

# **ANEXOS**

# ANEXO A

## Estimulación multisensorial

### A.1.- Introducción. Concepto Snoezelen

La palabra *snoezelen* deriva de dos palabras holandesas, “*snuffeln*” (olfatear, husmear...) y “*doezelen*” (dormitar) [17] [18], aunque muchas veces se traduce al castellano como “impregnarse y soñar” y se define como el despertar sensorial a través de la propia experiencia sensorial.

El *snoezelen* se introdujo en la década de los años setenta como una intervención para personas con discapacidades en el aprendizaje, basado en la justificación de reducir los efectos desagradables de la privación sensorial. Debido a sus capacidades cognitivas reducidas, las personas con discapacidades de aprendizaje (tanto adultos como niños) están menos preparadas para explorar sus ambientes en busca de estímulos sensoriales, y en consecuencia tienen probabilidad de ser privados de una estimulación sensorial adecuada. Se encontró que la expresión de las emociones y los comportamientos negativos, como los comportamientos abiertamente desestabilizantes, autoestimulantes y apáticos, está asociada con la privación sensorial. Al adoptar un enfoque no directivo y facilitador, el *snoezelen* hace que las personas con funciones cognitivas reducidas respondan a estímulos sensoriales en un ambiente positivo y relajado.

## **A.2.- Salas de estimulación multisensorial**

### **A.2.1.- La estimulación multisensorial**

La estimulación multisensorial es un instrumento utilizado con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las personas con discapacidad. Para ello se recurre a medios y estrategias que trabajan las capacidades más básicas del ser humano: las sensaciones, la percepción y la integración sensorial.

En un ambiente con estímulos controlados se trabajan las sensaciones, teniendo, el niño la libertad para explorar, descubrir y disfrutar de diversas experiencias sensoriales. La estimulación multisensorial se convierte en estimulación temprana cuando se realiza en los primeros años de vida, ambos métodos de estimulación tienen mucho en común, pero la estimulación multisensorial se distingue de la temprana por los objetivos terapéuticos que tiene.

Dentro del trabajo de estimulación multisensorial, los objetivos que se plantean son:

- Partiendo de las necesidades humanas más básicas, promover la interacción, el desarrollo y la comunicación.
- Favorecer la situación personal y social del niño con discapacidad mejorando y desarrollando las condiciones psíquicas y físicas.
- Desarrollar e iniciar estrategias de comunicación e insistir en las capacidades sensorio-perceptivas ajustadas a las posibilidades de cada niño.
- Optimizar su bienestar y calidad de vida

### **A.2.2.- Áreas de estimulación multisensorial**

Atendiendo al tipo de estimulación que se realiza, podemos analizar las posibilidades de una sala según dichas estimulaciones:

- **Estimulación somática.** Es aquella percibida por todo el cuerpo, especialmente la piel y por la cual podemos diferenciar entre yo y el mundo.
- **Estimulación vibratoria: autopercepción.** El cuerpo está compuesto por diferentes cajas de resonancia. Éstas permiten la percepción interna del cuerpo mediante sus ondas vibratorias. La utilización de esta vibración para el conocimiento de nuestro propio cuerpo es lo que llamamos estimulación vibratoria.

Cuando hablamos de autopercepción nos referimos a conocer nuestros sentimientos, emociones, ideas. . . esto se lleva a cabo mediante un proceso de búsqueda interna, introspección.

- **Estimulación vestibular.** El órgano de percibir esta sensación está situado en el oído interno, éste se encarga de regular la postura y la orientación espacial.

La estimulación de esta área permite la asimilación de conceptos como ausencia-presencia y proximidad-distanciamiento. Otro de los objetivos a trabajar es la integración de cambios del cuerpo en relación al espacio.

- **Estimulación visual.** La sala de estimulación multisensorial se puede utilizar para trabajar la estimulación visual con actividades de fijación de la mirada, seguimiento visual o percepción visual.
- **Estimulación auditiva.** Para estimular la audición trabajaremos el volumen, relación de sonidos con experiencias previas, estimulación del resto auditivo o el timbre de objetos de la vida diaria.
- **Estimulación táctil.** Esta sensación se percibe mediante los receptores somáticos. El sentido táctil es una de las vías de entrada de información, junto con el oído y la vista. En la sala de estimulación se puede trabajar la sensibilización y desensibilización táctil.

El nivel de integración del sistema táctil está estrechamente relacionado con el grado de madurez del sistema nervioso central, por lo tanto, la estimulación de éste último influirá en su desarrollo global.

- **Estimulación gustativa.** Esta área se estimula mediante la discriminación de sabores.
- **Estimulación olfativa.** El olfato es un sentido que estamos utilizando todo el tiempo de manera inconsciente. Se puede trabajar como evocador de recuerdos y como anticipación.

Analizando las áreas sobre las que se actúa, podemos hacer una segunda clasificación:

- **Área cognitiva.** Con la estimulación de esta área se fomenta el pensamiento e interacción directa con los objetos y el mundo que lo rodea. Para poder llevarlo a cabo el niño necesita tener experiencias previas de las que partir, capacidad de razonar y de atención.
- **Área motriz.** En esta área se favorece la autonomía en el desplazamiento, movimiento y coordinación óculomanual. Para que la estimulación sea eficaz es importante que sea el propio niño el que manipule y explore, sin olvidar los posibles riesgos que esto conlleva.
- **Área del lenguaje.** Con la estimulación del lenguaje se desarrolla una mejor comunicación, tanto oral como gestual, a nivel comprensivo y expresivo. La expresión es una capacidad más desarrollada por lo que se debe comunicar con los niños de forma constante relacionando la información oral con la visual.

### A.2.3.- La sala de estimulación multisensorial

Lo que podemos encontrar dentro de un aula de estimulación multisensorial [Fig. A.1] es una sala con materiales determinados diseñados para que los usuarios estén expuestos a estímulos controlados para conseguir unos determinados objetivos, es decir, si queremos estimular el oído, utilizaremos más el material sonoro, que el visual. Todo esto para favorecer su nivel de integración sensorial facilitando así los aprendizajes básicos y abriendo puertas a relaciones más significativas.

Se trata de un espacio físico con unas características determinadas donde se pueden trabajar de una forma diferente los sentidos. Contiene recursos que, mediante la técnica, se facilita ver, sentir, tocar, entender, probar, crear e imaginar.

El espacio multisensorial conjuga la aproximación curativa y no directiva con la aportación de estimulaciones sensoriales dentro de un entorno específico utilizado para desencadenar una relación.

El objeto propuesto es dar curso libre a la experiencia sensorial, de buscar la satisfacción, el placer y el descanso, de respetar la motivación y el ritmo de la persona.

Son entornos seguros y motivantes que mejoran el bienestar físico y emocional y facilitan la experimentación, el disfrute lúdico, la relación, la comunicación y la integración



Fig. A.1.- Sala de estimulación multisensorial

### A.2.2.- Materiales disponibles

[19] [20] Describiendo el tipo de sala utilizada y el equipamiento seleccionado se habla de pasivo y activo, alguna vez separadamente, pero casi siempre de forma conjunta. El entorno pasivo necesita que el usuario se sumerja dentro de un ambiente de seguridad y calma, acariciado y estimulado por efectos sensoriales, sin olvidar la aportación de un educador o asistente sensible y comunicativo. En contraposición, el entorno interactivo supone la participación del usuario en el aprendizaje y le permite tomar consciencia que es un ser capaz de actuar sobre su entorno (relación causa efecto).

Para cada sala y cada usuario se puede adecuar el material disponible para las sesiones de terapia, dado que las necesidades serán diferentes, pero siempre se suele disponer de, al menos, alguno de los siguientes elementos:

- **Columnas de burbujas**

Es la pieza imprescindible en cualquier sala de estimulación multisensorial. Gracias a su cambio de color, vibración y burbujas [Fig. A.2] proporciona unos sorprendentes estímulos al usuario, tanto para la vista como para el tacto gracias al cambio de color de las burbujas y a la vibración que emite la pared de la columna.

Pueden ser de dos tipos, pasivas e interactivas: las columnas pasivas no responden a ninguna operación que efectúe el usuario, mientras las interactivas van dotada de botoneras y pulsadores para poder cambiar el color o la aparición de las burbujas



Fig. A.2.- Columna de burbujas

- **Tormenta de colores**

La tormenta de colores [Fig. A.3] es un elemento interactivo que responde a la voz o sonido, puede responder al sonido ambiente o al sonido o voz de su usuario gracias a sus dos micrófonos que incorpora.

El sonido ambiente o externo va recogido por un pequeño micro en la parte superior del panel y la voz de su usuario se puede recoger a través de un micrófono de mano para que la tormenta sea 100% interactiva.

Responde a la voz o sonido, dependiendo de la tonalidad se activarán unos colores u otros formando un efecto parecido a una tormenta de colores suavizando el cambio de color.

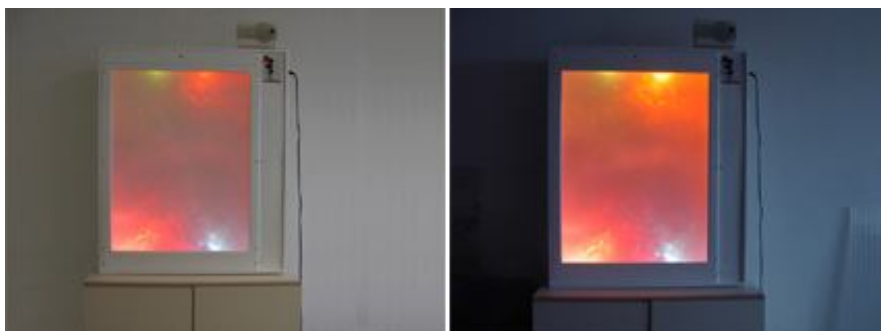


Fig. A.3.- Tormenta de colores

- **Luces y proyectores**

Son las principales herramientas para crear ambientes en la sala. Gracias a las luces de colores y las proyecciones [Fig. A.4] se puede inducir al paciente un estado de tranquilidad, vitalidad, calidez...

Además de las luces creadas por los focos se suelen utilizar fibras ópticas de diferentes colores que permiten ser manipuladas y así estimular a la vez el sentido del tacto.



*Fig.A.4.- Sala de estimulación multisensorial con proyector y fibras ópticas*

- **Elementos pasivos**

Además de todos los elementos que permiten estimular al paciente mediante efectos de luz, sonido, vibración... suelen utilizarse en las salas una serie de elementos pasivos que permiten al terapeuta interactuar con el usuario de la sala.

Entre estos elementos cabe señalar las cuñas, las piscinas de bolas o los colchones de agua como herramientas útiles para las sesiones con niños.



## ANEXO B

# Programmable System-on-Chip, PSoC

### B.1.- Características principales

La familia PSoC (*Programmable System-on-Chip*) son una serie de dispositivos desarrollados por Cypress Semiconductors con el objetivo de prestar soluciones más completas que los microcontroladores tradicionales, integrando una serie de características y bloques funcionales que, al incorporarlos en el propio chip, evita que se tengan que añadir exteriormente incrementando el tamaño del montaje final y encareciendo el diseño.

Los microcontroladores clásicos normalmente integran varios módulos que realizan funciones específicas y son opciones cerradas, es decir, cuando se compra el microcontrolador ya vienen integrados físicamente, no pudiendo modificarse dicha configuración, por lo que es posible que tengamos que recurrir a dispositivos con unos módulos que no necesitamos, porque son los únicos que integran otros que son necesarios. Esta característica no se da en la tecnología PSoC ya que es el programador el que elige los módulos que tiene su sistema, eligiendo el circuito integrado únicamente en función de la cantidad de módulos que va a integrar y no de que tipo son, ya que es totalmente configurable. La consecuencia inmediata es que el diseñador, nunca va a verse obligado a elegir un chip con mayores posibilidades de lo que necesita, con el ahorro que supone.

Además dichos módulos pueden actualizarse e incluso cambiarse una vez está el sistema montado y en funcionamiento, lo que quiere decir que si ya hemos lanzado el producto al mercado y deseamos, por ejemplo, cambiar un módulo de comunicaciones que no funciona correctamente, únicamente deberemos actualizar el programa interno del PSoC. En el caso de los microcontroladores, si un módulo tiene un fallo al estar físicamente integrado en la

circuitería interna del chip, es muy complicado corregir ese fallo, además de que no existe la posibilidad de cambiar un módulo por otro distinto.

La configuración de los módulos se realiza mediante el programa PSoC Designer, el cual define para cada proyecto particular:

- Bloques y funciones que se utilizarán y su configuración
- Cuando aparecerá cada bloque y como interrumpirá a la CPU
- Interconexiones entre ellos y con los pines de entrada/salida

La interconexión de módulos es una de las características principales de esta tecnología, ya que permite pasar información de un módulo a otro sin necesidad de realizar ningún programa. Por ejemplo si recibimos una señal analógica y deseamos filtrar el ruido, para posteriormente amplificarla y enviarla a un conversor analógico digital, no necesitaremos incorporar electrónica externa, simplemente activaremos un módulo de filtro que conectaremos a un módulo amplificador cuya ganancia podremos elegir, para por último conectarla al módulo del conversor. Ello implica no sólo un ahorro en lo que a electrónica se refiere, sino que se refleja en un menor tamaño del circuito y en una reducción de costes. Además, se facilita el diseño, ya que no es necesario calcular los componentes electrónicos externos, como podría ser un filtro, simplemente configurando la frecuencia de trabajo, el sistema se encargará de realizar el filtrado de forma interna.

A continuación [Fig. B.1] puede observarse el ejemplo concreto de diseño con PSoC Designer del sistema que controla la transmisión de los datos entre el módulo y el dispositivo de iluminación DMX

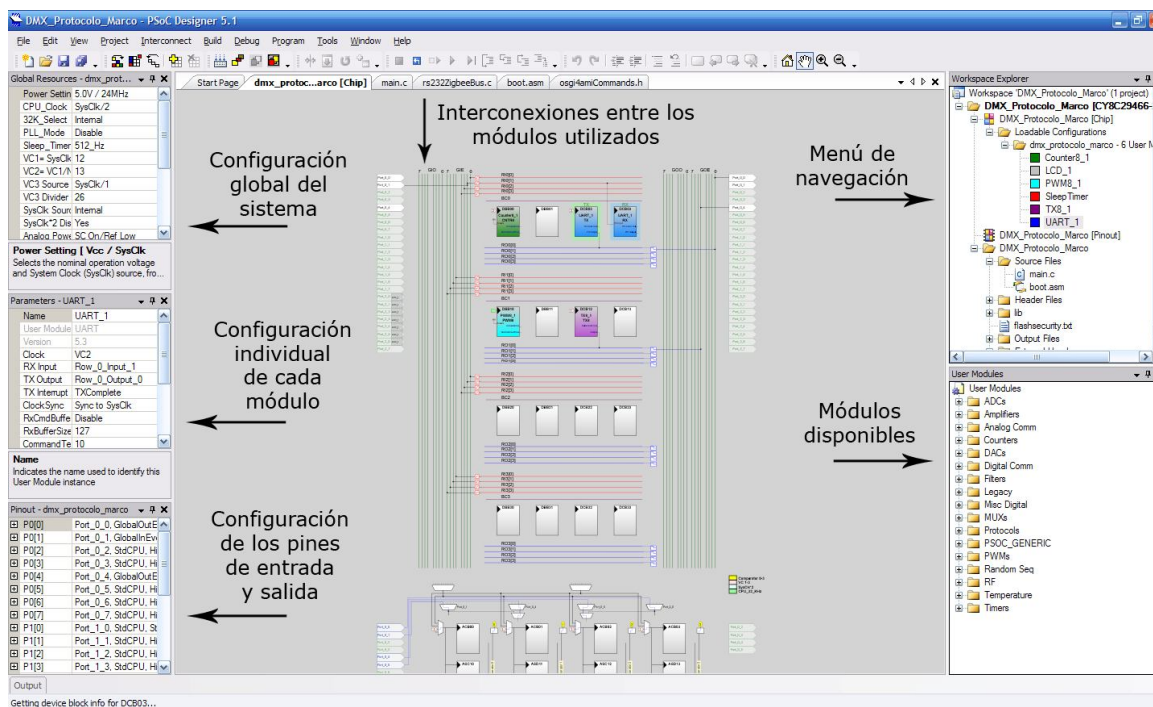


Fig. B.1.- Captura de pantalla del interfaz de PSoC Designer para el sistema diseñado

## B.2.- Arquitectura

Un dispositivo PSoC incluye un conjunto de bloques analógicos configurables, lógica digital y unas interconexiones programables entre todos los elementos disponibles. Esta arquitectura permite al usuario crear configuraciones personalizadas de todos los periféricos, para adaptarse a los requerimientos de cada aplicación. Adicionalmente, posee una CPU, una memoria Flash de programa, una memoria SRAM de datos y varias entradas y salidas configurables con los pins del encapsulado.

Una visión general de los bloques disponibles es la siguiente:

- **Bloques analógicos configurables:** conversores analógico/digital (ADCs), conversores digital/analógico (DACs), filtros, amplificadores, comparadores...
- **Bloques digitales configurables:** PWMs, interfaces de comunicaciones (UART, SPI, I<sup>2</sup>C...), relojes, contadores...
- **Memoria de programa:** memoria Flash de 4KB-32KB (según modelo)

- **Memoria de datos:** memoria SRAM de 256B-2KB (según modelo)
- **Microcontrolador:** M8C, 4 millones de instrucciones por segundo

A continuación se presenta un esquema del diagrama de bloques del PSoC a alto nivel donde se aprecian las posibilidades del dispositivo [Fig. B.2]

La cantidad de puertos de entrada/salida y características concretas, tales como protocolos de comunicaciones soportados o tamaño de las memorias, dependen del modelo concreto dentro de la familia PSoC

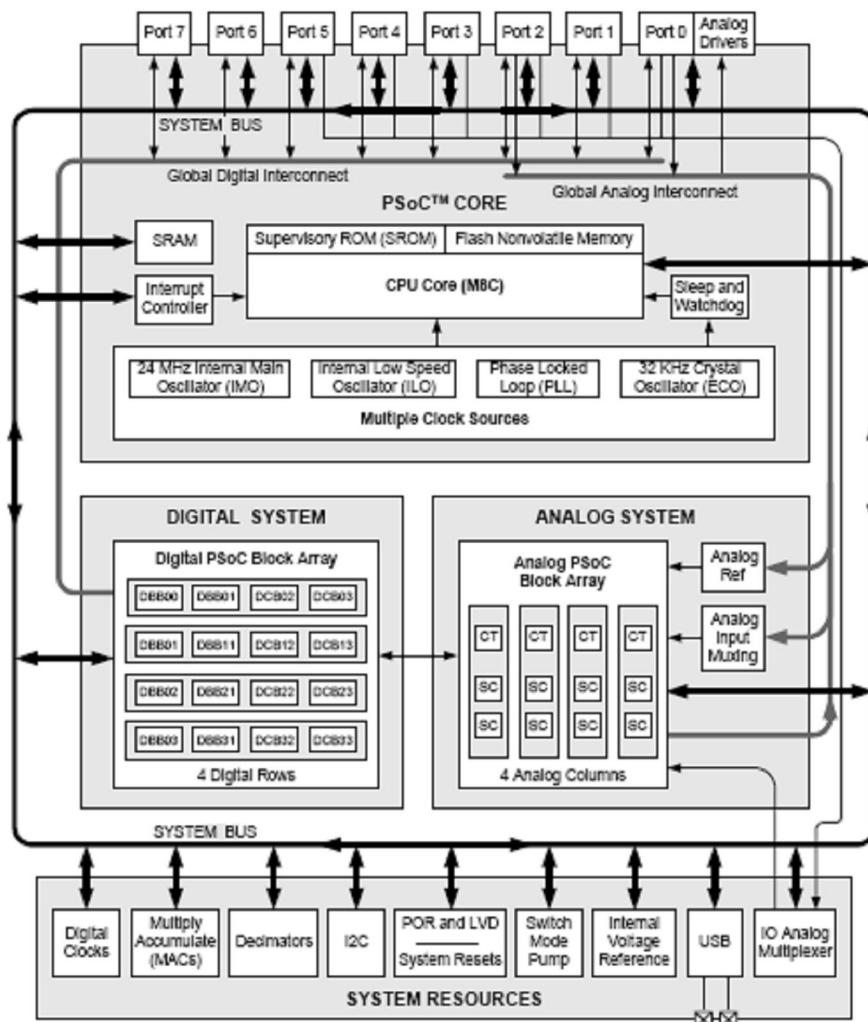


Fig. B.2.- Diagrama de bloques a alto nivel de un PSoC

# ANEXO C

## Protocolo DMX

### C.1.- Introducción

El protocolo DMX512 o DMX (abreviatura de *Digital MultipleX*) es un estándar para redes de comunicaciones digitales, ampliamente utilizado en entornos profesionales para el control de dispositivos de iluminación de espectáculos y otros efectos especiales (máquinas de humo, láser, luces móviles...).

Fue desarrollado por la Comisión de Ingeniería del *USA Institute of Theatres Technologies (USITT)* en 1986 [21], y posteriormente modificado y revisado en 1990 para dar paso al *USITT DMX512/1990*. Desde 1998 hasta la actualidad se encarga de las revisiones del protocolo la *ESTA (The Entertainment Services & Technology Association)* [22] una asociación comercial sin fines de lucro que representa a la industria tecnológica del entretenimiento y se dedica a promover el profesionalismo y crecimiento dentro de la misma.

El protocolo DMX funciona bajo licencia GNU [23]. Su creación fue el intento de solución al problema de la incompatibilidad entre los protocolos propietarios de las diferentes marcas de dispositivos de escenografía. Sin embargo, se convirtió en el protocolo preferido (y el estándar *de facto*) para controlar aparatos de iluminación y dispositivos de efectos especiales artísticos (como máquinas de humo o láser).

## C.2.- Nivel físico

DMX utiliza el estándar RS485 en su capa física, el cual define los niveles eléctricos del interfaz, voltajes y corrientes en el bus. Dicho estándar proporciona una conexión de tierra en el núcleo del cable de comunicaciones, y dos señales balanceadas que proporcionan una gran robustez frente a influencias de ruido externo. Gracias a esto, DMX se convierte en el protocolo ideal para el control de iluminación a distancia desde una mesa por parte del técnico en espectáculos en directo, dado que permite una longitud considerable de cable sin verse afectada la comunicación (hasta 500 metros según la especificación)

En cuanto a las conexiones, DMX especifica que, cuando se utilizan conectores, el enlace de datos debería de usar conectores eléctricos de cinco pines estilo XLR (XLR-5), de tipo hembra en los puertos de transmisión (DMX-OUT) y de tipo macho en los puertos de recepción (DMX-IN). El patillaje es el siguiente:

- **Pin 1** – Señal común (GND)
- **Pin 2** – Datos – (enlace primario de datos)
- **Pin 3** – Datos + (enlace primario de datos)
- **Pin 4** – Datos 2 – (enlace secundario de datos, opcional)
- **Pin 5** – Datos 2 + (enlace secundario de datos, opcional)

Podemos observar que los pines 4 y 5 son opcionales. En un principio estaban reservados para tener un *feedback* de los dispositivos y conformar una comunicación bidireccional, pero nunca se llegó a un acuerdo sobre su uso.

Debido a esta falta de funcionalidad de los pines 4 y 5, la mayoría de fabricantes de equipos DMX emplean conectores y patillaje no conformes con esta norma, siendo el más común de estos (y el *estándar de facto*) el conector XLR de tres clavijas (XLR-3) [Fig.C.1].

Así, el patillaje utilizado es el siguiente:

- **Pin 1** – Señal común (GND)
- **Pin 2** – Datos –
- **Pin 3** – Datos +



Fig.C.1.- Conectores XLR-3 tipo hembra (izquierda) y tipo macho (derecha)

### C.3.- Capa de red

Atendiendo a su arquitectura de red, el protocolo DMX utiliza una topología de bus *multi-nodos*, con varios dispositivos encadenados unos tras otros. Una red consta de un único controlador DMX, que es el único *master* de la red, y uno o varios dispositivos esclavo (por ejemplo, una mesa o consola de iluminación que se utiliza como el controlador de una red de dispositivos auxiliares, tales como máquinas de humo y luces móviles).

Cada dispositivo esclavo tiene un conector DMX5-IN y, en muchos casos, un conector DMX-OUT. El controlador, que sólo tiene un conector de salida, se conecta mediante un cable DMX al conector DMX-IN del primer esclavo. Un segundo cable, a continuación, conecta el conector DMX-OUT del primer esclavo a la entrada DMX-IN del esclavo siguiente de la cadena, y así sucesivamente, hasta un máximo de 32 dispositivos.

Cada red de DMX se denomina un "universo DMX". Una mesa de control de iluminación puede tener la capacidad de controlar múltiples universos, con un conector de salida para cada universo.

### C.4.- Configuración y especificaciones del protocolo

El protocolo DMX se basa en la utilización de *canales* para transmitir órdenes de control a los aparatos que lo soporten. Tiene un límite de 512 canales por universo, y cada canal se puede regular desde el valor 0 hasta el valor 255 (rango de valores que se pueden especificar con un byte). Cada aparato tiene un número de canales necesarios para su control, dependiendo de sus características concretas. Tomando como ejemplo el foco de luces del sistema diseñado en este proyecto, tenemos un total de seis canales para controlarlo: uno para la intensidad de

iluminación, otro para la elección del programa interno del foco y otros cuatro para controlar por separado las intensidades de cada uno de los colores.

Pensando en la configuración de red vista, es fácil imaginar que la trama de datos que envía el controlador (*master*) pasará a través de todos y cada uno de los dispositivos de la cadena, y ellos han de ser capaces de saber cuál es la información que les pertenece. Esto se realiza mediante la configuración de *direcciones DMX*.

La dirección de cada aparato se especifica en el propio aparato y es configurable por el usuario. Indica la posición (de 0 a 512) a partir de la cual se situarán los canales correspondientes al control de ese dispositivo. A partir de esta dirección, leerá el número de canales que necesita para su control, y será transparente al resto de información de la trama.

Así, si tenemos 3 aparatos en nuestro universo que utilizan cada uno 5 canales DMX, la dirección DMX del primer aparato podría ser configurada en 1 (canales del 1 al 5), la del segundo en 6 (canales del 6 al 10) y la del tercero en 11 (canales del 11 al 15). Obviamente ésta no es la única forma de configurar las direcciones DMX, ya que bien puede el segundo aparato configurarse, por ejemplo, en 21 (canales del 21 al 25) y el tercero en 31 (canales del 31 al 35). Lo único que hay que tener en cuenta es que las direcciones DMX de los aparatos nunca deben de solaparse, teniendo siempre mucho cuidado en dejar el número de canales necesario entre una dirección y la siguiente.

Una vez configuradas las direcciones de cada aparato, podemos finalmente atender a la trama enviada para el control del universo. Esta contiene la información de los 512 canales soportados, ordenados consecutivamente, y es enviada constantemente a la red, sin necesidad de confirmación de recepción (ya que es un protocolo unidireccional).

Las especificaciones de dicha trama se observan en la siguiente figura [Fig. C.2] y los detalles de temporización en la tabla correspondiente [Tabla C.1]

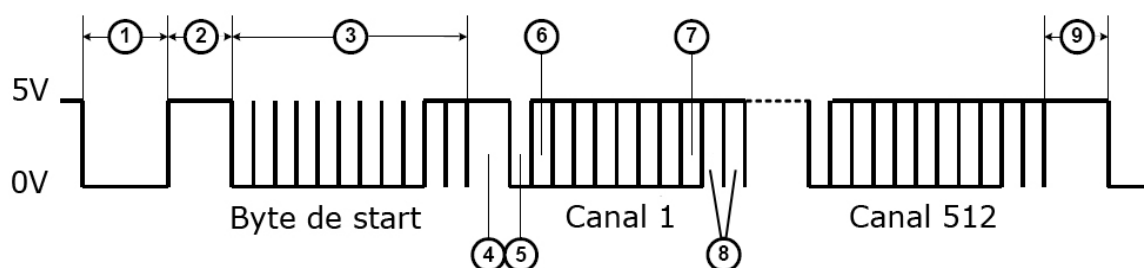


Fig. C.2.- Trama del protocolo DMX



Referencia	Descripción	Duración
1	<i>Break</i> (marca de comienzo de trama o <i>reset</i> )	$\geq 88 \mu\text{s}$
2	<i>Mark after break</i> (MAB)	$8 \mu\text{s} - 1 \text{ s}$
3	<i>Slot time</i> (duración de cada canal)	$44 \mu\text{s}$
4	Tiempo entre slots	$0 \mu\text{s} - 1 \text{ s}$
5	Bit de <i>start</i>	$4 \mu\text{s}$
6	Bit menos significativo	$4 \mu\text{s}$
7	Bit más significativo	$4 \mu\text{s}$
8	Bits de <i>stop</i>	$4 \mu\text{s}$
9	<i>Mark before break</i> (MBB)	$0 \mu\text{s} - 1 \text{ s}$

Tabla C.1.- Descripción y temporización de los elementos de una trama DMX

## C.5.- Ejemplos de dispositivos DMX

A modo de ejemplo, se presentan en este apartado algunos de los tipos de dispositivos con protocolo DMX que se pueden encontrar en el mercado.

- **Focos de luces** [Fig. C.3]: son de los dispositivos DMX más utilizados. Gracias al control DMX podemos configurar y controlar dinámicamente los colores de luz proyectados, la programación de los efectos visuales creados por los colores, la intensidad, la velocidad de cambio...



Fig. C.3.- Algunos de los tipos de foco de luces DMX existentes en el mercado

- **Cabezas móviles** [Fig. C.4]: es el otro gran tipo de dispositivo. El protocolo DMX permite controlar el motor que mueve al foco, e indicarle la posición de iluminación (normalmente manejando las coordenadas x, y, z), además de la velocidad del movimiento y el lanzamiento de series de movimientos prediseñadas.



Fig. C.4.- Cabeza móvil

- **Efectos de iluminación** [Fig. C.5]: son un subtipo de focos de luces que aportan algún efecto suplementario además de los colores y las secuencias de la luz, habitualmente mediante espejos y lentes distorsionantes. Mediante el control de las posiciones de estos elementos podemos configurar la salida de la luz.



Fig. C.5.- Foco de iluminación con efectos obtenidos mediante espejos

- **Máquinas de humo** [Fig. C.6]: son dispositivos utilizados en actuaciones teatrales y musicales que emiten humo para crear un efecto de niebla en el ambiente. Con el control DMX activamos o desactivamos la emisión así como la cantidad de humo.



Fig. C.6.- Máquina de humo

- **Láser** [Fig. C.7]: son emisores de láser en el espectro visible que proyectan haces de color. Normalmente se utilizan en conjunto con máquinas de humo, lo que permite ver el recorrido del haz al atravesar la niebla creada. Al ser elementos controlados por DMX se pueden configurar y lanzar remotamente los efectos y los programas de la emisión del láser.



Fig. C.7.- Láser

# ANEXO D

## Protocolo ZigBee

### D.1.- Introducción

ZigBee es un estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por la ZigBee Alliance [24]. Es un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante.

ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (*Wireless Personal Area Network, WPAN*) y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

ZigBee es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores/actuadores individuales. La razón de ello son diversas características que lo diferencian de otras tecnologías:

- Su bajo consumo
- Su topología de red en malla
- Su fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

## D.2.- Estándar IEEE 802.15.4

[25] IEEE 802.15.4 es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio [Fig. D.1] de redes inalámbricas de área personal con bajas tasas de transmisión de datos (*Low-Rate Wireless Personal Area Network*, LR-WPAN).

El control de acceso al canal lo realiza mediante CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access, Collision Avoidance) y opcionalmente GTS (*guaranteed time slot*). La primera técnica consiste en que cada nodo, antes de transmitir, *escucha* el canal. Si la potencia que detecta está por encima de un cierto nivel, asume que otro nodo está transmitiendo y por lo tanto espera para realizar su emisión. La segunda técnica implementa un sistema por el cual el coordinador asigna unos *slots* de tiempo a cada nodo en los que tienen asegurado el acceso limpio al canal.

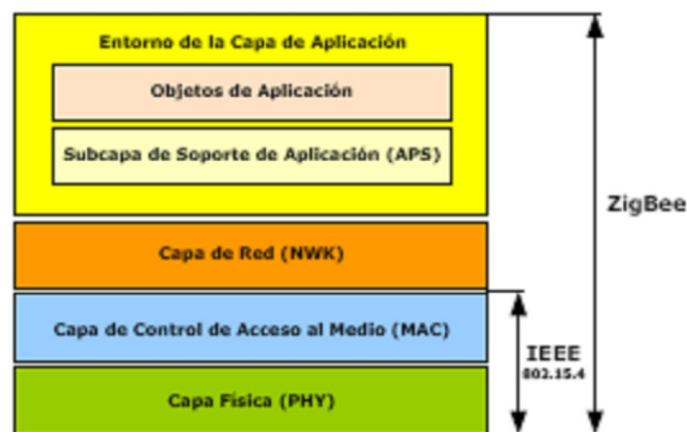


Fig. D.1.- Diagrama de la estructura funcional de ZigBee sobre IEEE 802.15.4

Utiliza asimismo la confirmación explícita de mensajes recibidos por cada nodo, ACK (*message acknowledgement*), dado que al estar pensado para bajas tasas de transmisión no hay problema de sobrecarga del medio con dichos ACKs

Hay tres bandas ISM en las cuales puede trabajar:

- **2,4 GHz:** 16 canales, 250 kbps. (a nivel mundial)
- **868,3 MHz:** 1 canal, 20 kbps. (banda libre en Europa)
- **902 – 928 MHz:** 10 canales, 40 kbps. (banda libre en EEUU)

## D.3.- Protocolo ZigBee

### D.3.1.- Tipos de dispositivos

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 y sólo 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. Requiere memoria y capacidad de computación.
- **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. No puede estar dormido.
- **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.

Basándose en su funcionalidad desde el punto de vista de IEEE 802.15.4, puede plantearse una segunda clasificación:

- **Dispositivo de funcionalidad completa (FFD):** También conocido como nodo activo. Es capaz de recibir mensajes en formato 802.15.4. Gracias a la memoria adicional y a la capacidad de computar, puede funcionar como Coordinador o Router ZigBee, o puede ser usado en dispositivos de red que actúen de interfaces con los usuarios.
- **Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD):** También conocido como nodo pasivo. Tiene capacidad y funcionalidad limitadas con el objetivo de conseguir un bajo coste y una gran simplicidad. Básicamente, son los sensores/actuadores de la red (ZED)

Un nodo ZigBee (tanto activo como pasivo) reduce su consumo gracias a que puede permanecer dormido la mayor parte del tiempo (incluso muchos días seguidos). Cuando se requiere su uso, el nodo ZigBee es capaz de despertar en un tiempo ínfimo, para volverse a dormir cuando deje de ser requerido. Un nodo cualquiera despierta en aproximadamente 15 ms

### D.3.2.- Topologías y funcionamiento de la red

ZigBee permite tres topologías de red [Fig.D.2]:

- **Topología en estrella:** uno de los dispositivos tipo FFD asume el rol de coordinador de red y es responsable de inicializar y mantener los dispositivos en la red. Todos los demás dispositivos ZigBee, conocidos con el nombre de dispositivos finales, hablan directamente con el coordinador.
- **Topología en árbol:** es un caso especial de topología de conexión punto a punto, en la cual muchos dispositivos son FFDs y los RFD pueden conectarse como un nodo único al final de la red. Cualquiera de los FFDs restantes pueden actuar como coordinadores y proveer servicios de sincronización hacia otros dispositivos o coordinadores.
- **Topología de malla:** el coordinador ZigBee es responsable de inicializar la red y de elegir los parámetros de la red, pero la red puede ser ampliada a través del uso de routers ZigBee. El algoritmo de encaminamiento utiliza un protocolo de pregunta-respuesta (request-response) para eliminar las rutas que no sean óptimas. La red final puede tener hasta 254 nodos. Utilizando el direccionamiento local, se puede configurar una red de más de 65000 nodos.

La topología más interesante (y una de las causas que hacen de ZigBee una opción interesante frente a las alternativas inalámbricas) es la topología de malla. Ésta permite 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. La gestión de los caminos es tarea del coordinador.

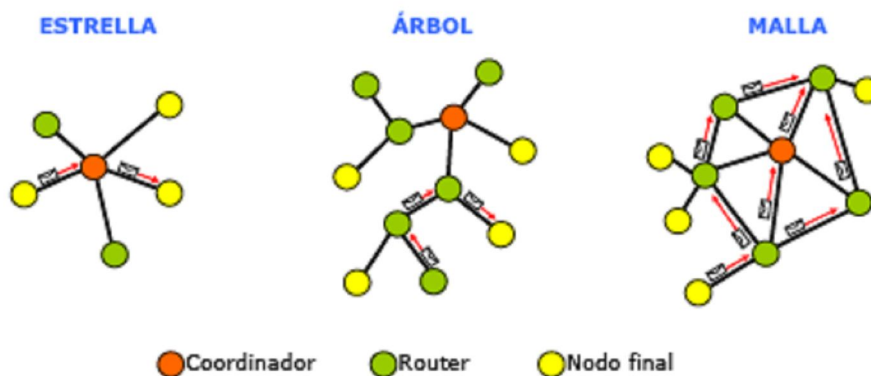


Fig. D.2.- Esquema de las distintas topologías posibles con ZigBee

### D.3.3.- Comunicaciones

Para poder intercambiar mensajes entre los nodos necesitamos, de alguna manera, identificar cada dispositivo dentro de la red. La capa MAC nos ofrece un identificador único de 64 bits o EUI64 (*Extended Unique Identifier*), que se asigna al chip durante su fabricación, y la capa de red otro de 16 bits o NodeID (*Node Identifier*), quedando la dirección 0x0000 reservada para el coordinador. El coordinador es el responsable de asignar las direcciones del nivel de red según el número máximo de hijos por nodo. Los hijos reciben las direcciones siguientes a la de su padre [Fig. D.3] Con estos identificadores y gracias a las técnicas de encaminamiento o enrutado utilizadas por los routers, cualquier nodo de la red puede comunicarse con cualquier otro nodo.

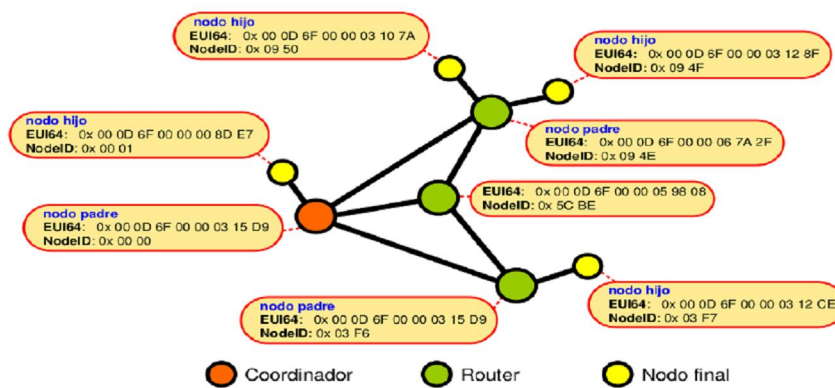


Fig.D.3.- Reparto de direcciones en una red de cinco hijos por nodo

Los routers reenvían aquellos mensajes que no van dirigidos a ellos. Deben conservar tablas con las rutas descubiertas y deben iniciar o participar en el descubrimiento de nuevas o mejores rutas. También han de ser capaces de detectar y corregir errores. Las tablas contienen información sobre el coste de cada ruta. El coste determina cuál es la mejor en un momento dado. La función que elige el coste de una ruta suele basarse en la latencia del recorrido de los mensajes y en el nivel de potencia detectado en la recepción de los mismos.

Si un mensaje llega a un dispositivo FFD que no es un router, comprueba la dirección de destino, y sólo lo reenvía si va dirigido a alguno de sus hijos. Si es para él, lo pasa a la capa superior. En otro caso se descarta. El nodo padre guarda, durante un tiempo, los mensajes dirigidos a sus hijos *sleepy* o móviles mientras duermen, ya que en ese momento no pueden enviar ni recibir mensajes. Antes de que expire el tiempo el hijo debe despertarse y solicitar el envío de los mensajes pendientes, si los hubiese. En caso contrario, el padre descarta dichos



mensajes. Los nodos padre registran la información relativa a sus hijos en su tabla de hijos o *children table*. Periódicamente el hijo debe enviar un mensaje a su padre para indicar que continúa conectado a él. De no hacerlo, el padre entiende que su hijo ha dejado la red o que le ha abandonado y, en consecuencia, lo borra de su tabla de hijos.

#### **D.3.4.- Mensajes de datos**

Se distinguen cuatro tipos de mensajes para el envío de datos. La principal diferencia entre ellos está en la capa que los genera.

La subcapa de soporte de aplicación (APS) utiliza la dirección local de 16 bits para enviar mensajes a un nodo (mensajes *unicast*) o a un grupo dentro de un radio de alcance determinado (mensajes *broadcast*). A su vez, la capa de red permite enviar también mensajes a un único nodo (mensajes datagrama) o a varios nodos (mensajes *multicast*) que comparten el mismo identificador de grupo utilizando para ambos casos direcciones de 64 bits. Cada nodo guarda la dirección de los nodos con los que se comunica en su tabla de *bindings* o *binding table*. La tabla de *bindings* guarda la dirección EUI64 de un nodo (*unicast binding*) o un identificador de grupo (*multicast binding*).

Los nodos finales no pueden recibir ni enviar mensajes *broadcast* ni *multicast*. Los mensajes datagrama son los únicos mensajes que reciben confirmación (ACK, *Acknowledgement*) de haber sido recibidos correctamente en destino.

#### **D.3.5.- Seguridad**

Zigbee permite establecer una clave de seguridad de 128 bits para controlar qué nodos se unen a la red y para encriptar todas las comunicaciones. Un nodo podrá unirse a la red y entender los mensajes sólo si conoce la clave de seguridad.

Utiliza el estándar de encriptación AES-128 (Advanced Encryption Standard). AES es un método criptográfico simétrico, es decir, que usa la misma clave para cifrar y descifrar mensajes. Remitente y destinatario deben conocer la clave para poder comunicarse.

### D.3.6.- Perfiles

Ya que ZigBee está pensado para la comunicación entre diversos dispositivos, posiblemente de fabricantes diferentes, es necesario un mecanismo para hacer compatibles los mensajes, comandos, etc. que pueden enviarse unos a otros. Para ello existen los perfiles de ZigBee.

Los perfiles son la clave para la comunicación entre dispositivos ZigBee. Definen los métodos de comunicación, el tipo de mensajes a utilizar, los comandos disponibles y las respuestas que permiten a dispositivos separados comunicarse para crear una aplicación distribuida. Un perfil es un conjunto de reglas que confieren funcionalidad e interoperabilidad en el nivel de aplicación y red. Casi todo tipo de operaciones han de estar definidas en un perfil. Por ejemplo, las tareas típicas de unirse a una red o descubrir dispositivos y servicios están soportadas por el «perfil de dispositivos» ZigBee. Pueden ser públicos o privados. Los perfiles públicos son creados por la ZigBee Alliance para favorecer la interoperabilidad, mientras que los privados, para uso en sistemas que requieren aplicaciones más concretas, los diseñan las empresas o el propio cliente. Cada perfil debe tener un identificador y, obviamente, este ha de ser único. Por ello, la ZigBee Alliance se reserva el derecho de asignar identificadores a los diversos perfiles. Si es necesaria la creación de un nuevo perfil, ha de hacerse la petición a la ZigBee Alliance. Para garantizar la comunicación entre nodos, es obligatorio que utilicen los mismos perfiles.

A continuación [Fig.D.4] se muestran los perfiles existentes.

<b>PERFIL 0</b>	Perfil privado que permite al usuario desarrollar sus aplicaciones
<b>PERFIL 1</b>	Home Control (HC)
<b>PERFIL 2</b>	Commercial Building Automation (CBA)
<b>PERFIL 3-15</b>	Reservados para definir futuras aplicaciones

Fig.D.4.- Perfiles ZigBee

### D.3.7.- Campos de aplicación y resumen

ZigBee está especialmente indicado para aplicaciones donde el consumo energético y los costes de implementación son críticos. Por eso, es idóneo para sistemas con sensores, actuadores u otros dispositivos pequeños de medida o control que no requieran un gran ancho de banda, pero sí un mínimo consumo energético y una baja latencia. Los principales campos de aplicación se indican en la siguiente figura [Fig.D.5]

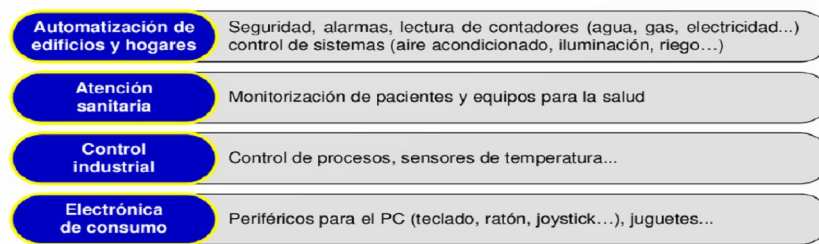


Fig.D.5.- Principales campos de aplicación de la tecnología ZigBee

A modo de resumen se presentan el siguiente gráfico [Fig. D.6] y tabla [Tabla D.1] con una comparativa de las características significativas de las tecnologías inalámbricas más utilizadas, donde se observan las ventajas y desventajas de ZigBee frente a las demás que hemos comentado anteriormente.

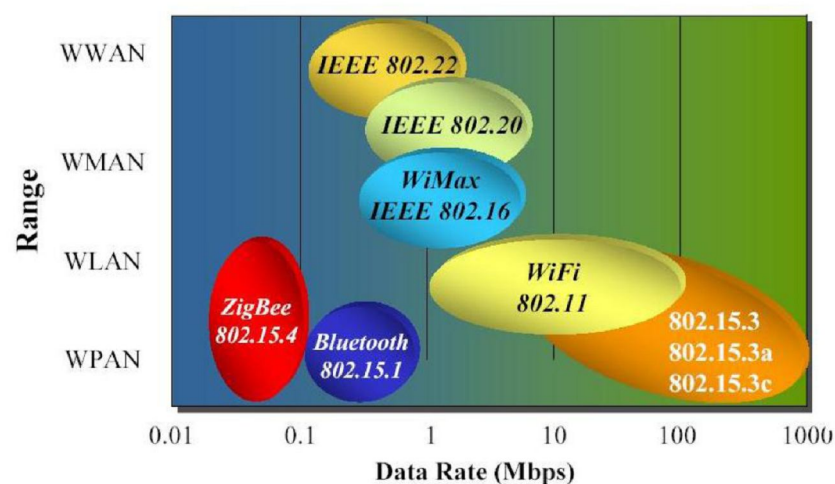


Fig.D.6.- Comparativa de diferentes estándares inalámbricos existentes en función de su ancho de banda

	Wi-fi	Bluetooth	ZigBee
<b>Bandas frecuenciales</b>	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz, 868 / 915 MHz
<b>Tasa de transferencia</b>	11Mbps	1Mbps	250kbps (2.4GHz) 40kbps (915MHz) 20kbps (868MHz)
<b>Números de canales</b>	11 - 14	79	16 (2.4GHz) 10 (915MHz) 1 (868MHz)
<b>Rango de transmisión</b>	100m	10m - 100m	10m - 100m
<b>Números de dispositivos</b>	32	8	255 / 65535
<b>Consumo</b>	Alto - Horas de Batería	Medio - Días de Batería	Muy Baja - Años de Batería
<b>Introducción al mercado</b>	Alta	Media	Baja
<b>Arquitecturas</b>	Estrella	Estrella	Estrella, árbol y malla
<b>Precio</b>	Alto	Medio	Bajo
<b>Complejidad</b>	Alta	Media-Alta	Baja
<b>Aplicaciones típicas</b>	Aplicaciones con altas tasas de transmisión (internet, vídeo)	Transmisiones a distancias cortas (teléfonos móviles)	Aplicaciones con bajas tasas de transmisión (monitorización, control)

Tabla D.1.- Comparativa de las características principales de distintas tecnologías inalámbricas

# ANEXO E

## ESQUEMATICOS Y PCB

### E.1.- Esquemático del sistema y PCB

En las siguientes páginas se presentan las figuras correspondientes al esquemático del sistema y a la PCB diseñada, así como imágenes del montaje físico de la placa.

En la primera de ellas [Fig. E.1] se observa el esquema del puente DMX - ZigBee diseñado, en el que aparecen todos los componentes elegidos y las señales presentes en el sistema.

En las siguientes figuras se presentan los diseños de la PCB, tanto de su cara superior [Fig. E.2], donde están presentes la mayoría de pistas de señal y alimentación, como de su cara inferior [Fig. E.3], donde se han creado dos grandes planos de masa independientes para el bloque de entrada y de salida.

Por último, podemos observar imágenes del montaje físico de la PCB, al igual que con los diseños, tanto de la cara superior [Fig. E.4] y de la cara inferior [Fig. E.5]

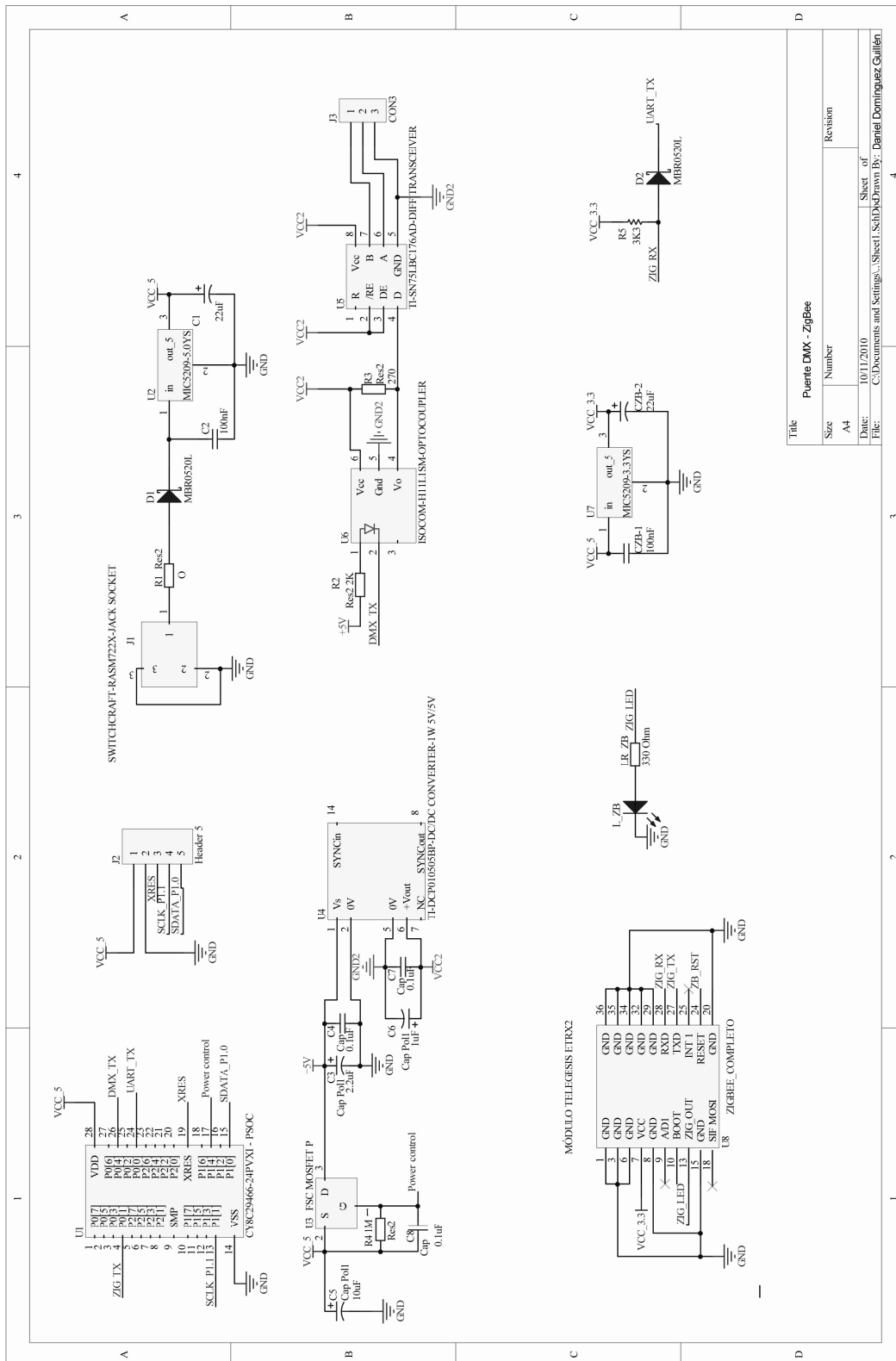
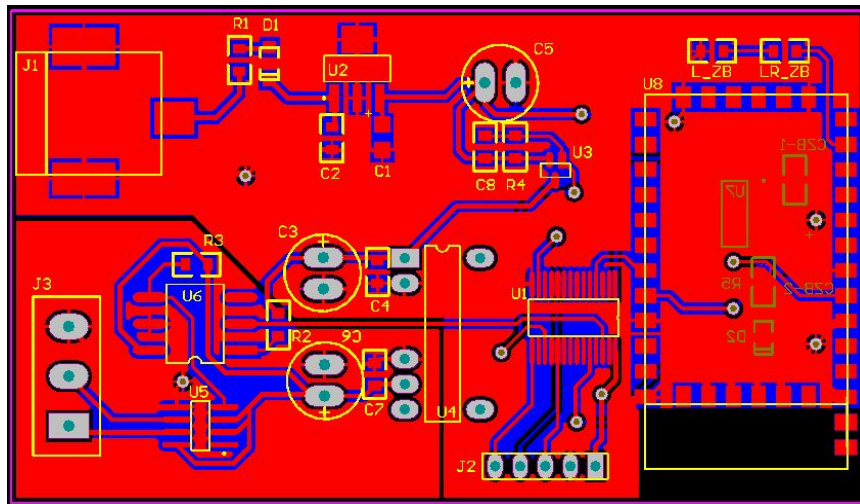
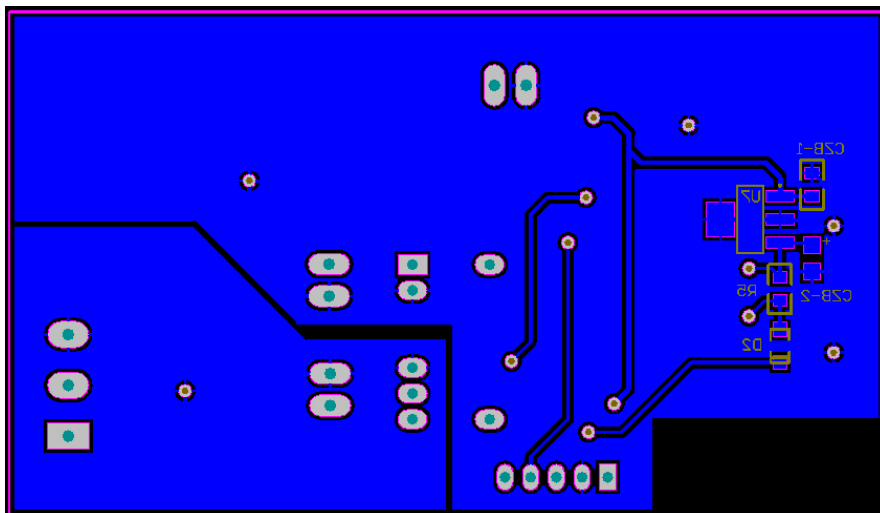


Fig. E.1.- Esquemático del puente DMX - ZigBee



*Fig. E.2.- Cara superior de la PCB del puente DMX - ZigBee*



*Fig. E.3.- Cara inferior de la PCB del puente DMX - ZigBee*

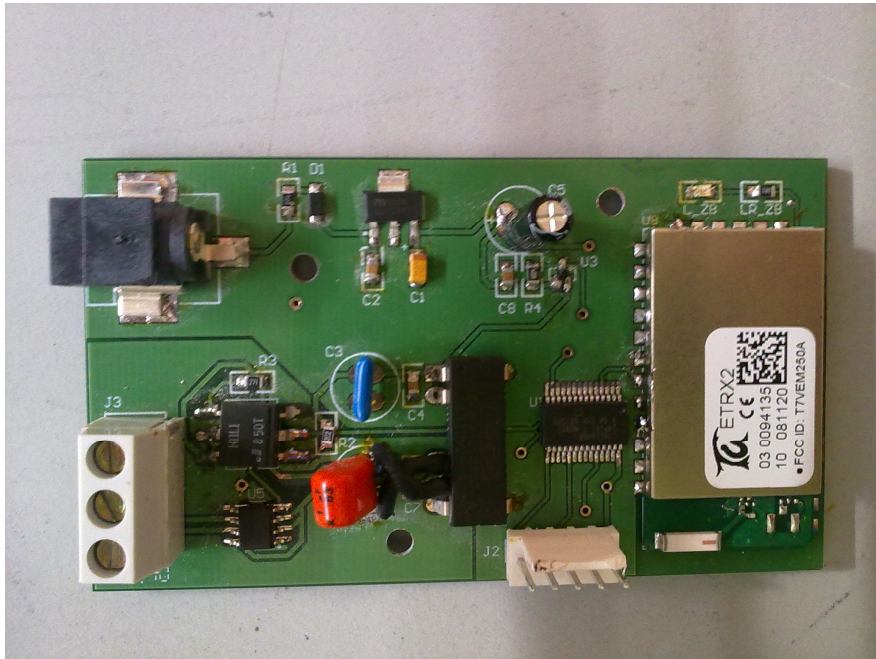


Fig. E.4.- Imagen de la cara superior del montaje final de la PCB

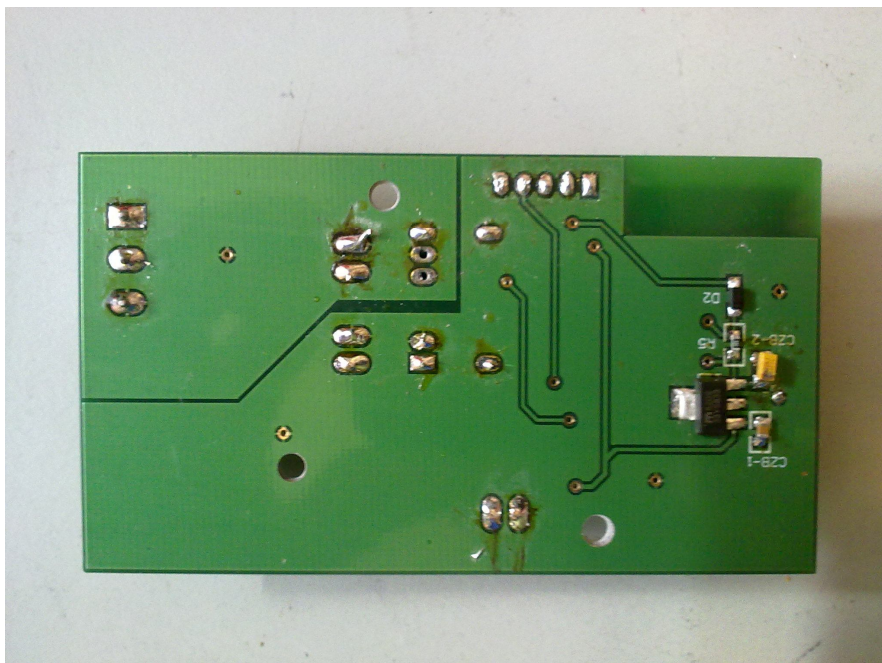


Fig. E.5.- Imagen de la cara inferior del montaje final de la PCB



## E.2.- Montaje físico final

Finalmente, se presentan las imágenes del montaje final de la PCB dentro de la caja protectora y con las conexiones necesarias [Fig. E.6] y del sistema completo ya montado con el foco DMX conectado a la caja [Fig. E.7].



Fig. E.6.- Imagen del montaje final de la PCB instalada en la caja protectora



Fig. E.7.- Imagen del sistema completo conectado al foco con cable XLR-3

## ANEXO F

# Presupuesto del hardware diseñado

### F.1.- Descripción del presupuesto

El presupuesto que se presenta en el apartado F.2 [*Tabla F.1*] se divide en varias columnas:

- **Descripción:** se indica de qué componente se trata, el modelo o alguna característica que permita identificarlo.
- **Identificador:** el nombre del componente tal y como aparece en los esquemáticos del *Anexo E*.
- **Cantidad:** número de componentes necesarios.
- **Precio unitario:** coste del componente. Se debe de tener en cuenta que este precio es resultado de comprar una sola unidad, reduciéndose notablemente en el caso de que se comprasen más para preparar varias placas como la de este proyecto.

Finalmente obtenemos la suma de todos los costes del hardware, sin contar gastos de manufactura ni otros derivados de su fabricación.

## F.2.- Presupuesto

Descripción	Identificador	Cantidad	Precio unitario
Condensador SMD 0805	C2, C4, C7, C8, CZB-1	5	0,46
Resistencia SMD 0805	R1, R2, R3, R4, R5, LR_ZB	6	0,032
CY8C29466-24PVXI - PSOC	U1	1	8,88
MIC5209	U2, U7	2	1,56
FDY100PZ-MOSFET P	U3	1	0,187
DCP010505BP	U4	1	9,40
SN75LBC176AD	U5	1	1,17
H11L1SM	U6	1	1,98
TELEGESIS ETRX2	U8	1	23,04
SWITCHCRAFT JACK SOCKET	J1	1	1,49
HEADER SQ.PIN 0.1" 5WAY	J2	1	0.05
HEADER 3WAY	J3	1	0,68
MBR0520L	D1, D2	2	0,23
Condensador tántalo	C1, C_ZB2	2	0,31
LED 0805	L_ZB	1	0,36
Condensador electrolítico	C3, C5, C6	3	0.85
Conector XLR-3	-	1	6,69
Placa de circuito impreso	-	1	18,34
Caja Bud Industries	-	1	4,85
Adaptador AC/DC 7V	-	1	16,50
<b>TOTAL</b>			<b>102.86 €</b>

Tabla F.1.- Presupuesto del hardware diseñado

# INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1.- Distribución temporal del desarrollo del proyecto.....	15 -
Fig. 2.1.- Interfaz USB-DMX de la empresa Enttec .....	17 -
Fig. 2.2.- Sistema de control DMX inalámbrico comercializado por la empresa Chauvet .....	17 -
Fig. 2.3.- Sistema de control DMX inalámbrico comercializado por la empresa Elation Professional-	18 -
Fig. 2.4.- Sistema de control DMX inalámbrico comercializado por la empresa HMBTEC .....	19 -
Fig. 3.1.- Diagrama físico del sistema completo .....	21 -
Fig. 3.2.- Esquema ilustrativo de la pila software del sistema y su comunicación con el hardware ..	21 -
Fig. 4.1.- Diagrama de bloques del sistema .....	27 -
Fig. 4.2.- Reguladores de voltaje MIC5209 para obtener los niveles deseados .....	28 -
Fig. 4.3.- Módulo de comunicaciones ZigBee ETRX2 de Telegesis .....	28 -
Fig. 4.4.- Adaptador de niveles de UART_TX a Zig_RX .....	29 -
Fig. 4.5.- Señales de entrada y salida del PSoC .....	29 -
Fig. 4.6.- Aislamiento de la alimentación a la salida del sistema controlada desde el PSoC.....	30 -
Fig. 4.7.- Salida del sistema hacia los dispositivos DMX .....	31 -
Fig. 4.8.- Diagrama de flujo del firmware .....	34 -
Fig. 4.9.- Estructura de un paquete de tipo Comando .....	37 -
Fig. 4.10.-Estructura de un paquete del tipo Evento.....	38 -
Fig. 5.1.- Jerarquización de los dispositivos según OSGi4Aml .....	41 -
Fig. 5.2.- Ejemplo de arquitectura con OSGi y OSGi4Aml.....	42 -
Fig. 5.3.- Interfaz OSGi4Aml Actuator .....	43 -
Fig. 5.4.- Interfaz OSGi4Aml GetStatusActuatorCluster .....	44 -

Fig. 5.5.- Diagrama de funcionamiento del driver ZigBee .....	45 -
Fig. 5.6.- Interfaz de usuario de la aplicación para el control del foco .....	48 -
Fig. 5.7.- Interfaz de usuario de la aplicación de interconexión entre dispositivos .....	49 -
Fig. A.1.- Sala de estimulación multisensorial .....	60 -
Fig. A.2.- Columna de burbujas .....	61 -
Fig. A.3.- Tormenta de colores .....	61 -
Fig. A.4.- Sala de estimulación multisensorial con proyector y fibras ópticas .....	62 -
Fig. B.1.- Captura de pantalla del interfaz de PSoC Designer para el sistema diseñado .....	65 -
Fig. B.2.- Diagrama de bloques a alto nivel de un PSoC.....	66 -
Fig. C.1.- Conectores XLR-3 tipo hembra (izquierda) y tipo macho (derecha) .....	69 -
Fig. C.2.- Trama del protocolo DMX .....	70 -
Fig. C.3.- Algunos de los tipos de foco de luces DMX existentes en el mercado.....	71 -
Fig. C.4.- Cabeza móvil .....	72 -
Fig. C.5.- Foco de iluminación con efectos obtenidos mediante espejos .....	72 -
Fig. C.6.- Máquina de humo .....	73 -
Fig. C.7.- Láser.....	73 -
Fig. D.1.- Diagrama de la estructura funcional de ZigBee sobre IEE 802.15.4.....	75 -
Fig. D.2.- Esquema de las distintas topologías posibles con ZigBee .....	77 -
Fig. D.3.- Reparto de direcciones en una red de cinco hijos por nodo .....	78 -
Fig. D.4.- Perfiles ZigBee.....	80 -
Fig. D.5.- Principales campos de aplicación de la tecnología ZigBee .....	81 -
Fig. D.6.- Comparativa de diferentes estándares inalámbricos existentes en función de su ancho de banda.....	81 -

Fig. E.1.- Esquemático del puente DMX - ZigBee .....	84 -
Fig. E.2.- Cara superior de la PCB del puente DMX - ZigBee.....	85 -
Fig. E.3.- Cara inferior de la PCB del puente DMX - ZigBee .....	85 -
Fig. E.4.- Imagen de la cara superior del montaje final de la PCB .....	86 -
Fig. E.5.- Imagen de la cara inferior del montaje final de la PCB.....	86 -
Fig. E.6.- Imagen del montaje final de la PCB instalada en la caja protectora .....	87 -
Fig. E.7.- Imagen del sistema completo conectado al foco con cable XLR-3 .....	87 -

## INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1.- Modos de funcionamiento del foco dependiendo del valor del canal 2 .....	25 -
Tabla 4.2.- Función de los canales 3-6 dependiendo del valor del canal 2 .....	26 -
Tabla 4.3.- Comandos y eventos del endpoint O4A_BASE_DEVICE.....	35 -
Tabla 4.4.- Comandos y eventos del endpoint DMX_ACTUATOR.....	36 -
Tabla C.1.- Descripción y temporización de los elementos de una trama DMX .....	71 -
Tabla D.1.- Comparativa de las características principales de distintas tecnologías inalámbricas .....	82 -
Tabla F.1.- Presupuesto del hardware diseñado.....	89 -

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] Tecnodiscap. <http://tecnodiscap.unizar.es/>
- [2] Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón. <http://i3a.unizar.es/>
- [3] Enttec OPEN DMX USB.  
[http://www.enttec.com/index.php?main\\_menu=Products&pn=70303](http://www.enttec.com/index.php?main_menu=Products&pn=70303)
- [4] Chauvet D-Fi 2.0. <http://www.chauvetlighting.com/d-fi-20.html>
- [5] Elation EWDM. <http://www.elationlighting.com/ProductDetails.aspx?ItemNumber=1401>
- [6] HMBTEC DMX WiFi Controller. [http://www.hmb-tec.de/HMB-TEC/DMX\\_WiFi.html](http://www.hmb-tec.de/HMB-TEC/DMX_WiFi.html)
- [7] Proveedor Oficial Eurolite. [http://www.thomann.de/es/eurolite\\_fx\\_250\\_led\\_rgbw\\_dmx.htm](http://www.thomann.de/es/eurolite_fx_250_led_rgbw_dmx.htm)
- [8] Prasad, Krishna. *AN49187-UART to DMX Bridge*. Cypress Perform, October 1, 2008
- [9] Datasheet MIC5209. <http://www.led-treiber.de/mic5209.pdf>
- [10] TG-ETRX2-PM-001-109 <http://www.telegesis.com/downloads/general/TG-ETRX2-PM-001-109.pdf>.
- [11] Telegesis. <http://www.telegesis.com/>.
- [12] TG-ETRXn-R303-AT-Commands. <http://www.telegesis.com/downloads/general/TG-ETRXn-R303-Commands.pdf>.
- [13] Datasheet DCP010505BP DC/DC CONVERTER 1W 5V/5V de Texas Instruments.  
<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/dcp010512b.pdf>
- [14] Datasheet SN75LBC176AD DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER de Texas Instruments.  
<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn75lbc176a.pdf>
- [15] Datasheet CY8C29466-24PVX1. <http://www.cypress.com/?docID=24691>
- [16] The MonAMI Project Website. <http://www.hi.se/monami>
- [17] International Snoezelen Association. <http://www.isna.de/index2e.html>



- [18] Chung JCC, Lai CKY, Chung PMB - *Snoezelen para la demencia - Revisión traducida de The Cochrane Library*. 2007 Issue 4. Chichester.
- [19] Xavier Aluja Valsells. *Sistemas de estimulación multisensorial o snoezelen*. Optical Illusions, Marketing y ventas.
- [20] *Memoria para la instalación de una Sala de estimulación Sensorial*. Optical Illusions (cliente: Unizar TecnoDiscap - Zaragoza University, I3A)
- [21] USA Institute of Theatres Technologies. <http://www.usitt.org/>
- [22] The Entertainment Services & Technology Association. <http://www.esta.org/>
- [23] GNU Operating System. <http://www.gnu.org/licenses/licenses.es.html>
- [24] Zigbee Alliance. <http://www.zigbee.org/>
- [25] Roberto José Casas Nebra. *Apuntes sobre Zigbee*. Dpto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Universidad de Zaragoza

