

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDÍA

Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació, So i Imatge

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDÍA

## Estudi del control d'il·luminació espectacular mitjançant el protocol DMX512: Conceptes generals i cas pràctic

**TREBALL FINAL DE GRAU**

Autor:

**Pablo Gilabert Jiménez**

Tutor:

**Antoni Josep Canós Marín**

**GANDÍA, 2015**



## Índex de continguts.

<b>1.</b>	<b>Resum.....</b>	<b>1</b>
1.1.	Resum.....	1
1.2.	Paraules clau.....	1
1.3.	Summary.....	1
1.4.	Keywords.....	1
<b>2.</b>	<b>Introducció.....</b>	<b>2</b>
2.1.	Presentació.....	2
2.2.	Objectius.....	5
2.3.	Metodologia.....	5
2.4.	Etaques.....	5
2.5.	Problemes.....	6
<b>3.</b>	<b>Repàs dels controladors i protocols d'il·luminació.....</b>	<b>7</b>
3.1.	Primers conceptes i controladores d'il·luminació multicanal simples.....	7
3.2.	Consoles de memòria.....	9
3.3.	Control mitjançant interfícies i ordinador personal.....	10
3.4.	Consoles “vives” front “automàtiques” (escenaris possibles).....	10
3.5.	Senyals i protocols de control més habituals.....	11
3.5.1.	Control analògic.....	11
3.5.1.1.	Estàndard 0-10 V.....	11
3.5.1.2.	AMX192.....	12
3.5.1.3.	D54.....	13
3.5.1.4.	PWM estàndard IEC 60929.....	14
3.5.2.	Control digital.....	14
3.5.2.1.	Comunicació de dades en paral·lel.....	14
3.5.2.2.	Comunicació de dades en sèrie EIA 232 i EIA 485.....	14
3.5.2.3.	Comunicació de dades en sèrie USB i FireWire (IEEE 1394).....	15
3.6.	Protocols estàndard per al control d'il·luminació.....	15
3.6.1.	DMX512.....	15
3.6.2.	DSI.....	15
3.6.3.	DALI.....	16
3.6.4.	MIDI i MSC.....	17
<b>4.</b>	<b>Protocol DMX512.....</b>	<b>18</b>
4.1.	Topologia de xarxa.....	19
4.2.	Capa física.....	20
4.3.	Connectors.....	21

4.4.	Cablejat.....	22
4.5.	Protocol.....	23
4.6.	Adreçament i codificació de dades.....	24
4.7.	Temporització.....	26
4.8.	Present i futur.....	26
5.	Interfície OPEN DMX-USB.....	28
6.	Desenvolupament d'un cas pràctic orientat a l'aprenentatge.....	33
6.1.	Disseny de la instal·lació.....	33
6.2.	Selecció del programari i conceptes previs.....	36
6.3.	Pantalla inicial del QLC+.....	37
6.4.	Configuració d'entrades/eixides i creació de dispositius.....	38
6.5.	Mapeig de les lluminàries.....	41
6.6.	Taula de control simple.....	43
6.7.	Programació de funcions.....	43
6.8.	Consola virtual.....	45
7.	Conclusions i treball futur.....	46
8.	Bibliografia.....	47

# 1. Resum.



## 1.1. Resum.

En aquest treball s'aborda el control d'il·luminació per a espectacles d'entreteniment per mitjà del protocol DMX512. Amb eixe objectiu, primer es fa un repàs i classificació dels controladors i dels protocols de control d'il·luminació més habituals. També s'estudien els possibles escenaris que se solen trobar en aquestos esdeveniments, definint i agrupant-los des del punt de vista de l'operativa durant la producció de l'espectacle.

En segon lloc, s'estudia i fabrica una interfície OPEN DMX-USB i es proven una sèrie de programes per a triar i posar en pràctica el control d'il·luminació per mitjà del ordinador.

Finalment, amb una d'estes opcions estudiades i utilitzant les ferramentes apropiades, es dissenya un cas pràctic de demostració per a adquirir coneixements pràctics així com destresa, descrivint i documentant tot el procés i conceptes necessaris.

## 1.2. Paraules clau.

DMX, luminotècnia, control d'il·luminació, interfície DMX-USB, QLC+.

## 1.3. Summary.

In this paper lighting control for entertainment shows through the DMX512 protocol we are studied. To do this, first an overview and classification of drivers and protocols common lighting control is made. A review of the possible scenarios that are often found in these types of events, defining and grouping from the point of view of operational during the production of the show is also done.

Secondly, we study and manufacture an OPEN DMX-USB interface and test a series of programs to choose and implement lighting control via a computer.

Finally, with one of these options studied and using appropriate tools, a practical demonstration is designed to gain practical knowledge and skills, describing and documenting the necessary process and concepts.

## 1.4. Keywords.

DMX, lighting engineering, lighting control, interface DMX-USB, QLC+.

## 2. Introducció.

### 2.1. Presentació.

La il·luminació en teatres, museus, galeries, concerts, sales de ball i esdeveniments corporatius (conferències, reunions, etc.) no és tan senzill com encendre llums en un escenari. Al contrari, es tracta d'un procés complex que implica una correcta disposició dels dispositius d'il·luminació, angles correctes d'enfoc, il·luminació posterior, frontal i lateral de l'escenari, un equilibri de colors, una sincronització etc., tot açò amb el propòsit d'aconseguir que el públic pugui veure en tot moment els artistes, apreciar volums a l'escena, ambientar i decorar (amb la il·luminació espectacular) [YESCAS, p. 1]. Per a la il·luminació d'escenaris s'utilitzen dos tipus bàsics de dispositius: focus, els quals il·lumina una àmplia zona de l'escenari i projectors, que il·lumina intensament àrees menudes. Els dispositius d'il·luminació tenen quatre propietats controlables: la intensitat, el color, la distribució i el moviment. Aquestes propietats romanen constants sobre un període de temps i s'utilitzen per atorgar una determinada aparença al contorn i al volum d'un intèrpret o objecte determinat.

Els operadors de la il·luminació controlen els llums d'un escenari a través de dispositius unidireccionals anomenats consoles d'il·luminació, que són interfícies entre l'operador i les fonts de llum. En la seua versió més bàsica, una consola es redueix a controlar els dimmers per a controlar la intensitat dels llums en els escenaris. Els dimmers són dispositius capaços de canviar gradualment la intensitat dels llums, de tal manera que, per a executar una determinada seqüència de llums i ombres, la consola transmet informació multiplexada basada en un protocol de comunicació, el dimmer rep esta informació, la demultiplexa i executa la funció apropiada sobre el dispositiu d'il·luminació seleccionat. Les consoles de hui en dia són sistemes més sofisticats que permeten el control de més paràmetres com el pan/tilt, color, enfoc, forma de rajos, etc. (veure **Fig. 01**).

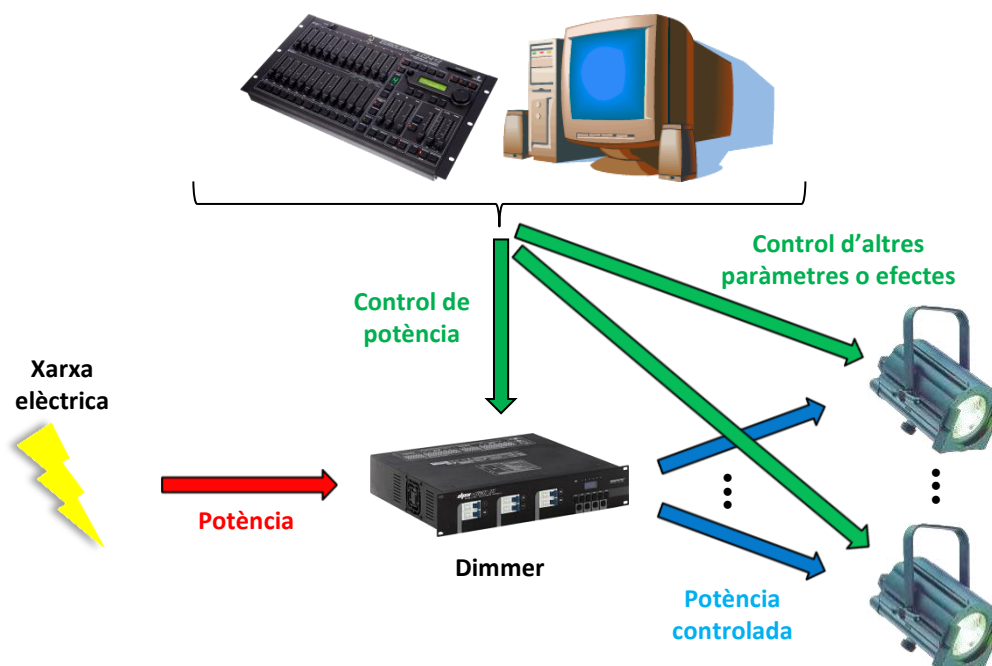
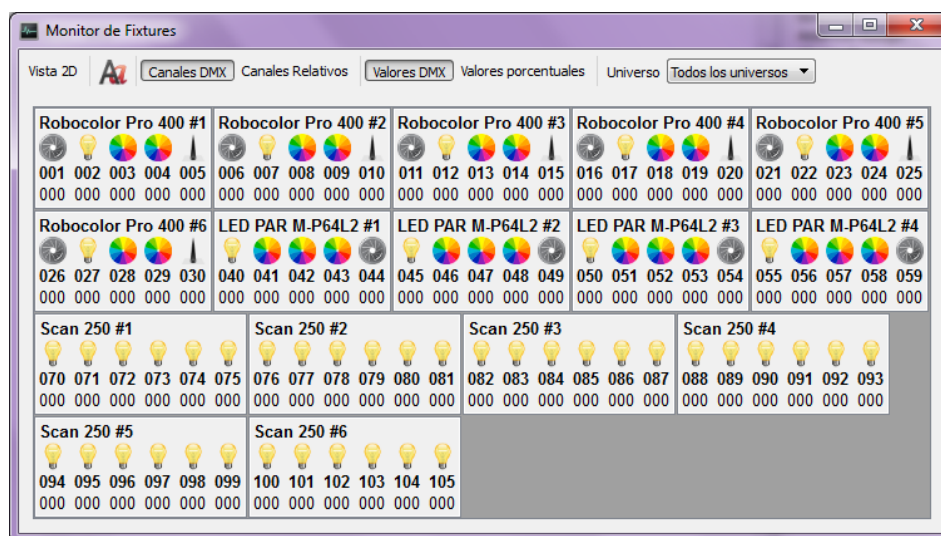


Fig. 01. Esquema de control d'il·luminació amb consola/PC, dimmers i focus.

Un dels últims avanços en luminotècnia és el control automatitzat basat en una computadora personal (PC), un programari i una interfície USB a DMX, per mitjà dels quals s'arxiven automàticament els valors de cada canal en un banc de dades per tal de ser disparats de forma immediata. D'esta manera, l'operador ja no necessita manipular manualment (directa o indirectament) cada un dels dimmers; al pulsar un sol botó tots els focus canviaran automàticament segons la intensitat, velocitat i paràmetres programats.

No obstant, i malgrat tots aquests avanços tecnològics, la indústria de l'entreteniment continua tenint grans dificultats per il·luminar els seus escenaris. Quan un operador d'una consola d'il·luminació fa la programació del seu espectacle, tracta sovint amb detalls de molt baix nivell que no tenen relació amb la il·luminació en si mateixa com és el cas de:

- Disposar de cables específics per a connectar una instal·lació de llum a la consola.
- Estimar i adequar el repartiment, longituds i seccions de cables d'alimentació; a més d'adequar la demanda a la instal·lació de subministrament de la xarxa elèctrica<sup>1</sup>.
- Validar en la consola el tipus d'instal·lació utilitzada a l'espectacle, ja que cada fabricant dissenya les seues lluminàries amb una assignació pròpia dels canals que controlen cada paràmetre o efecte.
- Adreçar manualment cada dispositiu d'il·luminació i especificar quantitat, tipus, canals, etc. que inclou la instal·lació connectada a la consola per tal de realitzar el mapeig (**Fig. 02**).



**Fig. 02.** Exemple de mapeig de dispositius amb els canals DMX adreçats amb el programari QLC+.

Per exemple, a l'estàndard DMX cada adreça (o conjunt d'adreces) controla un paràmetre del dispositiu d'il·luminació. Alguns dispositius utilitzen una única adreça mentre que altres n'utilitzen moltes per a controlar la varietat de paràmetres disponibles. Per exemple, per a controlar la intensitat d'una instal·lació d'il·luminació senzilla, s'utilitza una única adreça per a especificar el nivell d'intensitat desitjat; mentre que per a un dispositiu d'il·luminació espectacular, com podria ser un cap mòbil, poden arribar a utilitzar-se'n més de 20 per a especificar tots els seus paràmetres. Açò significa que quan un dispositiu d'il·luminació incrementa la seua funcionalitat, també s'incrementa la complexitat a l'hora de controlar totes les seues funcions.

<sup>1</sup> Cas afegit a l'enumeració que proposa YESCAS MENDOZA, E. en el capítol d'introducció de seua Tesi, fruit de la experiència de l'autor d'aquest Treball.



Fig. 03. Coldplay light show [MILLER].

Les instal·lacions d'il·luminació espectacular són sistemes extremadament complexos, en conseqüència, el disseny d'un sistema de control d'il·luminació és un procés també complex, ja que en ell convergeixen diferents àrees de la electrònica i de la informàtica, com és el cas de la programació, xarxes de computadors, microcontroladors ( $\mu C's$ ) i electrònica de potència. Tots aquests elements es combinen per a obtenir un sistema de control funcional i flexible que permeta a l'operador combinar llums, colors i efectes especials tal i com ell desitge. Açò realment constitueix un gran repte ja que el programari ha de representar per a l'usuari una ferramenta de control de totes o la gran majoria de les funcions dels aparells d'il·luminació, és a dir, el programari ha d'incloure una sèrie de controls i opcions que permeten al dissenyador accedir de manera fàcil als paràmetres dels dispositius d'il·luminació que va a utilitzar. També resulta útil que el programari permeti una representació virtual del muntatge realitzat i el resultat de la seua operació (**Fig. 04**).

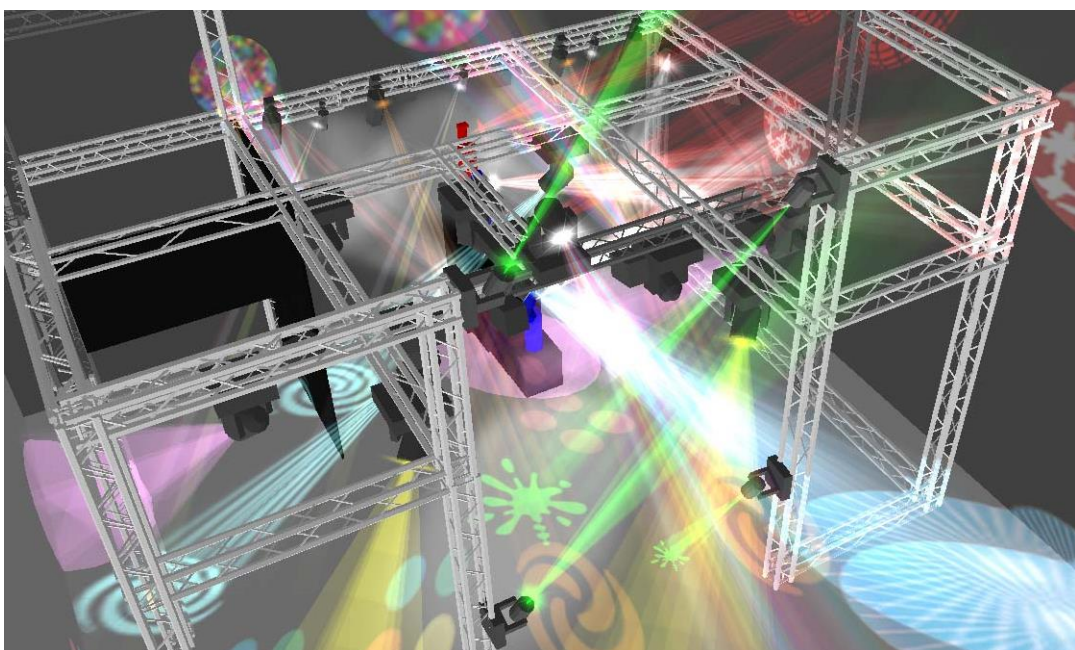


Fig. 04. Exemple de representació virtual amb el 3D View de SweetLight [SWEETLIGHT].



Un bon protocol de comunicació ha de suportar totes o, almenys, la gran majoria de les funcions dels dispositius d'il·luminació. Al llarg del temps, la indústria de la il·luminació ha anat creant una varietat de protocols analògics i digitals.

Els protocols de control analògics són simples i van començar aplicant-se al control d'un únic paràmetre, la regulació de la intensitat de la llum, però a mesura que van evolucionar els protocols i els dispositius, i amb l'aparició de la multiplexació i, amb això, l'aparició de canals, va ser possible controlar altres paràmetres. Amb un xicotet corrent es regula i controla el senyal que alimenta els llums, motors o qualsevol dispositiu de la lluminària.

Els protocols digitals funcionen d'una manera molt pareguda als analògics, però amb la diferència de que els senyals de control són de menys potència, més ràpids i representen valors lògics en compte de nivells de tensió.

## **2.2. Objectius.**

- Aprendre en profunditat el protocol de control d'il·luminació DMX512 i la seua arquitectura.
- Conèixer les principals solucions comercials i tecnologies presents per al control de la il·luminació espectacular.
- Aprendre i comprendre la terminologia, conceptes i processos necessaris per al disseny d'espectacles d'il·luminació espectacular.
- Aprendre i adquirir destresa amb les ferramentes de control d'il·luminació espectacular al preparar un cas pràctic demostratiu, documentant tot el procés.

## **2.3. Metodologia.**

La metodologia empleada per a la realització d'este treball s'ha basat principalment en 4 aspectes: documentació; aprenentatge d'aplicacions DMX; disseny, programació i preparació d'un cas pràctic; i redacció de la memòria i preparació de la defensa.

## **2.4. Etapes.**

A continuació es llisten cronològicament les etapes per les quals ha transcorregut el desenrotllament del treball:

- Documentació i planificació prèvia del treball.
- Disseny de la interfície i proves amb aplicacions DMX.
- Redacció de la part més teòrica de la memòria.
- Disseny del cas pràctic, programació de funcions amb el programa triat i redacció de la memòria (tot això al mateix temps).
- Preparar el cas pràctic.
- Redacció de la resta de la memòria.

- Durant tot el procés, supervisió i repàs del treball que s'anava realitzant per part del tutor.

## **2.5. Problemes.**

Pel fet que es tracta d'un tema que no s'ha treballat en profunditat al llarg de la carrera (només es va estudiar de forma bàsica a l'assignatura " Instal·lacions audiovisuals"), la documentació disponible era un tant general i l'equip nul. Hi ha quelcom de material a l'estudi de televisió de l'Escola, però no acabava d'ajustar-se a les necessitats i propòsit del projecte. Per tant, el desenrotllament del cas pràctic ha costat més del que s'havia previst per haver de fabricar o aconseguir equipament (interfície DMX, taps DMX, tester DMX, cablejat, lluminàries, etc.), comprar i demanar prestat equip per a practicar (dimmer, focus PAR LED, canvia colors, etc.).

Per un altre costat i atés que el protocol DMX té aplicacions clarament comercials, quasi tots els programaris de control més avançats són de tipus professional i tenen cost. Per tant, buscar el programari més adequat per a aquest treball, que permetia eixos controls avançats i que siga gratuït i lliure també ha sigut un tant complicat.

### 3. Repàs dels controladors i protocols d'il·luminació.

#### 3.1. Primers conceptes i controladores d'il·luminació multicanal simples.

El control de la il·luminació comercial i arquitectònica representa un mercat molt major que el control d'il·luminació de teatres i espectacles [SIMPSON, p. 353]. No obstant això, és en el teatre on varen ser desenvolupats en primer lloc la majoria de conceptes de control d'il·luminació utilitzats hui en dia. Alguns exemples són:

- **Control remot.** Molt prompte es va posar de manifest que era molt pràctic disposar d'un punt de control remot del dispositiu que controla la potència. Molts teatres de Londres tenien dimmers de resistències operats mitjançant cables mecànics mòbils. D'aquesta forma els dimmers podien col·locar-se lluny de l'escenari i en un punt optimitzat per a la distribució de potència elèctrica, mentre que el control podia col·locar-se on l'operador poguera contemplar el resultat del que feia.
- **Multi-canal.** Pocs escenaris teatrals poden funcionar amb un sol canal de control. A més de la impossibilitat de tindre sols un únic dimmer, qualsevol sistema d'il·luminació real utilitza una quantitat considerable de diferents fonts de llum i un control individual (canals) per a cada lluminària o grup de lluminàries. Algunes són necessàries simplement per a proporcionar la quantitat de llum suficient i altres, en canvi, ho són per a crear efectes específics.
- **Controls màster i submàster.** La idea en aquest cas és que cada canal està controlat pel seu propi control individual i, a més, per un control màster que controla un grup de canals. Açò permet, per exemple, realitzar l'operació d'atenuar l'escenari sencer amb un sol controlador, en volta d'haver d'operar tots els canals individuals de control simultàniament. També es va considerar que era necessari dotar el control màster de subdivisions o submàsters. Cada submàster podia ser utilitzat per a controlar un grup particular de llums, mentre que un màster general o "Grand Master" afectaria a tots els llums, típicament a l'abaixar el teló.



Fig. 05. Taula de control simple d'una escena Cameo Control 6 - DMX Controller [CAMEO].

En la Fig. 05, cada canal té el seu control/controlador lliscant operat manualment. Podria tindre controladors giratoris (potenciòmetres) en volta de lliscants, però els lliscants són molt més fàcils d'utilitzar quan ha de controlar-se més d'un canal a la vegada; a més, resulta molt més senzill veure els estats relatius de diversos canals d'il·luminació quan es veuen en un grup de controls lliscants que no en un grup de giratoris.

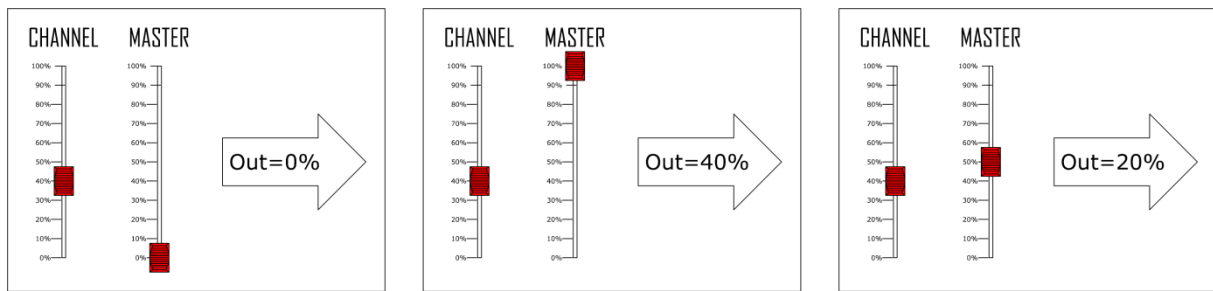


Fig. 06. Valor de eixida dependent dels valors del canal i del màster.

Un control lliscant màster afecta tots els canals de forma simultània, és a dir, tots els canals es mouen relativament quan s'utilitza el màster. En la **Fig. 06** es pot veure un exemple aclaridor d'aquest concepte. El valor resultant per cada canal és, en la majoria dels casos, el producte del valor en el control individual pel valor del màster.

En el exemple de la **Fig. 05** es mostra una taula de control per a una única escena bàsica de sis canals i un màster. En la **Fig. 07** es mostra el "control de preselecció de dues escenes".

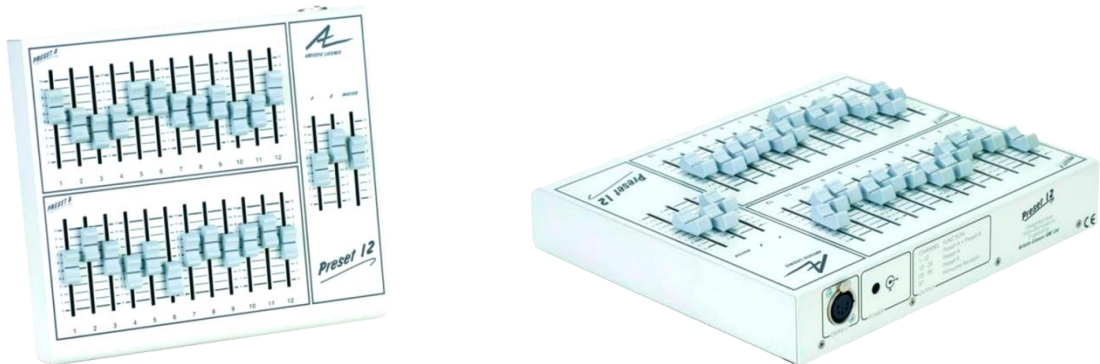


Fig. 07. Taula de control amb preselecció de dues escenes Artistic License Preset-12 [ARTISTIC].

El concepte de preselecció d'escenes per a il·luminació es basa en que cada canal té dos controls lliscants situats cadascun d'ells en un banc. En el cas de dues escenes, el primer banc de canals controla la primera escena i el segon banc, la segona. Ambdós bancs tenen un submàster seguits d'un "Grand Master". La forma d'operar d'aquest tipus de taules és que mentre està representant-se una escena (amb el seu submàster d'eixa escena obert i el de l'altra tancat), es fa la preselecció de l'altra a cegues ("blind potted"), és a dir, els nivells s'estableixen quan l'operador no pot veure l'efecte d'operar els controls. Per tant, l'escena ha d'haver-se assajat anteriorment per què els nivells siguin coneguts. D'aquesta manera i de forma alterna, pot anar avançant la selecció de la pròxima escena, a més de fer una transició entre ambdues de forma suau ("crossfade") mitjançant els dos submàster. D'aquesta mateixa forma, el principi de preselecció de dues escenes pot estendre's a consoles amb preselecció múltiple.

A més, aquestes taules amb preselecció disposen d'altres botons especials que disparen efectes o funcions prou comuns als espectacles de llums. Alguns exemples són [MARTÍN, p. 3]:

- **Flash:** Quan es polsa aquest botó, s'activen els canals de la secció a activar encara que el submàster del banc corresponent estiga tancat.

- **Hold:** Queden enclavades totes les eixides en la posició actual i es poden fer ajustos en la taula sense que això afecte a l'eixida.
- **Blackout:** Posa totes les eixides a nivell apagat de forma brusca.
- **Solo:** Amb la tecla activada, al pulsar una tecla flash s'activarà la funció gravada i es detindran les funcions de les altres tecles flash. Esta funció és útil quan desitgem que un dispositiu funcione en solitari.

### 3.2. Consoles amb memòria.

Totes les consoles amb memòria dels primers temps i que precediren al microprocessador estaven basades en dissenys de hardware propietaris en els que, en realitat, les funcions de memòria estaven fixades als controls de hardware. Amb l'arribada del microprocessador i, després, del ordinador personal, l'arquitectura va canviar. En l'actualitat una consola de memòria està invariablement basada en un microcontrolador o microprocessador estàndard, la qual cosa introdueix molts beneficis, incloent:

- La capacitat de tindre un software de funcionament escrit en un llenguatge d'alt nivell. Açò permet un desenvolupament ràpid i la introducció de noves funcions durant la vida útil del producte.
- La capacitat d'incloure mètodes de funcionament que ja són àmpliament coneguts, com és l'habilitat de poder emmagatzemar dades sobre els espectacles en discs o el poder previsualitzar l'estat de la il·luminació en monitors estàndards.

Hui en dia les consoles de memòria (**Fig. 08**) estan disponibles amb una gran varietat de grandàries i amb molts mètodes de funcionament distints. Algunes estan dissenyades de forma compacta amb la mínima quantitat de controls d'operació mentre que altres són totalment el contrari. Algunes són per a ús general, pensades per a controlar tot tipus de dispositius d'il·luminació mentre que altres estan especialitzades (per exemple, per a controlar lluminàries mòbils). En l'actualitat existeixen tants tipus de consola com mètodes diferents de treball.



Fig. 08. Taula de control amb memòria Zero 88 Solution XL [ZERO].

Alguns exemples de les noves característiques que ofereixen aquests tipus de taules són:

- **Go:** Crossfader automàtic. Arranca el següent crossfader amb un fos automàtic tenint en compte els temps programats en el cue<sup>2</sup> següent.

<sup>2</sup> En teatre, una "list of cues" es una llista d'acotacions. Un "cue" pot ser un peu, apunt o entrada per a un actor o esdeveniment. En l'illuminotècnica, un cue guarda la informació de nivell i temps de cada canal que conté. Si el nivell del canal procedeix d'una paleta, el cue també contindrà la referència a esta paleta, de tal forma que el cue pugui adoptar els canvis realitzats en les paletes.

- **Cue stacks:** Els cue stacks (l·listes de cues) s'utilitzen per a guardar seqüències de cues. Mantenen l'orde de reproducció i els modes de cada un dels seus cues [MAGICQ]. Un cue stack pot contindre un sol cue o una l·lista completa.
- **Playbacks:** La consola reproduceix les dades emmagatzemades per a un xou a través dels seus playbacks. Cada playback està associat amb un fader<sup>3</sup> físic i unes tecles. Cada playback pot reproduir un cue stack.
- **Pàgines:** Els playbacks de la consola suporten pàgines, així que cada playback pot tindre diferent funció/contingut depenent de la pàgina en què es troba. Típicament en un xou s'utilitza una pàgina per cançó.
- **Efectes (Fx):** Els efectes són seqüències pre-programades pel fabricant de la consola i que es poden aplicar a un grup de lluminàries amb una simple pulsació, de forma que no és/siga necessari programar cues per a crear un efecte.

Existeixen més funcions i conceptes comuns als diferents mètodes de control que s'expliquen a l'apartat 6.2.

### 3.3. Control mitjançant interfícies i ordinador personal.

El desenvolupament tant de les lluminàries (caps mòbils, escàners, làsers, etc.) com dels dispositius de control amb memòria, junt al desenvolupament tecnològic dels ordinadors, va permetre que es dissenyaren noves formes de controlar il·luminació espectacular i arquitectònica mitjançant una computadora personal (PC), un programari i una interfície USB a DMX (protocol de control d'il·luminació que es detalla en l'apartat 4).

Esta, però, no és l'única solució. Hi ha altres tipus d'interfícies que empren topologies i tecnologies diferents per a controlar la il·luminació espectacular per mitjà d'ordinadors personals. Un exemple és la interfície LM 5 de Work que pot operar per mitjà de tecnologia WIFI, amb una topologia de xarxa com la que mostra la Fig. 09.

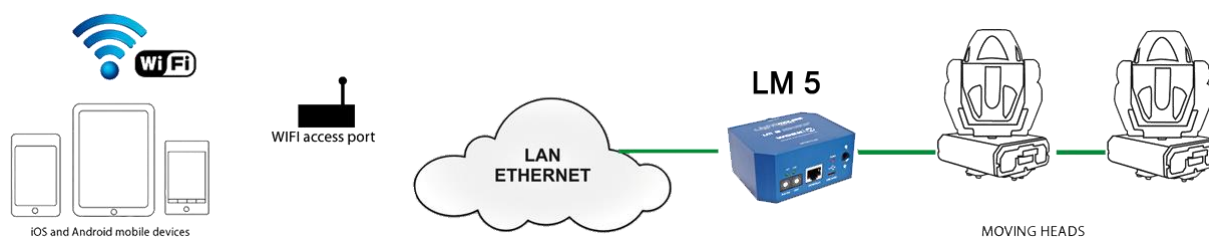


Fig. 09. Topologia de xarxa per a la interfície LM 5 de Work [LM5].

### 3.4. Consols “vives” front “automàtiques” (escenaris possibles).

Els espectacles d'escenari varien en gran mesura en la seua necessitat d'un control d'il·luminació complex i en el mètode apropiat d'operació [SIMPSON, p. 361].

En un extrem estaria una obra de teatre que porta molt de temps en cartell, on els cues d'il·luminació són els mateixos per a cada espectacle. En l'altre estaria un concert on inclús l'orde de l'actuació pot no conèixer-se abans de l'inici de l'espectacle, i on la il·luminació pot haver de reaccionar front a la interpretació del artista.

<sup>3</sup> Fader: Botó de control lliscant utilitzat per a augmentar o disminuir gradualment la potència d'un aparell elèctric (tal com una font de llums o so).

Les necessitats de control del primer exemple poden quasi realitzar-se amb un sistema automàtic, on l'operador només ha de soltar cues preprogramats. En el segon cas es necessita un sistema molt més "manual" per permetre que l'operador pugui reaccionar ràpidament als esdeveniments que apareixen a l'escenari. La consola necessària per a la presentació automàtica no necessita controls avançats i automàtics; resulta més senzill seleccionar els canals i utilitzar un teclat numèric per tal d'introduir les xifres a programar. Per contra, la consola "viva" necessita una gran quantitat de controls separats que puguin operar-se manualment per tal d'afectar als diferents grups d'il·luminació a temps real.

Aquesta diferència es coneixia inclús abans de que les consoles amb memòria es convertiren en la norma. L'arribada de l'espectacle de "rock and roll" de gires, amb grups pioners com "The Who", "Genesis", "Deep Purple", "The Rolling Stones", "Pink Floyd" i molts altres als anys 70 revelaren les limitacions dels controls convencionals de múltiples preseleccions. A l'annex 1 "**Gèneres**" es fa un repàs del tipus d'il·luminació emprada atenent al gènere de la música o espectacle.

### **3.5. Senyals i protocols de control més habituals.**

Un sistema de control d'il·luminació és una solució de control en xarxa que implementa la comunicació entre diverses entrades i eixides del sistema, en el qual sol utilitzar-se un o més d'un dispositiu informàtic central [LIGHTING].

Els sistemes de control d'il·luminació són àmpliament utilitzats tant en la il·luminació interior com a exterior; en espais comercials, industrials, residencials, espectacles, etc. Serveixen per a proporcionar la quantitat correcta de llum on i quan siga necessari. S'utilitzen per a maximitzar l'estalvi d'energia i satisfer els codis de la construcció. En il·luminació arquitectònica, estan fortament relacionats amb el concepte de domòtica.

Els primers dimmers i dispositius de commutació eren tots d'operació manual [SIMPSON, p.280]. Tan prompte com la idea d'un control remot es va tornar pràctica, va aparèixer la necessitat de triar un mètode per a comunicar un senyal de control.

L'arribada de l'electrònica permetia amplificar un senyal i era relativament fàcil incorporar un aïllament elèctric complet, la qual cosa va significar que els dispositius de control remot podien ser petits. Mes tard, la microelectrònica i els microprocessadors van permetre, primer, una major flexibilitat i complexitat de control, mitjançant, per exemple, la incorporació de la capacitat de memòria, i segon, el multiplexat de diversos senyals de control donant la capacitat de controlar diversos dispositius amb un únic cable.

#### **3.5.1. Control analògic.**

##### **3.5.1.1. Estàndard 0-10 V.**

El control analògic és el mètode més simple de control remot per dimmers i altres controladors que varien el voltatge o algun altre paràmetre que es pugui mesurar [SIMPSON, p.281]. Es tracta d'un protocol on 0 V equival al 0% de l'eixida (Off) i 10 V el 100% de l'eixida del paràmetre a controlar. En la norma "**E1.3 - 2001 Lighting Control Systems - 0 to 10 V Analog Control Specification**" es fa l'especificació d'aquest estàndard.

Pareix que, de forma natural i després de passar per diversos nivells de tensió, va acabar adoptant-se el valor 0-10 V com a valor de treball degut a que:

- És un voltatge prou baix com per ser segur, i prou alt com per evitar problemes de soroll en el senyal.
- Resulta fàcil expressar el control com a percentatge de la sortida, per exemple 5 V = 50% de la sortida.
- Es correspon amb la capacitat dels components electrònics que es fan servir per a implementar aquests dispositius de control (amplificadors operacionals, convertidors DA, etc.).

CARACTERÍSTICA:	VALOR:	CARACTERÍSTICA:	VALOR:
Rang de control	0-10 V DC	Impedància de la font control passiu	< 10 kΩ
Control de voltatge APAGAT	≤ 0 V	Impedància de la font control actiu	< 100 kΩ
Control de voltatge ENCÉS	≥ 10 V	Capacitat de la font de corrent	> 2 mA
Control	Lineal	Estabilitat a una sala constant	± 20 mV
Rang acceptable de seguretat	-0,5 V fins +15 V	Capacitat de bloqueig del díode	> 15 V
Impedància d'entrada	100 kΩ ± 20%		

Taula 01. Estàndard E1.3 de la ESTA per al control analògic 0-10 V [SIMPSON, p. 281].

La simplicitat del sistema de control fa que siga senzill d'entendre, implementar i diagnosticar; i el seu baix corrent (normalment 1 mA), significa que es pot executar al llarg de cables prims amb poca caiguda de tensió [0-10V]. No obstant això, ja que requereix un cable per canal de control (a més d'un cable de retorn comú), un sistema complex podria arribar a tindre centenars de cables, la qual cosa requereix de cables multipar i connectors molt cars. A la **Fig. 10** es mostra un exemple de cablejat per a una aplicació 0-10V.

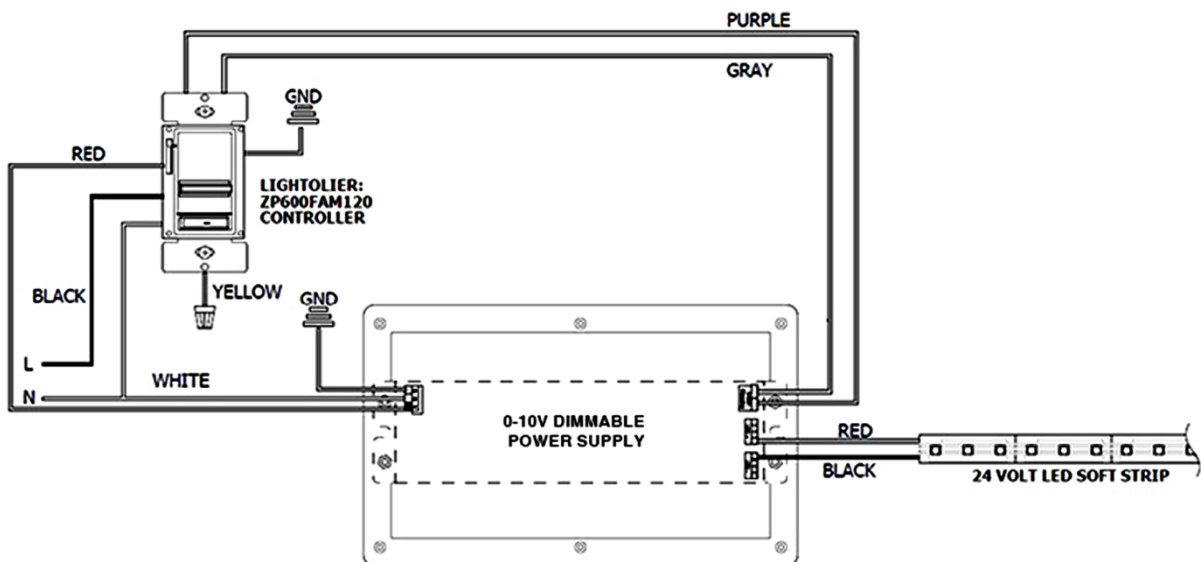


Fig. 10. Exemple de cablejat per a aplicació 0-10 V [LIGHTOLGY].

### 3.5.1.2. AMX192.

Abans de l'arribada del control digital complet, alguns sistemes utilitzaven un control analògic múltiplex per poder solucionar el problema d'un cable de control per a cada dimmer [SIMPSON, p.283]. A principis dels 80, "Strand Lighting" va introduir un sistema que, en forma modificada, es va convertir en l'estàndard **AMX192** recolzat pel USITI (United States Institute for Theater Technology) el 1986.



El nom AMX192 deriva de l'acrònim Analog MultipleXing i el nombre màxim de canals d'il·luminació controlables (192) [AMX192].

Les característiques principals de l'estàndard eren:

- Un parell de cables conduïen un senyal de rellotge de sincronització.
- Un segon parell de cables conduïa el senyal analògic. Aquest era de 0-5 V i s'enviava en ràfegues de 50  $\mu$ S, sincronitzats amb el rellotge. Cada ràfega es corresponia amb el nivell d'un dispositiu particular.
- Una línia de control podia conduir 192 senyals de dimmer, amb una velocitat d'actualització típica d'una vegada cada 50 ms.
- Un receptor en la línia recuperava els senyals analògics seqüencials i els convertia en senyals analògics mantinguts paral·lelament. Cada receptor podia tractar amb 16 dimmers/dispositius, així que, com a mínim, eren necessaris 12 receptors en una línia de control per servir a una quantitat màxima de 192 dispositius.

Quasi al mateix temps, es va desenrotllar D54 al Regne Unit. Aquest estàndard utilitzava el senyal de sincronisme de forma incrustada, a diferència de l'AMX192 que utilitzava un rellotge diferencial independent amb un circuit controlador semblant a RS485.

### 3.5.1.3. D54.

D54 és un protocol que emprava la multiplexació analògica per a controlar la il·luminació de l'escenari [D54]. Va ser desenrotllat per Strand Lighting a finals dels anys 70 i originàriament dissenyat per a treballar fins amb 384 canals. Encara que hi ha protocols més avançats, encara s'utilitza en llocs més grans, com ara teatres del West End de Londres, i és molt popular entre els tècnics ja que es poden veure els nivells del senyal per mitjà d'un oscil·loscopi.

D54 va ser desenrotllat al Regne Unit al mateix temps aproximadament que AMX192 que va ser desenrotllat als Estats Units, i els dos protocols van romandre quasi exclusivament en els seus països respectivament. La **Fig. 11** mostra el diagrama/sincronització del senyal D54.

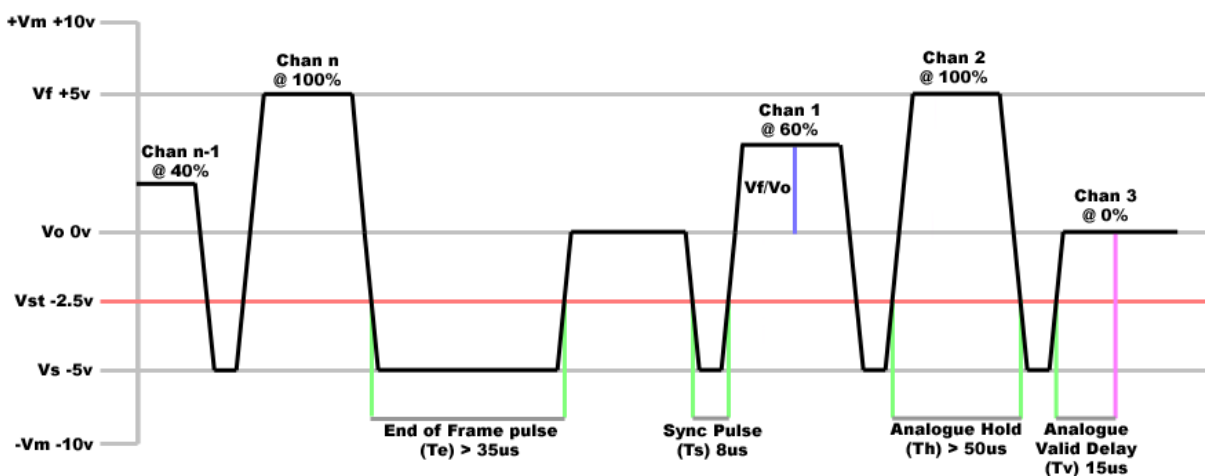


Fig. 11. Diagrama/sincronització del senyal del protocol D54 [D54SIGNAL].

#### **3.5.1.4. PWM estàndard IEC 60929.**

En aquesta norma es reconeixen tres mètodes de control remot de balasts electrònics per a làmpades fluorescents: l'estàndard analògic 1-10 V, l'estàndard digital DALI i el de modulació de l'amplada del pols PWM (Pulse Width Modulation) [SIMPSON, p.283].

El senyal PWM està especificat amb un valor baix de 0-1,5 V, i un valor alt de 10-25 V, de manera que:

- L'eixida lluminosa màxima ve donada quan el senyal "alt" apareix el 5% o menys del temps del cicle.
- L'eixida lluminosa mínima ve donada quan el senyal "alt" apareix el 95% del temps del cicle.
- L'apagat apareix si el senyal alt apareix més del 95% del temps del cicle.
- El temps del cicle pot ser d'entre 1 ms i 10 ms.
- Hi ha una relació logarítmica entre l'amplada del pols i la sortida lluminosa.

El mètode PWM especificat per IEC 60929 sol utilitzar-se per a fonts fluorescents de càtode fred i LED, normalment incorporat a un dispositiu de control que també accepta un protocol digital estàndard com ara DMX o DALI. L'apèndix E d'este estàndard defineix el DALI.

#### **3.5.2. Control digital.**

##### **3.5.2.1. Comunicació de dades en paral·lel.**

La transmissió de dades digitals en paral·lel és essencial als circuits d'un ordinador, però s'usa poques vegades fora d'aquest a causa de la necessitat de múltiples cables i la dificultat de mantenir les línies de bits en sincronia [SIMPSON, p. 284].

L'única excepció comú és el port paral·lel d'un ordinador que presenta les dades en un format d'amplada de byte amb un cable separat per a cada bit dins del byte i un altre per al senyal de rellotge. La comunicació de dades en paral·lel en el control d'il·luminació no és freqüent i tan sols es dona entre sistemes basats en ordinadors i en distàncies curtes.

##### **3.5.2.2. Comunicació de dades en sèrie EIA 232 i EIA 485.**

Les dades en sèrie s'envien com un flux constant de dades, normalment de forma asíncrona i d'acord a unes regles predefinides [SIMPSON, p. 285]. Aquestes regles predefinides són les que s'especifiquen als estàndards EIA.232/v.XX i EIA.485/v.XX (provinents de RS-232 i RS-485).

Una regla habitual és que la línia de dades es queda en espera a l'estat (1), i que hi ha un mínim temps d'espera entre els bytes. A més cada byte ve precedit per un bit d'inici 0 i acaba en un bit de parada 1. Les transicions al principi i al final dels bytes són sempre amb la mateixa forma, i això permet a l'UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) identificar l'inici i final de cada byte i derivar un senyal de rellotge. El UART és una interfície

usada a cada extrem de la connexió de dades en sèrie. A més de supervisar la sincronització, la recepció i la transmissió de dades, també actua com a buffer perquè el dispositiu receptor pugui prendre les dades quan aquest estigui preparat per fer-ho.

CARACTERÍSTICA:	EIA 232:	EIA 422:	EIA 485:
Conducció	No balancejada	Balancejada	Balancejada
Nombre de conductors	1	1	32
Nombre de receptors	1	10	32
Longitud del cable	20 m	1200 m	1200 m
Impedància del conductor	3-7 k $\Omega$	100 $\Omega$	54 $\Omega$
Impedància d'entrada del receptor	3-7 k $\Omega$	4 k $\Omega$	12 k $\Omega$
Velocitat de dades màxima	20 kb/s	10 Mb/s	10 Mb/s
Senyal de conductor mínim	$\pm 5$ V	$\pm 2$ V	$\pm 1,5$ V
Senyal de conductor màxim	$\pm 15$ V	$\pm 5$ V	$\pm 5$ V
Dada 1 (punt)	- V	- V	- V
Dada 0 (espai)	+ V	+ V	+ V

Taula 02. Característiques d'algunes interfícies sèrie comuns [SIMPSON, p. 287].

En la comparació de la **Taula 02**, resulta ben clar que una conducció balancejada permet una longitud molt més gran de cable i uns voltatges de senyalització menors. L'estàndard EIA 422 s'usa per a aplicacions com el control de la màquina de vídeo a emissions, i en instrumentació. L'estàndard EIA 485 s'usa àmpliament en la indústria, i també és la base de la distribució de senyals de control d'il·luminació tant per al protocol DMX com per altres protocols propietaris.

### 3.5.2.3. Comunicació de dades en sèrie USB i FireWire (IEEE 1394).

Els dispositius perifèrics dels ordinadors com ara les càmeres digitals i les impressores gràfiques a color necessiten velocitats de transmissió de dades que són molt més grans que les que es poden aconseguir mitjançant EIA 232 i EIA 485 [SIMPSON, p. 287]. Són aquestes dos tipus de connexions d'alta velocitat les que solen utilitzar-se hui en dia, encara que no fan cap contribució al control de la il·luminació dins del propi cablejat de la xarxa. En part perquè tenen severes restriccions en la longitud del cable, i perquè en la pràctica, les necessitats d'un gran ample de banda per a instal·lacions de gran magnitud del control d'il·luminació, vénen subministrades per LAN Ethernet.

## 3.6. Protocols estàndard per al control d'il·luminació.

Malgrat que poden existir tants protocols i sistemes de control com fabricants, en aquest treball s'estudien els protocols majorment estesos hui en dia a la indústria de l'entreteniment i a la il·luminació arquitectònica, com són DMX512, DALI, MIDI i MIDI Show Control (MSC).

### 3.6.1. DMX512.

És el protocol digital més utilitzat hui en dia per al control d'il·luminació en espectacles i entreteniment. El capítol 4 tracta el tema amb profunditat.

### 3.6.2. DSI.

DSI (Digital Serial Interfície) és un protocol per al control de la il·luminació en els edificis (inicialment balastos elèctrics) [DSI].

Va ser creat en 1991 per la companyia austríaca Tridonic i es basa en la codificació Manchester de 8 bits, amb velocitat de dades de 1200 bauds, 1 bit d'inici, 8 bits de dades, 4 bits de parada, i és la base del protocol DALI.

La seua naturalesa simple fa que siga fàcil d'entendre, implementar i diagnosticar. A més, la seua baixa tensió permet cables relativament prims. Cada dispositiu té el seu propi cable al controlador (en compte de ser part d'una xarxa). S'atenua en off, així que no requereix d'alimentació en equips de commutació per a apagar-los; i és un estàndard propietari inicialment exclusiu de Tridonic i sobretot les marques de l'empresa matriu de Tridonic Zumtobel.

### 3.6.3. DALI.

IEC 60929 i IEC 62386 són normes tècniques per a sistemes basats en xarxa de control d'il·luminació en l'automatització d'edificis [DALI]. Es van establir com a successors del sistema de control 0-10 V, i com a alternativa d'estàndard obert per a la interfície de senyal digital (DSI), sobre el qual es basa. IEC 60929 és la primera versió de la norma i es va retirar el 23 de juny de 2014.

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) és un protocol de dades i mecanisme de transport que va ser desenrotllat i especificat de forma conjunta per diversos fabricants d'equips d'il·luminació. La plataforma comuna de DALI permet que equips de diferents fabricants, es puguen connectar entre si. Està dirigit a les necessitats d'il·luminació comercial i arquitectònica [SIMPSON, p. 292]. Ha sigut proposat com a una extensió a IEC 60929 i, encara que originalment va ser concebut per al control de lluminàries fluorescents, és aplicable a altres fonts de llum.

DALI intenta ser el sistema òptim per a controlar les llums dins d'una sala gran o d'un complex d'habitacions. Està dissenyat per a ser ràpid i fàcil d'instal·lar, per a tindre un baix cost per node, i per a que siga senzill de configurar. En la seua forma bàsica pot complir les necessitats de, probablement el 95% de les aplicacions de control d'il·luminació arquitectònica, però també està pensat per a ser fàcil de connectar-se a sistemes de control d'alt nivell (com per exemple mitjançant una passarel·la KNX/DALI per a un sistema domòtic [KNX]), si cal.

CARACTERÍSTICA:	VALOR:
Nombre màxim d'aparells individuals amb els que es pot comunicar individualment en un sistema	64
Velocitat de dades	1,2 kb/s
Codificació de les dades	Manchester (bifàsic)
Senyal BAIX	0 V nominal; (-4,5 V fins +4,5 V transmissió; -6,5 V fins +6,5 V recepció)
Senyal ALT	16 V nominal; (+11,5 V fins +20,5 V transmissió; +9,5 V fins +22,5 V recepció)
Màxima caiguda del voltatge en la línia de control	2 V
Longitud màxima del cable de control	300 m
Corrent del senyal de subministrament	250 mA
Corrent del senyal nominal	2 mA
Nombre de nivells per dispositiu	255 més OFF (8 bits)
Temps per bit	833,3 µs
Temps per trama	15,83 ms cap a endavant; 9,17 ms cap a enrere
Format de la trama cap a endavant	Bit 1: bit d'inici; Bits 2-9: bits d'adreça; bits 10-17: bits de dades; bits 18-19: bits de parada
Format de la trama cap a enrere	Bit 1: bit d'inici; Bits 2-9: bits de dades; bits 10-11: bits de parada
Temps entre trames	Mínim 9,17 ms abans d'una trama cap a endavant; mínim 2,92 ms; màxim 9,17 ms abans d'una trama cap a enrere

Taula 03. Característiques principals de DALI [SIMPSON, p. 294].

### 3.6.4. MIDI i MSC.

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) és un protocol de control utilitzat en gran mesura en la indústria de l'entreteniment [SIMPSON, p. 300]. Va ser desenvolupat originalment per a permetre la connexió d'instruments musicals electrònics tals com sintetitzadors i bateries electròniques, però el seu baix cost i simplicitat d'execució han fet que s'utilitze per a altres propòsits.

MIDI es manté com un estàndard principalment basat en la música, encara que també existeixen aplicacions no musicals conegudes com MSC (MIDI Show Control), MMC (MIDI Machine Control) i MIDI Timecode. MSC és la variant que té més importància en el control de la il·luminació.

De la mateixa forma que DMX, MIDI és un sistema d'una única direcció sense correcció d'errors. En il·luminació i control d'espectacles, MSC s'utilitza principalment com protocol "master", on s'utilitza per enviar comandaments a diversos dispositius de control de subsistemes tals com consoles d'il·luminació, làsers, barrejadors de vídeo, sistemes de dispar de pirotècnia, etc.

CARACTERÍSTICA:	VALOR:
Senyal	Asíncrona 31,35 kbps
Tipus de senyal	Bucle de corrent Corrent ENCÉS = 0 lògic Corrent APAGAT = 1 lògic
Format d'una paraula de bits	Paraula de 10 bits Bit INICI, 8 bits de dades, bit de PARADA
Connector al equip	DIN 180° de 5-pin femella Pin 1: Sense connexió Pin 2: Protecció cable MIDI OUT Pin 3: Sense connexió Pin 4: Font de corrent de +5 V Pin 5: Dades MIDI, current sink
Cable	Cable amb 2 parells trenats + 1 cable, blindats amb connector DIN mascle en els dos extrems. Màxim 15 m de longitud, però existeixen línies de conductors per a connexions de llarga distància
Format dels comandaments generals de MSC en hex. Les dades s'envien en ASCII	F0 7F [ID del aparell] 02 [Format del comandament] [Comandament] [Dades]  F7 on: F0 = Inici exclusiu del sistema 7F = Temps real 02 = Sub-ID del aparell F7 = Final exclusiu del sistema
Exemples del format dels comandaments	7F Tot tipus 01 Il·luminació general 02 Llums mòbils 03 Canviadors de color 04 Estroboscòpics 05 Làsers 06 Llums de seguiment
Exemples de comandaments	01 Avant 02 Para 03 Continua 04 Avant cronometrat 05 Carrega 06 Set 07 Foc 08 Tots apagats 09 Restaura 10 Resetea

Taula 04. Característiques principals de MSC [SIMPSON, p. 300].

## 4. Protocol DMX512.

Digital MultipleX, abreviat com a DMX512 o simplement DMX, és un protocol utilitzat en luminotècnia per al control d'il·luminació d'espectacles, permetent la comunicació entre els equips de control i les fonts de llum [DMULTIPLEX].

DMX512 és un estàndard que descriu un mètode de transmissió de dades digitals entre controladors i equips d'il·luminació i accessoris [DMX512]. Cobreix les característiques elèctriques (basades en l'estàndard EIA/TIA-485), format de dades, protocols de les dades i el tipus de connectors. Aquesta norma té com a objecte proporcionar la interoperabilitat, tant a nivell de comunicació com a nivell mecànic, per als controladors de diferents fabricants.

Desenvolupat per la Comissió d'Enginyeria USITT (the United States Institute for Theatre Technology) en 1986, amb posteriors revisions en 1990 que varen donar pas al USITT DMX512/1990. La ESTA (Entertainment Services and Technology Association) va prendre el control del estàndard en 1998 i començà el procés de revisió. El nou estàndard, conegut oficialment com "Entertainment Technology - USITT DMX512-A - Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories", va ser aprovat per la ANSI (American National Standards Institute) en novembre del 2004. Va ser revisat de nou en el 2008 i és l'estàndard actual conegut com "E1.11 - 2008, USITT DMX512-A", o simplement "DMX512-A" [E1.11-2008].

En gener del 2011, ESTA es va fusionar amb PLASA (Professional Lighting and Sound Association), organització similar del Regne Unit formant una nova associació també anomenada PLASA, que és la que actualment s'encarrega de mantindre les normes.

Aquest protocol s'ha convertit en el mètode més utilitzat de control no sols per a controladors i dimmers, sinó que també per a connectar altres dispositius per a il·luminació espectacular com generadors de fum, gobos, strobos, spots, caps mòbils, escànners, etc. Les seues principals característiques són:

- És un protocol de comunicació asíncron símplex, amb una taxa de transmissió de 250 kbit/s.
- És molt immune al soroll, ja que transfereix la informació a través d'una connexió balancejada.
- Pot controlar il·luminació d'espectacles a gran escala (fins a 512 canals) on cadascun dels canals genera un valor de 8 bits per controlar un dispositiu determinat, o una de les funcions del dispositiu.
- El senyal DMX512 pot ser transmés de forma fiable a una distància de fins a 450 metres aproximadament, la qual cosa sol ser més que suficient per a un espectacle "normal" en un auditori, teatre o museu.
- No disposa de correcció d'errors, per tant no ha de ser utilitzat per a controlar efectes pirotècnics o d'automatització d'escenaris<sup>4</sup>.
- El protocol DMX funciona baix llicència GNU.

<sup>4</sup> Alguns exemples d'aquestes automatitzacions es poden veure en els següents enllaços: <<https://www.youtube.com/watch?v=MtRu-o87X6k>> i <[https://www.youtube.com/watch?v=6p\\_YK33tel4](https://www.youtube.com/watch?v=6p_YK33tel4)>.

## 4.1. Topologia de xarxa.

DMX512 utilitza una topologia de xarxa en la que va encadenant els diferents nodes en una connexió coneguda com “daisy chain” (veure Fig. 12).

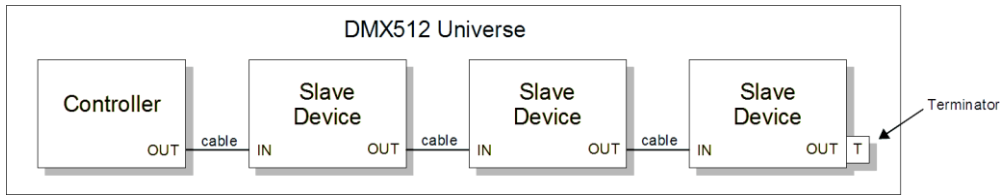


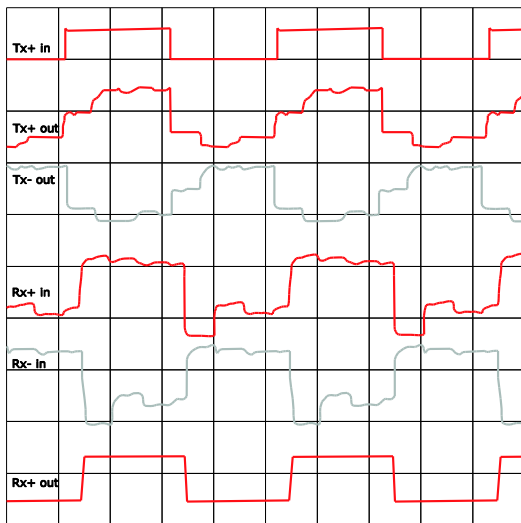
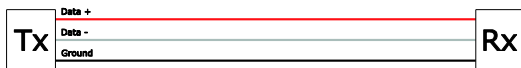
Fig. 12. Topologia de xarxa DMX512 [TOPOLOGIA].

Una xarxa consta d'un sol controlador DMX512, que és el màster, i un o més dispositius esclaus. Cada dispositiu sol tindre per terme general una entrada “IN” i una eixida “OUT” o “THRU” DMX (Fig. 13), a més d'altres com poden ser entrades d'alimentació, de control per comandament, etc., que permeten fer aquest tipus de connexió.

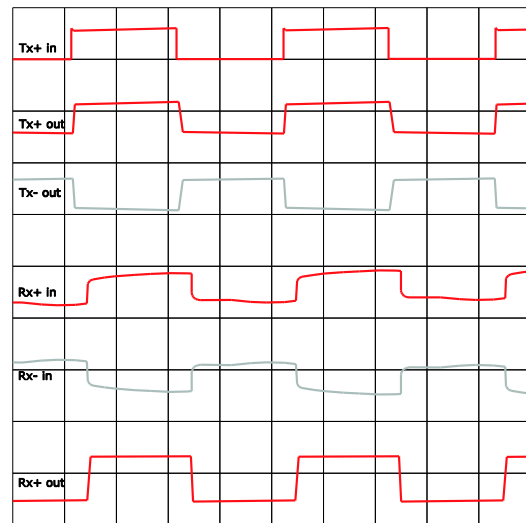
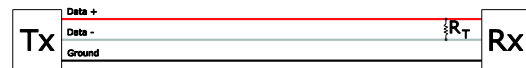


Fig. 13. Exemple de connexions en un dispositiu controlat per DMX [MH-110].

L'especificació RS-485 fa requeriment d'una terminació de línia o bus, connectada a l'últim dispositiu esclau, en l'eixida “OUT” o “THRU”.



-590 ns      500 ns/div      4,41 µs  
Fig. 14. Exemple de forma de ona a una xarxa sense terminació [ALCIRO].



-590 ns      500 ns/div      4,41 µs  
Fig. 15. Exemple de forma de ona a una xarxa amb terminació en paral·lel [ALCIRO].

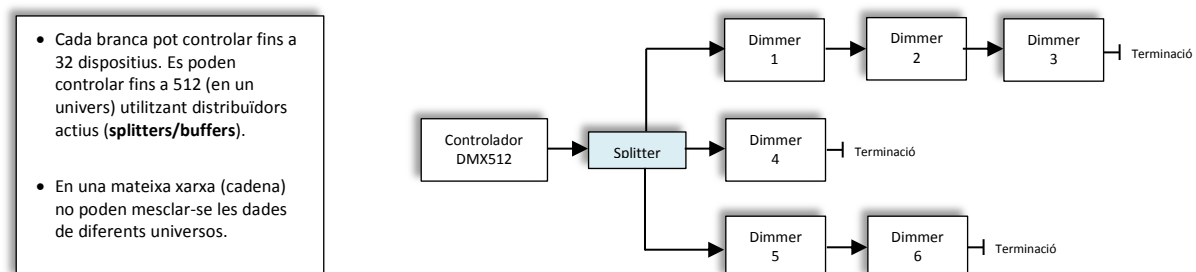
A les figures **Fig. 14** i **Fig. 15** es mostren 2 exemples de forma d'ona per a un senyal DMX. La primera en el cas de una xarxa sense carrega de terminació i la segona amb carrega en paral·lel.

Es recomana col·locar una resistència de terminació de  $120 \Omega$ , encara que en xarxes simples amb pocs dispositius i cables curts, és possible que el sistema funcione sense ella. Aquesta resistència de terminació és equivalent a la impedància característica del cable per a que el circuit estiga adaptat i evitar així possibles reflexions. Alguns dispositius disposen d'un sistema manual o automàtic per dotar d'aquesta resistència de terminació sense haver de que posar-la a posteriori.

Una xarxa DMX512 pot tindre fins a 512 canals i s'anomena "Univers DMX" i cada element esclau dins d'aquesta mateixa xarxa sols pertany a aquest univers. Per contra, un sistema màster o de control pot tindre eixides a diversos universos (una eixida "OUT" per cada univers) i poder controlar així varies xarxes i augmentant en gran mesura la seua capacitat de control.

## 4.2. Capa física.

Les dades DMX512 es transmeten mitjançant un parell de cables utilitzant nivells de tensió EIA-485 estàndard ( $\pm 1,5 \text{ V}$ ,  $\pm 1,5 \text{ V}$ ). Es tracta d'una xarxa de busos (branques/rames) de menys de 1200 metres de llarg, amb un màxim de 32 dispositius per bus. Si és necessària la connexió de més de 32 dispositius per bus, la xarxa es pot ampliar mitjançant la creació de busos paral·lels utilitzant distribuïdors o splitters DMX. A la **Fig. 16** es mostra un exemple de xarxa amb 3 busos i splitter.





A l'especificació elèctrica de la norma E1.11 (DMX512 2004), s'adreça el senyal comú a la terra física. En concret, la norma recomana que els ports del controlador DMX512 "OUT" per a transmissió de dades, tinguen una connexió de baixa impedància entre senyal comú i terra, anomenada "connexió a terra". A més, es recomana que els receptors tinguen una connexió de alta impedància entre senyal comú i terra, anomenada "connexió aïllada".

L'estàndard també permet ports de transmissió aïllats i receptors no aïllats. A més, es recomana que les terres dels sistemes, convergiscuen a un únic punt per tal d'evitar la formació de bucles de massa disruptius.

### 4.3. Connectors.

DMX512 1990 especifica que quan s'utilitzen connectors, aquests han de ser del tipus XLR de 5 pins (XLR-5), amb connector femella per a la transmissió i ports d'eixida "OUT" i mascles per als de recepció i ports d'entrada "IN". En aquest cas, l'ús de connectors XLR-3 de 3 pins està específicament prohibit, però molts dels fabricants d'equips DMX, han fet cas omís a aquesta regla per tal d'eliminar la necessitat del segon parell trenat i permetre la utilització de cables normals per a micròfon. Al mercat existeixen adaptadors XLR-5 a XLR-3 o és molt fàcil construir-se'n un, per tal de facilitar la connexió en cas de trobar-se en aquesta situació. Tal és la quantitat de fabricants i usuaris que utilitzen/fan servir el connector XLR-3, que aquest s'ha convertit en el connector més habitual per a DMX. Però cal tindre en compte que existeix el perill de connectar per error un dispositiu DMX a una cadena d'àudio i danyar així el dispositiu.

També hi ha alguns casos en els que els fabricants que utilitzen XLR-3, inverteixen la polaritat del senyal (com és el cas d'alguns equips de Martin), la qual cosa requereix que s'intercanvien els cables de senyal.

DMX512-A (ANSI E1.11-2008) permet l'ús de connectors de 8 pins modulars de tipus "8P8C" o "RJ-45" per a instal·lacions fixes en les que no és freqüent la connexió i desconexió d'equips (al contrari del que passa per exemple en una gira d'una banda de rock, on es munta i desmunta en cada lloc de l'actuació i per tant són necessaris connectors més robustos).

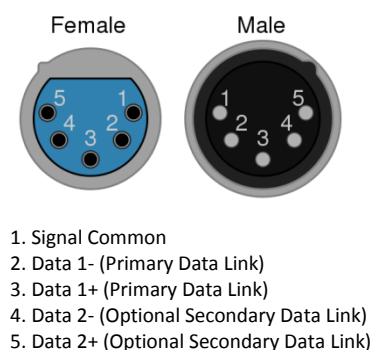


Fig. 17. XLR-5 pinout [XLR5].

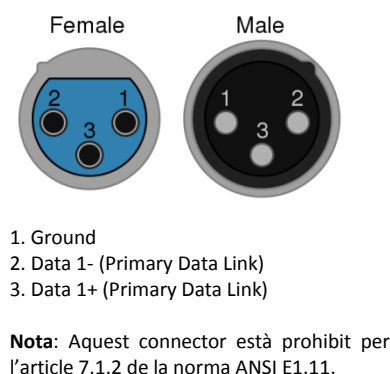


Fig. 18. XLR-3 pinout [XLR].

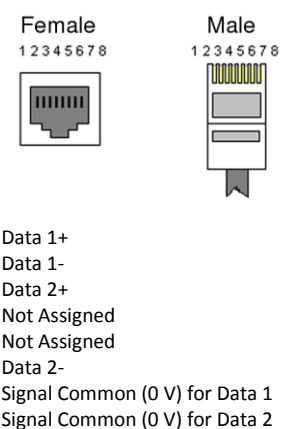


Fig. 19. RJ-45 pinout [RJ-45].

El connector 8P8C és equivalent al RJ-45 però preparat per a crimpar. Els pins 4 i 5 no s'utilitzen per evitar que, en cas de que es connecte a una línia telefònica, es puguin produir danys per als usuaris.

#### 4.4. Cablejat.

Els cables utilitzats a l'estàndard DMX512 empenen connectors XLR-5, un mascle a un extrem i femella a l'altre. El mascle es connecta a l'eixida "OUT" del controlador i la femella a l'entrada "IN" del dispositiu receptor. L'eixida "OUT" del receptor es pot tornar a cablejar de la mateixa forma i així successivament per fer una xarxa en "daisy chain" com s'ha comentat amb anterioritat.

L'especificació del cablejat per a DMX512 va ser retirada de la normativa al 2003 i aleshores es va iniciar un projecte de normes independents sobre cablejat. S'han desenvolupat dos estàndards per a cablejat, un per a cables DMX512 portàtils (ANSI E1.27-1-2006) i un altre per a instal·lacions fixes (projecte de norma ANSI E1.27-2). Així es tracta de resoldre els problemes que surten de la diferència de requisits per als cables utilitzats en espectacles en gira (han de ser més resistents) front als utilitzats per a instal·lacions fixes.

ANSI E1.27-1 - 2006 (R2011) Entertainment Technology-Standard for Portable Control Cables for Use with USITT DMX512/1990 and E1.11 (DMX512-A) Products	ANSI E1.27-1-2006 (R2011), Entertainment Technology-Standard for Portable Control Cables for Use with USITT DMX512/1990 and E1.11 (DMX512-A) Products, is a standard for portable data cable used in USITT DMX512/1990 and ANSI E1.11-2004 lighting control systems. ANSI E1.27-1 standardizes the wiring of the data cable and requires labeling so single data-pair and dual data-pair cables can be distinguished from each other. This edition is a reaffirmation of the 2006 edition.	Control Protocols	June 28, 2011
ANSI E1.27-1 - 2006 Entertainment Technology-Standard for Portable Control Cables for Use with USITT DMX512/1990 and E1.11 (DMX512-A) Products	This document has been superseded.	Control Protocols	June 06, 2006
ANSI E1.27-2 - 2009 (R2014) Entertainment Technology - Recommended Practice for Permanently Installed Control Cables for Use with ANSI E1.11 (DMX512-A) and USITT DMX512/1990 Products	ANSI E1.27-2 is the second part of a two-part standard for DMX512 cabling, and is for permanently installed cables. The first part, ANSI E1.27-1, is for portable control cables.	Control Protocols	June 09, 2014
ANSI E1.27-2 - 2009 Entertainment Technology - Recommended Practice for Permanently Installed Control Cables for Use with ANSI E1.11 (DMX512-A) and USITT DMX512/1990 Products	This document has been superseded.	Control Protocols	September 14, 2009

Taula 05. Extracte corresponent a les normes esmentades de l'organisme PLASA [TSP].

Les característiques elèctriques del cable DMX512 s'especifiquen en termes d'impedància (de 120 ohms) i capacitància (entre conductors < 65 pF/m; entre conductor i blindatge < 115 pF/m), encara que sovint, hi ha aspectes mecànics i d'altres que també han de ser considerats. Els cables Cat5 sovint utilitzats en xarxes de telecomunicacions també es varen aprovar per la ESTA per l'ús de DMX512A. També, els cables dissenyats per a EIA485 normalment compleixen amb les especificacions elèctriques DMX512. Per contra, els cables d'àudio per a micròfon o per a nivell de línia, manquen de les característiques elèctriques necessàries i, per tant, no són adequats per al cablejat DMX512 ja que poden provocar un funcionament irregular o errors intermitents que són difícils d'identificar i corregir.

## 4.5. Protocol.

En la capa d'enllaç de dades, un controlador DMX512 transmet dades en sèrie de forma asíncrona UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) a 250 kbit/s. El format de dades es fixa en un sol bit d'inici, huit bits de carrega de dades, dos bits de parada i sense bit de paritat (veure **Fig. 20** i **Taula 06**).

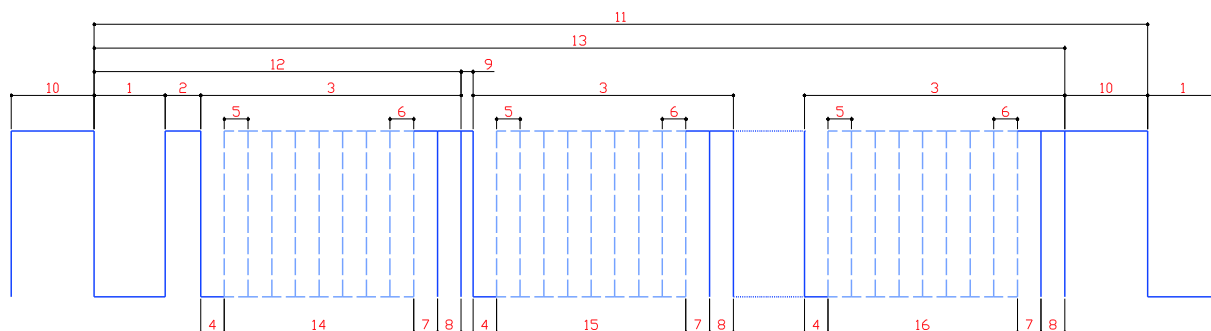


Fig. 20. Diagrama de temporització.

Codi:	Descripció:	Transmissor			Receptor		
		Min.:	Típic:	Max.:	Min.:	Típic:	Max.:
-	Bit ràtio	245 kbit/s	250 kbit/s	255 kbit/s	245 kbit/s	250 kbit/s	255 kbit/s
-	Temps de Bit	3,92 µs	4 µs	4,08 µs	3,92 µs	4 µs	4,08 µs
-	Temps mínim d'actualització per 513 ranures	-	22,7 ms	-	-	22,7 ms	-
-	Màxima velocitat d'actualització per 513 ranures	-	44 upd./s	-	-	44 upd./s	-
1	Espai d'interrupció "BREAK"	92 µs	176 µs	-	88 µs	176 µs	-
2	Marca després de la interrupció "MAB" (Mark After Break)	12 µs	-	<1,00 s	8 µs	-	<1,00 s
3	Temps de bloc de dades "SLOT"	-	-	-	-	-	-
4	Bit d'inici	-	-	-	-	-	-
5	Bit menys significatiu de les dades	-	-	-	-	-	-
6	Bit més significatiu de les dades	-	-	-	-	-	-
7	Bit de parada	-	-	-	-	-	-
8	Bit de parada	-	-	-	-	-	-
9	Marca de temps entre SLOTS	0	-	<1,00 s	0	-	<1,00 s
10	Marca abans de la interrupció "MBB" (Mark Before Break)	0	-	<1,00 s	0	-	<1,00 s
11	Temps entre interrupcions	1204 µs	-	1,00 s	1196 µs	-	1,25 s
12	Seqüència de restabliment (BREAK, MAB, START CODE)	-	-	-	-	-	-
13	Paquet DMX512	1204 µs	-	1,00 s	1196 µs	-	1,25 s
14	Codi d'inici "START CODE", SLOT 0 de dades	-	-	-	-	-	-
15	SLOT 1 de dades	-	-	-	-	-	-
16	SLOT "n" de dades (amb un màxim de 512 SLOTS d'un Byte)	-	-	-	-	-	-

Taula 06. Taula resum amb característiques i valors més importants del protocol DMX512.

L'inici d'un paquet DMX512 està representat per un espai d'interrupció "BREAK" seguit d'una marca (un 1 lògic), anomenada MAB (Mark After Break). Aquest espai d'interrupció permet que els receptors es preparen per a rebre la informació indicant-los la referència de posició per als bytes de dades dins del paquet. Cada bloc de dades d'un Byte es coneix com a "slot" i després d'una interrupció, es poden enviar fins a un màxim de 512 SLOTS.

El primer dels slots està reservat per a un codi d'inici "START CODE" que especifica el tipus de dades del paquet. El codi 0x00 és el valor estàndard utilitzat per a tots els dispositius compatibles amb DMX512, que inclou a la majoria de dispositius d'il·luminació. PLASA manté una base de dades amb els codis d'inici [STARTCODES].

Tots els slots que segueixen al codi d'inici contenen paràmetres de control per als dispositius DMX. La posició d'un slot dins d'un paquet determina el dispositiu i la funció que ha de ser controlada, d'acord amb l'adreçament (assignació de canals a cada dispositiu)

efectuat prèviament, mentre que el seu valor de dades especifica el punt de control. Açò, te molt a vore amb el concepte de canal DMX i valor que pren el canal, concepte que es vorà amb posterioritat.

#### 4.6. Adreçament i codificació de dades.

Com ja s'ha comentat abans, el codi inicial per defecte es correspon al valor 0x00 Null que identifica a la majoria de dispositius i funcions d'aquest protocol (apartat "8.5.1 NULL START CODE" de la norma).

Quant als slots o canals DMX, cada fabricant fa l'ús que considera. En un inici, un dimmer que s'encarregava exclusivament de la regulació de la intensitat de la llum s'adreçava a un canal o slot donat, el valor mes baix (0) del byte es correspondria amb una lluminària apagada i el valor màxim (255) del Byte amb una lluminària treballant al màxim d'intensitat. No obstant, si un fabricant vol donar-li més precisió a una de les funcions del receptor, com sol ocórrer amb el pan i el tilt, pot utilitzar dos canals o els que ell considere per tal d'augmentar el nombre d'escalons o passes per a dita funció (veure **Taula 07**).

Canals:	Valor:	Passes:	PAN res.:	TILT res.:
1 de 8 bits	2 <sup>8</sup>	256	2,10938°	1,05469°
2 de 8 bits	2 <sup>16</sup>	65536	0,00824°	0,00412°

**Taula 07.** Exemple de valors de resolució de pan i tilt per a un dispositiu de 540° i 270° respectivament.

Però a pesar d'açò, el codi d'inici "START CODE" ,slot 0 de dades, sempre ha de valdre 8 bits.

A la **Fig. 21** es mostra la taula resum d'un cap mòbil model Stairville MH-X25. Sol ser habitual que el fabricant oferisca este tipus d'informació en el manual del producte per a facilitar la programació:

- **Canal 1 (PAN):** Encarregat de codificar els valors de pan amb una resolució de 8 bits des d'un valor mínim de 0° fins a 540° de màxim.
- **Canal 2 (TILT):** Encarregat de codificar els valors de tilt amb una resolució de 8 bits des d'un valor mínim de 0° fins a 270° de màxim.
- **Canal 3 (PAN 16 bit):** Sumat al canal 1, proporciona 16 bits de resolució per a codificar el valor de pan.
- **Canal 4 (TILT 16 bit):** Sumat al canal 2, proporciona 16 bits de resolució per a codificar el valor de tilt.
- **Canal 5 (P/T Speed):** Encarregat de codificar la velocitat de gir dels servomotors per als moviments de pan i tilt.
- **Canal 6 (Color Wheel):** Encarregat de codificar el color. Des dels valors 0 a 44 en decimal, el cap il·luminarà amb un únic color atenent als valors mostrats en la figura. Des del 45 al 127 amb dos colors al mateix temps. Des del 128 al 255, es va fent una passada de colors entre els disponibles i els valors codifiquen un gir de passada cap a la dreta des del valor 128 al 191 amb velocitat ascendent, i gir cap a l'esquerra des del 192 al 255, també amb velocitat ascendent a mesura que creix este valor.

- **Canal 7 (Shutter):** S'encarrega de codificar l'obertura de l'obturador. Des del valor 0 a 3 este estaria completament tancat; de 4 a 7 completament obert; de 8 a 215 realitza un efecte de parpelleig amb velocitat creixent segons el valor; i de 216 a 255, també estaria obert però amb un diàmetre d'obertura creixent segons creix el valor.
- **Canal 8 (Dimmer):** Encarregat de codificar la intensitat de la lluminària des d'apagat (valor igual a 0) al màxim (valor igual a 255) .
- **Canal 9 (Gobo Wheel):** Encarregat de codificar la selecció del gobo<sup>5</sup> entre la paleta que ofereix el fabricant. Els valors de 128 a 255 codifiquen la passada pels gobos disponibles de la mateixa manera que ocorre amb el color.
- **Canal 10 (Gobo Rotation):** Encarregat de codificar la rotació del gobo seleccionat. De 0 a 63 no hi ha rotació; de 64 a 147 el gobo gira en el sentit de les manetes del rellotge amb velocitat de gir ascendent segons el valor pres, de 148 a 231 el mateix però amb gir al contrari; i de 232 a 255, es codifica un efecte tipus rebot a l'alternar el sentit dels girs.
- **Canal 11 (Function):** Codifica diverses funcions del sistema amb ajustos de blackout i reset per a diverses funcions que posseeix el cap mòbil.
- **Canal 12 (Internal Program):** Codifica l'accés a diversos programes de fàbrica, amb seqüències de moviments i accions programades prèviament i guardades en una memòria interna. A partir del valor 136 estos moviments i accions responen al so perceptut per mitjà d'un micròfon integrat.

		STAIRVILLE		MH-X25 LED Spot Moving Head	
1	PAN				
2	TILT				
3	PAN 16bit	0 ← PAN 16Bit → 255			
4	TILT 16bit	0 ← TILT 16Bit → 255			
5	P/T Speed	0 ← PAN/TILT Speed → 255			
6	Color Wheel				
7	Shutter	0-3 Close ← 4-7 Open ← 8-215 Strobe effect with increasing speed ← 216-255 Open			
8	Dimmer	0 ← 255			
9	Gobo Wheel				
10	Gobo Rotation	0-63 Rotate index ← 64-147 Positive Rotation ← 148-231 Negative Rotation ← 232-255 Gobo bouncing			
11	Function				
12	Internal program	0-7 No function 8-23 Auto program1 24-39 Auto program2 40-55 Auto program3 56-71 Auto program4 72-87 Auto program5 88-103 Auto program6 104-119 Auto program7 120-135 Auto program8 136-151 Sound contro1 152-167 Sound contro2 168-183 Sound contro3 184-199 Sound contro4 200-215 Sound contro5 216-231 Sound contro6 232-247 Sound contro7 248-255 Sound contro8			

Fig. 21. Exemple de taula resum amb adreçament DMX per a un cap mòbil Stairville MH-X25 [MH-X25].

<sup>5</sup> Gobo: plantilla metàl·lica opaca amb una figura dibuixada perforada que a l'incidir llums durs sobre la mateixa, el feix de llum dibuixa la dita figura.

## 4.7. Temporització.

Els paràmetres de temporització DMX512 poden variar en gran mesura degut a que conceptualment, el protocol es va especificar així per tal de proporcionar la màxima flexibilitat de disseny. Aleshores resultava prou complex dissenyar receptors que operaren en tot l'interval de temporització, per això es va canviar la norma original de 1986 en 1990 on el valor de la MAB, amb valor mínim inicial de 4 µs, es va canviar per 8 µs per a que els receptor pogueren fer aquesta lectura més còmodament. És a dir, es varen relaxar les especificacions de temporització, tant per a transmissors com per a receptors.

El temps màxim per a la MAB i d'altres marques no s'especifiquen perquè mentre s'envia un paquet almenys una vegada per segon; el BREAK, la MAB, marca entre slots i la MBB, poden prendre diferents valors. Un paquet complet amb 512 canals (slots seguits del codi d'inici), tarda aproximadament 23 ms en ser enviat, la qual cosa es correspon amb una freqüència d'actualització d'al voltant de 44 Hz.

$$f = \frac{1}{0,023 \text{ s}} = 43,4783 \text{ Hz} \quad (1)$$

Per a freqüències majors d'actualització, es poden enviar paquets amb menys de 512 canals. La norma no especifica el nombre mínim de slots o canals DMX que es poden enviar en un paquet. Malgrat això, si que es requereix que els paquets han de ser transmesos de manera que els flancs davanters a dos BREAK seguits, han d'estar separats per almenys 1204 µs i els receptors, han de poder fer lectures de 1196 µs en amunt per al mateix paràmetre (veure **Taula 06**). Açò s'aconsegueix mitjançant la MBB que fa de farcit en cas de que el número de canals siga molt reduït i s'arribe als 1196 µs.

## 4.8. Present i futur.

S'han proposat diverses alternatives al protocol DMX512 per tal de millorar les limitacions existents com són el nombre màxim de 512 canals per cada univers, el senyal unidireccional i la falta de detecció i correcció d'errors.

En la revisió E1.11-2004 USITT DMX512-A es va afegir un paquet d'informació del sistema SIP (System Information Packet) amb el codi START CODE CFH<sub>16</sub> (207<sub>10</sub>) reservat exclusivament per a aquest paquet. El SIP inclou un mètode de transmissió de dades de suma de comprovació (checksum) en relació amb l'anterior NULL START CODE en l'enllaç de dades i l'altra informació de control. Cap altre paquet s'enviarà entre el paquet NULL START CODE i la SIP que porta la suma de comprovació.

Una altra norma relacionada, la "E1.20-2006 Remote Device Management Over DMX512 Networks" estableix les bases per al protocol d'administració de dispositius a distància. RDM permet una retroalimentació de diagnòstic dels accessoris al controlador mitjançant l'ampliació de l'estàndard DMX512 per abastar la comunicació bidireccional entre el controlador d'il·luminació i accessoris d'il·luminació, per a la qual cosa fa ús del segon parell de fils.

També han aparegut diverses solucions basades en Ethernet (protocol pertanyent a la capa d'Enllaç de dades en el model OSI i de Xarxa en el TCP/IP) per tal d'aprofitar el potencial

que ofereix. Per exemple, Art-Net 3 és capaç de treballar amb 32768 universos DMX512 amb un sol cable. “E1.31-2009 Lightweight streaming protocol for DMX512” i “Art-Net 3” són dos exemples d’aquestes solucions, les quals tenen diversos avantatges a més del augment de capacitat. Possibiliten el treball en xarxa amb diversos controls amb diversos nivells de seguretat i privilegis. Permeten altres tipus de xarxes i no sols la de “daisy chain”, donant redundància al sistema i fent-lo més segur en cas de falla, etc.

Una altra tendència actual és la de implementar les xarxes sense fils. És prou comú que el primer tram de la xarxa, des del controlador fins al primer dispositiu, s’implemente amb un emissor + receptor WiFi per tal d’estalviar-se una gran quantitat de fil (**Fig. 22**).



Fig. 22. Exemple de emissor-receptor sense fils [WIRELESS].

Tot i que les xarxes DMX512 sense fils poden funcionar en distàncies superiors a 900 m en condicions ideals, la majoria dels enllaços sense fils DMX512 es limiten a una distància màxima de 300-400 m per garantir un funcionament fiable. El primer sistema sense fils DMX512 comercialitzat es basava en la tecnologia d'espectre eixamplat per salt de freqüència (FHSS) utilitzant mòdems sense fil comercials. Posteriorment, s'està utilitzat la tecnologia WiFi i per tal d'evitar interferències amb altres tipus de sistemes de comunicació sense fil, s'estan utilitzant mètodes amb salts de freqüència adaptables i convivència cognitiva que eviten la transmissió de freqüències ocupades.

## 5. Interfície Open DMX-USB.

Aquestes interfícies es basen en la conversió d'un senyal USB a l'estàndard EIA 485 que és en el que es basa el protocol de control d'il·luminació DMX512. Normalment sol fer-se a través del estàndard sèrie EIA 232.

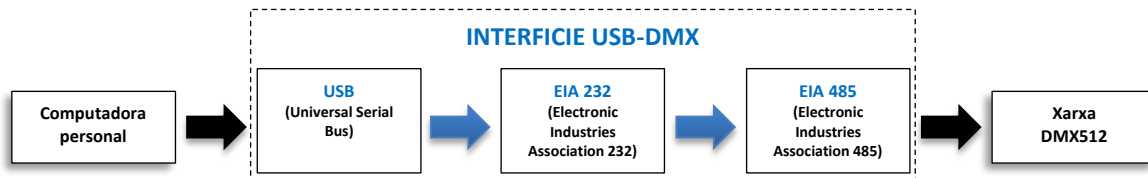


Fig. 23. Diagrama de blocs d'una interfície USB-DMX.

El projecte "Open DMX USB" de "Enttec" que desenvolupa aquesta tecnologia, comercialitza la seua pròpia interfície basada en la Fig. 23 a més d'altres dispositius i accessoris [ENTTEC OPEN].

Aquest model d'interfície és el model més barat i simple que existeix hui en dia. Al mercat existeixen una gran quantitat de models i marques on la seua versió més barata (en els casos en els que la tenen), coincideix amb el model presentat. En altres casos, els fabricants afegeixen altres característiques addicionals com poden ser:

- Aïllament elèctric contra sobretensions per tal de separar tots els ports DMX entre ells i protegir així equips i ordinador controlador [ENTTEC PRO].
- Mode d'entrada a més d'eixida, que permet connectar taules de control DMX convencionals per l'entrada de dades al ordinador.
- Mode "Standalone", amb una memòria interna a més de l'electrònica necessària, permet al dispositiu emmagatzemar escenes i espectacles per ser disparats sense haver d'estar connectada a un ordinador.
- Firmware actualitzable.
- Buffer intern per a garantir el flux constant de dades DMX.
- Suport i drivers per a diversos sistemes operatius (Windows, OSX i Linux).
- RDM (Remote Device Management) activat.
- Freqüència d'actualització, BREAK, MAB i altres característiques pròpies del protocol DMX512 configurables.
- Ports d'entrada i eixida MIDI (Musical Instrument Digital Interface) [ENTTEC Mk2].
- Diversos ports o universos DMX512 totalment independents.
- Seguretat/protecció de programari API (Application Programming Interface).
- Port Ethernet 10/100 Mbps amb connector Ethercon [ENTTEC ODE].
- Suport a altres estàndards de la indústria com són ArtNET [ARTNET PROTOCOL] i ESP [ESP PROTOCOL].



- Possibilitat de funcionar amb programaris propietaris que fan requeriment de claus USB o de l'ús d'interfícies amb marca com és el cas de Sunlite o Daslight, etc.

De la mateixa forma que hi ha una gran varietat de interfícies al mercat, existeix una gran varietat de programaris, uns que funcionen sense cap tipus de restricció i es poden descarregar de forma gratuïta i altres que sí la tenen. La **Taula 08** recull alguns exemples.

APP:	OS:	CODI:	URL:	NOTES:
DMXControl	(Win)	Tancat	www.dmxcontrol.org	- Software gratuït.
FreeStyler	(Win)	Tancat	users.telenet.be/freestyler/dmx	- Software gratuït. - Suporta 2 universos DMX. - Dels més estesos en usuaris d'este tipus de programes. - Proporciona aplicacions de control remot per mitjà de tablets.
LightKey	(OSX)	Tancat	lightkeyapp.com	- La versió gratuïta només suporta 24 canals DMX.
Lightning DmxControl	(OSX)	Tancat	lightning-dmxcontrol.com	- La versió gratuïta només suporta 24 canals DMX.
Lights Up!	(Win)	GNU	sourceforge.net/projects/lightsup	- Software gratuït.
Martin M-PC	(Win)	Tancat	www.martin.com/en-US/Product-Details/M-PC	- La versió de demostració només suporta 1 univers DMX. - Les versions de pagament suporten 64 universos DMX en Pro Edition i 8 en Basic Edition. - El desenvolupador és una de les marques més reconegudes en il·luminació espectacular, per la qual cosa es tracta d'una aplicació més orientada al món professional.
Masterpeace Free	(Win)	Tancat	masterpeace.free.fr	- Software gratuït. - Es tracta d'un projecte que emula una consola real i que pareix estar prou abandonat.
Q Light Controller	(Win, OSX & Linux)	GNU	qlc.sourceforge.net	- Software gratuït. - Suporta 4 universos DMX. - És la base de QLC+.
QLC +	(Win, OSX & Linux)	Open	www.qlcplus.org	- Software gratuït. - Tants universos com un desitge. - Interfície i disseny molt agradable. - Sense cap tipus de restricció ni limitació. - Suport per mitjà de plugins a altres protocols i dispositius (MIDI, ArtNet, àudio, etc.).
StageConsole	(Open Source VB )	Open	www.chromakinetics.com/DMX	- Software gratuït. - Disseny tipus taula de control de 2 escenes. - Suporta un univers DMX.
VirtuallightDesk	(OSX)	Tancat	itunes.apple.com/ca/app/virtuallightdesk/id413067394	- Software de pagament encara que és prou econòmic. - La versió gratuïta només suporta 24 canals DMX.

**Taula 08.** Exemples de programaris per al control d'il·luminació DMX512 [ENTTEC OPEN].



**Fig. 24.** Exemple de connexió per al control DMX512 amb ordinador i interfície.

Per poder posar en pràctica conceptes apresos sobre DMX512, es decideix fabricar una interfície basada en el model d'Enttec [\[ENTTEC OPEN\]](#) a mes de consultar Internet per vore projectes DIY (Do It Yourself) d'aquests tipus [\[DIAS\]](#) [\[OPENSCHMES\]](#).

Primer que res es localitza un mòdul de USB a EIA 485 (RS-485) ja fabricat [\[Dx\]](#). Existeixen una gran quantitat de models disponibles al mercat i resulten prou econòmics, en aquest treball s'opta pel següent model:

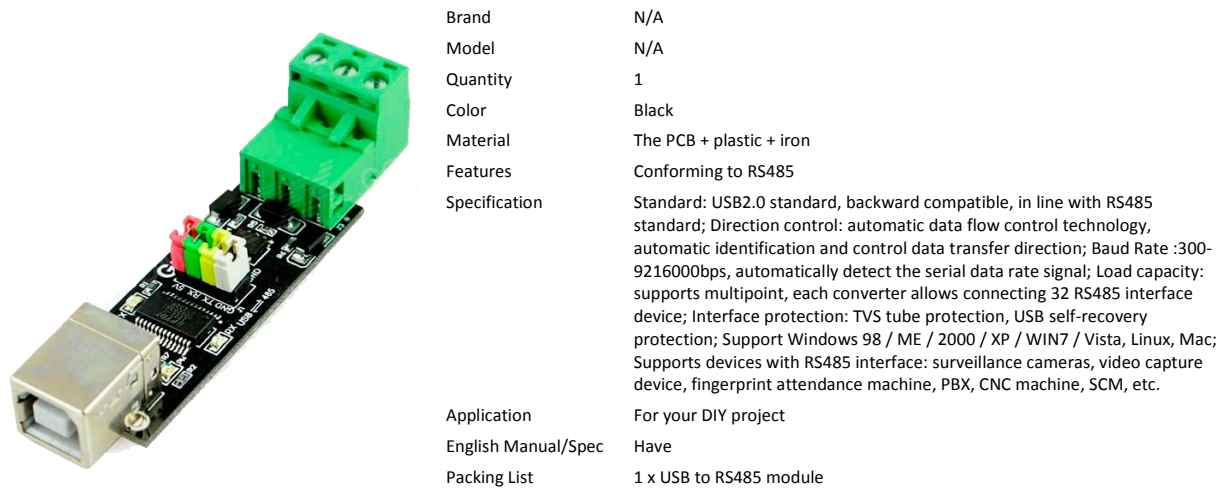


Fig. 25. Mòdul USB a EIA 485 utilitzat [\[Dx\]](#).

L'esquema de muntatge escollit es basa en el que es pot trobar en el blog "openschemes.com" però en aquest cas, i degut a que el mòdul comprat ja ens subministra el senyal en EIA 485, només caldrà soldar el mòdul al connector XLR. Cal comentar que la resistència muntada en sèrie en el fil de massa, és per a protegir el circuit i limitar el corrent. Si tenim en compte que l'alimentació al dispositiu es fa en la part del USB, no seria necessària, però com que està previst que es munten una gran quantitat de dispositius en la xarxa DMX, és fàcil que es creen bucles de massa i per tant conducció de corrents no desitjats, i aquesta resistència ens ajudarà a protegir el circuit. A continuació es mostra una figura amb el muntatge:

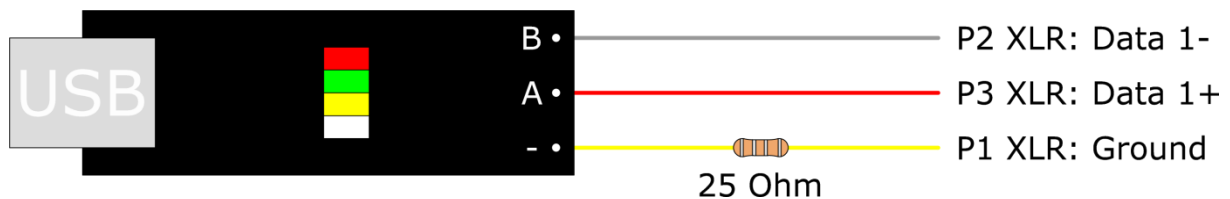


Fig. 26. Esquema de muntatge.

Per acabar la interfície, se solden els 3 cables a un connector XLR femella (de la marca Amphenol) per a muntatge en panell i es dissenya una caixa per a imprimir-la en 3D mitjançant AutoCAD 2010 i s'exporta en format ".stl" per procedir a la impressió 3D.

A continuació es mostren un conjunt d'imatges del procés de disseny i fabricació de la interfície (figures 27 a 38).

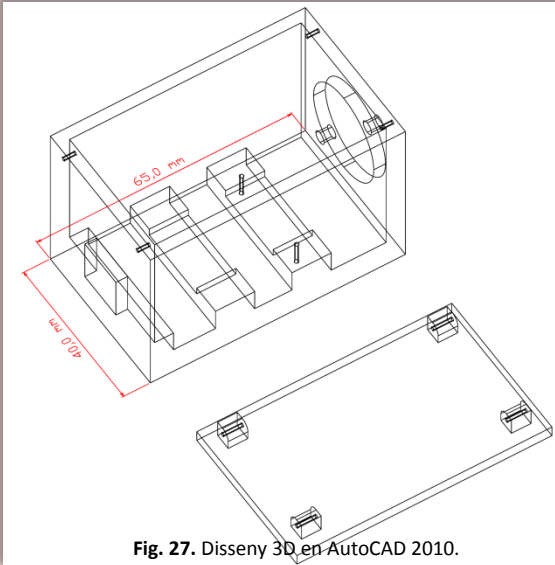


Fig. 27. Disseny 3D en AutoCAD 2010.

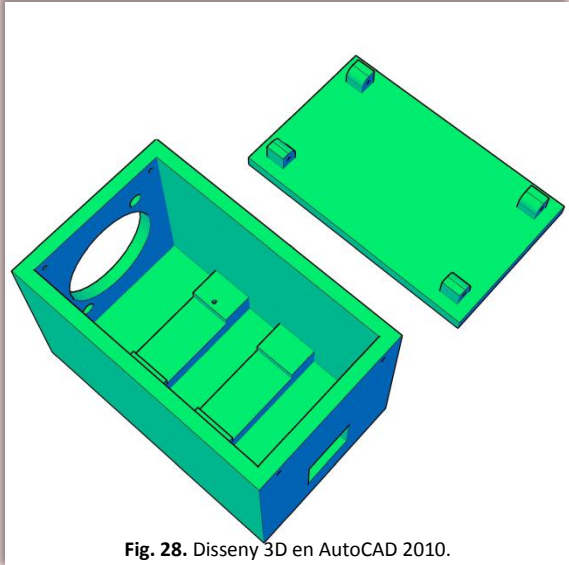


Fig. 28. Disseny 3D en AutoCAD 2010.

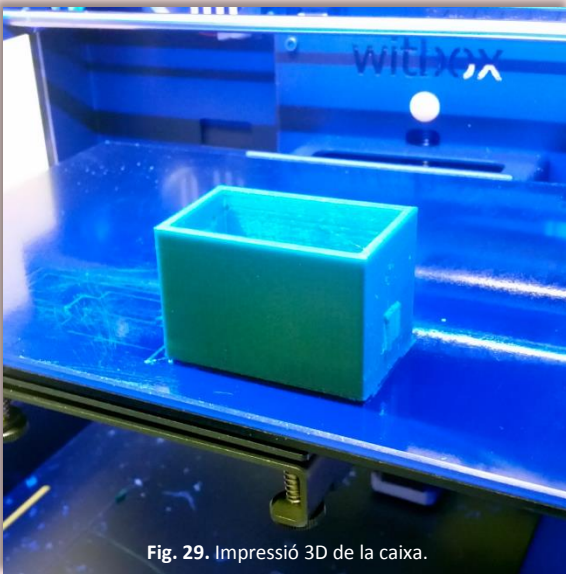


Fig. 29. Impressió 3D de la caixa.

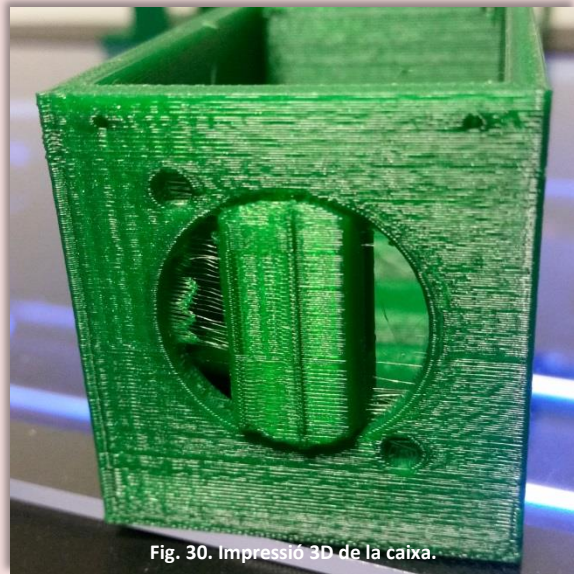


Fig. 30. Impressió 3D de la caixa.

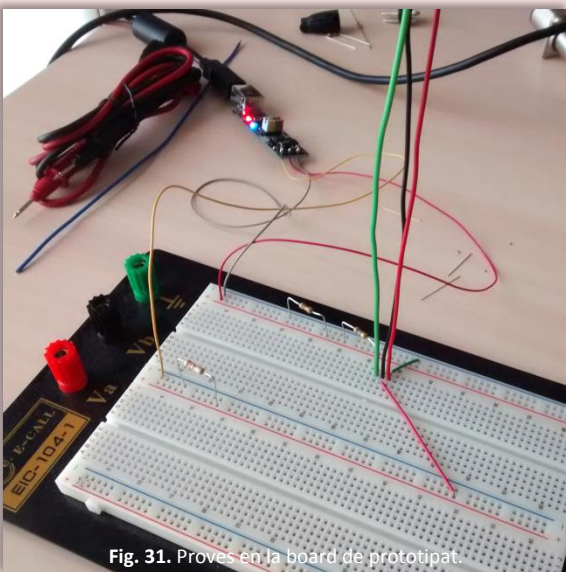


Fig. 31. Proves en la board de prototipat.

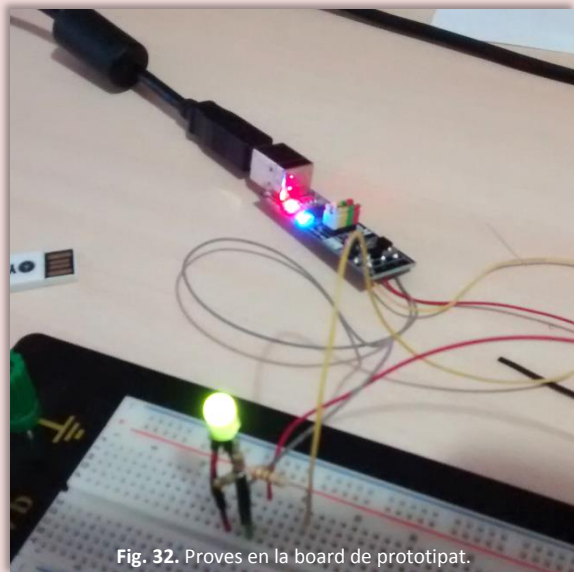


Fig. 32. Proves en la board de prototipat.

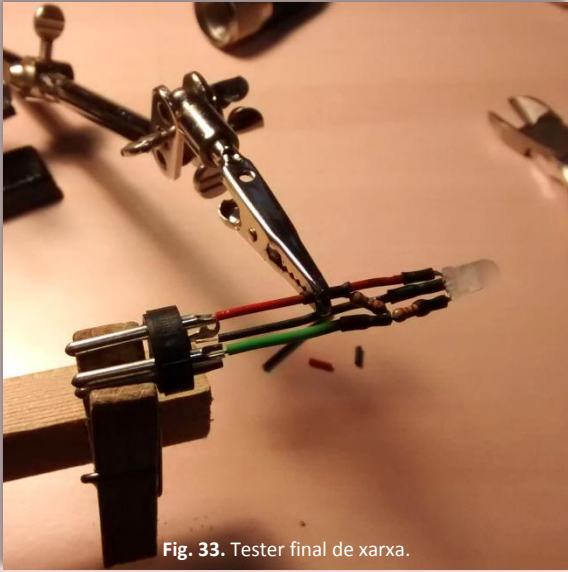


Fig. 33. Tester final de xarxa.



Fig. 34. Interfície sense caixa + 2 testers finals de xarxa.



Fig. 35. Interfície quasi acabada.



Fig. 36. Interfície acabada.

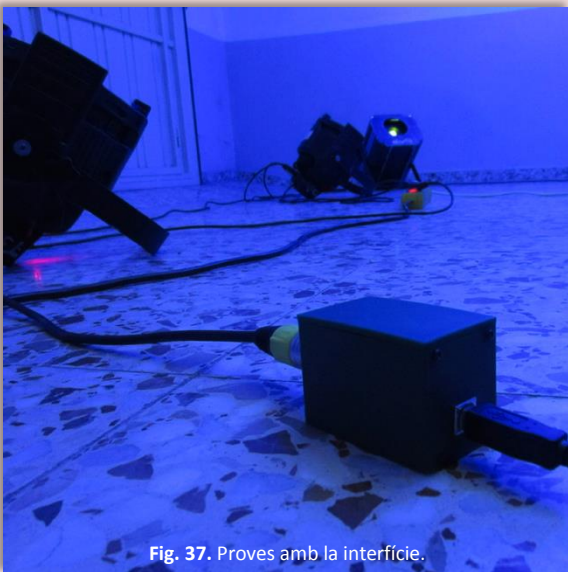


Fig. 37. Proves amb la interfície.

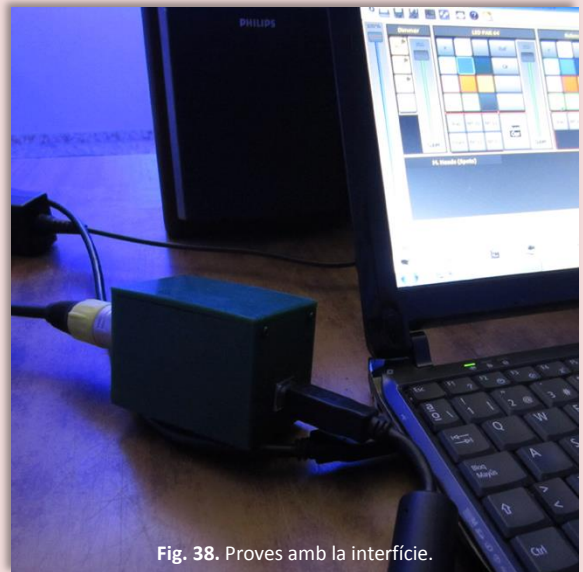


Fig. 38. Proves amb la interfície.

## 6. Desenvolupament d'un cas pràctic orientat a l'aprenentatge.

### 6.1. Disseny de la instal·lació.

El cas pràctic s'enfoca des d'un punt de vista pragmàtic i viable. Tot això per a facilitar el maneig i condicions per a l'aprenentatge.

En primer lloc, es trien els dispositius que formaran el muntatge i es dissenya la seua configuració atenent a les premisses següents:

- Que es puga disposar de les lluminàries.
- Que el conjunt de dispositius no siga excessivament voluminós i pesat perquè es puga transportar, muntar i desmuntar fàcilment.
- Que el sistema no tinga un consum elèctric elevat per a poder-lo muntar en entorns no preparats.

A partir d'estes condicions, es considera un exemple de muntatge de llums bàsic per a una banda de rock de 4 components, que actuaran en un lloc tancat, i amb un escenari de dimensions aproximades 5x3,5 m<sup>2</sup> (típicament en pubs, sales de concerts, discoteques, restaurants, fires, etc.)<sup>6</sup>.

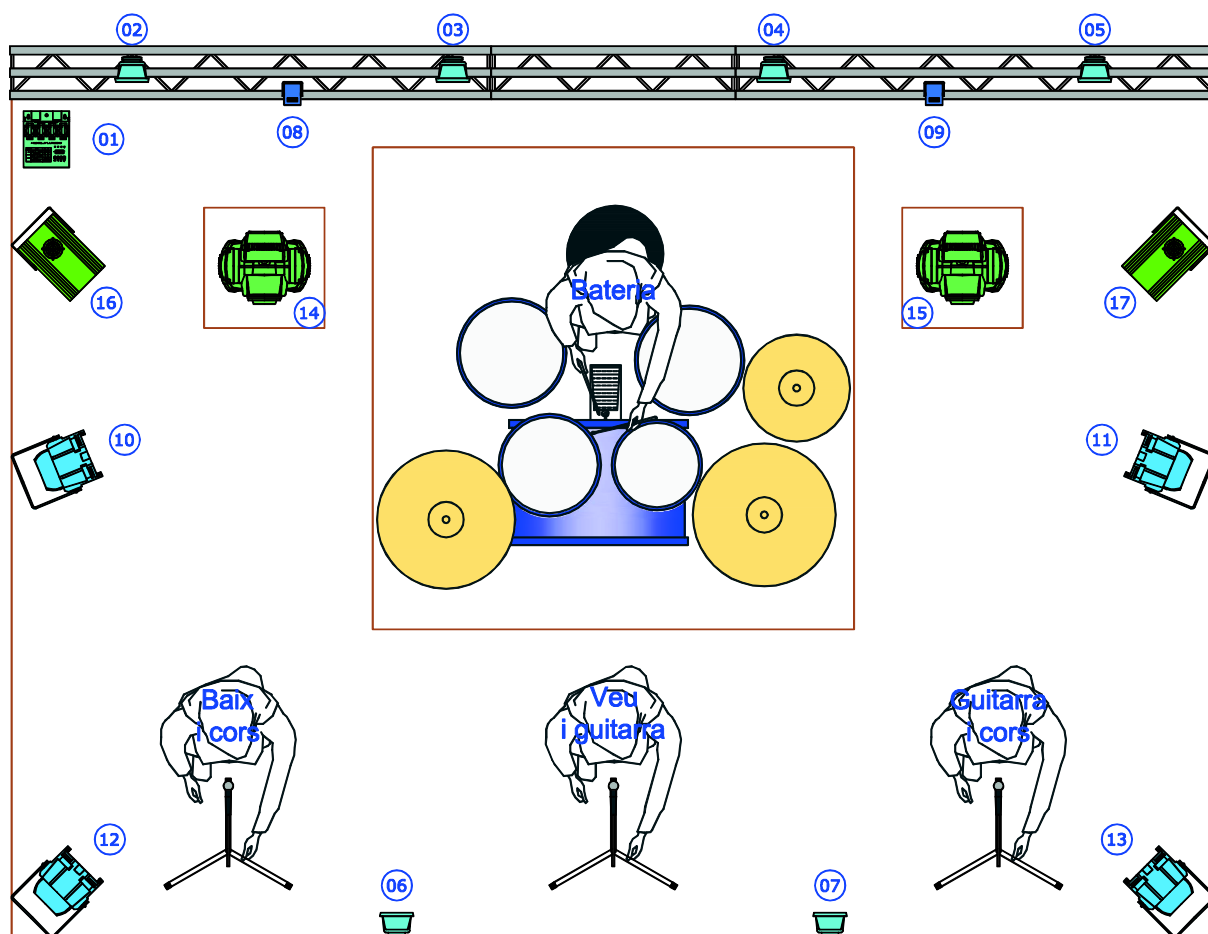


Fig. 39. Diagrama d'escenari per al cas pràctic.

<sup>6</sup> Alguns exemples de situacions de treball: <[http://www.qcplus.org/usage\\_theatre.html](http://www.qcplus.org/usage_theatre.html)>, <[http://www.qcplus.org/usage\\_rock.html](http://www.qcplus.org/usage_rock.html)>, <[http://www.qcplus.org/usage\\_sync.html](http://www.qcplus.org/usage_sync.html)>, <[http://www.qcplus.org/use\\_case.html](http://www.qcplus.org/use_case.html)>, etc.

La **Fig. 39** mostra un diagrama de l'escenari de l'exemple estudiat. Es tracta d'una vista en planta en la què es col·locaria un pont de llums amb encegadoros i flaixos penjats. En la mitat posterior i en el centre aniria el bateria. Als seus dos costats sol ser freqüent que els guitarristes i baixista posen els seus amplificadors i entre ells, en el sòl, disposaríem d'un altre grup de lluminàries amb els feixos orientats cap amunt. Finalment, en la part frontal i il·luminant els artistes col·locaríem el grup restant de lluminàries. Estes últimes, i en cas de poder-se fer, s'haurien de penjar en l'aire i il·luminant cap avall per a no encegar els músics. Una altra alternativa seria col·locar-les en el sòl però tractant de que la llum no els incidisca directament, regular i abaixar la intensitat per mitjà d'un dimmer i, si fóra necessari, col·locar algun tipus de filtre que difumina la font de llum.

A la **Taula 09** es mostra una llista amb els elements que formen la instal·lació dissenyada, a més de la potència consumida. La potència consumida és d'especial rellevància en una instal·lació real ja que gran part de les lluminàries tenen un consum considerable i, junt amb el fet de que s'utilitzen un nombre elevat de lluminàries, el consum total sol ser molt elevat i, en conseqüència, la instal·lació de subministrament, així com el quadre de protecció i cables, han d'estar dimensionats per a suportar-ho.

Element:	Codi:	Uds:	W/ud:	Amp:
Dimmer Quarkpro QP-202	01	1	-	-
Focus halogen de 240 W	02, 03, 04, 05	4	240	4,17
Focus halogen de 120 W	06, 07	2	120	1,04
Flash JBSsystems - Mini Flash	08, 09	2	20	0,17
Focus MHG LED PAR M-P64L2	10, 11, 12, 13	4	60	1,04
Cap mòbil Nightsun SA021	14, 15	2	400	3,48
Canvia color Martin Robocolor Pro 400	16, 17	2	250	2,17
<b>TOTAL:</b>			<b>1090 W</b>	<b>12,09 A</b>

**Taula 09.** Llista d'elements que formen la instal·lació i càlcul de potència.

La casella de "W/ud" és la potència nominal de consum de cada dispositiu i ha sigut consultada en els manuals dels fabricants.

Atés que  $P = V \cdot I$ , i que la tensió de xarxa a Espanya és de 230 V i 50 Hz, tenim que el corrent equival a:

$$Amp = I = \frac{P}{V} = \frac{Uds \cdot (W/ud)}{230} \quad (2)$$

El més habitual és que les vivendes tinguin en el seu quadre de protecció i distribució magneto-tèrmics de 25 A, valor molt superior al nostre.

La **Fig. 40** mostra el connexionat de tots els dispositius a l'eixida de la interfície de l'USB-DMX, tant per a la cadena DMX com per a les alimentacions.

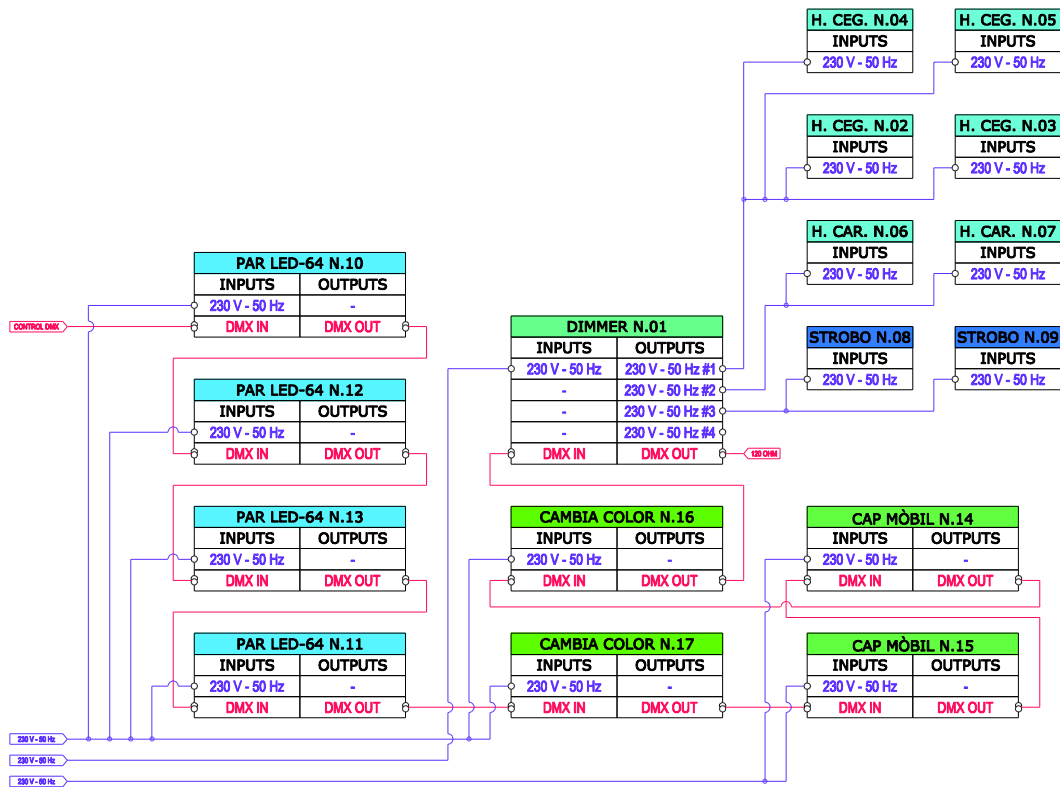


Fig. 40. Planimetria de la instal·lació.

Una altra part important del disseny de la instal·lació és la disposició i el paper que exerceix cada grup de lluminàries a l'escenari. En il·luminació espectacular, bàsicament tenim 3 grups de lluminàries atenent al seu tipus de feix de llum:

- **Wash light:** Es tracta de feixos de llum suau (difusa) . A més, les lluminàries que munten este tipus de llums, solen projectar feixos amb un grau d'obertura gran. Se solen utilitzar per a donar fons i tintar l'escenari.
- **Spot light:** Són feixos de llum dura (direccional) . Solen muntar-se en lluminàries que projecten feixos d'obertura mitjana. Són apropiats per a projectar gobos (patrons, dibuixos, etc.) ja que la direccionalitat de la seua llum ho permet fàcilment.
- **Beam light:** Són feixos de llum dura (direccional) i d'obertura tancada.



Fig. 41. Wash light [CHAUVET].



Fig. 42. Spot light [CREATIONS].



Fig. 43. Beam light [LIVEDESIGN].

La idea és fer una combinació dels tres tipus de llums en el disseny, tal i com mostra la Fig. 39, a la qual fan referència els números de les lluminàries indicats a continuació.

- Les lluminàries 06 i 07 serviran per a il·luminar l'escenari i per tant els artistes de front, tant els situats en primera línia com el bateria. Són uns simples focus halògens sense

gelatina de color i mitjançant el dimmer, podrem donar-los molt poca intensitat, la justa per a no deixar els músics i l'escenari a fosques. També ajudaran a reduir i controlar les ombres que es puguen produir en la cara dels artistes degudes als llums de contra.

- Les lluminàries 10, 11, 12 i 13 tindran el paper de pintar d'escenari.
- Les lluminàries 14, 15, 16 i 17 són de tipus spot, per la qual cosa ens serviran per a fer efectes. La 14 i 15 són caps mòbils per la qual cosa, a més de gobos, colors, amplària de feix, etc., tindran moviment.
- Les lluminàries 02, 03, 04 i 05 també són focus halògens muntats en el pont posterior, la idea és que facen la funció d'encajadores. Les encajadores serveixen per a il·luminar de forma intensa una àrea àmplia, com podria ser la zona de l'audiència. És un efecte que se sol utilitzar puntualment (i en mode encesa/apagat de forma brusca) per a buscar interacció amb el públic.
- Les lluminàries 08 i 09 són llums estroboscòpics que serviran per a donar intensitat i ressaltar moments de clímax en els passatges de música.

En l'apartat 6.5 es detalla l'adreçament dels canals d'aquests dispositius. En l'exemple estudiat sols muntarem un únic ramal per no disposar de splitter i perquè el número de lluminàries no supera els 32, número màxim de dispositius en un ramal segons recomana la norma.

## 6.2. Selecció del programari i conceptes previs.

Després de provar diversos programes i després de descobrir les bondats del programari QLC+ citades en la **Taula 08** del capítol 5, es decideix triar este per a treballar el cas pràctic. Es farà servir la versió 4.8.5, que pot descarregar-se gratuïtament des de <http://www.qlcplus.org/> [QLC+].

A l'apartat de descàrregues de la web tenim accés a la descàrrega tant de l'última versió com a la de versions anteriors per a Windows, Mac i Linux. També es pot descarregar el codi i el manual de la versió desitjada. A l'instal·lar l'aplicació, al mateix temps s'instal·la el "Fixture Definition Editor" (**Fig. 44**).

Es tracta d'una aplicació que ens servirà per a crear les llibreries de les lluminàries que anem a utilitzar en el cas que no les trobem entre les disponibles al QLC+. Açò s'explicarà a l'apartat 6.4.

Cal mencionar també que per raons d'espai, no s'explicarà de forma exhaustiva el funcionament del QLC+. Si el lector desitja aprofundir en l'aprenentatge i maneig del programa, té a la seua disposició el manual d'usuari a la zona de descàrregues de la web, així com una secció de vídeotutorials creats pel propi autor de l'aplicació.

Primer que res cal familiaritzar-se amb diversos conceptes propis del programari així com de la luminotècnia [QLC+MANUAL]. A l'annex 2 "**Conceptes**" es poden trobar conceptes importants que el lector hauria de llegir per a una correcta comprensió del tema.

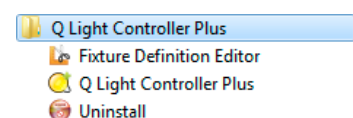


Fig. 44. Grup d'aplicacions instal·lades.



### 6.3. Pantalla inicial del QLC+.

A l'obrir l'aplicació QLC+ apareix la pantalla inicial que mostra la **Fig. 45**<sup>7</sup>.

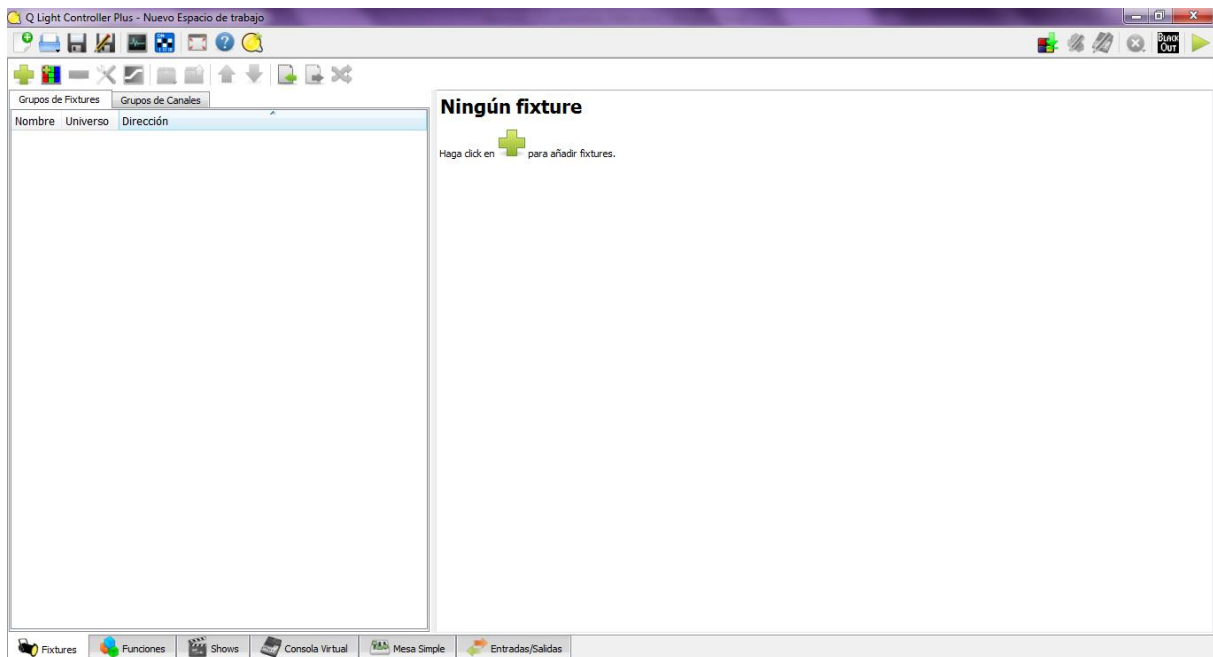


Fig. 45. Pantalla inicial del QLC+.

El programari està dividit en 6 espais de treball accessibles per mitjà d'una pestanya que es troba a la part inferior de l'aplicació. Cada un d'ells té un aspecte distint i diferents botons a la barra de ferramentes (veure **Fig. 46**).

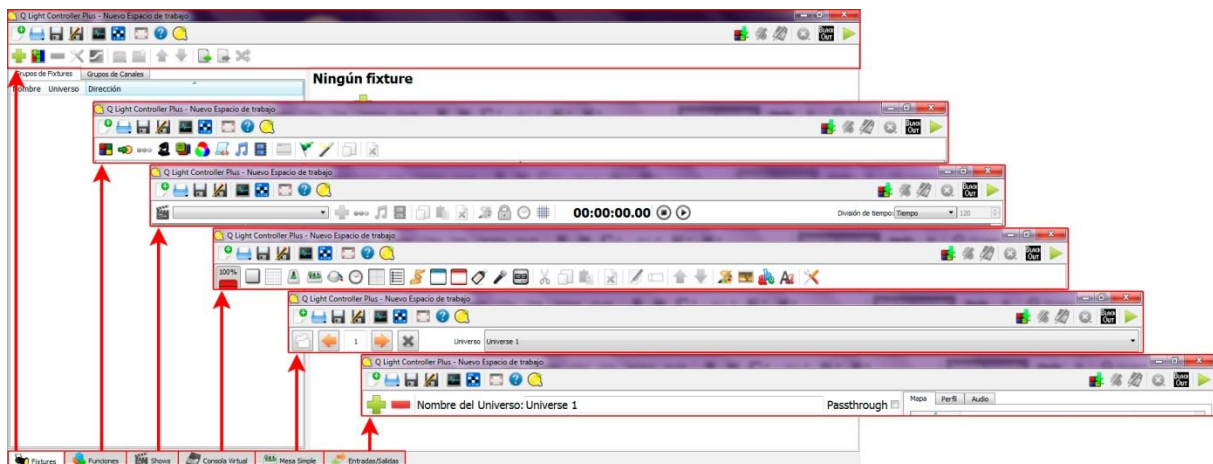


Fig. 46. Espais de treball QLC+.

- **Fixtures:** Pàgina principal i la pestanya oberta per defecte. Ací es poden inserir els dispositius des de la llibreria, anomenar, assignar-los l'adreça DMX, etc.
- **Funciones:** Pàgina on es poden crear, editar i esborrar les funcions (escenes, chasers, seqüències, efectes, etc.).
- **Shows:** Pàgina per a crear xous totalment programats, perquè simplement polsant un botó es desencadenen totes les funcions associades al xou sense haver de fer res més.

<sup>7</sup> Si volem canviar l'idioma del programari al català, hauríem de crear un accés directe amb la ruta "C:\QLC+\qlcplus.exe --locale\_ca\_ES". Açò s'explica en la pàgina 147 del manual del programari.

- **Consola Virtual:** Espai de treball personalizable per l'usuari. L'operador es pot crear una consola totalment personalitzada en contingut, funcionalitat i aspecte. La consola virtual està pensada perquè l'usuari pugui crear una taula d'il·luminació a la seua elecció.
- **Mesa Simple:** Espai de treball en forma de consola simple en què es distribueixen tots els faders de l'univers DMX.
- **Entradas/Salidas:** Pàgina per a seleccionar els universos DMX, entrades i eixides, tipus de connexió, etc.

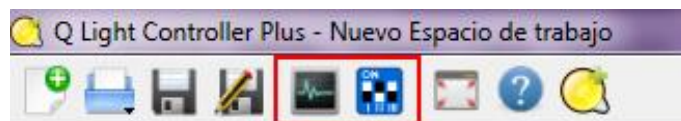


Fig. 47. Accés a les ferramentes en el menú del programari.

A més, el programa disposa d'algunes ferramentes addicionals. A més de les sempre presents "Nou", "Obrir", "Desar", "Desar com...", per un costat té el "Monitor de fixtures" que és una pantalla on podem veure l'estat de les funcions programades en 2D per mitjà d'una simulació i numèricament amb els valors DMX. També disposa d'una ferramentes que ens facilita el càlcul de les adreces de decimal a binari per poder assignar-les a les lluminàries configurant els conmutadors DIP que estes solen incorporar (veure Fig. 47).

#### 6.4. Configuració d'entrades/eixides i creació de dispositius.

Després d'instal·lar el programari, primer que res cal configurar les entrades i eixides necessàries. En el nostre cas, com a eixida s'ha seleccionat la interfície OPEN DMX-USB fabricada i com a entrades, un teclat numèric per a programar botons d'accés ràpid a les funcions desitjades i un gamepad per a disposar de joysticks que ens permeten controlar moviment en dispositius com els caps mòbils (veure Fig. 48).

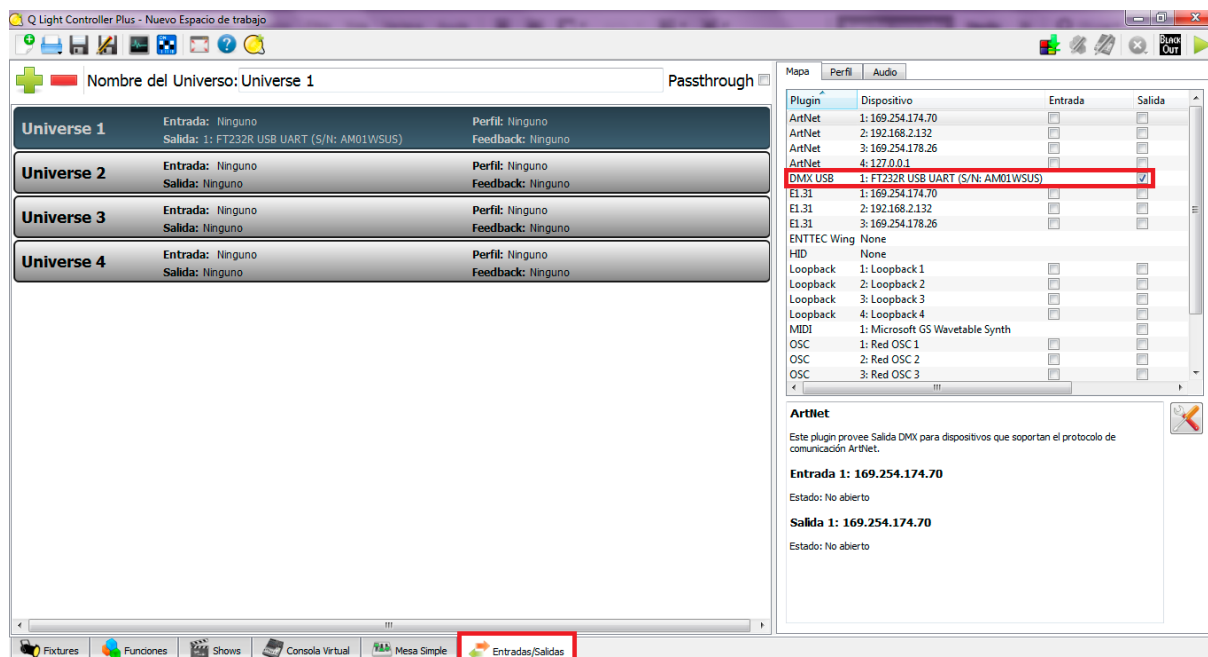


Fig. 48. Captura de pantalla amb les opcions de configuració d'entrades i eixides.

Cal destacar que perquè es reconega la interfície, cal instal·lar els drivers FTDI necessaris així com el de qualsevol altre dispositiu controlador que vulguem emprar en el cas que siga necessari [DRIVERS]. Després, caldrà arrancar el programari amb els dispositius connectats als ports USB de l'ordinador perquè els reconega i ens permeta l'opció de seleccionar-los.

En segon lloc, caldrà introduir les llibreries dels dispositius. QLC+ disposa d'un banc propi en què ja estan elaborades una gran quantitat d'elles (i continua ampliant el seu nombre) però, en el cas que no estiguen, haurem de crear-les nosaltres. Per a fer-ho cal accedir a l'aplicació **Fixture Definition Editor** que s'instal·la junt amb el QLC+, tot i que no es crea la icona d'accés directe a l'escriptori. Després i amb l'ajuda del manual del fabricant per a veure l'assignació de canals DMX i modes de treball de les lluminàries que pensem emprar, crearem les llibreries necessàries. Els vídeotutorials "#1.Inputs/Outputs" i "#2.Fixtures and channel groups" de Massimo Callegari s'encarreguen d'explicar estos conceptes [TUTORIALS].

La **Taula 10** mostra la descripció de canals per al cap mòbil Nightsun SA021 que és una de les lluminàries que es va a emprar en el cas pràctic. Esta no té llibreria creada i, a més, disposa de més canals que les altres, per la qual cosa és la que es va a utilitzar com a exemple per a explicar este procés.

DMX Channel:	DMX ADD NO:	Function:	DMX Channel:	DMX ADD NO:	Function:
1、 Flash	0~7 8~231 232~255	OFF Flash/ Slow to fast ON	6、 Gobo Wheel	80~95 96~111 112~127 128~255	Gobo 5 Gobo 6 Gobo 7 Rotate/ Slow to fast
2、 Dimmer	0~255	Dimmer/ Bright to dark	7、 Gobo Auto-rotate	0~7 8~119  120~231  232~239 240~247 248~255	Gobo wheel non-stop Gobo wheel rotate/ Slow to fast clockwise Gobo Wheel rotate/ Slow to fast anti-clockwise Gobo wheel rotate 1800 Gobo wheel rotate 3600 Gobo wheel rotate 7200
3、 Pan	0~255	Pan Max: 0~450°	8、 Focus	0~255	Focus
4、 Tilt		Tilt Max: 0~270°	9、 Prism	0~127 128~255	No Prism With Prism
5、 Color Wheel	0~7 8~15 16~23 24~31 32~39 40~47 48~55 56~63 64~71 72~79 80~87 88~95 96~103 104~111 112~119 120~127 128~255	Open Open/ Color 1 Color 1 Color 1/Color 2 Color 2 Color 2/Color 3 Color 3 Color 3/Color 4 Color 4 Color 4/Color 5 Color 5 Color 5/Color 6 Color 6 Color 6/Color 7 Color 7 Color 7/ Open Rotate/ Slow to fast	10、 Prism Auto-rotate	0~7 8~119 120~231  232~239 240~247 248~255	Prism no rotate Prism rotate/ Slow to fast clockwise Prism rotate/ Slow to fast anti-clockwise Prism Rotate 1800 Prism Rotate 3600 Prism Rotate 7200
6、 Gobo Wheel	0~15 16~31 32~47 48~63 64~79	Open Gobo 1 Gobo 2 Gobo 3 Gobo 4	11、 Pan 16bit		
			12、 Tilt 16bit		
			13、 PAN/TILT Speed-Adjust	0~8 9~255	Speed control with controller Speed control slow to fast
			14、 reset	0~249 250~255	No reset Reset last for 5 second

Taula 10. Taula amb la descripció dels canals per al cap mòbil Nightsun SA021.

Obrim l'editor de fixtures, fem clic en "nou" i en la pestanya "General", introduïm les dades del fabricant, model, tipus i autor de la llibreria com es mostra en la **Fig. 49**.

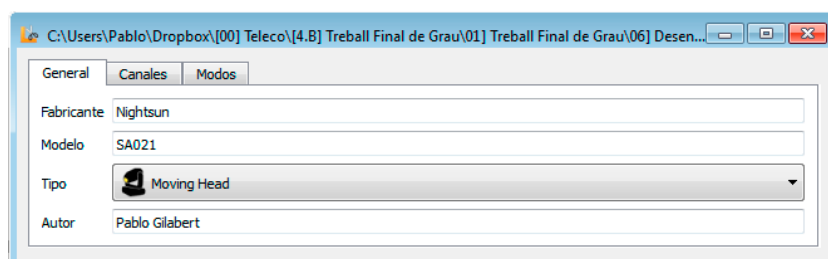
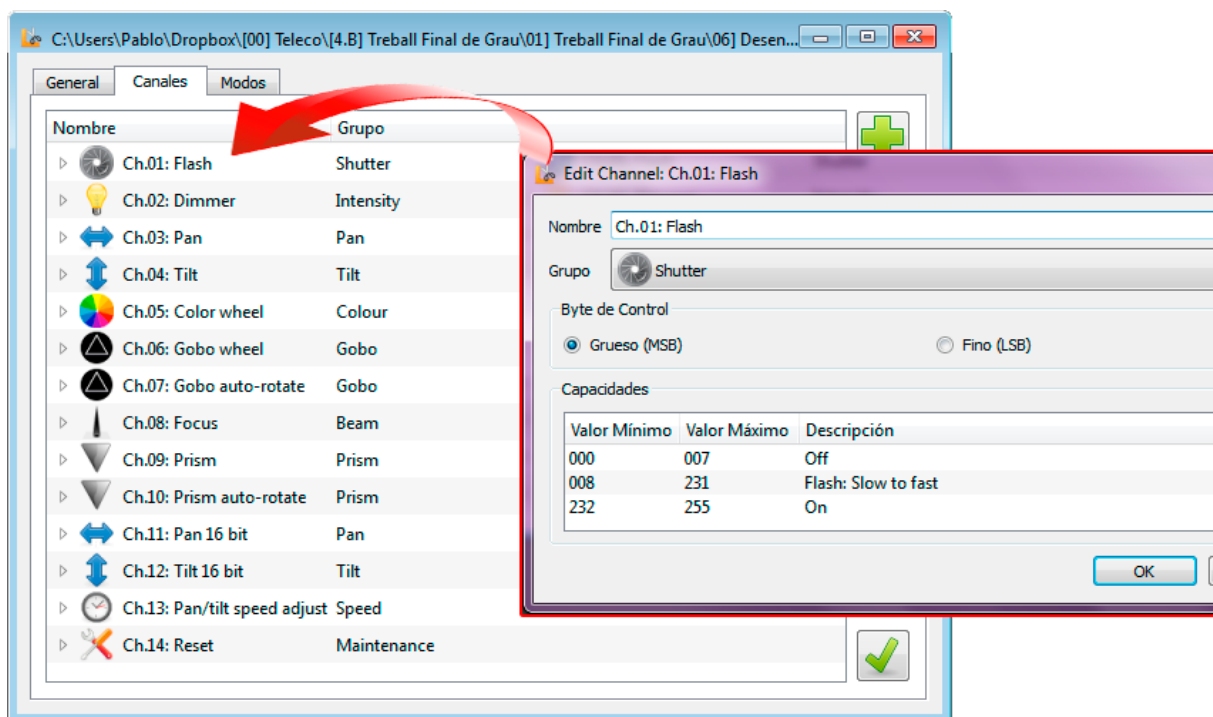


Fig. 49. Captura de pantalla de la pestanya general de l'editor de fixtures.

Després, seleccionem la pestanya de "Canals" i introduïm tots els valors i assignacions de canals de la taula que ens proporciona el fabricant. Per a cada canal haurem de dividir i especificar els intervals de valors DMX entre 0 i 255 que corresponen a cada funció. A més, hi ha diverses opcions de disseny com a selecció de colors o introducció d'imatges amb el gobo que ens serviran a l'hora de treballar amb la ferramenta "Click And Go" explicada en el glossari. En la **Fig. 50** es mostra una captura amb l'exemple per al primer canal, caldria fer el mateix amb la resta de canals.

Finalment caldria introduir la informació referent al mode de treball del dispositiu. Generalment les lluminàries que porten implementada la tecnologia DMX tenen diversos modes de treball: DMX amb menys canals, DMX amb més canals, a ritme de la música quan porten incorporades un transductor, en mode aleatori entre totes les coses que pot fer el dispositiu, en mode preprogramat, etc. Per tant caldrà especificar i reflectir estos modes de treball, sobretot aquells que a DMX es refereixen. També s'haurà d'introduir un mode com a mínim (seleccionant els canals DMX de treball), en cas contrari, quan s'òbriga la lluminària amb el programari QLC+, no funcionarà.



**Fig. 50.** Captura de pantalla de la pestanya "Canals" de l'editor de fixtures.

En la **Fig. 51** es mostra la configuración d'un únic mode. Cada mode té al seu torn altres caselles d'información on s'especificuen els canals que s'utilitzen, caps en el cas que siga una lluminària amb més d'un cap (com es mostra e la **Fig. 02** de l'annex 2 "**Conceptes**") i la información tcnica del dispositiu.

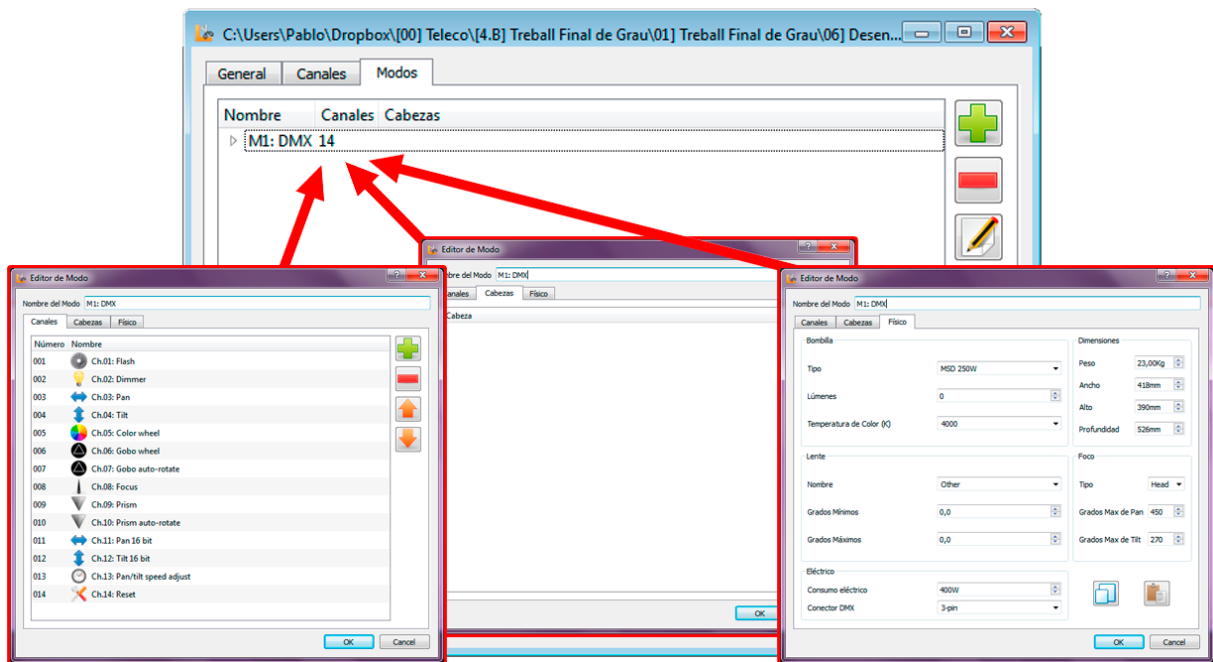


Fig. 51. Captura de pantalla de la pestanya "Modes" de l'editor de fixtures

Una vegada introduïda tota esta informació, i abans d'obrir el programari, només ens queda guardar-ho en un arxiu .qxf en el directori de treball. El directori per defecte és C:\QLC+\Fixtures.

## 6.5. Mapeig de les lluminàries.

El pas següent és crear el mapeig (Fig. 02) del nostre muntatge. Obrim el QLC+ i fem clic sobre la icona "+" per a introduir les lluminàries com es mostra en la Fig. 52.

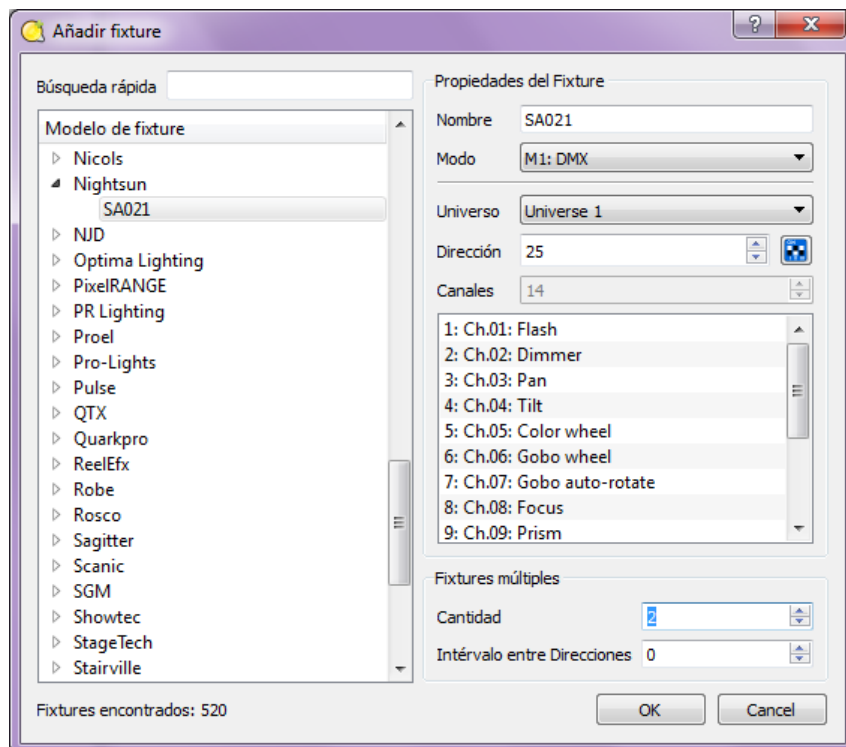


Fig. 52. Captura del menú "Afeir fixtures".

Seleccionarem el model de lluminària desitjat i les opcions disponibles:

- **Nom:** Es pot assignar el nom desitjat perquè el controlador pugui reconèixer la lluminària desitjada fàcilment entre tot el conjunt.
- **Mode:** Seleccionarem el mode de treball desitjat.
- **Univers:** Llevat que tinguem diverses interfícies i uns quants universos, seleccionarem l'univers número 1 (per defecte).
- **Adreça:** L'adreçament dels dispositius es fa a partir del primer canal del nombre total de canals que tinga la lluminària. Si ja s'han introduït altres lluminàries, els canals ja estaran ocupats i el programa no ens permet seleccionar-los. Potser ens interessen assignar un rang de canals per a uns tipus de lluminària i altres per a altres deixant buits en previsió de futurs canvis en la instal·lació. També és possible modificar el mapeig una vegada assignades les adreces.
- **Canals:** Ens mostra els canals DMX disponibles en el mode seleccionat.
- **Quantitat:** Nombre de lluminàries iguals que muntarem.
- **Interval entre adreces:** Permet deixar buits d'adreces entre diverses lluminàries iguals introduïdes. El programa assigna automàticament les adreces a partir dels 3 últims paràmetres descrits (canals, quantitat i interval entre adreces).

En la **Fig. 53** es mostra tant el mapeig com la llista de les lluminàries i canals que s'empraran en el cas pràctic d'estudi.

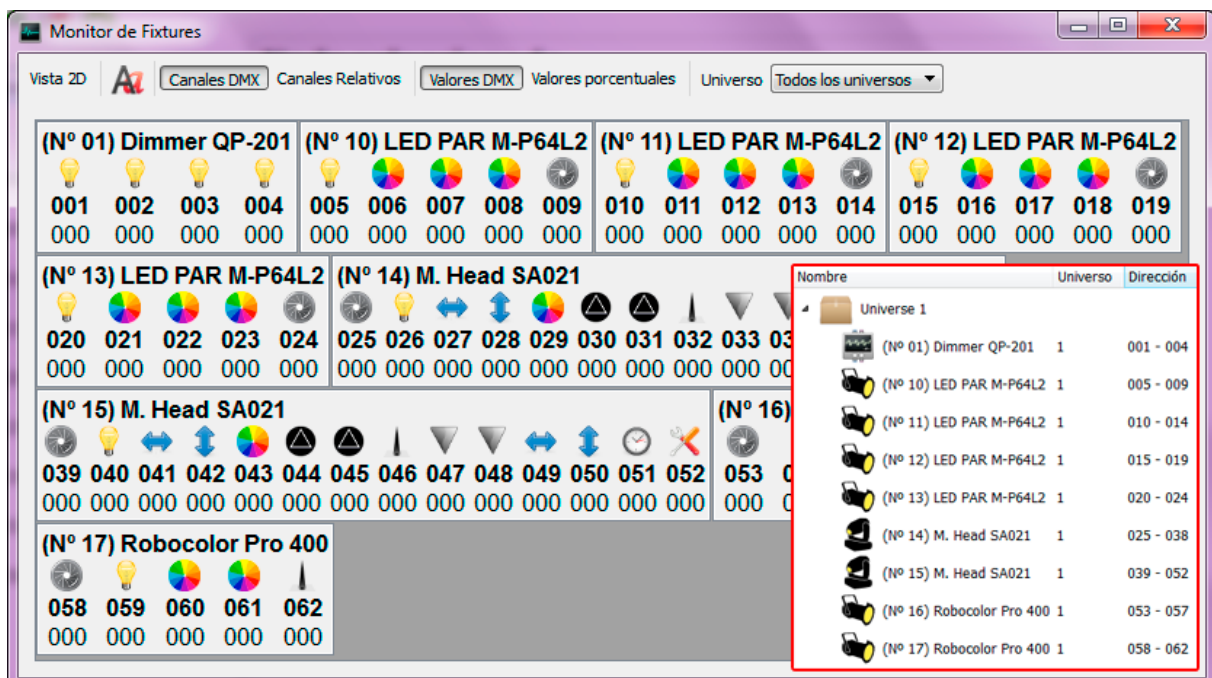
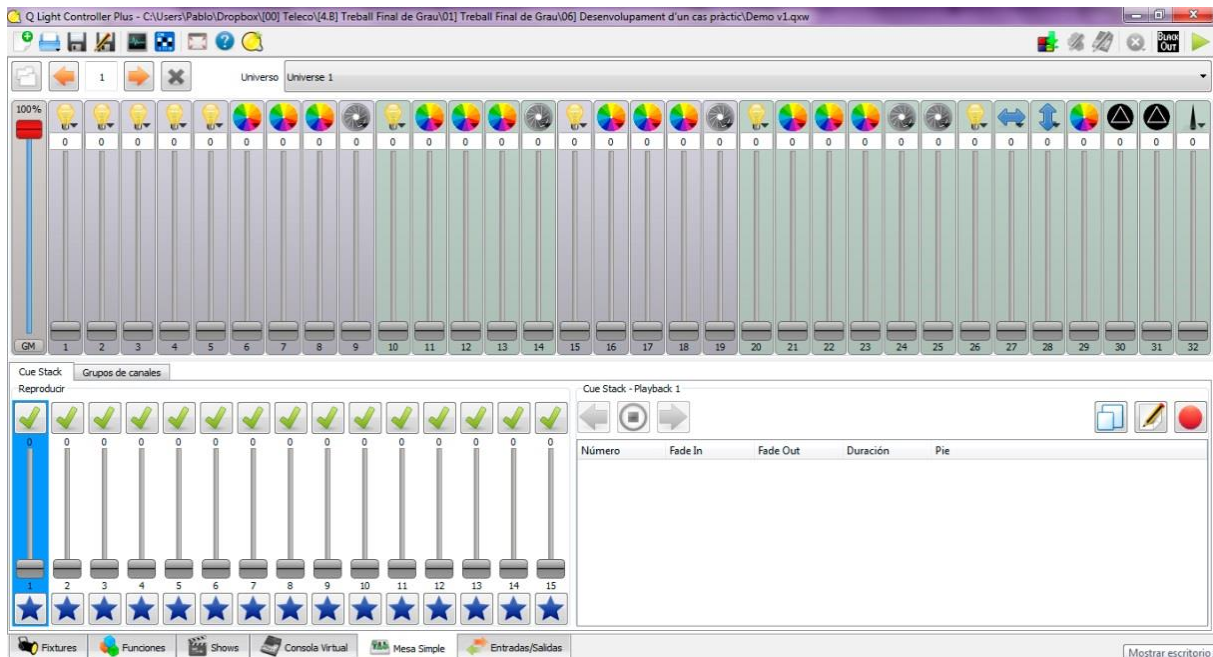


Fig. 53. Mapeig i llista de canals dels dispositius utilitzats al cas pràctic.

Caldria configurar els dispositius físics perquè tinguin les mateixes adreces que s'han indicat al programari.

## 6.6. Taula de control simple.

La taula de control simple emula una consola típica d'il·luminació. Es troba dividida en dos àrees (veure **Fig. 54**).



**Fig. 54.** Taula de control simple.

En la part superior s'accedeix a tots els canals DMX i són controlats per mitjà de faders. Es tinga o no carregat algun projecte, estos tenen prioritat sobre qualsevol funció programada i apareix el fader ombrejat en roig per a indicar que es posseeix el control total. Açò pot ajudar en els directes per a poder realitzar ajustos manuals in situ i sobre la marxa. Hi ha un botó amb forma de "X" que serveix per a posar els valors dels canals a 0 de la taula simple, per si ens afecten les modificacions introduïdes en la consola simple i volem tornar treballar amb la consola virtual (apartat **6.8**).

En la part inferior es té la part de memòries. Hi ha un total de 15 bancs de memòria on en cada un, es poden crear diferents estats i memoritzar-los en cues. S'ajusten els controls dels faders DMX de dalt a l'estat desitjat i una vegada fet, es polsa en "Guardar Cue" i així successivament. També es poden editar les transicions entre els distints cues.

## 6.7. Programació de funcions.

L'administrador de funcions serveix per a crear, editar i esborrar totes les funcions (escenes, chasers, seqüències, efectes, etc.). Una funció s'encarrega de guardar en el sistema els valors d'eixida de cada canal DMX, combinar els dits estats i controlar les transicions. Després, i gràcies a la consola virtual (apartat **6.8**), podrem accedir a totes les funcions que ens programem fàcilment a l'associar la seua execució a botons i el seu control adaptatiu a comandaments com a potenciòmetres, etc. (veure **Fig. 55**).

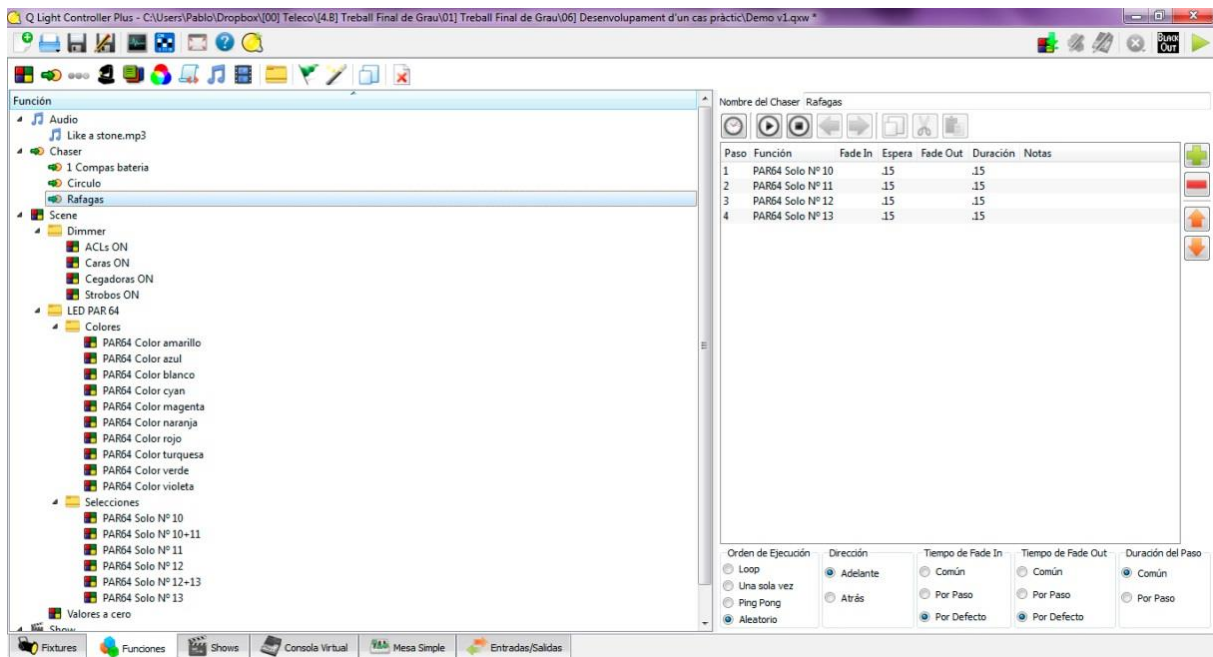


Fig. 55. Administrador de funciones.

Un aspecte important a l'hora de programar, és entendre que l'estat actual d'un canal DMX pot dependre o no de l'anterior, és a dir, si ens fixem en la **Fig. 56**, veiem que els canals 1, 2, 3 i 4 es troben activats i el 5 no. El canal 5 s'encarrega de gestionar el strobosc de la lluminària. En este cas, si en l'estat anterior tenim un funció en la què s'està executant el strobosc, si activem esta, es canviarà al color seleccionat (es modificaran els canals 1, 2, 3 i 4 segons la nova funció) mentre que el strobosc continuarà com estava anteriorment.

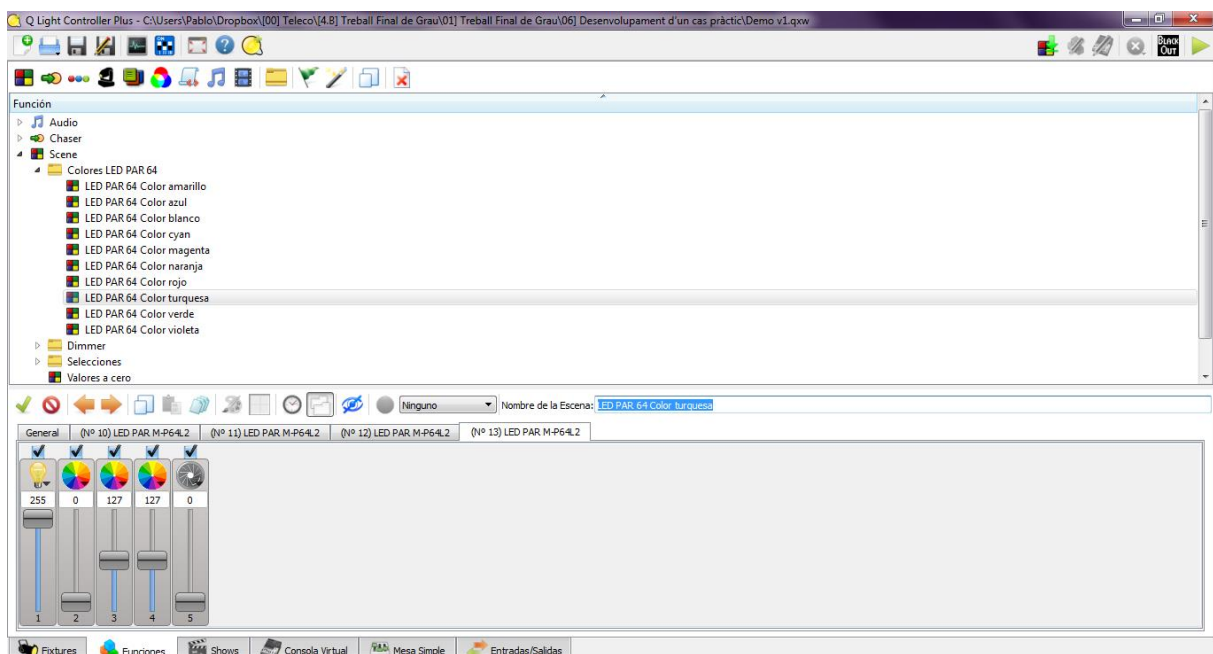


Fig. 56. Canals d'una funció.

Si el lector està interessat a aprofundir i aprendre més sobre les funcions, es recomana llegir el manual i visionar els vídeotutorials ja citats amb anterioritat a l'apartat **6.2**.



## 6.8. Consola virtual.

La consola virtual (**Fig. 57**) està pensada perquè l'usuari pugui crear una taula d'il·luminació a la seua elecció.

Configurable i programable gràficament, es poden crear una sèrie d'elements cridats widgets sobre la superfície de la consola [QLC+MANUAL]:

- Botons per a iniciar i detindre funcions.
- Faders per a ajustar els valors de canal o intensitat de la funció.
- Marcació ràpida per a ajustar les velocitats de la funció.
- XY pad per a moviment de dispositius que ho permeten.
- Llistes de Cues.
- "Marcs" per a agrupar diversos widgets junts.
- "Marcs Solo" per a agrupar diversos widgets junts en els que es mantinga només una funció activa al mateix temps i s'apague la resta.
- Etiquetes per a realitzar anotacions.

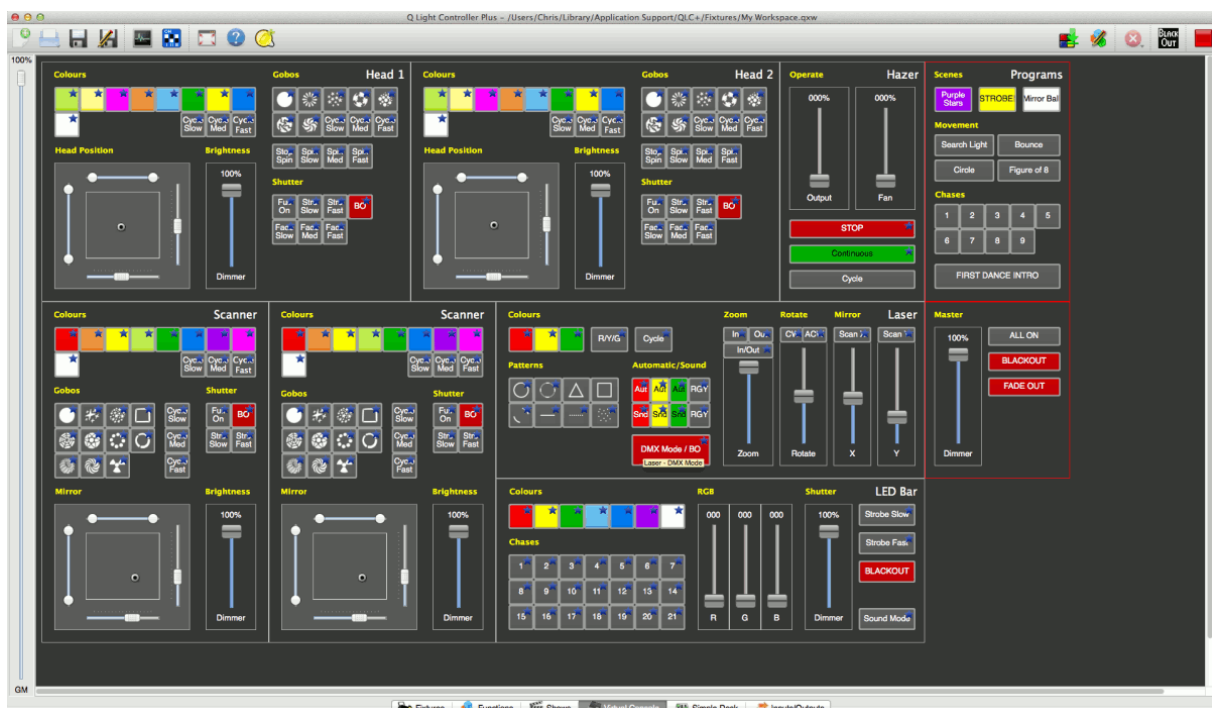


Fig. 57. Exemple de disseny de consola virtual [VIRTUAL].

En la **Fig. 57** s'observa com l'autor ha creat un marc contenidor per cada tipus de dispositiu i altres dos més. Un màster amb controls de dimmer, tot encesa, tot apagat i fade out, i un altre amb programes d'escenes i chasers.

En cada marc i segons les capacitats del dispositiu, ha col·locat botons per a selecció de colors, gobos, controls lliscants per a moviment i dimmer, etc.

## 7. Conclusions i treball futur.



Este treball ha servit tant per a aprendre en profunditat el protocol de control d'il·luminació DMX512 com per a posar en pràctica el seu maneig i l'enfocament adoptat, ens ha permés aconseguir els objectius plantejats.

Durant el procés de treball, i en un parell d'ocasions, va sorgir la possibilitat de posar en pràctica el control d'il·luminació en un xou real, obtenint resultats completament satisfactoris. El maneig de la interfície dissenyada i el programa triat, complixen àmpliament els requisits necessaris per a poder operar en esdeveniments a xicoteta escala del tipus estudiats en este treball, i inclús quelcom majors.

D'altra banda, a causa del baix cost d'este tipus de sistemes de control i a la filosofia del programari escollit (de codi lliure), es considera que resulta molt idoni per a la docència. Potser l'únic handicap podria ser el fet de no poder veure el resultat de la programació (ja que el QLC+ no disposa de simulador 3D) i s'hauria de buscar un programari alternatiu o disposar de dispositius controlables per DMX.

L'enfocament que se li ha volgut donar a la realització d'este projecte ha sigut la de una "presa de contacte" amb el control d'il·luminació espectacular. Per lo que en volta de quedar-se en aquest punt, este projecte podria servir de punt de partida per a altres treballs en els què es podrien estudiar i desenvolupar per exemple, millores en la programació del QLC+ o qualsevol altre programari de codi lliure, estudi i disseny de receptors DMX, millora o disseny de noves funcionalitats per a dispositius DMX, disseny de nous protocols o mitjans de control, disseny de la il·luminació d'espectacles de major envergadura, etc.

A més, i deixant de costat el contingut del propi projecte, cal mencionar que ha servit per a posar en pràctica i reforçar els coneixements adquirits al llarg de la carrera amb els formalismes i etapes pròpies d'este tipus d'exercicis.

## 8. Bibliografia.

- [0-10V] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *0-10 V lighting control* <[https://en.wikipedia.org/wiki/0-10\\_V\\_lighting\\_control](https://en.wikipedia.org/wiki/0-10_V_lighting_control)> [Consulta: 15 de juny del 2015]
- [ALCIRO] ALCIRO.ORG (2007-2015). *Comunicaciones Industriales. 2. Terminación de las líneas* <[http://www.alciro.org/alciro/RS-485\\_16/Terminacion-lineas\\_130.htm](http://www.alciro.org/alciro/RS-485_16/Terminacion-lineas_130.htm)> [Consulta: 20 de març del 2015]
- [AMX192] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *AMX192* <<https://en.wikipedia.org/wiki/AMX192>> [Consulta: 15 de juny del 2015]
- [ARTISTIC] ARTISTIC LICENSE ENGINEERING LTD (2014). *Artistic License Preset-12* <[http://www.artisticlicence.com/index.php?mode=products&sub=overview&action=&product\\_id=56](http://www.artisticlicence.com/index.php?mode=products&sub=overview&action=&product_id=56)> [Consulta: 20 de maig del 2015]
- [ARTNET PROTOCOL] ARTISTIC LICENSE ENGINEERING LTD (2014). *ArtNET 3 (Specification for the Art-Net 3 Ethernet Communication Protocol)* <<http://www.artisticlicence.com/WebSiteMaster/User%20Guides/art-net.pdf>> [Consulta: 26 de maig del 2015]
- [CAMEO] THOMANN. *Cameo Control 6 - DMX Controller.* <[http://www.thomann.de/es/cameo\\_control\\_6\\_dmx\\_controller.htm](http://www.thomann.de/es/cameo_control_6_dmx_controller.htm)> [Consulta: 20 de maig del 2015]
- [CHAUVET] CHAUVET LIGHTING (2015). *Q-Wash™ 436Z-LED. File:Q-Wash-436Z-LED-E-2L.jpg.* <<http://www.chauvetlighting.com/q-wash-436z-led.html>> [Consulta: 22 de juny del 2015]
- [CREATIONS] CREATIONSMUSIC.COM. *Lighting Service. File:Stage-Light-Moving-Head-Light-LED-PAR-Light-Scanner-Light-Follow-Spot-Light.jpg.* <<http://creationsmusic.com/lighting/stage-light-moving-head-light-led-par-light-scanner-light-follow-spot-light/>> [Consulta: 22 de juny del 2015]
- [D54] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *D54 (protocol)* <[https://en.wikipedia.org/wiki/D54\\_%28protocol%29](https://en.wikipedia.org/wiki/D54_%28protocol%29)> [Consulta: 15 de juny del 2015]
- [D54SIGNAL] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *D54 (protocol). File:D54.png.* <[https://en.wikipedia.org/wiki/D54\\_%28protocol%29](https://en.wikipedia.org/wiki/D54_%28protocol%29)> [Consulta: 15 de juny del 2015]
- [DALI] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *Digital Addressable Lighting Interface.* <[https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Addressable\\_Lighting\\_Interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Addressable_Lighting_Interface)> [Consulta: 15 de juny del 2015]
- [DIAS] DIAS, R. (2012). *OpenDMX Project* <<http://ricardo-dias.com/projects/opendmx/>> [Consulta: 19 de febrer del 2015]
- [DMULTIPLEX] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *Digital Multiplex.* <[https://es.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Multiplex](https://es.wikipedia.org/wiki/Digital_Multiplex)> [Consulta: 11 de febrer del 2015]
- [DMX512] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *DMX512.* <<https://en.wikipedia.org/wiki/DMX512>> [Consulta: 11 de febrer del 2015]
- [DRIVERS] FTDI CHIP (2015). *FTDI Drivers for Windows. File:CDM20828\_Setup.exe* <[http://www.ftdichip.com/Drivers/CDM/CDM20828\\_Setup.exe](http://www.ftdichip.com/Drivers/CDM/CDM20828_Setup.exe)> [Consulta: 26 de maig del 2015]
- [DSI] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *Digital Serial Interface.* <[https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Serial\\_Interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Serial_Interface)> [Consulta: 15 de juny del 2015]
- [DX] DX.COM (2006-2015). *USB to RS485 Module - Black* <[http://www.dx.com/p/usb-to-rs485-module-black-221402#.VXAYrc\\_tmkp](http://www.dx.com/p/usb-to-rs485-module-black-221402#.VXAYrc_tmkp)> [Consulta: 19 de febrer del 2015]
- [E1.11-2008] PLASA (2015). *E1.11-2008 (R2013) USITT DMX512-A. Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories.* <[http://tsp.plasa.org/tsp/documents/docs/E1-11\\_2008R2013.pdf](http://tsp.plasa.org/tsp/documents/docs/E1-11_2008R2013.pdf)> [Consulta: 11 de febrer del 2015]

- [ENTTEC Mk2] ENTTEC PTY LTD (2014). *Enttec PRO Mk2*. <[http://www.enttec.com/?main\\_menu=Products&pn=70314](http://www.enttec.com/?main_menu=Products&pn=70314)> [Consulta: 26 de maig del 2015]
- [ENTTEC ODE] ENTTEC PTY LTD (2014). *Enttec Open DMX Ethernet ODE*. <[http://www.enttec.com/?main\\_menu=Products&pn=70305](http://www.enttec.com/?main_menu=Products&pn=70305)> [Consulta: 26 de maig del 2015]
- [ENTTEC OPEN] ENTTEC PTY LTD (2014). *Enttec Open DMX USB*. <[http://www.enttec.com/?main\\_menu=Products&pn=70303](http://www.enttec.com/?main_menu=Products&pn=70303)> [Consulta: 26 de maig del 2015]
- [ENTTEC PRO] ENTTEC PTY LTD (2014). *Enttec USB Pro*. <[http://www.enttec.com/?main\\_menu=Products&pn=70304](http://www.enttec.com/?main_menu=Products&pn=70304)> [Consulta: 26 de maig del 2015]
- [ESP PROTOCOL] ENTTEC PTY LTD (2014). *ESP (DMX over Ethernet Protocol)*. <[http://www.enttec.com/pdf/misc/ESP\\_protocol.pdf](http://www.enttec.com/pdf/misc/ESP_protocol.pdf)> [Consulta: 26 de maig del 2015]
- [HYDRABEAM] THOMANN. *Cameo HydraBeam 400 4x10W Cree RGBW*. File:9870100\_800.jpg <[http://www.thomann.de/es/cameo\\_hydrabeam\\_400\\_4x10w\\_cree\\_rgbw.htm](http://www.thomann.de/es/cameo_hydrabeam_400_4x10w_cree_rgbw.htm)> [Consulta: 15 de maig del 2015]
- [KNX] 01 DIGITAL (2014). *DALI KNX* <<http://01digital.es/dali-knx>> [Consulta: 25 de juny del 2015]
- [LIGHTING] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *Lighting control System* <[https://en.wikipedia.org/wiki/Lighting\\_control\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Lighting_control_system)> [Consulta: 15 de juny del 2015]
- [LIGHTOLOGY] LIGHTOLOGY.COM. *0-10V Dimming: Frequently Asked Questions*. File:faq-0-10v-wiring-example.jpg <[http://www.lightology.com/index.php?module=tools\\_faq\\_0\\_10v\\_control](http://www.lightology.com/index.php?module=tools_faq_0_10v_control)> [Consulta: 15 de juny del 2015]
- [LIVEDESIGN] LIVEDESIGNONLINE.COM (2015). *Elation Platinum Beam 5Rs Light The Way At Church On The Rock's "Night Of Worship"*. File:elation\_golden-triangle-church-on-the-rock.jpg. <<http://livedesignonline.com/blog/elation-platinum-beam-5rs-light-way-church-rocks-night-worship>> [Consulta: 22 de juny del 2015]
- [LMS] EQUIPSON S.A. *Work LM 5 LightMouse Series*. File:1889\_LM\_5\_esquema\_2\_ingles.jpg <<http://www.equipson.es/prodDetail.asp?idproducto=1889>> [Consulta: 13 de juny del 2015]
- [MAGICQ] CHAMSYS LTD. *MagicQ - Manual de Usuario*. <<http://www.varinter.mx/wp-content/uploads/2014/05/magicq-manual.pdf>> [Consulta: 13 de juny del 2015]
- [MARTÍN] MARTÍN, L. (2012). *Programación de la Eurolight LC2412 (Resumen de las operaciones básicas)*. <<http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/DMX%20512%20Y%20EUROLIGHT%20LC2412.pdf>> [Consulta: 15 de juny del 2015]
- [MH-110] THOMANN. *Stairville MH-110 Wash 7x10 LED Moving Head*. File:8163223\_800.jpg <[http://www.thomann.de/es/stairville\\_mh\\_110\\_wash\\_7x10\\_led\\_moving\\_he.htm](http://www.thomann.de/es/stairville_mh_110_wash_7x10_led_moving_he.htm)> [Consulta: 20 de març del 2015]
- [MH-X25] THOMANN. *Stairville MH-X25 LED Spot Moving Head*. File:6694450\_800.jpg <[http://www.thomann.de/es/stairville\\_mhx25\\_led\\_spot\\_moving\\_head.htm](http://www.thomann.de/es/stairville_mhx25_led_spot_moving_head.htm)> [Consulta: 11 de maig del 2015]
- [MILLER] MILLER, M. (2011). *Coldplay Sucks, But How Awesome Is Their Light Show?*. <<http://www.fastcodesign.com/1670126/coldplay-sucks-but-how-awesome-is-their-light-show>> [Consulta: 19 de maig del 2015]
- [OPENSCHMES] OPENSCHMES.COM (2011). *Homebrew USB DMX Interface with Sparkfun FT232RL* <<http://openschemes.com/2011/06/17/homebrew-usb-dmx-interface-with-sparkfun-ft232rl/>> [Consulta: 19 de febrer del 2015]
- [QLC+] CALLEGARI M. (2008). *Q Light Controller+*. <<http://www.q1cplus.org/>> [Consulta: 19 de febrer del 2015]

- [QLC+MANUAL] Q LIGHT CONTROLLER+ (2008). *User Documentation. Updated to version 4.8.4 February, 8th 2015.* <[http://www.qlcplus.org/downloads/4.8.4/QLC+\\_manual\\_4.8.4.pdf](http://www.qlcplus.org/downloads/4.8.4/QLC+_manual_4.8.4.pdf)> [Consulta: 9 d'abril del 2015]
- [RJ-45] B&B ELECTRONICS MFG (2015). *File:EthernetRJ45A.gif* <<http://www.bb-elec.com/Learning-Center/All-White-Papers/Ethernet/Ethernet-Cables-RJ45-Colors-Crossover/EthernetRJ45A.gif>> [Consulta: 20 de març del 2015]
- [SIMPSON] SIMPSON, R. (2003). *Control de la Iluminación - Tecnología y Aplicaciones.* Guipúzcoa: Escuela de Cine y Vídeo.
- [STARTCODES] PLASA (2015). *Alternate START codes.* <[http://tsp.plasa.org/tsp/working\\_groups/CP/DMXAlternateCodes.php](http://tsp.plasa.org/tsp/working_groups/CP/DMXAlternateCodes.php)> [Consulta: 11 de febrer del 2015]
- [SWEETLIGHT] SWEETLIGHT (1989). *File:big\_software\_3DView.jpg* <<http://www.sweetlight-controller.com/index.php?ssrub=2&page=3>> [Consulta: 11 de juny del 2015]
- [TOPOLOGIA] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *File:SimpleDmxUniverse.gif* <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:SimpleDmxUniverse.gif>> [Consulta: 20 de març del 2015]
- [TSP] PLASA (2015). *PLASA Standards. Published Documents.* <[http://tsp.plasa.org/tsp/documents/published\\_docs.php](http://tsp.plasa.org/tsp/documents/published_docs.php)> [Consulta: 18 de juny del 2015]
- [TUTORIALS] QLCPLUS.ORG (2008). *Official QLC+ tutorials.* <<http://www.qlcplus.org/tutorials.html>> [Consulta: 19 de febrer del 2015]
- [VIRTUAL] QLCPLUS.ORG (2008). *QLC+ features tour. File:qlcplus\_virtualconsole2.png* <<http://www.qlcplus.org/featuretour.html>> [Consulta: 19 de febrer del 2015]
- [WIRELESS] EBAZAR.COM.BR (1999-2015). *Dmx Wireless 2,4ghz Transmissor E Receptor Cabo Dmx. File:41ekWpUSiLL.jpg* <[http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-654520169-dmx-wireless-24ghz-transmissor-e-receptor-cabo-dmx-\\_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-654520169-dmx-wireless-24ghz-transmissor-e-receptor-cabo-dmx-_JM)> [Consulta: 28 de maig del 2015]
- [XLR] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *File:XLR pinouts.svg* <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:XLR\\_pinouts.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:XLR_pinouts.svg)> [Consulta: 20 de març del 2015]
- [XLR5] WIKIPEDIA. THE FREE ENCYCLOPEDIA (2015). *File:XLR5 pinouts.svg* <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:XLR5\\_pinouts.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:XLR5_pinouts.svg)> [Consulta: 20 de març del 2015]
- [YESCAS] YESCAS MENDOZA, E. (2009). *Diseño e implementación de un sistema de control para la iluminación de espectáculos basado en el protocolo DMX512.* Tesis. Huajuapán de León, Oaxaca: Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- [ZERO] THOMANN. *Zero 88 Solution XL.* <[http://www.thomann.de/es/zero\\_88\\_solution\\_xl.htm](http://www.thomann.de/es/zero_88_solution_xl.htm)> [Consulta: 21 de maig del 2015]