n.º</i>	
1:1				8	
	<i>N.º Alumno:</i>	539849		<i>Curso:</i>	2010/2011



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA Drill Drawing			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
			<i>Curso:</i>	2010/2011	



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala:</i>	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA PCB			<i>Plano n.º</i>	
1:1				<i>N.º Alumno:</i>	
			<i>Curso:</i>	2010/2011	

Bill of Materials

<Parameter Title not found>

Source Data From:

Project:

Variant:

Creation Date:

Print Date:

Footprint	Comment	LibRef	Designator	Description	Quantity
LM3940	Component_4	Component_4			1
SIP1	CON1	CON1	3.3V PS, GND PS, J_GND, J_VCC+	Connector	4
SIP1	5V PS	CON1	5V PS	Connector	1
BIO_0805	100nF	Cap, Cap Semi	C1, C4, C5, C9, C12, C15, C19, C20, C27	Capacitor, Capacitor (Semiconductor SIM Model)	9
CAPR5-4X5	400 V	Cap2	C1 PS, C2 PS	Capacitor	2
BIO_0805	2.7nF	Cap	C2, C3	Capacitor	2
CAPC3216L	Cap Semi	Cap Semi	C3 PS, C_IN	Capacitor (Semiconductor SIM Model)	2
CAPR5-4X5	10 V	Cap2	C4 PS, C5 PS	Capacitor	2
BIO_0805	2.2uF	Cap	C6	Capacitor	1
BIO_0805	0.1uF	Cap	C7, C8	Capacitor	2
CAPC3216L	1 kV	Cap Semi	C7 PS	Capacitor (Semiconductor SIM Model)	1
BIO_0805	10uF	Cap, Cap Pol1, Cap Semi	C10, C14, C21, C22	Capacitor, Capacitor (Semiconductor SIM Model), Polarized Capacitor (Radial)	4
BIO_0805	1uF	Cap, Cap Semi	C11, C16	Capacitor, Capacitor (Semiconductor SIM Model)	2
B	10uF	Cap Pol1	C13	Polarized Capacitor (Radial)	1
BIO_0805	5.6nF	Cap	CF1	Capacitor	1
BIO_0805	3.3nF	Cap	CF2	Capacitor	1
POLAR0.8	Cap Pol2	Cap Pol2	C_OUT	Polarized Capacitor (Axial)	1
DIO10.46-5.3x2.8	Diode 1N4005	Diode 1N4005	D1 PS, D2 PS, D3 PS, D4 PS, D5 PS	1 Amp General Purpose Rectifier	5
DIO10.46-5.3x2.8	Diode 1N5822	Diode 1N4005	D6 PS	1 Amp General Purpose Rectifier	1
BIO_0805	LED2	LED2	L1	Typical RED, GREEN, YELLOW, AMBER GaAs LED	1
INDC1005AL	Inductor	Inductor	L1 PS, L2 PS, L3 PS	Inductor	3
HDR1X2	Header 2	Header 2	P1	Header, 2-Pin	1
TC2030-NL	Header 3X2	Header 3X2	P3	Header, 3-Pin, Dual row	1
TC2030-MCP	Header 3X2	Header 3X2	P4	Header, 3-Pin, Dual row	1
HERMAPRO6	Header 6	Header 6	P7	Header, 6-Pin	1

BIO_0805	8K45	Res1	R1	Resistor	1
BIO_0805	12K4	Res1	R2	Resistor	1
BIO_0805	9K31	Res1	R3	Resistor	1
AXIAL-0.3	Res1	Res1	R3 PS	Resistor	1
BIO_0805	19K1	Res1	R4	Resistor	1
AXIAL-0.3	1/2 W	Res1	R4 PS	Resistor	1
BIO_0805	0	Res1	R5	Resistor	1
BIO_0805	10K	Res1	R6, R13	Resistor	2
BIO_0805	1K	Res1	R7, R8, R10, R11, R19, R20	Resistor	6
AXIAL-0.3	2W	Res1	R7 PS, RF1	Resistor	2
BIO_0805	330	Res2	R9	Resistor	1
BIO_0805	20	Res1	R14	Resistor	1
2	CON_2	CON_2	RED		1
CONECTOR					
5MM					
TSSOP-14	LM48100Q	LM48100Q	U1		1
SSOP-SS28_L	PIC24FJ16GA002-I/SS	PIC24FJ16GA002-I/SS	U2	General Purpose 16-Bit Flash Microcontroller, 16KB Flash, 4KB SRAM, 28-Pin SSOP, Industrial Temperature	1
ZIGBEE_SO	ZIGBEE_COMP	ZIGBEE_COMP	U4		1
LD	LETO	LETO			
SOIJ-SM8_L	24LC512-E/SM	24LC512-E/SM	U5	512Kbit, 400kHz, 2.5V, I2C Serial EEPROM, 8-Pin SOIC 208mil, Extended Temperature	1
TSL2560	S. LUZ	TSL2560	U6		1
SOIC127P60-0-8BM	I2C Driver	82B715	U7		1
SOIC150-8_L	MCP6022-I/SN	MCP6022-I/SN	UF1	Rail-to-Rail Input/Output, 10 MHz Operational Amplifier, 8-Pin SOIC, Industrial Temperature	1
DIODE-0.7	D Zener	D Zener	VR7 BZX79C3V9	Zener Diode	1
					79
Approved		Notes			

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
Dibujado	1/09/11	Darío Tolosana Mallada			
Comprobado					
Escala:	CONTROL CON FUENTE DISEÑADA			Plano n.º	
1:1	Bill of materials			11	
				N.º Alumno:	539849
				Curso:	2010/2011

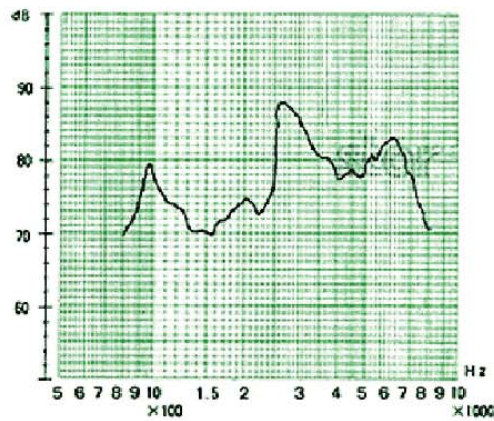
Magnetic Sounders **MZT Series**

MZT-03A BLK (EIAJ:MS-RT2-V15-27)

- Compact
Small and slim size of 10mm(W) × 12mm (L) × 2mm(H)
- The unique structure and its housing allow for reflow process
- Tape and reel packaging for auto mounting



Frequency response



MZT-03A BLK

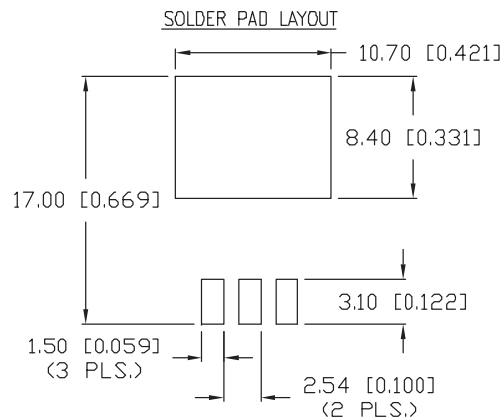
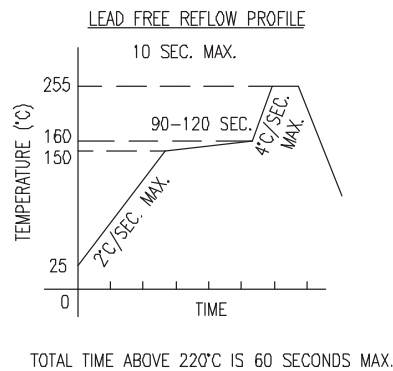
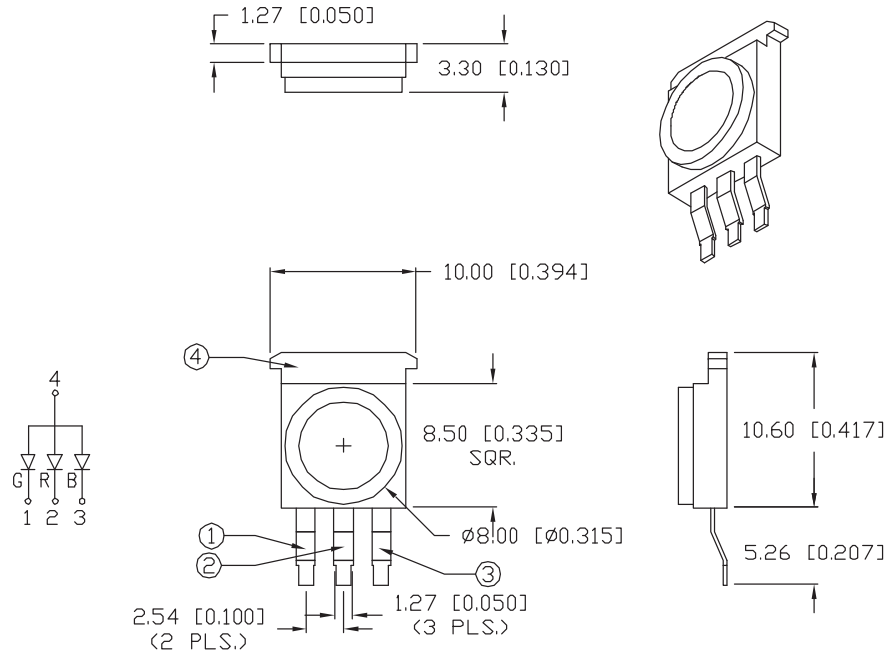
Applied voltage:
3.6V, square wave,
1/2 duty
distance for
measurement: 10cm

Specifications

Type	MZT-03A BLK
Rated Voltage (V)	3.6
Mean Current Consumption (mA)	MAX70 (TYP60)
Coil Resistance (Ω)	24 \pm 3
*Sound Output at 10cm (dB)	MIN83 (TYP87)
Rated Frequency (Hz)	2670
Operating Voltage (V)	MAX 4.2
Operating Temperature ($^{\circ}$ C)	-20 to +60
Storage Temperature ($^{\circ}$ C)	-40 to +85
Weight (g)	0.5

*Value applying rated voltage (2670Hz, 1/2duty, square wave)

Dimensions



ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS $T_A=25^\circ\text{C}$

PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNITS	TEST COND
PEAK WAVELENGTH		626 (RED)		nm	
		525 (GREEN)		nm	
		470 (BLUE)		nm	
FORWARD VOLTAGE (R)		2.1	2.79	V_f	$I_f=300\text{mA}$
	(G)	3.5	3.99	V_f	$I_f=350\text{mA}$
	(B)	3.5	3.99	V_f	$I_f=350\text{mA}$
REVERSE VOLTAGE	5.0			V_r	$I_r=100\mu\text{A}$
TOTAL FLUX (R/G/B)		25/25/8		lm	
VIEWING ANGLE		110		2x theta	
EMITTED COLOR:	RED/GREEN/BLUE				
EPOXY LENS FINISH:	WHITE DIFFUSED				

LIMITS OF SAFE OPERATION AT 25°C

PARAMETER	COLORS	MAX	UNITS
PEAK FORWARD CURRENT*	(R/G/B)	350/500/500	mA
STEADY CURRENT	(R/G/B)	300/350/350	mA
POWER DISSIPATION		3.5	W
OPERATING TEMP.		-30 TO +85	$^\circ\text{C}$
STORAGE TEMP.		-30 TO +85	$^\circ\text{C}$
SOLDERING TEMP.		+260	$^\circ\text{C}$
2.0mm FROM BODY			3 SEC. MAX

* $T < 10\mu\text{s}$

CAUTION: STATIC SENSITIVE DEVICE
FOLLOW PROPER E.S.D. HANDLING PROCEDURES
WHEN WORKING WITH THIS PART.

NOTES:

1. 50 PCS. IN EACH TUBE.



*UNLESS OTHERWISE SPECIFIED TOLERANCES PER DECIMAL PRECISION ARE: X=±1 (±0.039), X.X=±0.5 (±0.020), X.XX=±0.25 (±0.010), X.XXX=±0.127 (±0.005). LEAD SIZE=±0.05 (±0.002), LEAD LENGTH=±0.75 (±0.030). MIN.=+DECIMAL PRECISION -0.00, MAX.=+0.00 -DECIMAL PRECISION

REV.	PART NUMBER SML-LX1610RGBW/A
------	---------------------------------

CONFIDENTIAL INFORMATION
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF LUMEX INC. EXCEPT AS SPECIFICALLY AUTHORIZED IN WRITING BY LUMEX INC., THE HOLDER OF THIS DOCUMENT SHALL KEEP ALL INFORMATION CONTAINED HEREIN CONFIDENTIAL AND SHALL PROTECT SAME IN WHOLE OR IN PART FROM DISCLOSURE AND DISSEMINATION TO ALL THIRD PARTIES.



290 E. HELEN ROAD
PALATINE, IL 60067-6976
PHONE: +1.847.359.2790
US WEB: www.lumex.com
TW WEB: www.lumex.com.tw

10.60 x 10mm HIGH POWER LED, RGB LEDs.

RELIABILITY NOTE
OUR MANY YEARS OF EXPERIENCE DATA ACCUMULATION INDICATE THAT SOLDER HEAT IS A MAJOR CAUSE OF EARLY AND FUTURE FAILURE. PLEASE PAY ATTENTION TO YOUR SOLDERING PROCESS.

DRAWN BY:
JN

CHECKED BY:

APPROVED BY:

DATE: 10.14.08
PAGE: 1 OF 1
SCALE: N/A

Full-Range driver

K 28 WP

8 Ω
50 Ω

Technische Daten

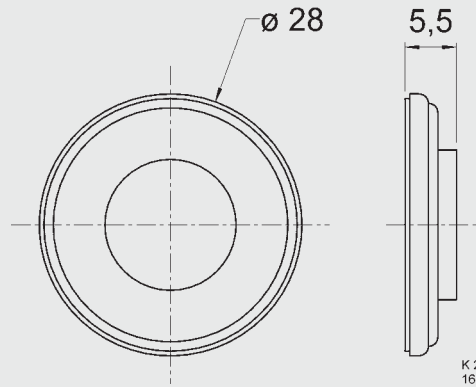
Nennbelastbarkeit	1 Watt
Musikbelastbarkeit	2 Watt
Impedanz	8 Ω / 50 Ω
Übertragungsbereich (-10 dB)	300 – 20000 Hz
Mittlerer Schalldruckpegel	75 dB (1 W/1 m)
Resonanzfrequenz	500 Hz
Schwingspulendurchmesser	10 mm Ø
Schallwandöffnung	21 mm Ø
Gewicht	0,007 kg

Technical Data

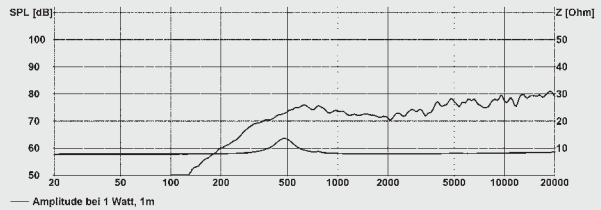
Rated power	1 Watt
Maximum power	2 Watt
Impedance	8 Ω / 50 Ω
Frequency response (-10 dB)	300 – 20000 Hz
Mean sound pressure level	75 dB (1 W/1 m)
Resonant frequency	500 Hz
Voice coil diameter	10 mm Ø
Cutout diameter	21 mm Ø
Net weight	0,007 kg

04/2007

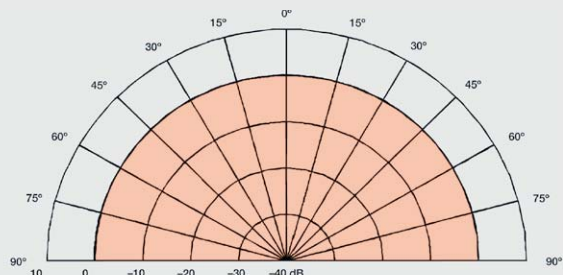
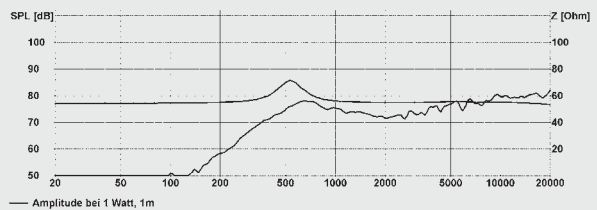
GERMANY
VISATON®



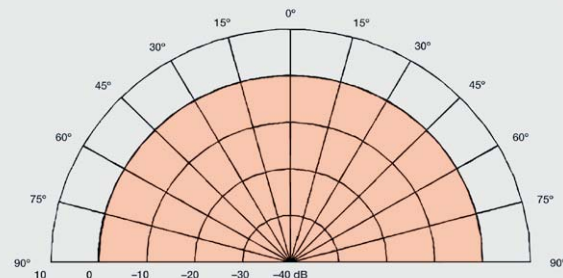
8 Ω



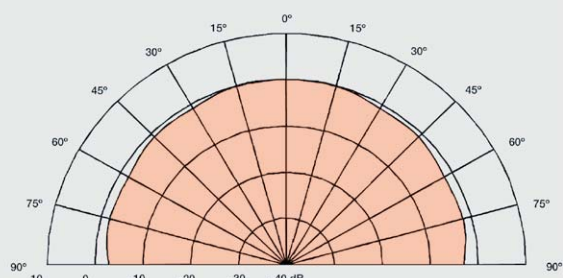
50 Ω



Abstrahlcharakteristik / Radiation pattern 1000 Hz



Abstrahlcharakteristik / Radiation pattern 5000 Hz



Abstrahlcharakteristik / Radiation pattern 8000 Hz



ETRX2 – (ZigBee Technology) Wireless Mesh Networking Module

The Telegesis ETRX2 module is a low power, 2.4GHz ISM band transceiver, based upon the Ember Corporation EM250 single chip ZigBee / IEEE802.15.4 solution and EmberZNet 2.xx meshing technology.

Designed for integration into any device without the need for RF expertise the ETRX2 enables you to add powerful wireless networking capability to your products and bring them quickly to market. The comprehensive Telegesis AT command line interface allows for quick integration without complex software engineering.

MODULE FEATURES

- Small form factor, SMT module 37.75 x 20.5mm.
- Optional board-to-board or board-to-cable connector.
- 3 antenna options: Integrated ceramic antenna, Hirose U.FL coaxial connector or single port 50Ω pad.
- XAP16b microcontroller with non-intrusive debug interface (SIF).
- 128k flash and 5kbytes of SRAM.
- UART interface with DMA, optional software support for hardware I²C and SPI.
- Wide supply voltage range (2.1 to 3.6V).
- Module ships with standard Telegesis AT-style software interface based on the EmberZnet 2.xx meshing stack.
- Can act as an End Device, Router or Coordinator.
- 12 general-purpose I/O lines and 2 analogue inputs (all 17 GPIOs of the SN250 are accessible).
- Supports 4 different power modes for extended battery life.
- Current consumption below 1uA in deep sleep mode with self wakeup.
- Firmware upgrades via RS232 or over the air (password protected).
- Hardware supported encryption (AES-128).
- Tested for CE and FCC compliance (with integrated antenna), FCC modular approval.
- Operating temperature range: -40°C to +85°C.
- Future Options: On board, low power voltage regulator, DC/DC regulator and watch crystal.

RADIO FEATURES

- Based on the Ember Corporation EM250 single chip ZigBee / IEEE802.15.4 solution.
- 2.4GHz ISM Band.
- 250kbit/s over the air data rate – NB Actual usable data throughput with ZigBee is 20kbps.
- 16 channels (802.15.4 Channel 11 to 26).
- +3dBm output power (+5dBm in boost mode).
- High sensitivity of -98dBm typ. at 1% packet error rate.
- Hardware acceleration for IEEE 802.15.4 compliant transmissions.

SUGGESTED APPLICATIONS

- AMR – Automatic Meter Reading.
- Wireless Alarms and Security.
- Home/Building Automation.
- Wireless Sensor Networks.
- M2M Industrial Controls.
- Future ZigBee systems.
- PC Peripherals.
- IEEE 802.15.4 Systems.
- Item Tracking.

DEVELOPMENT KITS

- Two complementary development kits consisting of two or three modules and a single development board with USB connectivity and I/O breakouts.
- AT-style software interface command dictionary can be modified for high volume customers.
- Custom software development available upon request.

EXAMPLE AT-STYLE COMMANDS

AT+BCAST	Sends a Broadcast
AT+UCAST:<address>	Sends a Unicast
AT+EN	Establish PAN network

Unlike many other module command layers the Telegesis AT-Style command set fully mirrors the functionality of the EmberZNet mesh networking stack. With the ETRX2 module there is therefore no requirement for any embedded firmware expertise when engineering your mesh networking solution.

The ETRX2 is available in Power Amplified form – see ETRX2-PA for range & specification details.

CAT4101

1 A Constant-Current LED Driver with PWM Dimming

Description

The CAT4101 is a constant-current sink driving a string of high-brightness LEDs up to 1 A with very low dropout of 0.5 V at full load. It requires no inductor, provides a low noise operation and minimizes the number of components. The LED current is set by an external resistor connected to the RSET pin. The LED pin is compatible with high voltage up to 25 V, allowing the driving of long strings of LEDs. The device ensures an accurate and regulated current in the LEDs independent of supply and LED forward voltage variation.

The PWM/EN input allows the device shutdown and the LED brightness adjustment by using an external pulse width modulation (PWM) signal.

The driver features a thermal shutdown protection that becomes active whenever the die temperature exceeds 150°C.

The device is available in a high-power, 5-lead TO-263 package offering excellent thermal dissipation characteristics.

Features

- Accurate 1 A Current Sink
- Up to 25 V Operation on LED Pin
- Low Dropout 500 mV at 1 A
- LED Current Set by External Resistor
- High Resolution PWM Dimming via EN/PWM
- “Zero” Current Shutdown Mode
- Thermal Shutdown Protection
- TO-263 5-lead Package
- These Devices are Pb-Free, Halogen Free/BFR Free and are RoHS Compliant

Applications

- High Power LED up to 1 A
- Architectural and General Lighting
- Automotive Lighting

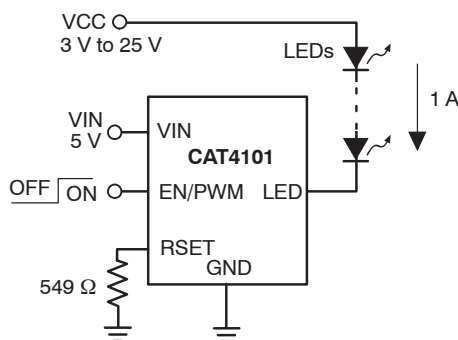
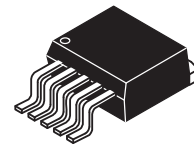


Figure 1. Typical Application Circuit



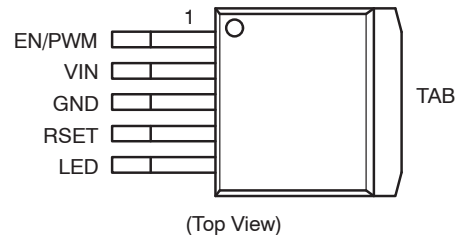
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

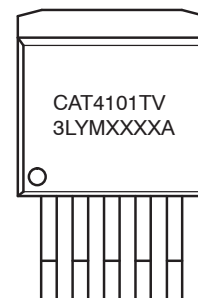


TO-263
TV SUFFIX
CASE 221AE

PIN CONNECTIONS



MARKING DIAGRAM



CAT4101TV = Specific Device Code
 3 = Lead Finish (Matte-Tin)
 L = Assembly Location Code
 Y = Production Year (Last Digit)
 M = Production Month (1-9, A, B, C)
 XXXX = Last Four Digits of Assembly Lot Number
 A = Production Revision (Fixed as "A")

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
CAT4101TV-T75 (Note 1)	TO-263 (Pb-Free)	750/ Tape & Reel

1. Lead Finish Matte-Tin

Product not recommended for new design in!

See new series:

- ◆ **TMLM Series, 4 to 20 Watt**
highest power density, PCB mount.
www.tracopower.com/products/tmlm.pdf
- ◆ **TML Series, 20 to 40 Watt**
Increased power density, replaces
TML 15 and TML 30 models.
PCB and chassis mount versions
www.tracopower.com/products/tml.pdf



Features

- ◆ Encapsulated power Supplies
- ◆ PCB mount or chassis mount with screw terminals
- ◆ Single, dual and triple output models
- ◆ Universal input 85–264 VAC, 47–440 Hz
- ◆ EMI meets EN 55022, class B and FCC, level B
- ◆ Low ripple and noise
- ◆ Short circuit and overload protection
- ◆ 3-year product warranty

The TML series are compact AC/DC power supplies in a fully encapsulated plastic case. They feature versions with screw terminals for easy installation or with solder pins for direct PCB mounting. International safety approvals qualify this product for worldwide markets. The TML series AC/DC modules offer an interesting solution for many space critical applications in commercial and industrial electronic equipment.

Models

Order Code	Output Power max.	Output 1	Output 2	Output 3
TML 05105	5 Watt	5 VDC/1000 mA		
TML 05112		12 VDC/416 mA		
TML 05115		15 VDC/333 mA		
TML 05124		24 VDC/200 mA		
TML 05205		5 VDC/500 mA		-5 VDC/500 mA
TML 05212		12 VDC/200 mA		-12 VDC/200 mA
TML 05215		15 VDC/160 mA		-15 VDC/160 mA
TML 10105	10 Watt	5 VDC/2000 mA		
TML 10112		12 VDC/833 mA		
TML 10115		15 VDC/666 mA		
TML 10124		24 VDC/416 mA		
TML 10205		5 VDC/800 mA		-5 VDC/800 mA
TML 10212		12 VDC/380 mA		-12 VDC/380 mA
TML 10215		15 VDC/300 mA		-15 VDC/300 mA