

一个舞台调光系统的设计*

李炳兴 谢德英
(中山大学物理学系, 广州 510275)

摘要: 介绍一种舞台调光系统的设计方法, 分析了 DMX512 数字多路传输系统的组成、通讯协议及 DMX512 信号群的结构, 并叙述了系统设计中的几个关键技术。

关键词: 舞台调光; 信号群; 数字多路传输; DMX512 系统

中图分类号: TP274.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) S2-0123-03

DMX512 是美国职业声光协会和戏剧艺术协会推荐使用的一种数字多路传输接口。DMX512 数字通讯技术条件, 不但为各厂家生产数字通讯系统设备提供了技术依据, 也是我们设计控制舞台调光系统的一种标准接口, 多台调光器合理的连接是设计舞台灯光系统的重要环节, 我们使用了 DMX512 信号电缆及其通讯技术条件的连接技术。本舞台调光系统是模块式结构, 可以根据需要进行扩展。基本模块系统可连接 512 台设备, 也可以在此基础上扩展成 512 的整数倍, 构成更加大型的系统。

1 系统结构

本系统网络连接的结构见图 1。从控制台发送器发送信号至远方的接收器终端, 为保证信号传输正确、功能正常, 选择 DMX512 电缆作传输线。该电缆符合 EIA485 标准, 是用一条或多条低电容量的多股绞合线, 外部带有编织复盖物和金属薄片屏蔽, 要有较大的机械强度和最小的电压降。一条 DMX512 电缆最多可连 32 个设备, 一套

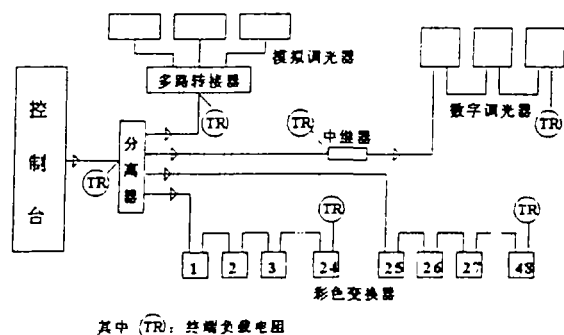


图1 系统连接

DMX512 系统最多有 512 个设备, 大于 512 个设备时, 则需要有第二套或更多套 DMX512 系统。

本系统的设备连接是通过型号为 XLR 的 5 脚连接器相连, 如图 2 所示, 其中阴接头用于发送端, 阳接头用于接收端。电缆的屏蔽线是脚 1, 信号导线是脚 2、脚 3, 电缆还有第二对备用导线, 使用脚 4、脚 5 二条信号导线, 发送和接收两端的屏蔽线脚 1 必需要连接, 否则电缆将没有屏蔽作用。

当使用的电缆线很长, 或使用 32 个以上接收设备的系统时, 必须通过中继器增强信号。中继器是一种缓冲放大器, 每个中继器的输出能驱动一套由 DMX512 电缆连接的新的系统装置。中继放大器的输入类似任何 DMX512 接收设备的输入信号, 而输出信号类似于 DMX512 发送器的输出信号, 从控制台出来的电缆通常是连接分离器, 再接中继器, 由电缆将接收设备逐个反复串连, 最后在远端的电缆头端接终端负载电阻。大部分中继器的作用仅仅是恢复 DMX512 信号电平, 不能再产生位与位之间的定时信号, 但有部分专用设备具有定时正反馈放大信号, 能对 DMX512 输入信号作解码, 然后通过独立的编码器及发送器由异步接收发送器 UART 将信号再发送出去。分离器类似于中继器, 不同的是分离器

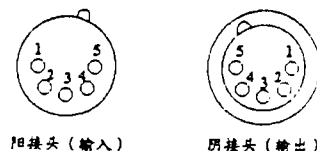


图2 连接器

的输出端口大于一个。每个输出端输出相同的驱

* 收稿日期: 2001-05-11; 作者简介: 李炳兴 (1940-), 男, 教授。

动信号, 流向不同的 DMX512 电缆, 再由分布式放大器将信号发送到不同方向的各个接收装置。

2 数据帧与信号群

2.1 EIA485 通讯协议

设计中遵循一种工业标准——EIA485 通讯协议, 该协议规定, 在发送器与接收器之间的连接是用 2 条或 3 条线: 数据线 (+ 极)、数据线 (- 极)、地线/0 V 线。两条数据线绞合在一起, 被金属屏蔽线 (0 V 线) 包裹, 这样可以防磁和消除干扰。EIA485 信号电压是接收器能检测到的两条数据线之间的 200 mV 压差, 2 条数据线应能承受施加在线上的相对于地线/0 线的电压, 这就是所谓“通常模式电压范围”, 最低限度的通常模式电压范围是 +12 ~ -7 V。

2.2 数据帧的位与字节

在 EIA485 标准中, 描述了物理电平, 但没有叙述信号的意义, 在兼容该标准的 DMX512 技术条件中对信号作了规定。任何通讯协议的基本元素是一串码, 每个码是传输线上一系列高、低信号中的某个状态码, 叫做‘位’, 这些位以预定的时间间隔发送出去, 在 DMX512 系统中这时间间隔时间为 $4\mu\text{s}$, 每 8 位码, 构成一个字节, 一个字节中的 8 位有 256 种不同的位组合, 或者说一个字节允许选择 256 种电平 (从 0 至 8 位全 1, 全 1 是 255)。对字节中的各位, 必需对位作标记, 注明一个字节的开始位和结束位, 以便接收器能同这信号码同步, 为此目的, 要有 3 个以上的位附加在一个字节上, 它们是起始位 (低电平)、2 个停止位 (高电平)。

当电缆线不发送任何信息时, 它处于的空闲态是高电平; 当一个字节发送起始位时, 是指令接收器开始读取后续的各位, 以 $4\mu\text{s}$ 的时间间隔读一位, 直至读完 8 位数据位, 然后接收器期待两位时间间隔的高电平 (即二个停止位) 的到来, 在第二个停止位以后, 电缆线可以是空闲态, 也可以是新的起始位, 初始化发送另一个字节。因此, 每个字节共发送 11 位, $4\mu\text{s} \times 11 = 44\mu\text{s}$, 这 11 位码叫做一帧 (Frames)。

如果以 $4\mu\text{s}$ 的时间间隔, 连续发送‘位’信号 (即每数据帧之间无空闲位), 则每秒钟发送的位是 250 000 位, 这就是 DMX512 的速度, 称为波特率, DMX512 的波特率通常以 250K 波特率表示。一个 DMX512 信号数据帧如图 3 所示。

2.3 DMX512 信号群

每套 DMX512 系统能支持 512 数据通道, 发送信号序列是从通道 1 到最高编号的通道, 这些通道都与控制台相联。在本灯光系统中, 能提供大于 512 接收器通道的控制台, 装有两套或更多套 DMX512 系统部件的引出线。为了使接收器能识别那一条通道是一号通道, 传输线上设置了一种特殊的工作状态标志, 称为‘中断’ (Break), ‘中断’信号是一组连续的低电平信号, 至少 $88\mu\text{s}$ (两个完整的数据帧)。在‘中断’信号的末尾, 传输线上呈短时间的高电平, 称为 M.A.B 时间 (Mark-After-Break), 在 M.A.B 后要发送一个特殊的码, DMX512 标准称‘中断’后第一个字节为开始码 (Start-Code)。在开始码下面的字节是各个调光器的数据电平, 上述的所有信号构成了一组信号群。一组 DMX512 信号群示意图见图 4。这里值得注意的是, 开始码一般是全 0 码, 开始码 0 字节将总是 8 位的信号电平。

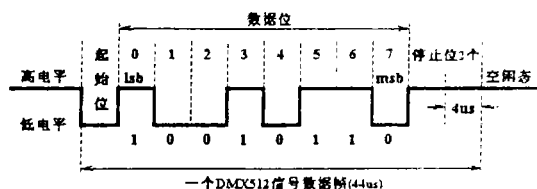


图 3 DMX512 数据帧

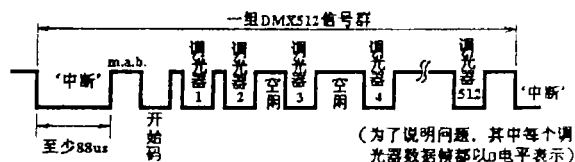


图 4 DMX512 信号群

每秒钟发送信号群的组数称为更新速率, 由于 DMX512 系统允许在数据之间插入闲信号, 因此仅指出最小中断时间, 则对于不同的控制台, 其更新速率可能有很大的区别, 最大可能的更新速率也取决于工作的通道数。在 512 通道情况下, 发送一组信号群的时间如下表。

名称	数量	时间/ μs	合计时间/ μs
中断	1	88	88
M.A.B	1	8	8
开始码	1	44	44
数据字节	512	44	22528
总计			22668

由此可见, 上述一组信号群发送时间总计是 22 668 μs , 可得到更新速率是 44.115 Hz。这是每

秒钟所发送的信号群的组数，但是这里每一组信号群中并不包含额外的空闲信号的间隙时间，控制台要进行计算等工作，在发送同样组数连续信号群的情况下，一般速度较预想的要慢。

3 设计中的几点注意事项

3.1 终端负载电阻的选择

在离发送器最远的电缆端点要连接合适的电阻作为终端负载，电阻要接在两条信号线之间（连接器的脚2和脚3之间）。如果终端所连的负载电阻不合适，当信号到达电缆传输线的远端时，会反射回终端设备，在某种条件下，反射信号会抵消发送的实际信号，引起系统传输信息的出错。所连终端负载电阻会“吸收”传输线远端的信号，避免产生反射信号。典型的负载电阻值是 $90 \sim 120 \Omega$ ， $1/4 W$ 。

3.2 光隔离

在安装设备时，要求发送器和接收器的电缆屏蔽端都要连接大地。当设备广泛分布在不同地点的大型建筑物中，或分布在户外，在各个接地点之间可能有很大的压差，这样就会在接地电缆中产生电流。EIA485 标准规定，接收器和发送器能容忍的“公共接地电压”为 $+12 \sim -7V$ ，这电压是接收器或发送器上电缆的接地点与数据线之间的安全应用电压，如果接地不良，使“公共接地电压”超过规定值，则系统数据传送会出错；有时接地不良形成的故障电流将沿着唯一的 DMX512 电缆屏蔽线流向大地，足够大的故障电流会引起 DMX512 电缆爆炸，毁坏连接在电缆上的所有电气设备。

解决上面叙述的有关接地问题，可以将接收器的地线与 DMX512 电缆接地/0 V 线断开，中间联上光隔离电路。信号馈送给光隔离电路，电路由单独的电源供电，光隔离电路不接大地，故接收的输入信号事实上与大地隔离的。这种技术可完全消除产生高的公共接地电压，将提供一些保护措施，防止严重问题的发生。

3.3 信号群中数据帧时间的调节

在软件设计中要注意的是：应该以稍小于最大的更新速率发送数据，以便腾出部分时间用于复杂的计算，这个问题可用调节数据帧时间长短来解决。数据帧时间是一个数据帧的起始信号与下一个数据帧的起始信号间（11 位）的时间，最小长度是 $44 \mu s$ 。调节数据帧时间的长短是由

一种 M.B.F (Mark-Between-Frame) 时间控制的，M.B.F 时间是一个数据帧的结尾（停止位结尾），与下一个数据帧的起始信号（起始位开始）间的时间，最小可能长度是 0，最大值是 1s，1s 之后系统认为信号无效。

3.4 DMX512 电缆连接线路

电缆开始接在控制台上，再连到接收装置 1，然后连接接收装置 2 等等，最后一个接收装置要连接终端负载电阻，接收装置可以连接在电缆的任何一点上。DMX512 电缆不能用简单的适配器接头（Y cords）作星形分支连接，如果 DMX512 信号必须送到不同的方向，那么就得分用分离放大器，放大器将给各个分支部分提供单独的输出信号，发送到你需要的装置上，从分离放大器联出去的电缆应该看作为独立的新 DMX512 电缆线，每条电缆都需接终端负载电阻在电缆的最远端，每条电缆连接的最多接收装置同样限制为 32 台。

3.5 连接器的使用

电缆两端连接器的引脚是一样的，其分配是这样的：脚 1，金属薄片屏蔽层；脚 2，第一组双绞线的第一条导线；脚 3，第一组双绞线的第二条导线；脚 4，第二组双绞线的第一条导线；脚 5，第二组双绞线的第二条导线。首先，不要忘记，将电缆穿过连接器的外壳！将屏蔽线与电缆内的导线分开，并切开屏蔽线向后伸出约 12mm (1/2")，将屏蔽线焊在脚 1，要与其它线绝缘并将另外 4 根导线分别焊牢。用聚氯乙烯绝缘带绕缠 5 条脚的输出部分。

由 DMX512 数字多路传输系统结构而设计的舞台调光装置，设计过程是十分慎重的，考虑的方案简单，迎合最大多数制造商和用户的要求，减少生产的巨额投资，人机界面友好，维护简便，不必对产品经常进行再设计开发。DMX512 数字通讯技术条件，为各厂家生产以单片机为基础的嵌入式数字控制系统提供了另一种技术依据，不但改变以往产品的不统一、不兼容性，而且为生产数字通讯系统设备提供了一种标准接口。本系统所采取的方法具有广泛的通用性。

参考文献：

- [1] BENNETTE Adam. Recommended Practice for DMX512, A guide for users and installers. London, 1994
- [2] 岑贤道, 安常青. 网络管理协议及应用开发. 北京: 清华大学出版社, 1998