

# 目录

实验注意事项 .....	2
光纤实验系统组成介绍 .....	3
实验 1 半导体激光器及光无源器件测试 .....	8
实验 1.1 半导体 LD 光源的 P-I 曲线绘制实验 .....	8
实验 1.2 光衰减器的性能指标测量 .....	12
实验 2 光纤传输系统及眼图观测 .....	15
实验 2.1 加扰、解扰原理及光传输实验 .....	15
实验 2.2 光纤信道眼图观察 .....	21
实验 3 模拟/数字电话光纤传输系统实验 .....	25
实验 4 时分复用光纤通信系统 .....	37
附录	
一、USB 驱动的安装方法 .....	43
二、光信道调节方法及步骤 .....	44
三、LD 激光\探测器性能测试模块介绍 .....	45

# 实验注意事项

1. 进行铆孔（插孔）连接时，**务必注意实验箱上铆孔标注的箭头方向：**

➡ 指向铆孔，说明此铆孔为信号输入孔；

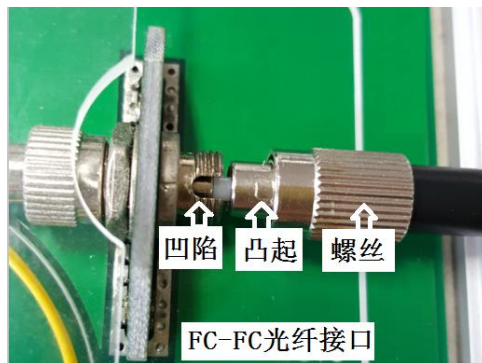
➡ 背离铆孔，说明此铆孔为信号输出孔。**请勿将两输出信号铆孔短接。**

2. 进行铆孔连接时，连接线接头插入铆孔后，轻轻旋转一个小角度，接头将和铆孔锁死；拔出时，回转一个小角度即可轻松拔出，切勿使用莽力，以免插头针断在铆孔中。

3. 光器件连接：

在摘掉光接口保护套前，请确保实验台板面清洁，**注意收集好接口保护套，实验结束后安回保护套和防尘帽；**

光接头连接时，请预先了解接头的结构，手持接头金属部分，按接口的轴线方向轻插轻拔，防止损坏纤芯；**连接 FC-FC 光纤接口，将尾纤的方形凸起对准凹陷处插入，旋紧螺丝。**



4. 使用光纤时，注意**光纤不要过度弯曲**（直径不得小于 4cm）、扭曲、挤压或拉扯光纤。因为纤芯玻璃细纤维，非常的脆弱，使用时请务必注意。纤芯断开或出现伤痕，光信号的功率将严重衰耗，出现断路或增加误码等情况。

**光纤中有激光时，不要对准眼睛，**以免损伤视力。

5. 数据发送单元的 SW101 红色拨码器，有 8 位独立的开关组合。若不作特殊说明，白色开关往上，对应的输出序列为 1；白色开关往下，对应的输出序列为 0。设置时需轻轻拨动。

6. 若不作特殊说明，本实验平台输出的串行数字序列，低位在前，高位在后。在示波器上观测到的波形即低位在窗口的左端，高位在窗口的右端。

# 光纤实验系统组成介绍

RZ8644 型光纤实验系统是为了配合《光纤通信系统》的理论教学而设计的实验系统。它一方面结合了当今光纤通信原理课程的教学与改革，另一方面结合了当今光纤通信发展方向和工程实际应用状况。这套系统采用功能模块化设计，各模块对外开放。除了配合完成理论教学外，还可以训练增强学生的实际应用能力，完成模块的二次性开发。

## 一、系统简介

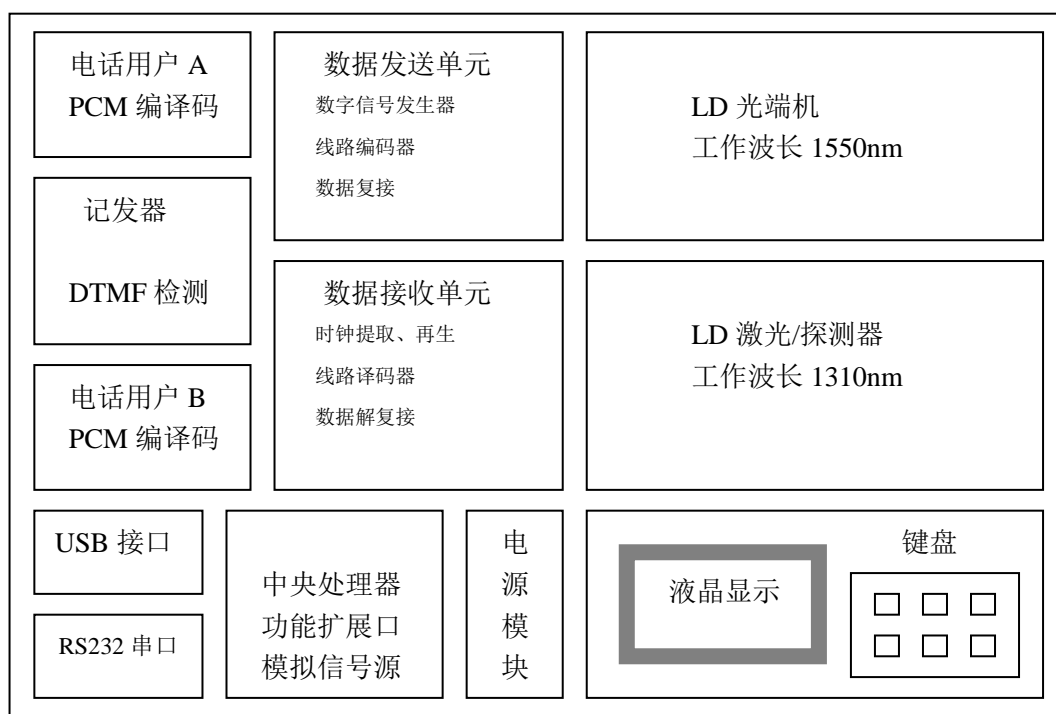


图 1 系统结构示意图

如图 1 所示，本实验系统可分为电端机模块、光通信模块、管理控制模块、电源供给模块等四大功能模块，每个功能模块又是由许多子模块组成：

### （一）电端机模块

#### 1. 电话用户接口模块

此模块为电话输入、输出接口，由电话专用接口芯片 PBL38710 实现。它包含向用户话机恒流馈电、向被叫用户话机馈送铃流、用户摘机后自行截除铃流，摘挂机的检测及音频或脉冲信号的识别，用户线是否有话机的识别，语音信号的 2/4 线混合转换，外接振铃继电器驱动输出等功能。其各项性能指标符合邮电部制定的有关标准。

本模块分为用户 A, B 两个模块, 默认号码为 48、49。

## 2. PCM 编译码模块

此模块采用专用芯片 TP3057 来实现 PCM 编译码功能, 可完成用户 A、B 两路话音信号的编译码功能。

## 3. DTMF 双音多频检测模块

此模块由专用芯片 MT8870 来完成 DTMF 分组滤波和 DTMF 译码功能, 输出相应 16 种 DTMF 频率组合的 4 位并行二进制码。实际应用中, 一片 MT8870 可以最多接入检测 16 路用户电路的 DTMF 信号。

## 4. 记发器模块

此模块主要完成局内、局间电话用户拨叫号码的识别、交换控制功能。

## 5. 计算机通信接口模块

此模块由 USB 和 RS232 串口两通信接口组成, 完成计算机与本实验系统的数据交换传输功能。也为学生开发上层通信软件提供了良好的硬件平台。

## 6. 数据发送单元模块

此模块主要完成各种测试信号产生、各种线路编码、数据复接及一些辅助性功能。

产生的数字信号有: 各种频率的时钟、方波、M 序列、矩形窄脉冲等。

线路编码功能有: AMI 码、HDB3 码、CMI 码、5B6B 码、5B1P 码、扰码等。

数据的复接: 多种类型数据进行时分复接输出。

## 7. 数据接收单元模块

此模块主要完成接收数据的时钟提取再生、各种线路编码的译码、复用数据的分解及一些辅助性功能。

## 8. 眼图观测模块

此模块主要完成调节接收电路均衡特性、接收数字序列的眼图观测等功能。

## 9. 误码测试仪模块

此功能由多个模块组成, 完成通信线路的误码测试功能, 各测试参数可设。

## 10. 模拟信号源模块

此模块产生输出频率、幅度可调的正弦波、三角波、方波信号。

# (二) 光通信模块

## 1. 光信道一模块

光信道一模块是一体化数字光端机, 包括光发射端机和光接收端机, 是半导体激光二极管 LD, 工作波长 1550nm, 频带为 DC 到 5MHZ, 方便配套低端测量仪器使用。

光端机的光输入、输出接口都由单模尾纤引出至固定于底板的法兰, 方便连接其它光器件。一般情况下, 一体化数字光端机的输入电平调节电位器, 都右旋到底。

## 2. 光信道二及 LD 性能测试模块

由激光管、光探测器及外围电路构成的光发射端机和光接收端机，关键电气参数都可调节。可传输模拟和数字信号，测试 LD 的 P-I 曲线，具有无光告警、自动功率控制 APC 等功能。激光管工作波长为 1310nm，频带为 DC 到 3MHz。激光管的输出和光探测器的输入连接至固定于底板上的法兰，方便连接其它光器件。

### 3. LED+多模光纤传输扩展模块

由发光二极管、光探测器及外围电路构成的光发射端机和光接收端机，关键电气参数都可调节。可传输模拟和数字信号，测试 LED 的 P-I 曲线，具有视频图像传输等功能。发光二极管发光波长为 850nm，频带为 DC 到 1GHz。本模块已配，用到时插到实验箱相应位置。

## （三）管理控制模块

### 1. 中央处理器模块

此模块主要由单片机 89C51/52 编程实现。完成整个实验系统的控制协调功能，如测量信号的输入、输出控制、功能选择、工作状态检测等。

### 2. 液晶显示模块

此模块主要完成工作状态的显示，误码测试数据的显示等功能，属字符型液晶。

### 3. 键盘模块

此模块主要配合液晶显示模块工作，通过上、下、确认等键选择相应的实验参数。

## （四）电源供给模块

提供+12V、+5V、+3.3V、-5V、-12V、-24V -48V 等直流电源。

## 二、液晶显示模块菜单介绍

本实验系统中，实验数据设置的菜单显示如下。按“↑”、“↓”键即可选择不同的菜单；按“确认”键，即进入箭头指向的下一级菜单；按“返回”键，即返回上一级菜单，如此类推。详细菜单显示如下：

### “复位”键：

欢迎使用  
光纤通信系统平台  
解放军理工大学  
南京润众科技公司

### “开始”键：

- 1：码型变换实验
- 2：光纤传输实验
- 3：光纤测量实验
- 4：光纤系统实验

### 子菜单：

- 1：码型变换实验

- 01 CMI 码 PN (固定码型、速率的 m 序列, 下同)
- 02 CMI 码设置 (由 SW101 拨码器设置的 8 比特数据, 下同)
- 03 5B1P 码设置
- 04 5B6B 码设置
- 05 扰码 PN
- 06 扰码设置
- 07 HDB3 码 PN
- 08 HDB3 码设置
- 09 AMI 码 PN
- 0A AMI 码设置

#### 2: 光纤传输实验

- 01 窄脉冲 (频率 256K, 脉宽: 15ns)
- 02 USB 数据
- 03 串口数据
- 04 PCM 数据 (A/D 转换)
- 05 E1 数据传输 (标准的 2.048MHZ 数据)

#### 3: 光纤测量实验

- 01 平均发光功率
- 02 接收灵敏度  
正常/误码
- 03 误码 0/10000 (误码测试)  
收数据:  
误码数:
- 04 误码 1/10000 (误码测试)  
收数据:  
误码数:

#### 4: 光纤系统实验 (数字复接系统)

时隙 1	时隙 2	时隙 3	时隙 4	时隙 5	时隙 6	时隙 7	时隙 8
帧头	PCM1	PCM2	空	空	设置	信令	数据

### 三、配套仪器

**最低配置仪器:** 20M 通用双踪示波器或虚拟仪器, 单模尾纤。

**配置器件:** 计算机; 光功率计、FC 接口光跳线、FC 法兰、波分复用/解复用器一对、光分路器、光可调衰减器、电话单机、摄像头、7 寸液晶显示器、信号连接线、USB 接口线、串口线等。

**可选配仪器:** ①外置误码测试仪

②光缆施工工具箱、光纤熔接机、稳定光源、光时域反射仪等。

#### 四、系统特点

1. 采用模块化设计信号接口开放。各模块功能既可单独做实验又可组合完成系统实验。
2. 自带数字信号源、模拟信号源，可外加信号，配有计算机串口、USB 接口。适应各种实验需求。
3. 采用液晶键盘显示管理实验参数，取代原有的接插件，实验方便直观。
4. 电端机部分功能强大，电话交换系统，多种线路编码，完善的数字时分复接系统，功能可定制升级。
5. 电信号、光信号均由实验者连接。光输入、输出接口设计朝外，方便连接其它光器件。
6. 整板采用有机玻璃覆盖保护，便于实验室管理。

# 实验 1 半导体激光器及光无源器件测试

## 实验 1.1 半导体 LD 光源的 P-I 曲线绘制实验

在光纤通信中，首先要将电信号转变为光信号，最常用的光源是半导体激光器和发光二极管。之所以用半导体光源，是因为：1、半导体光源体积小，发光面积可以与光纤芯径相比较，从而有较高的耦合效率；2、发射光波长适合在光纤中低损耗传输；3、可以直接进行强度调制，即只要将信号电流注入半导体光源，就可以得到相应的光信号输出；4、可靠性较高，尤其是半导体激光器，不仅发射功率大，耦合效率高、响应速度快，而且发射光的相干性也较好，在一些高速率、大容量数字光纤通信系统中得到广泛应用。

本实验系统中，提供了半导体激光器和半导体发光二极管两种光源。本章节中将对半导体激光器的指标进行测量。

### 一、实验目的

1. 了解半导体激光器平均输出光功率与注入电流的关系；
2. 掌握半导体激光器 P-I 曲线的测试及绘制方法。

### 二、实验仪器

1. 光纤通信实验箱（激光/探测器性能测试模块）
2. 20M 双踪示波器
3. 光功率计
4. 电流表。
5. 小平口螺丝刀
6. 信号连接线 1 根
7. FC-FC 单模尾纤 1 根

### 三、实验原理

半导体激光器的输出光功率  $P$  与驱动电流  $I$  的关系如图 1.1.1 所示，该特性有一个转折点，相应的驱动电流称为门限电流（或称阈值电流），用  $I_{th}$  表示。在门限电流以下，激光器工作于自发辐射，输出荧光，功率很小，通常小于 100pW；在门限电流以上，激光器工作于受激辐射，输出激光，功率随电流迅速上升，基本上成直线关系。激光器的电流与电压的关系相似于正向二极管的特性，但由于双异质结包含两个 PN 结，所以在正常工作电流下激光器两极间的电压为 1.2V。

P-I 特性是选择半导体激光器的重要依据，在选择时，应选阈值电流  $I_{th}$  尽可能小，



$I_{th}$  对应  $P$  值小的半导体激光器，这样的激光器工作电流小，工作稳定性高，消光比大，而且不易产生光信号失真。且要求  $P$ - $I$  曲线的斜率适当。斜率太小。则要求驱动信号太大，给驱动电路带来麻烦；斜率太大，则会出现光反射噪声及使自动光功率控制环路调整困难。

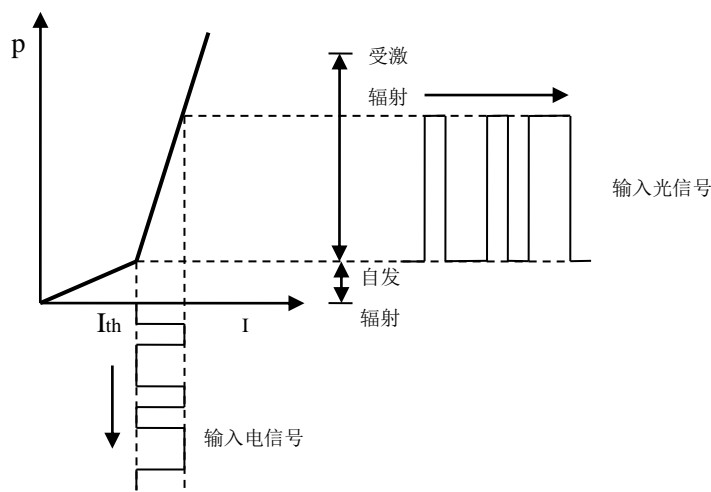


图 1.1.1 激光器的功率特性示意图

半导体激光器具有高功率密度和极高量子效率的特点，微小的电流变化会导致光功率输出变化，是光纤通信中最重要的一种光源，激光二极管可以看作为一种光学振荡器，要形成光的振荡，就必须要有光放大机制，也即激活介质处于粒子数反转分布，而且产生的增益足以抵消所有的损耗。将开始出现净增益的条件称为阈值条件。一般用注入电流值来标定，也即阈值电流  $I_{th}$ ，当输入电流小于  $I_{th}$  时，其输出光为非相干的荧光，类似于 LED 发出光，当电流大于  $I_{th}$  时，则输出光为激光，且输入电流和输出光功率成线性关系。该实验就是对该线性关系进行测量，以验证  $P$ - $I$  的线性关系。

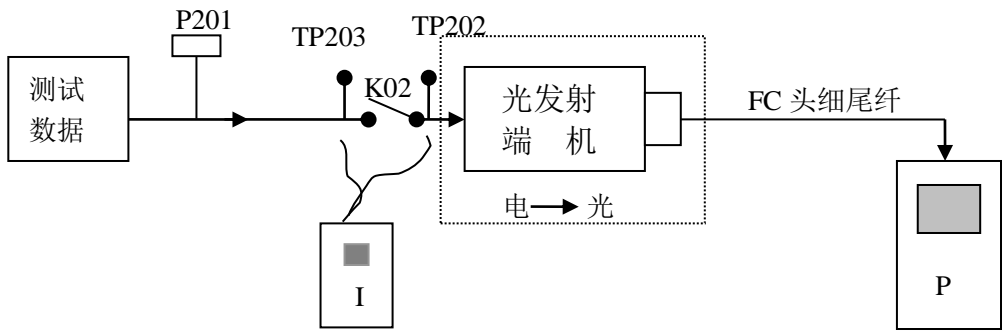


图 1.1.2  $P$ - $I$  曲线测试连接示意图

在实验中所用到半导体激光器其输出波长为 1310nm，带尾纤及 FC 型接口。实验中半

导体激光器电流的确定通过测量串联在光端机信号输入电路中电流表的电流值。

#### 四、实验步骤

1. 关闭系统电源，按照下面步骤，将图 1.1.2 中，激光/探测器性能测试模块、光功率计、电流表连接好。

用尾纤将光功率计与 TX1310 法兰输出相连。在摘掉光接口保护套前，请确保实验台板面清洁，**注意将接口保护套（防尘帽）收集好；**

使用光纤时，注意**光纤不要过度弯曲**（直径不得小于 4cm）、扭曲、挤压或拉扯光纤。因为纤芯玻璃细纤维，非常的脆弱，使用时请务必注意。纤芯断开或出现伤痕，光信号的功率将严重衰耗，出现断路或增加误码等情况。

光纤接头连接时，请预先了解接头的结构，按接口的轴线方向轻插轻拔。FC 接口光纤连接时，请注意对准接口上卡槽的位置插入，并旋上螺丝。

2. 在万用表上，选择测量的种类为电流表的直流档位，将电流表的表笔插在电流孔“mA”。将电流表（直流档）接 TP202，TP203，正表笔接 TP202，负表笔接 TP203，将 K02 跳线器拔掉。

3. 用锚孔连接线将 P201 信号输入口接地。

4. 将 K01 跳线器拔掉，收集好跳线器，加电后即可开始实验。

5. 按下表调整 W202，达到相应的电流值（顺时针调激光管输入电流减小），测出与电流相对应的光功率。在转折点附近可以适当加测几组数据。

电流 I (mA)	4.6	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
功率 P ( $\mu$ W)										
功率 P (dBm)										
电流 I (mA)	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	13.5	14.0	15.0
功率 P ( $\mu$ W)										
功率 P (dBm)										

7. 以横轴为为电流 I，纵轴为功率 P（单位为 ( $\mu$ W)，按照上表画出其相应的 P-I 曲线。

8. 上表测试完毕后，继续调整 W202，电流值在 12.0 mA 左右，使光发送模块能正常工

作。

9. 关闭系统电源，拆除各光器件。

安装好尾纤的保护套（防尘帽）、TX1310 法兰的防尘帽。

插好 K01、K02 跳线器。

将万用表的表盘选择到“交流  $V \sim 750V$ ”档位，红表笔插回到电压孔“ $V \Omega$ ”，这样不容易烧毁电表。这是为了保护电表，因为电流表在直流档位时，如果错误测量电压信号，很容易将保险丝烧坏。

## 五、实验结果

1. 整理 P、I 数据，绘制 P-I 曲线。

## 实验 1.2 光衰减器的性能指标测量

### 一、实验目的

1. 了解光衰减器的指标要求；
2. 掌握光衰减器的测试方法。

### 二、实验仪器

1. 光纤通信实验箱
2. 20M 双踪示波器
3. 光功率计（FC 接口）
4. 可调光衰减器（1310nm/1550nm）
5. 信号连接线 2 根
6. FC-FC 单模尾纤 2 根

### 三、基本原理

（一）一般地光衰减器可分为两类，即固定光衰减器和可变光衰减器。

#### 1. 固定光衰减器

固定光衰减器是一种可根据工程需要提供不同衰减量的精密器件，可分为在线式和法兰式。主要的用途是：

- （1）调整光中继器之间的增益，以便建立适当的光输出；
- （2）光传输系统设备的损耗评价及各种实验测试要求。

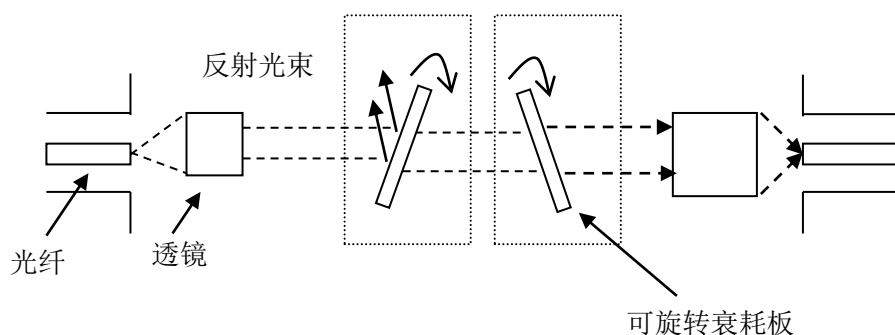


图 1.2.1 可变光衰减器的原理结构图

#### 2. 可变光衰减器

（1）可对光强进行连续可变和步进调节的衰减，主要用途和设计目标：

- ① 评价光纤传输系统中作为误码率函数的信噪比  $S/N$ 。
- ② 光功率计制造中标志刻度。

- ③ 光纤传输设备损耗的评价。
- ④ 光端机中作为光接收机接口扩大接收机动态范围。
- ⑤ 用于光纤测量仪器，做光线路试验与测试用。

为此，可变光衰减器应有高的精度和宽的可调衰减范围。

## (2) 结构与工作原理

可变光衰减器的结构原理图如图 1.2.1 所示。

(二) 光固定/可调衰减器测量结构示意图，如图 1.2.2 所示：

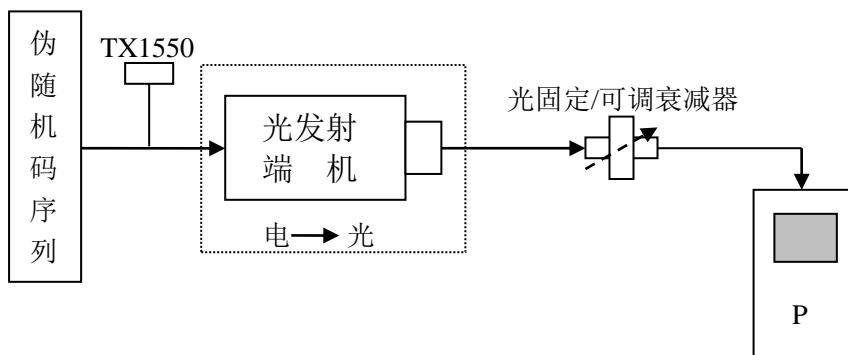


图 1.2.2 平均光功率测试结构示意图

## 四、实验步骤

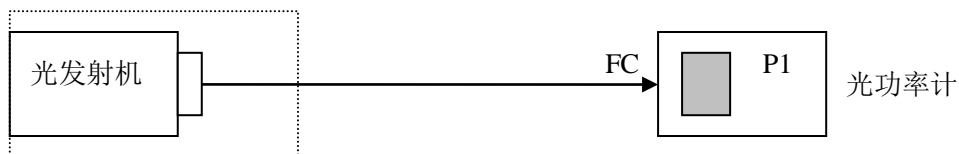


图 1.2.3 活动连接器插入损耗的测量原理框图

1. 关闭系统电源，按照图 1.2.3 将 1550nm 光发射端机的 TX1550 法兰接口、FC-FC 单模尾纤、光功率计连接好，注意收集好器件的防尘帽。
2. 打开系统电源，液晶菜单选择“光纤测量实验—平均光发功率”确认，即在 P101 铆孔输出 32KHZ 的 15 位 m 序列。
3. 示波器测试 P101 铆孔波形，确认有相应的波形输出。
4. 用信号连接线连接 P101、P203 两铆孔，示波器 A 通道测试 TX1550 测试点，确认有相应的波形输出，调节 W205 即改变送入光发端机信号（TX1550）幅度最大（不超过 5V），记录信号电平值。即将 32KHZ 的 15 位 m 序列电信号送入 1550nm 光发端机，并转换成光信号从 TX1550 法兰接口输出。
5. 调节光功率计工作波长“1550nm”、单位“mW”，读取此时光功率，即为 1550nm 光发

射端机在正常工作情况下，对于 15 位 m 序列的平均光功率，记录光功率 P1。

6. 关闭系统电源，按照图 1.2.2 将可调衰减器串入光发射端机与光功率计之间，将连接器与可调衰减器相连并旋紧，注意收集好器件的防尘帽。

7. 重复步骤 2、4，测得衰减后的光功率 P2，按  $L_t = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} (dB)$  公式计算即为衰减器的衰减量。

若为固定衰减器，则将测得值与其标注的衰减量进行比较，算出其衰减精度（一般  $\pm 10\%$ ）。

若为可调衰减器，慢慢调节其衰减量，记下 P2 的变化范围。调节时先将锁紧螺母松开，调整调节螺母，到所需要的衰减值，再将锁紧螺母锁紧即可。实验完后应将调节螺母、锁紧螺母复位到零衰减，将保护帽盖好，以免内部陶瓷套筒污染。

8. 关闭系统电源，拆除各光器件。套好光发端机、接收机红色防尘帽。

套好光纤的透明色防尘帽，将光纤按直径 15cm 绕圆圈，放入塑料袋里。

将光功率计防尘帽拧上。

注：本实验也可选择工作波长为 1330nm 的 LD 光发射端机。

## 五、实验结果

1. 通过测试得出待测固定衰减器的衰减量，计算出其衰减精度，标上必要的实验说明。
2. 若为可调衰减器，记录其衰减量范围。
3. 查找资料, 陈述固定衰减器和可变衰减器主要的用途和指标。

## 实验 2 光纤传输系统及眼图观测

### 实验 2.1 加扰、解扰原理及光传输实验

#### 一、实验目的

1. 掌握扰码规则；
2. 了解扰码的性能；
3. 了解光纤通信中扰码的选码原则。

#### 二、实验仪器

1. 光纤通信实验箱
2. 20M 双踪示波器
3. FC-FC 单模光跳线 1 根
4. 信号连接线 2 根

#### 三、基本原理

本实验系统主要由两大部分组成：电端机部分、光信道部分。电端机又分为电信号发射和电信号接收两子部分，光信道又可分为光发射端机、光纤、光接收端机三个子部分。在本实验中，涉及的电发射部分有“码型变换实验-扰码设置”功能模块，设置 8 位的自编输入数据。涉及的电接收部分就是时钟提取和再生功能、相应的解扰功能。扰码光纤通信基本组成结构如图 2.1.1 所示：

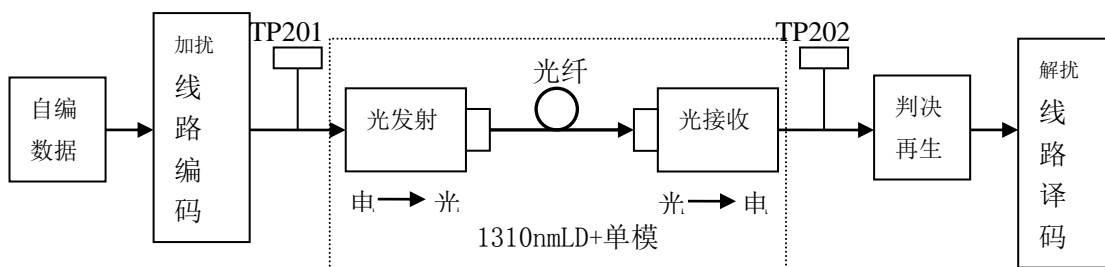


图 2.1.1 CMI 码光纤通信基本组成结构

下面对数字信号加扰码进行分析和讨论：

减少连“0”码（或连“1”码）以保证位定时恢复质量是数字基带信号传输中的一个重要问题。将二进制数字信息先作“随机化”处理，变为伪随机序列，能限制连“0”

码（或连“1”码）的长度。这种“随机化”处理常称为“扰码”。

扰码虽然“扰乱”了数字信息的原有形式，但这种“扰乱”是有人为规律的，因而可以解扰的。在接收端这种解“扰乱”的过程叫“解扰”。

#### 扰码和解扰原理

扰码原理是以线性反馈移位寄存器理论作为基础的。在图 2.1.2 线性反馈移位寄存器的反馈逻辑输出与第一级寄存器输入之间引入一个模二和相加电路，以输入数据作为

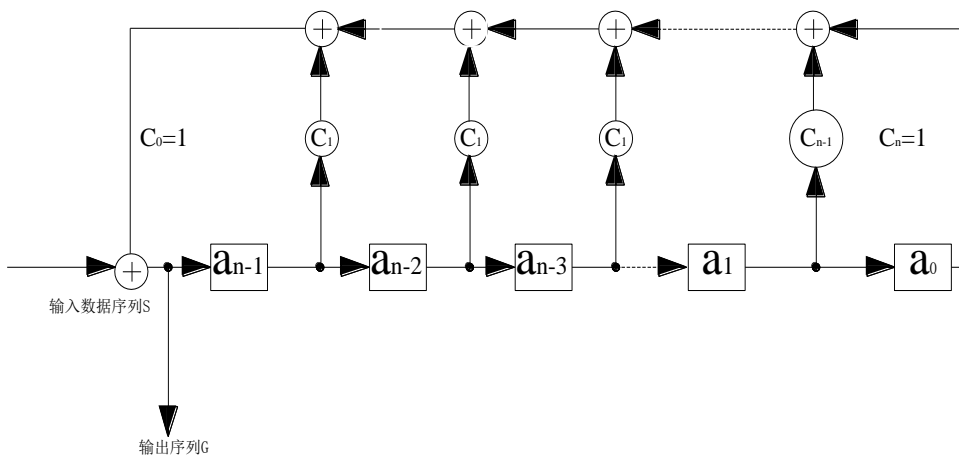


图 2.1.2 扰码器的一般形式

模二和的另一个输入端，即可得到图 2.1.2 所示扰码器一般形式。分析扰码器的工作原理时引入一个运算符号“D”表示将序列延时一位， $D^i S$  表示将序列延时  $i$  位。采用延时算符后，可得以下表达式：

$$G = S \oplus \sum_{i=1}^n C_i D^i$$

这里，求和号  $\Sigma$  也是模二和运算， $C$  是线性反馈移位寄存器的特征多项式的系数，上式也可表达为：

$$G = \frac{S}{\sum_{i=0}^n C_i D^i}$$

在接收端可以采用图 2.1.3 所示的解扰码，这是一个前馈移位寄存器结构。采用这种结构可以自动地将扰码后序列恢复为原始的数据序列。我们仍采用延时算符来说明这一点。由图 2.1.3 可得如下关系式：

$$R = G \oplus \sum_{i=0}^n C_i D^i G$$



$$\text{或} \quad R = G\left(\sum_{i=0}^n C_i D^i\right)$$

$$R = S$$

因此解扰器输出序列与扰码器输入序列完全相同。

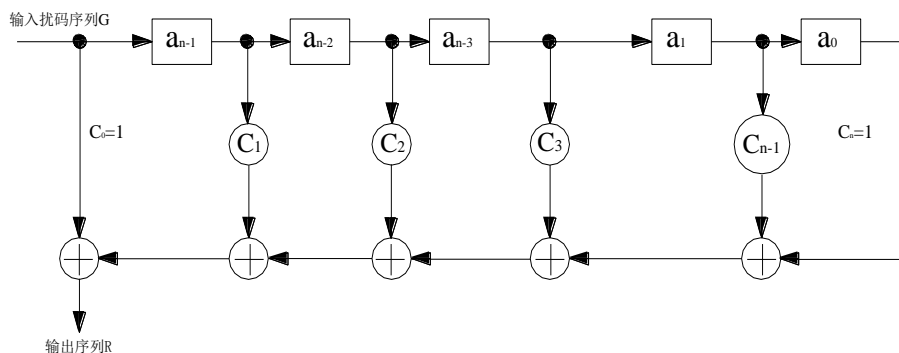


图 2.1.3 解扰码器的一般形式

以 4 级移位寄存器构成的扰码器为例，在图 2.1.2 基础上可得到图 2.1.4 结构形式的扰码器。假设各级移位寄存器的初始状态为全 0，输入序列为周期性的 101010……，则第三个移位寄存器、第四个移位寄存器输出的序列及输出序列如下所示：

输入序列 S	101010101010
第三个移位寄存器输出	00010110111001
第四个移位寄存器输出	00001011011100
输出序列 G	10110111001111

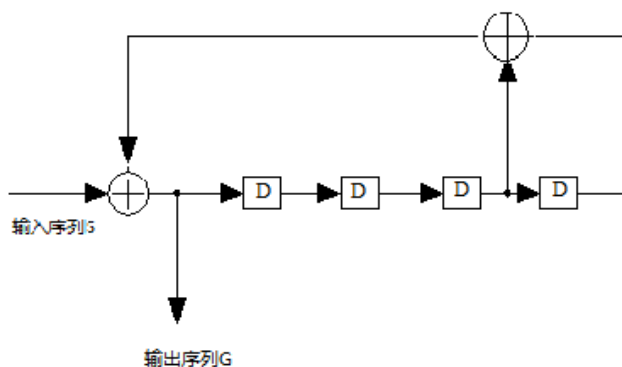
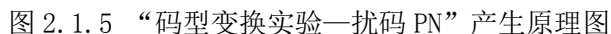


图 2.1.4 四级移位寄存器构成的扰码器

由于扰码器能使包括连“0”码（或连“1”码）在内的任何输入序列变为伪随机码，因而可以在基带传输系统中代替旨在限制连“0”码的各种复杂的码型变换。

扰码器的另一个缺点是，当输入序列为某些伪随机码形式时，扰码器的输出可能是全 0 码或全 1 码。但对于实际的输入数据序列，出现这种码组的可能性很小。

显然，只要移位寄存器初始状态不为全 0，则当输入序列为全 0 时（即无数据输入），扰码器就是一个线性反馈移位寄存器序列发生器，选择合适反馈逻辑即可得到 m 序列伪随机码。在本实验系统中，“码型变换实验—扰码 PN”原理是以线性反馈移位寄存器理论为基础的。输出数据是 15 位的伪随机序列。图 2.1.5 是“码型变换实验—扰码 PN”产生原理图，加上 4 与门电路后能确保产生随机码。



1. 关闭系统电源，按照图 2.1.1 将 1310nm 光发射端机的 TX1310 法兰接口、FC-FC 单模尾纤、1310nm 光接收端机的 RX1310 法兰接口连接好。K05 跳线帽“模数输出选择”接通“数”端。**注意收集好器件的防尘帽。**

3. 用信号连接线连接 P103、P201 两铆孔, 示波器 A 通道测试 TP201 测试点, 确认有相应的波形输出。连接 P202、P111 两铆孔, 即将光电转换信号送入数据接收单元。信号

转换过程如图 2.1.1。

4. 对照加扰规则，观测 P103 测试点的加扰后序列信号，是否符合其规则。看波形码型时可用其时钟进行同步。P102 为数据对应的时钟，P106 为扰码数据。

5. 示波器 B 通道测试 P202 测试点，看是否有与 TP201 测试点一样或类似的信号波形。测试 P115 译码输出测试点，看是否跟发端设置的基带数据 P101 测试点一样或类似的信号波形。

6. 轻轻拧下 TX1310 或 RX1310 法兰接口的光跳线，观测 P202 测试点的示波器 B 通道是否还有信号波形？重新接好，此时是否出现信号波形。

7. 重复步骤 2，设置其它数据，完成实验，记录有关数据。

8. 按返回键，液晶菜单选择“码型变换实验—扰码 PN”确认，即在 P101 铆孔输出 32KHZ 的 15 位 m 序列。

9. 对应 P102 码元同步时钟读出码序列，根据扰码编码规则，写出当移位寄存器初始状态不为全 0，输入序列为全 0 时（即无数据输入），4 级线性反馈移位寄存器序列发生器对应的编码序列。

10. 观察 P101 波形，验证你的序列。

11. P106 为扰码数据序列，P106 和 P101 做“异或”运算，得到加扰信号 P103。观察 P106、P101 数据波形，并观察 P103 输出编码波形，根据 P106 和 P101 的观测和运算验证 P103 序列。

12. 关闭系统电源，拆除各光器件，套好光发端机、接收机红色防尘帽。

注：本实验也可选择工作波长为 1550nm 的 LD 光发射端机，也可选择扩展模块。

## 五、测量点说明

P101：菜单设置的数字序列输出序列波形测试点。

P102：P101 对应的码元时钟测试点。

P103：对应的加扰后信号。

P106：扰码数据序列。

P111：数据接收单元的电信号接收铆孔。

P115：解扰输出。

P201：光发射端机的外部电信号输入铆孔。

TP201：输入 1310nm 光发射端机的电信号测试点。

P202：1310nm 光接收端机输出的数字信号。

## 六、实验结果

1. 记录实验中得到的数据和波形，标上必要的实验说明。

2. 长连“0”、长连“1”的数字信号不利于接收端的位同步提取，扰码是怎样解决这个问题。
3. 当输入序列为什么样数据时，扰码器的输出可能是全0码或全1码或扰码序列本身。

## 实验 2.2 光纤信道眼图观察

### 一、实验目的

1. 了解眼图产生原理；
2. 用示波器观测扰码的光纤信道眼图。

### 二、实验仪器

1. 光纤通信实验箱
2. 20M 双踪示波器
3. FC-FC 单模光跳线 1 根
4. 信号连接线 3 根
5. 螺丝刀 1 个

### 三、基本原理

本实验系统主要由两大部分组成：电端机部分、光信道部分。电端机又分为电信号发射和电信号接收两子部分，光信道又可分为光发射端机、光纤、光接收端机三个子部分。眼图观测的实验结构如下图所示：

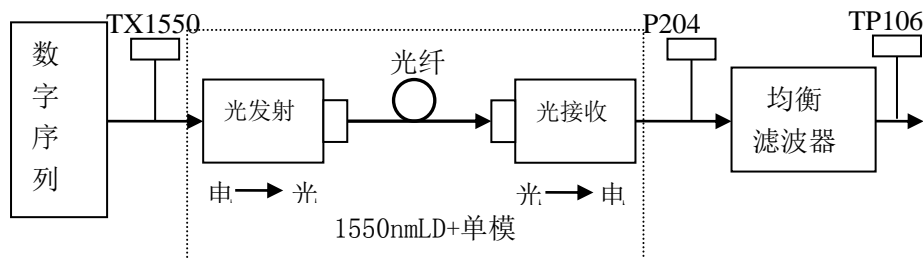


图 2.2.1 CMI 码光纤通信基本组成结构

在整个通信系统中，通常利用眼图方法估计和改善传输系统性能。

在整个通信系统中，通常利用眼图方法估计和改善传输系统性能。

我们知道，在实际的通信系统中，数字信号经过非理想的传输系统必定要产生畸变，也会引入噪声和干扰，也就是说，总是在不同程度上存在码间串扰。在码间串扰和噪声同时存在情况下，系统性能很难进行定量的分析，常常甚至得不到近似结果。为了便于评价实际系统的性能，常用观察眼图进行分析。

眼图可以直观地估价系统的码间干扰和噪声的影响，是一种常用的测试手段。

什么是眼图？

所谓“眼图”，就是由解调后经过接收滤波器输出的基带信号，以码元同步时钟作为同步信号在示波器屏幕上显示的波形。干扰和失真所产生的传输畸变，可以在眼图上清楚地显示出来。

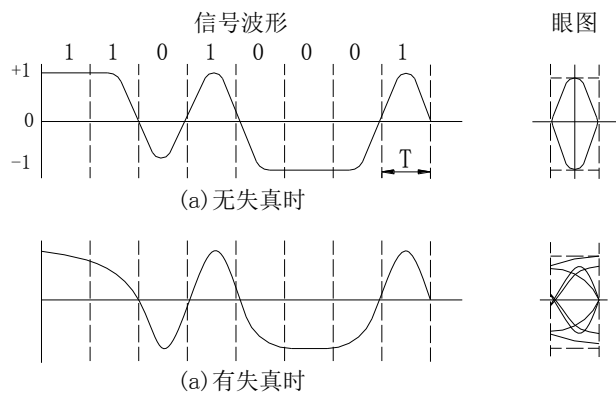


图 2.2.2 无失真及有失真时的波形及眼图

(a) 无码间串扰时波形；无码间串扰眼图

(b) 有码间串扰时波形；有码间串扰眼图

在图 2.2.2 中画出两个无噪声的波形和相应的“眼图”，一个无失真，另一个有失真(码间串扰)。

图 2.2.2 中可以看出，眼图是由虚线分段的接收码元波形叠加组成的。眼图中央的垂直线表示取样时刻。当波形没有失真时，眼图是一只“完全张开”的眼睛。在取样时刻，所有可能的取样值仅有两个： $+1$  或  $-1$ 。当波形有失真时，在取样时刻信号取值分布在小于  $+1$  或大于  $-1$  附近，“眼睛”部分闭合。这样，保证正确判决所容许的噪声电平就减小了。换言之，在随机噪声的功率给定时，将使误码率增加。“眼睛”张开的大小就表明失真的严重程度。

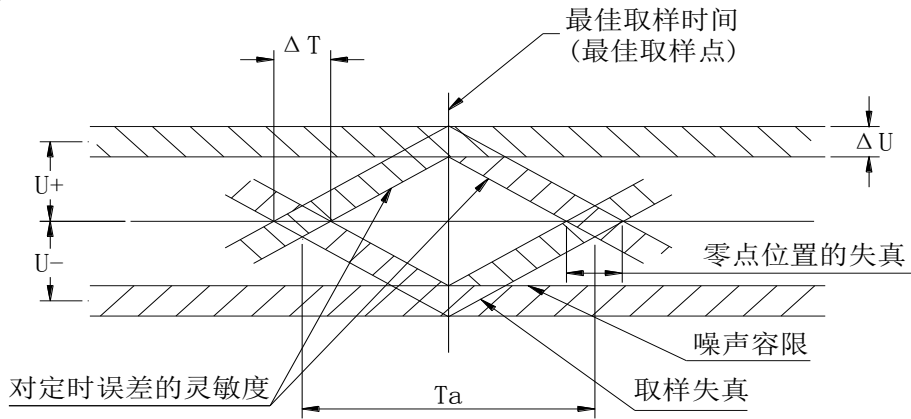


图 2.2.3 眼图的重要性质

为便于说明眼图和系统性能的关系，我们将它简化成图 2.2.3 的形状。由此图可以看

出：(1)最佳取样时刻应选择在眼睛张开最大的时刻；(2)眼睛闭合的速率，即眼图斜边的斜率，表示系统对定时误差灵敏的程度，斜边愈陡，对定位误差愈敏感；(3)在取样时刻上，阴影区的垂直宽度表示最大信号失真量；(4)在取样时刻上，上下两阴影区的间隔垂直距离之半是最小噪声容限，噪声瞬时值超过它就有可能发生错误判决；(5)阴影区与横轴相交的区间表示零点位置变动范围，它对于从信号平均零点位置提取定时信息的解调器有重要影响。实验室理想状态下的眼图如图 2.2.4 所示。

衡量眼图质量的几个重要参数有：

1. 眼图开启度  $(U-2\Delta U)/U$

指在最佳抽样点处眼图幅度“张开”的程度。无畸变眼图的开启度应为 100%。

其中  $U=U_++U_-$

2. “眼皮”厚度  $2\Delta U/U$

指在最佳抽样点处眼图幅度的闭合部分与最大幅度之比，无畸变眼图的“眼皮”厚度应等于 0。

3. 交叉点发散度  $\Delta T/T$

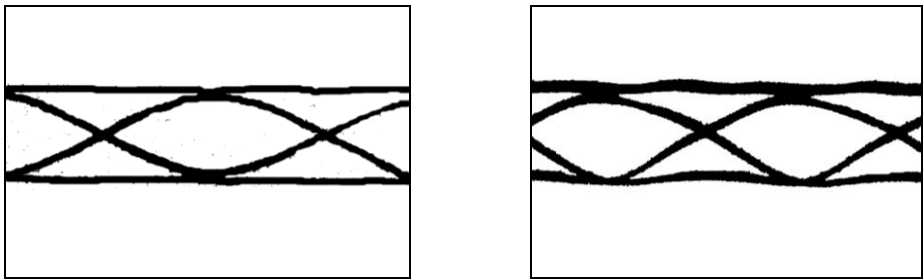
指眼图过零点交叉线的发散程度，无畸变眼图的交叉点发散度应为 0。

4. 正负极性不对称度

指在最佳抽样点处眼图正、负幅度的不对称程度。无畸变眼图的极性不对称度应为 0。

最后，还需要指出的是：由于噪声瞬时电平的影响无法在眼图中得到完整的反映，因此，即使在示波器上显示的眼图是张开的，也不能完全保证判决全部正确。不过，原则上总是眼睛张开得越大，误判越小。

在图 2.2.4 中给出从示波器上观察到的比较理想状态下的眼图照片。



(a) 二进制系统 (b) 随机数据输入后的二进制系统  
图 2.2.4 实验室理想状态下的眼图

四、实验步骤

1. 关闭系统电源，按照图 2.2.1 将 1550nm 光发射端机的 TX1550 法兰接口、FC-FC 单模尾纤、1550nm 光接收端机的 RX1550 法兰接口连接好。**注意收集好器件的防尘帽。**
2. 打开系统电源，在液晶菜单选择“码型变换实验-扰码 PN”的子菜单，确认；P101 测试点观测菜单选择的基带数据序列。

3. 用信号连接线连接 P101、P203 两铆孔，示波器 A 通道测试 TX1550 测试点，确认有相应的波形输出。示波器 B 通道测试 P204 测试点，确认有相应的波形输出，并和 A 通道的波形进行比较是否一致。若不一致，请检查 FC-FC 单模尾纤是否接好。

4. 连接 P204、P112，即 1550nm 光接收端机电光转换后数据自动送往均衡滤波器电路。示波器 A 通道（触发 TRIGGER 档）测试 P102 测试点（与码元同步的时钟 T），示波器 B 通道测试 TP106 测试点（均衡滤波器输出波形）

5. 将示波器的 A 通道设置成触发通道，调节通道 A 的触发电平，调整示波器的扫描周期（ $=nT$ ），使 TP106 的升余弦波波形的余辉反复重叠（即与码元的周期同步），则可观察到 n 只并排的眼图波形。眼图上面的一根水平线由连 1 引起的持续正电平产生，下面的一根水平线由连 0 码引起的持续的负电平产生，中间部分过零点波形由 1、0 交替码产生。

6. 调整 W901 直到 TP106 点波形出现过零点波形重合、线条细且清晰的眼图波形（即无码间串扰、无噪声时的眼图）。在调整 W901 过程中，可发现眼图过零点波形重合时 W901 的位置不是唯一的，它正好验证了无码间串扰的传输特性不唯一。

7. 关闭系统电源，拆除各光器件，套好光发射机、接收机红色防尘帽。

套好光纤的透明色防尘帽，将光纤按直径 15cm 绕圆圈，放入塑料袋里。

## 五、测量点说明

P101：菜单设置的数字序列输出序列波形测试点。

P102：P101 对应的码元时钟测试点。

P112：均衡滤波器的信号输入铆孔。

P203：光发射端机的外部电信号输入铆孔。

TX1550：输入 1550nm 光发射端机的电信号测试点。

P204：1550nm 光接收端机输出的数字信号。

TP106：通过均衡滤波器输出波形，眼图观测点。

## 六、实验结果

1. 绘出实验观察到的几种情况下的升余弦波形及眼图形状，标上必要的实验说明。
2. 叙述眼图的产生原理以及它的作用。



## 实验 3 模拟/数字电话光纤传输系统实验

### 一、实验目的

1. 了解电话接口电路组成;
2. 了解电话呼叫接续过程;
3. 掌握电话呼叫时的各种可闻信号音的特征;
4. 了解记发器的工作过程;
5. 掌握 PCM 编译码原理;
6. 了解双光纤全双工通信的组成结构。

### 二、实验仪器

1. 光纤通信实验箱
2. 20M 双踪示波器
3. FC-FC 单模光跳线          2 根
4. 小型电话单机                2 部
5. 铆孔连接线                  若干

### 三、基本原理

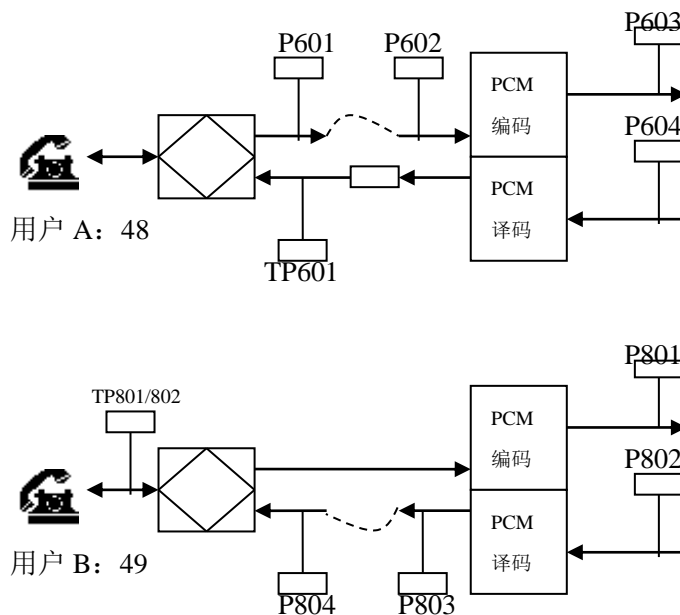


图 3.1 电话用户 A、B 结构示意图

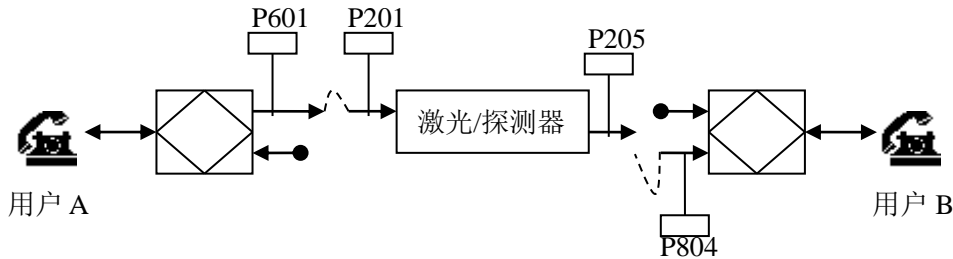


图 3.2 电话用户 A、B 模拟光传输结构示意图（A 到 B 单工）

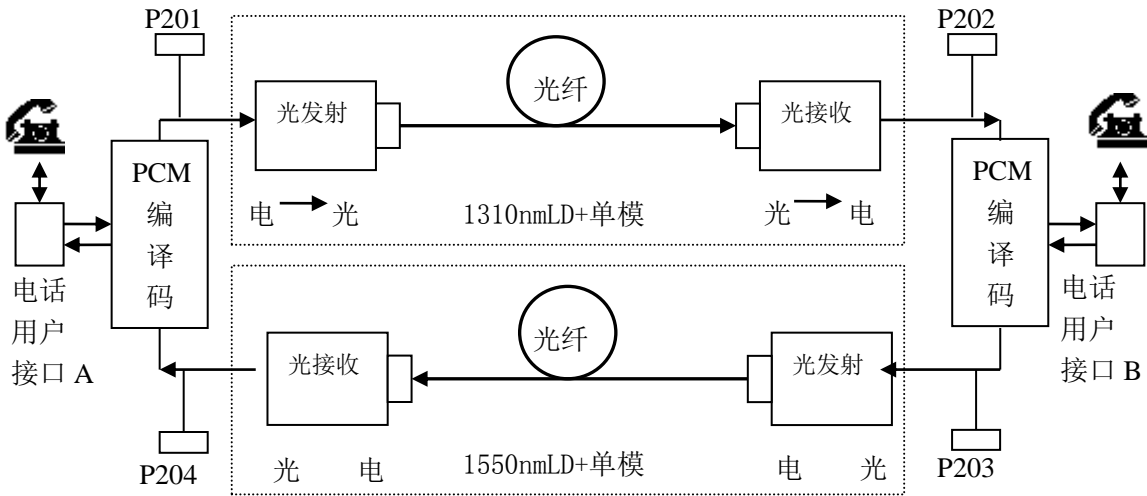


图 3.3 数字电话光纤通信基本组成结构示意图

本实验系统主要由两大部分组成：电端机部分、光信道部分。电端机由电话用户接口电路 A、PCM 编译码 A、记发器电路、PCM 编译码 B、电话用户接口电路 B 等组成，光信道为双光纤通信结构。电话语音信号的光纤传输，可以有多种方式，一种是原始语音信号，经过光纤直接进行传输；另一种方式是先把话音信号数字化，然后再经过光纤传输，目前使用最多的是 PCM 编译码方式。

下面先介绍本实验平台上两路电话电路接口示意图。

（一）电话接口电路原理介绍

用户电路也可称为用户线接口电路（Subscriber Line Interface Circuit—SLIC）。任何交换机都具有用户线接口电路。根据用户电话机的不同类型，用户线接口电路(SLIC)分为模拟用户接口电路和数字用户接口电路两种。

模拟用户线接口电路在实现上的最大压力是应能承受馈电、铃流和外界干扰等高压大电流的冲击，过去都是采用晶体管、变压器（或混合线圈）、继电器等分立元件构成。

在实际中，基于实现和应用上的考虑，通常将 BORSCHT 功能中过压保护由外接元器件完成，编解码器部分另单成一体，集成为编解码器（CODEC），其余功能由集成模拟 SLIC 完成。

在布控交换机中，向用户馈电，向用户振铃等功能都是在绳路中实现的，馈电电压一般是-60V，用户的馈电电流一般是 20mA~30mA，铃流是 25Hz, 90V 左右，而在程控交换机中，由于交换网络处理的是数字信息，无法向用户馈电、振铃等，所以向用户馈电、振铃等任务就由用户线接口电路来承担完成，再加上其它一些要求，程控交换机中的用户线接口电路一般要具有 B（馈电）、R（振铃）、S（监视）、C（编译码）、H（混合）、T（测试）、O（过压保护）七项功能。图 3.4 为模拟用户线接口功能框图。

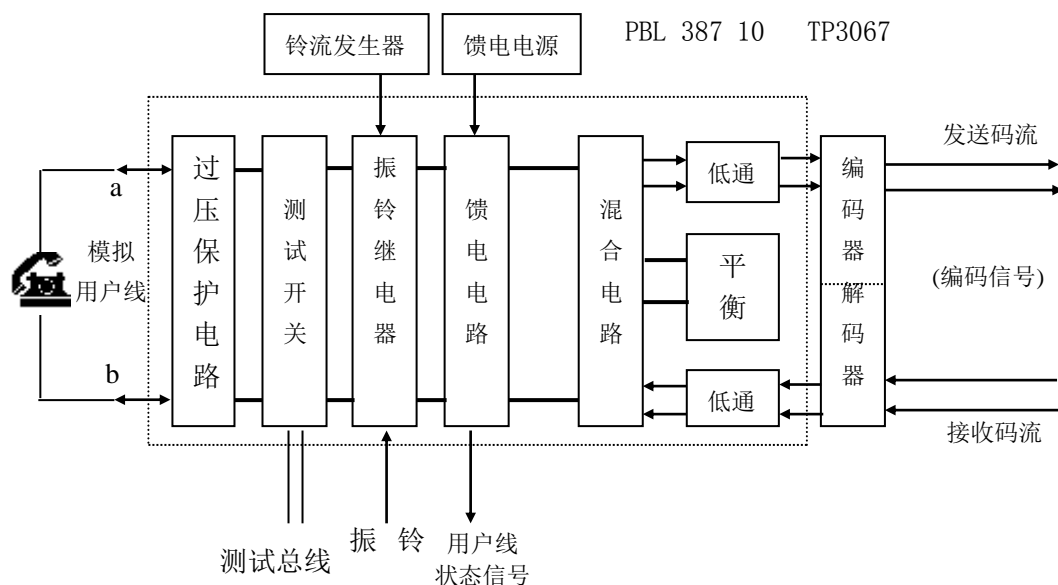


图 3.4 模拟用户线接口功能框图

模拟用户线接口电路的功能可以归纳为 BORSCHT 七种功能，具体含义是：

- （1）馈电（B—Battery feeling）向用户话机送直流电流。通常要求馈电电压为一48 伏或—24 伏，环路电流不小于 18m A。
- （2）过压保护（O—Overtoltage protection）防止过压过流冲击和损坏电路、设备。
- （3）振铃控制（R—Ringling Control）向用户话机馈送铃流，通常为 25Hz/90Vrms 正弦波。
- （4）监视（S—Supervision）监视用户线的状态，检测话机摘机、挂机与拨号脉冲等信号以送往控制网络和交换网络。
- （5）编解码与滤波（C—CODEC/Filter）在数字交换中, 它完成模拟话音与数字码间的转换。通常采用 PCM 编码器（Coder）与解码器 (Decoder) 来完成,，统称为 CODEC。

相应的防混叠与平滑低通滤波器占有话路（300Hz-3400Hz）带宽，编码速率为 64kb/s。

（6）混合（H—Hybird）完成二线与四线的转换功能，即实现模拟二线双向信号与 PCM 发送，接收数字四线单向信号之间的连接。过去这种功能由混合线圈实现，现在改为集成电路，因此称为“混合电路”。

（7）测试（T—Test）对用户电路进行测试。

### 用户线接口电路：

在本实验系统中，用户线接口电路选用的是 PBL38710。PBL38710 是 2/4 线厚膜混合用户线接口电路。它包含向用户话机恒流馈电、向被叫用户话机馈送铃流、用户摘机后自行截除铃流，摘挂机的检测及音频或脉冲信号的识别，用户线是否有话机的识别，语音信号的 2/4 线混合转换，外接振铃继电器驱动输出。PBL38710 用户电路的双向传输衰减均为 -1dB，供电电源为+ 5V 和 - 5V，PBL38710 还将输入的铃流信号放大以达到电话振铃工作的要求，即达到+75V 的有效值。其各项性能指标符合邮电部制定的有关标准。

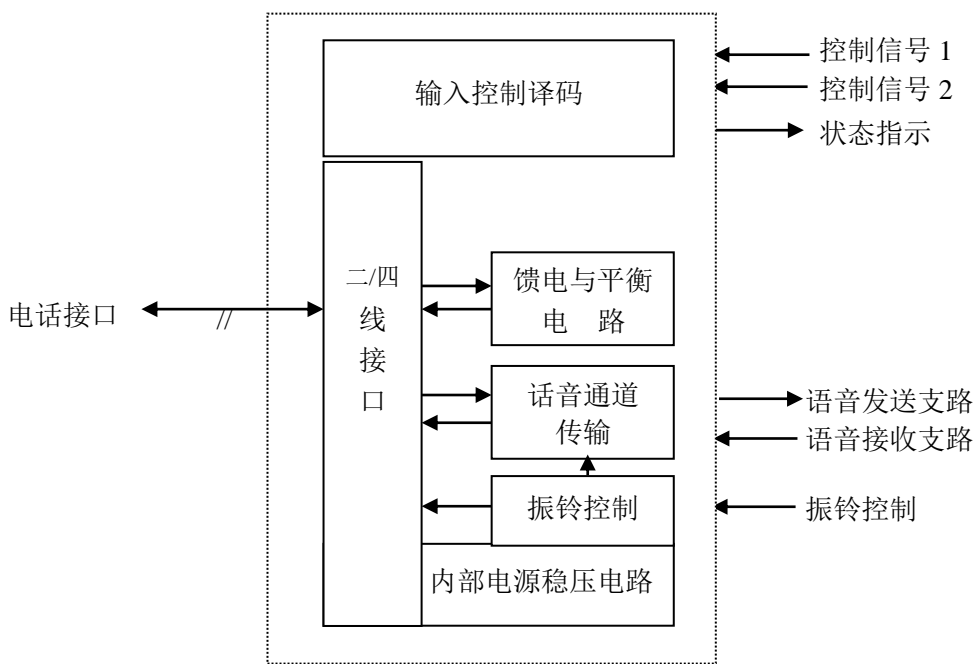


图 3.5 PBL 387 10 内部电路方框图

#### （1）该电路的基本特性

1. 向用户馈送铃流
2. 向用户恒流馈电
3. 过压过流保护
4. 被叫用户摘机自截铃

5. 摘挂机检测和 LED 显示
6. 音频或脉冲拨号检测
7. 振铃继电器驱动输出
8. 语音信号的 2/4 线转换
9. 能识别是否有话机
10. 无需耦合变压器

## (2) 用户线接口电路主要功能

1. 向用户话机供电, PBL38710 可对用户话机提供恒流馈电, 馈电电流由 VBAT 以及 VDD 供给。当环路电阻为  $2K\Omega$  时, 馈电电流为 18 mA。具体如下:

- A. 供电电源 VBAT 采用 -48V;
- B. 在静态情况下 (不振铃、不呼叫), -48V 电源通过继电器静合接点至话机;
- C. 在振铃时, -48V 电源通过振铃支路经继电器动合接点至话机;
- D. 用户挂机时, 话机叉簧下压, 馈电回路断开, 回路无电流流过;
- E. 用户摘机后, 话机叉簧上升, 接通馈电回路 (在振铃时接通振铃支路) 回路。

2. PBL38710 内部具有过压保护的功能, 可以抵抗保护 TIP--RING 端口间的瞬时高压, 如结合外部的热敏与压敏电阻保护电路, 则可抵抗保护 250V 左右高压。

3. 振铃电路可由外部的振铃继电器和用户电路内部的继电器驱动电路以及铃流电源向用户馈送铃流: 当继电器控制端 (RC 端) 输入高电平, 继电器驱动输出端 (RD 端) 输出高电平, 继电器接通, 此时铃流源通过与振铃继电器连接的 15 端 (RV 端) 经 TIP--RING 端口向被叫用户馈送铃流。当控制端 (RC 端) 输入低电平或被叫用户摘机都可截除铃流。用户电路内部提供一振铃继电器感应电压抑制箝位二极管。

4. 监视用户线的状态变化即检测摘挂机信号, 具体如下:

A. 用户挂机时, 用户状态检测输出端输出低电平, 以向 CPU 中央集中控制系统表示用户 “闲”;

B. 用户摘机时, 用户状态检测输出端输出高电平, 以向 CPU 中央集中控制系统表示用户 “忙”;

C. 用户若拨电话号码为脉冲拨号方式时, 该用户状态输出端应能送出拨号数字脉冲。回路断开时, 送出低电平, 回路接通时送出高电平 (注: 本实验系统不选用脉冲拨号方式, 只采用 DTMF 双音多频拨号方式);

5. 在 TIP--RING 端口间传输的语音信号为对地平衡的双向语音信号, 在四线 VR 端与 VX 端传输的信号为收发分开的不平衡语音信号。PBL38710 可以进行 TIP--RING 端口与四线 VR 端和 VX 端间语音信号的双向传输和 2 / 4 线混合转换。

6. PBL38710 可以提供用户线短路保护: TIP 线与 RING 线间, TIP 线与地间, RING 线与地间的长时间的短路对器件都不会损坏。

7. PBL38710 提供的双向语音信号的传输衰耗均为-40dB。该传输衰耗可以通过PBL38710 用户电路的内部调整，也可通过外部电路调整。

8. PBL38710 的四线端口可供语音信号编译码器或交换矩阵使用。

(二) 正常呼叫接续时传送信号工作流程

图 3.6 为一次正常呼叫传送信号流程图，图 3.7 是一次正常呼叫状态分析图。

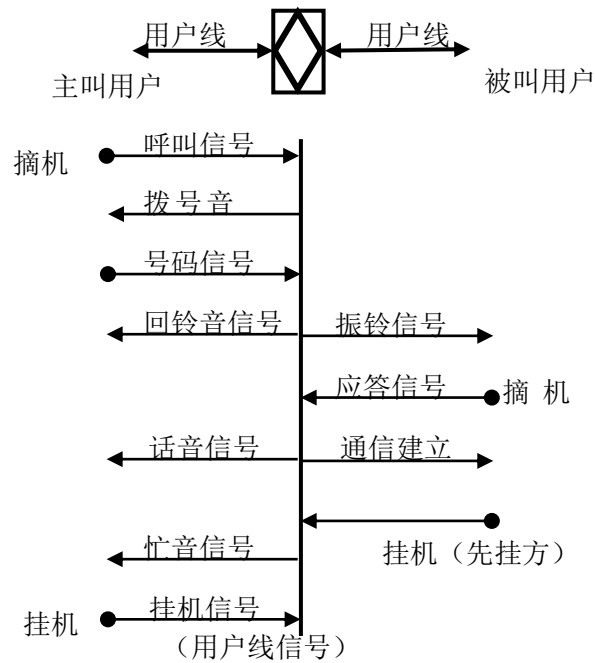


图 3.6 一次正常呼叫传送信号的流程图

当主叫用户电话摘机，话机听筒传来拨号音。开始拨号，拨号音断。拨号完毕，若呼叫存在，话机听筒传来回铃音，被叫用户话机振铃，被叫用户摘机，回铃音断；若呼叫号码不存在，话机听筒传来忙音。在等待拨号、拨号、呼叫等每个状态都有计时，若超过规定时间，则呼叫中断，话机听筒传来忙音，催挂机。通话完毕，一方挂机，另一方送忙音。

(三) 各种可闻信号音的特征

在用户话机与交换机之间的用户线上，要沿两个方向传递语言信息。但是，为了实现一次通话，还必须沿两个方向传送所需的控制信号。比如，当用户想要通话时，必须首先向程控机提供一个信号，能让交换机识别并使之准备好有关设备，此外，还要把指明呼叫的目的地的信号发往交换机。当用户想要结束通话时，也必须向电信局交换机提供一个信号，以释放通话期间所使用的设备。除了用户要向交换机传送信号之外，还需要传送相反方向的信号，如交换机要向用户传送关于交换机设备状况，以及被叫用户状

态的信号。

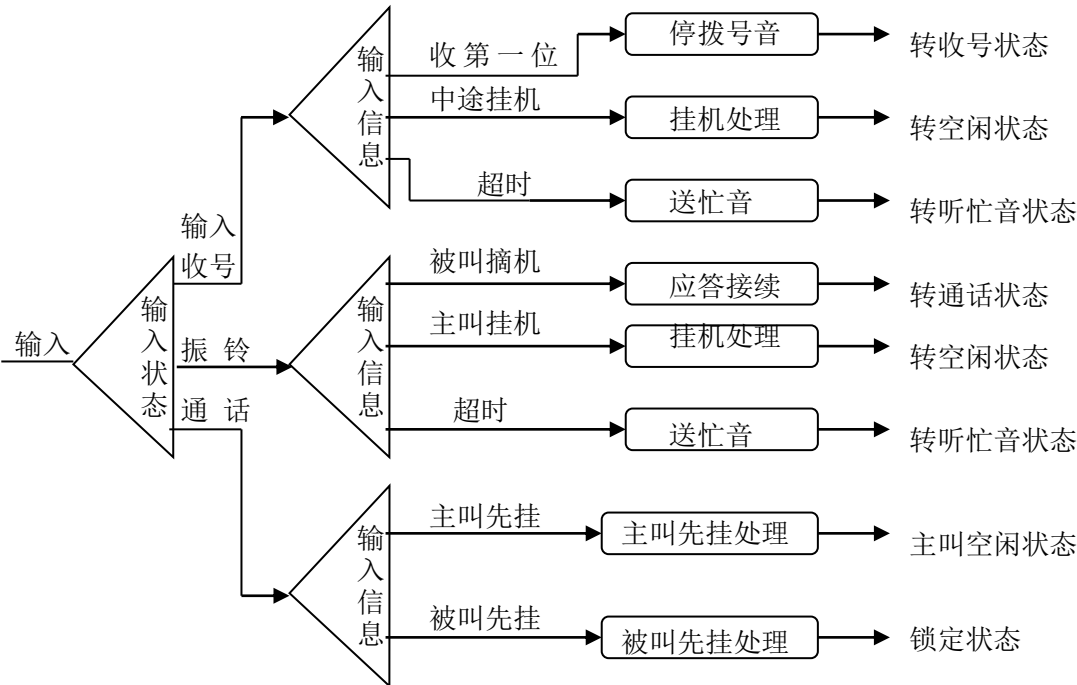


图 3.7 一次正常呼叫状态分析图

由此可见，一个完整电话通信系统，除了交换系统和传输系统外，还应有信令系统。用户向电信局交换机发送的信号有用户状态信号（一般为直流信号）和号码信号（地址信号）。交换机向用户发送的信号有各种可闻信号和振铃信号（铃流）两种。

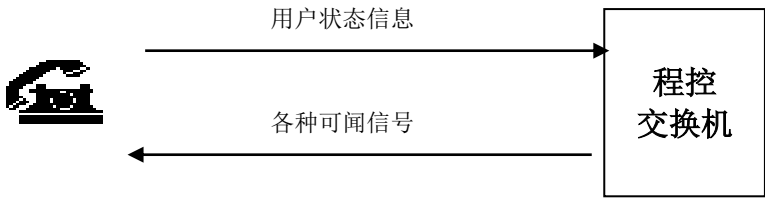


图 3.8 工作原理框图

在本实验系统中，电话呼叫接续时的各种可闻信号音由 CPLD 可编程逻辑器件 EPM240 产生，在记发器的控制下，将相应的信号音送给电话用户。

- A. 各种可闻信号：一般采用频率为 500Hz 的交流信号，例如：
  - 拨号音：(Dial tone) 连续发送的 500Hz 信号。
  - 回铃音：(Echo tone) 1 秒送，4 秒断的 5 秒断续的 500Hz 信号。

忙音：（busy tone）0.35 秒送，0.35 秒断的 0.7 秒断续的 500Hz 信号。

- B. 振铃信号（铃流）：一般采用频率为 25Hz，幅度为  $75V \pm 15V$  的交流电压，以 1 秒送，4 秒断的 5 秒断续方式发送。

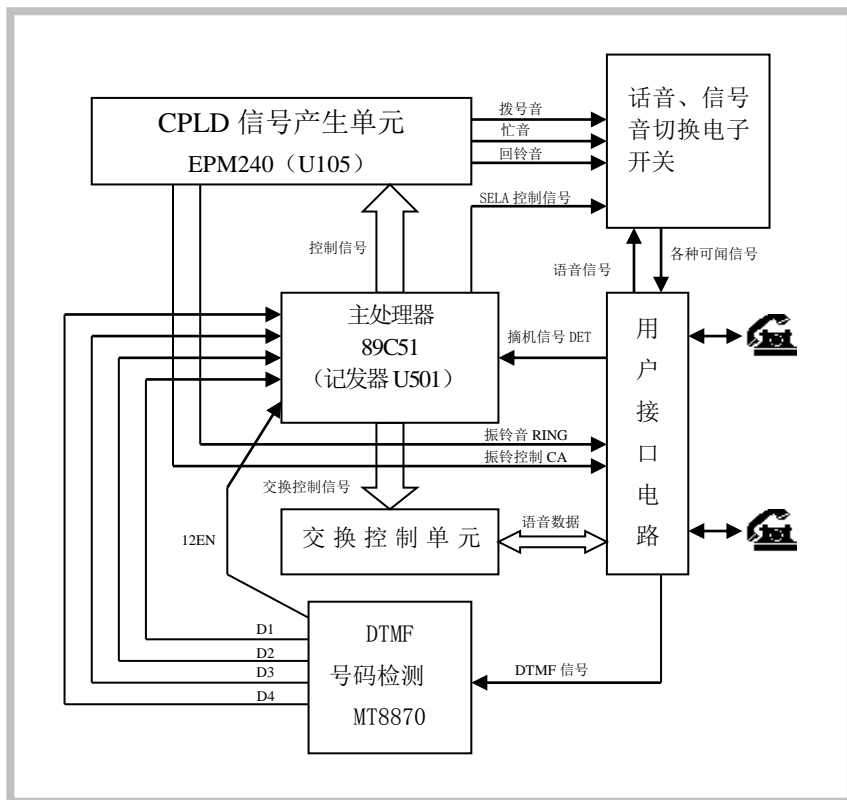


图 3.9 记发器工作过程示意框图

记发器电路是记发器模块（CPU 主处理器）及外围电路，主要由 CPU 芯片 U501（AT89C51）、CPLD 可编程器件 EPM240、锁存器 74HC573 等组成，它们在系统软件的作用下，完成对话机状态的监视、信号音及铃流输出的控制、电话号码的识别、交换命令发送等功能。见图 3.9，具体叙述如下：

1. 用户状态检测电路：接收各个用户线接口电路输出的用户状态检测信号 DETX（X 是话路的序号），可以是 A、B，例如 DETA 是电话 A 话路的用户状态检测信号（下面文字说明中标号的 X 含义与此处相同），信号直接送入 CPU 的 P1 口，以识别主、被叫用户摘挂机状态。

2. 信号音控制电路：主要由单片机 U501 及 4066 的电子开关组成，由 CPU 经 EPM240 口输出的拨号音控制信号（SELA1）、忙音控制信号（SELA2）、回铃音控制信号（SELA3）的作用下，分别分时地将上述三种信号通过电子开关送入主叫用户的电话收端(听筒)。

3. 铃流控制电路：由上述的单片机 U501、EPM240 和用户线接口芯片 PBL 38710 的有



关电路等组成。自动交换时，在单片机 U501 控制作用下，EPM240 口输出的振铃音信号（RING），铃流音控制信号(CA)送给 PBL38710，RING 信号由 PBL38710 提升功率后，使其有效值达到 75V 左右，在 CA 的控制下送往电话机，驱动振铃。

4. DTMF 接收控制电路：主要由 EPM240 可编程器件和 CPU 的中断端口组成，当 MT8870 收到电话号码后，便发出使能信号（12EN 或 34EN）向 CPU(U501 芯片)申请中断，接收电话号码数据（D1~D4）送给 CPU（U501）和 EPM240 进行处理。然后，CPU（U501）译成交换命令（COMM 字节表示）送往交换单元。

表 3.1 MT8870 译码表

$f_L$ (Hz)	$f_H$ (Hz)	NO.	EN	D <sub>04</sub>	D <sub>03</sub>	D <sub>02</sub>	D <sub>01</sub>
697	1209	1	H	L	L	L	H
697	1336	2	H	L	L	H	L
697	1477	3	H	L	L	H	H
770	1209	4	H	L	H	L	L
770	1336	5	H	L	H	L	H
770	1477	6	H	L	H	H	L
852	1209	7	H	L	H	H	H
852	1336	8	H	H	L	L	L
852	1477	9	H	H	L	L	H
941	1336	0	H	H	L	H	L
941	1209	*	H	H	L	H	H
941	1477	#	H	H	H	L	L
697	1633	A	H	H	H	L	H
770	1633	B	H	H	H	H	L
852	1633	C	H	H	H	H	H
941	1633	D	H	L	L	L	L
			L	Z	Z	Z	Z

（四）双音多频（DTMF）检测

DTMF 接收器包括 DTMF 分组滤波器和 DTMF 译码器，其基本原理如图 3-1 所示。DTMF 接收器先经高、低群带通滤波器进行  $f_L$  /  $f_H$  区分，然后过零检测、比较，得到相应于 DTMF 的两路  $f_L$ 、 $f_H$  信号输出。该两路信号经译码、锁存、缓冲，恢复成对应于 16 种 DTMF 信号音对的 4 比特二进制码（D1~D4）。

本实验系统采用 MT8870 进行号码检测的，MT8870 的译码表见 3.1 所示，图 3.10 为双音多频实验系统的电原理框图。其中，数据输出允许端 EN 和 D1~D4 见平台上记发器模块的左边测试过孔。

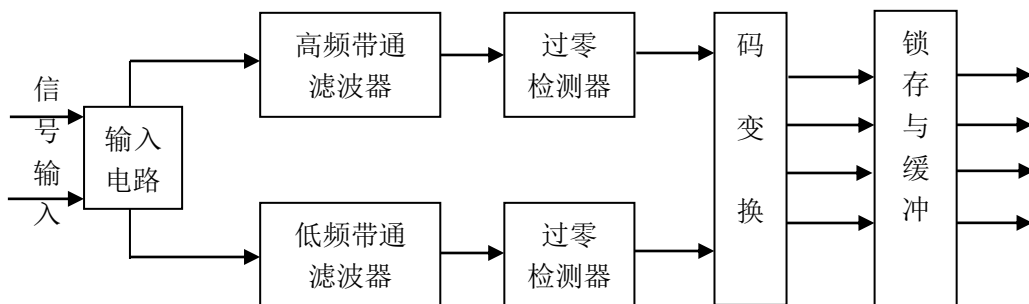


图 3.10 典型 DTMF 接收器原理框图

### 三、实验步骤

#### （一）模拟电话光纤传输（单工）

1. 关闭系统电源。按照图 3.2 所示连接好信号连接线（P601 与 P201 相连，模拟信号的输出口 P205 与 P804 相连，1310nm 光发射端机的 TX1310 法兰接口、FC-FC 单模尾纤、1310nm 光接收端机的 RX1310 法兰接口连接好），即构成电话 A 到电话 B 的单工语音信号直接光纤传输通道。

2. 电话 A、B 接上电话单机，打开系统电源。

3. K01、K02、K03 插上跳线器，K05 插入左侧模拟信号输出。

4. 电话 A 摘机（无需拨号呼叫，可直接语音通信）。

5. 电话 B 摘机，此时，如图 3.2，电话 A 到电话 B 通，反之不通。感受一下电话语音的传输效果。

#### （二）数字电话光纤传输（双工）

1. 关闭系统电源，按照图 3.1、图 3.3 将电话单机、信号连接线（P601—P602，P603—P201，P202—P802，P801—P203，P204—P604，P803—P804）、1310nm 光发射端机的 TX1310 法兰接口、FC-FC 单模尾纤、1310nm 光接收端机的 RX1310 法兰接口连接好；1550nm 光发射端机与接收端机用 FC-FC 单模尾纤相连；另外，信号连接线连接 P108、P111（否则电话无法拨号呼叫）。**注意 K01、K02、K03 插上跳线器，K05 插入右侧数字信号，收集好器件的防尘帽。**

2. 打开系统电源，在液晶菜单选择“光纤传输实验-PCM 数据”的子菜单，确认；电话 A、B 两路“PCM 编译码”正常工作，将语音信号转化为 64KHZ 的数字信号输出。

3. 电话 A 摘机，此时摘机信号 DET 通知记发器做好呼叫通话的一切准备，同时，记发器给电话 A 送上拨号音信号，测试 TP601 点；

4. 电话 A 拨号（如：49），号码信号（P601）传送到 DTMF 接收器进行译码，同时在拨第一个号码时就通知记发器停止送拨号音信号；

5. 电话 A 拨号完毕，记发器单元给电话 A 送回铃音信号（TP601 等），同时给被呼

叫方送振铃信号；

6. 被叫方电话 B 摘机，摘机信号 DET 通知记发器。此时，电话 A 的回铃音和电话 B 的振铃信号结束。

7. 通话正常进行，电话 A 的语音经 PCM1 编码，光纤 1310nm 信道传输后送至 PCM2 译码，恢复的语音信号从电话 B 听筒播放出来；电话 B 的语音经 PCM2 编码，光纤 1550nm 信道传输后送至 PCM1 译码，恢复的语音信号从电话 A 听筒播放出来。

8. 被叫方电话 B 挂机，通信结束。挂机信号（DET）通知记发器单元拆线，电话 B 空闲，同时给呼叫方电话 A 送忙音信号（P601）；

9. 电话 A 挂机，挂机信号（DET）通知记发器单元，电话 A 现在空闲；一次完整数字电话光纤传输系统过程结束。

10. 认真思考整个呼叫的过程，实验验证系统是怎样处理各种突发现象的。  
测试实验过程中的各个测试点，叙述信号变化的过程。

11. 关闭系统电源，拆除各光器件，套好光发端机、接收机红色防尘帽。

套好光纤的透明色防尘帽，将光纤按直径 15cm 绕圆圈，放入塑料袋里。

注意：一般情况下，一体化数字光端机的输入电平调节电位器，都右旋到底。如果配置了波分复用解复用器及法兰 1 套，自行设计连接方案，实现两路电话在光纤上的合波及解波的双工通信，画出你的实验方框图。

## 五、测量点说明

### 电话用户 A 测试点：

P601：电话 A 语音信号发送连接铆孔；

TP601：电话 A 接收的语音信号测试点（需拨通电话）；

P602：PCM1 编码的模拟信号输入铆孔。

P603：PCM1 编码数据输出连接铆孔；

P604：PCM1 译码数据输入连接铆孔；

### 电话用户 B 测试点：

TP801、TP802：电话 B 的模拟用户线上测试点

P801：PCM2 编码数据输出连接铆孔

P802：PCM1 译码数据输入连接铆孔；

P803：PCM2 译码恢复的模拟信号输出连接铆孔；

P804：电话 B 接收的语音信号的连接铆孔；

### 光信道测试点说明：

TP201：输入 1310nm 光发射端机的电信号测试点。

P201: 1310nm 光发射端机的数字信号输入连接铆孔。

P202: 1310nm 光接收端机输出的数字信号输出连接铆孔。

TX1550: 输入 1550nm 光发射端机的电信号测试点。

P203: 1550nm 光发射端机的数字信号输入连接铆孔。

P204: 1550nm 光接收端机输出的数字信号输出连接铆孔。

## 六、实验结果

1. 画出各个实验连接示意图，标上必要的实验说明。
2. 测试并记录实验过程中的各个测试点信号波形，分析信号的变化过程。
3. 叙述记发器单元的工作过程，尝试画出其程序流程图。
4. 自行设计连接方案，实现两电话语音单光纤的同向和反向本地双工通信，画出你的实验方框图及使用的器件。

## 实验 4 时分复用光纤通信系统

### 一、实验目的

1. 掌握数字时分复用/解复用的概念和原理；
2. 掌握数字时分复接光纤通信系统的结构；
3. 掌握同步复接的帧结构。

### 二、实验仪器

1. 光纤通信实验箱
2. 20M 双踪示波器
3. FC-FC 单模光跳线
4. 法兰式可调衰减器
5. 小型电话单机                2 部
6. 计算机串口线
7. 铆孔连接线                若干

### 三、基本原理

在数字通信中，为扩大传输容量和提高传输效率，通常需把若干低速的数据码流按一定格式合并为高速数据码流，以满足上述需要。数字复接就是依据时分复用基本原理完成数码合并的一种技术。在时分复用中，把时间划分为若干时隙，各路信号在时间上占有各自的时隙，即多路信号在不同的时间内被传送，各路信号在时域中互不重叠。

把两个或两个以上的支路数字信号按时分复用方式合并成单一的合路数字信号的过程称为数字复接，其实现设备称为数字复接器。在接收端把一路复合数字信号分离成各路信号的过程称为数字分接，其实现设备称为数字分接器。数字复接器、数字分接器和传输信道共同构成数字复接系统。本实验平台中，数据发送单元模块的 U101 内集成了数字复接器，数据接收单元的 U105 内集成了数字分接器，连接好光纤传输信道即构成了一个完整的数字复接系统。

数字复接的方法主要有按位复接、按字复接和按帧复接三种；按照复接时各路信号时钟的情况，复接方式可分为同步复接、异步复接与准同步复接三种。本实验中选择了按字复接的方法和准同步复接的方式。

本实验中数字复接系统方框图，如图 4.1。

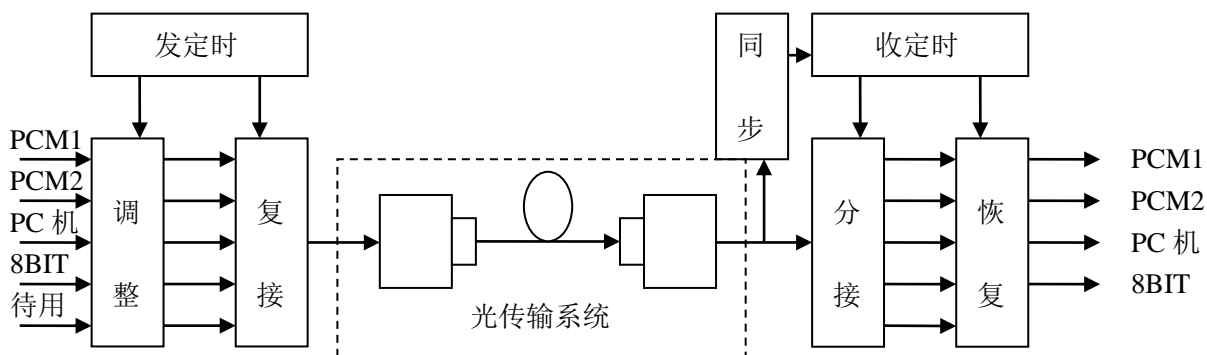


图 4.1 数字复接系统方框图

定时单元给设备提供一个统一的基准时钟。码速调整单元把速率不同的各支路信号，调整成与复接设备定时完全同步的数字信号，以便由复接单元把各支路信号复接成一个数字流。本实验中，码速调整单元将 PCM1 编码数据、PCM2 编码数据、PC 机数据和地址开关（拨码器）设置的 8BIT 数据都调整成速率为 512KHZ 的码元，然后复接进同一个数据码流中。并在第 1 路时隙中加入帧同步信号，在第 7 路时隙中加入的有关数据信息的信令。本实验中同步复接的帧结构如图 4.2 所示。

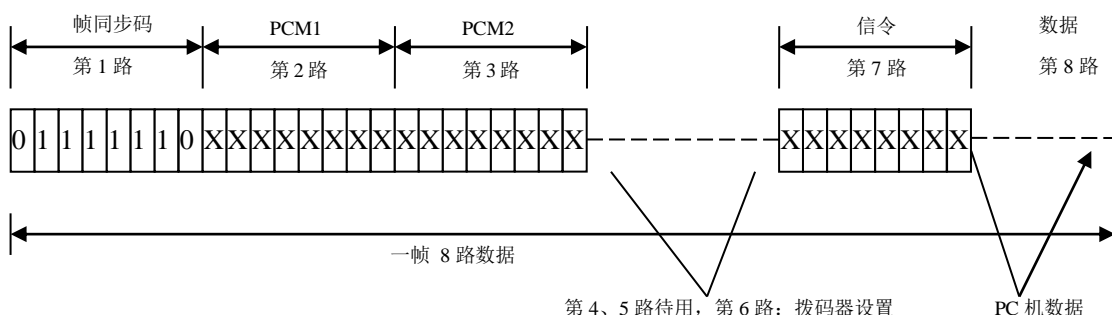


图 4.2 同步复接的帧结构示意图

在出厂程序中仅提供了四路数据参加复接，加上同步帧头，所以还有 3 路时隙空闲，可供升级。在默认控制下，各路数据占据的时隙位置如下表 4.1。

表 4.1 数据类型和时隙位置

数据类型	帧头	PCM1	PCM2	空置	空置	8BIT 拨码器	信令*	PC 数据*
时隙位置	第 1 路	第 2 路	第 3 路	第 4 路	第 5 路	第 6 路	第 7 路	第 8 路

数字分解器由同步、定时、分接和恢复单元组成。同步单元的功能是从接收信码中

提取与接收信码同步的码元时钟信号。定时单元的功能是通过同步单元提取时钟信号的推动，产生分接设备所需要的各定时信号，如帧同步信号、时序信号。分接单元的功能是把复接信号实施分离，形成同步支路数字信号。恢复电路的功能是把被分离的同步支路数字信号恢复成原始的支路信号。一般情况下，帧同步提取有时会出现漏同步和假同步现象。



图 4.3 PC 机数据传输软件界面

## 四、实验步骤

### （一）一台实验箱上的本地自环通信

1. 关闭系统电源，按照图 4.1 将 1550nm 光发射端机的 TX1550 法兰接口、FC-FC 单模尾纤、1550nm 光接收端机的 RX1550 法兰接口连接好(形成本地自环通信)。**注意收集好器件的防尘帽。**实验箱计算机机接口 DB701 连接至 PC 机串口（用铆孔线连接：P703 和 P702；连接 P701 和 P704）。

2. 电话单机 A、电话单机 B 分别接到用户 A 与用户 B 电话接口上；

3. 各路数据复接的连接：

电话 A (PCM1)：连接 P601、P602；连接 P603、P109；

电话 B (PCM2)：连接 P801、P110；

8BIT 拨码器：内部读取。

复接数据发送（经 1550nm 光信道）：连接 P108、P203

4. 各路数据分接的连接：

复接数据接收（经 1550nm 光信道）：连接 P204、P111

电话 A (PCM2): 连接 P113、P604 (交换接收 PCM2 时隙数据);

电话 B (PCM1): 连接 P114、P802 (交换接收 PCM1 时隙数据); P803、P804

8BIT 发光二极管显示: 内部读取, 可从其亮灭状态验证解复是否正确。

解复接提取同步帧头: P104

5. 打开系统电源, 在液晶菜单选择“光纤系统实验”的子菜单, 确认; 液晶将显示帧头、PCM1、PCM2、8BIT 等的默认复接时隙, 详细见表 4.1。系统开始运作。一旦系统开始稳定运作, 8BIT 发光二极管正常显示与 SW101 拨码器设置同步, 否则检查线路故障原因 (可先不用光纤信道传输, 直接用信号连接线短接复接解复接两测试点 P108\ P111, 逐步检查验证)。

6. 电话 A (48) 呼叫电话 B (49), 检验其通话质量 (只有保证步骤 5 中信道完好, 电话用户才可拨号呼叫)。

7. 改变 8BIT 拨码器的数据组合, 检验 8BIT 发光二极管的显示状态是否符合拨码器的数据组合。

8. 运行“D:\光纤通信 8644 刻盘资料\软件\rz8644 串口配置\光纤.exe”, 如图 4.3 所示, 在“发送数据”窗口, 如果通信信道没有误码, 在“接收数据”即可收到与“发送数据”窗口中一样的数据。点击“比较数据”按钮, 即可获得接收数据的误码个数等传输状态报告 (同一台实验箱自环传输时可用)。

9. 对照复接数据的帧同步矩形窄脉冲 P104 (收端提取), 观测复接数据 (稍有延时), 对照表 4.1, 检验各路数据的时隙分配情况, 记录复接波形和数据。

10. 断开光路, 检验系统是否还工作正常。

11. 在光路中串入可调衰减器, 缓缓增加衰减量, 检验系统是否还工作正常。

## (二) 两台实验箱间的异地通信

1. 关闭系统电源, 按照图 4.1 将一台实验箱上的 1550nm 光发射端机的 TX1550 法兰接口与另一台实验箱上的 1550nm 光接收端机的 RX1550 法兰接口连接好, 将这台实验箱上的 1550nm 光发射端机的 RX1550 法兰接口与另一台实验箱上的 1550nm 光接收端机的 TX1550 法兰接口连接好。

2. 两实验箱的电信号部分均按上面自环实验中步骤连接好。

3. 打开系统电源, 在液晶菜单选择“光纤系统实验”的子菜单, 确认; 液晶将显示帧头、PCM1、PCM2、8BIT 等的默认复接时隙, 详细见表 4.1。一旦系统开始稳定运作, 一台实验箱上 8BIT 发光二极管正常显示将与与另一台实验箱上的 SW101 拨码器设置同步, 否则检查线路故障原因 (可先不用光信道传输, 直接用信号连接线短接复接解复接两点测试 P108\ P111, 逐步检查验证)。

4. 两台实验上的电话 A (48) 或电话 B (49) 间的互相拨号呼叫, 即本地电话 A 呼叫异地电话 B, 或本地电话 B 呼叫异地电话 A, 或反之呼叫。注意: 两台实验箱间电话呼叫



需要在号码前加 0，如拨另外一台实验箱 48 号码则需要拨 048，检验其通话质量（只有保证步骤 3 中信道完好，电话用户才可拨号呼叫）。

5. 关闭系统电源，拆除各光器件，套好光发端机、接收机红色防尘帽。  
套好光纤的透明色防尘帽，将光纤按直径 15cm 绕圆圈，放入塑料袋里。  
将光功率计防尘帽拧上。

## 五、测量点说明

### 电话用户 A 测试点：

- P601：电话 A 语音信号发送连接铆孔；
- TP601：电话 A 接收的语音信号测试点；
- P602：PCM1 编码的模拟信号输入铆孔。
- P603：PCM1 编码数据输出连接铆孔；
- P604：PCM1 译码数据输入连接铆孔；

### 电话用户 B 测试点：

- TP801、TP802：电话 B 的模拟用户线上测试点
- P801：PCM2 编码数据输出连接铆孔
- P802：PCM1 译码数据输入连接铆孔；
- P803：PCM2 译码恢复的模拟信号输出连接铆孔；
- P804：电话 B 接收的语音信号的连接铆孔；

### 时分复接测试点：

- P108：数字时分复接输出连接铆孔
- P109：PCM1 编码数据复接输入连接铆孔
- P110：PCM2 编码数据复接输入连接铆孔

### 时分分接测试点：

- P111：数字时分复接数据输入连接铆孔
- P113：PCM1 译码数据解复接输出连接铆孔
- P114：PCM2 译码数据解复接输出连接铆孔
- TP104：提取的帧同步窄脉冲

### 光纤信道测试点说明：

- TX1550：输入 1550nm 光发射端机的电信号测试点。

P203: 1550nm 光发射端机的数字信号输入连接铆孔。


P204: 1550nm 光接收端机输出的数字信号输出连接铆孔。

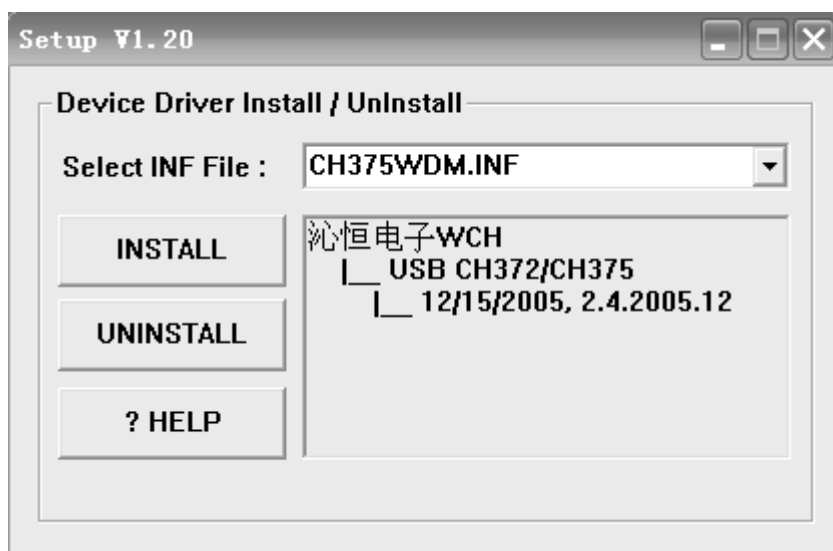
## 六、实验结果


1. 画出实验连接示意图，标上必要的实验说明。
2. 设计实验方案，实现时分复接后再经过波分复用的本地自环或双工异地传输（另一个数据可以为其它数据），画出实验结构框图。

# 附录

## 一、USB 驱动的安装方法


双击  CH372DRV 出现下面的界面。



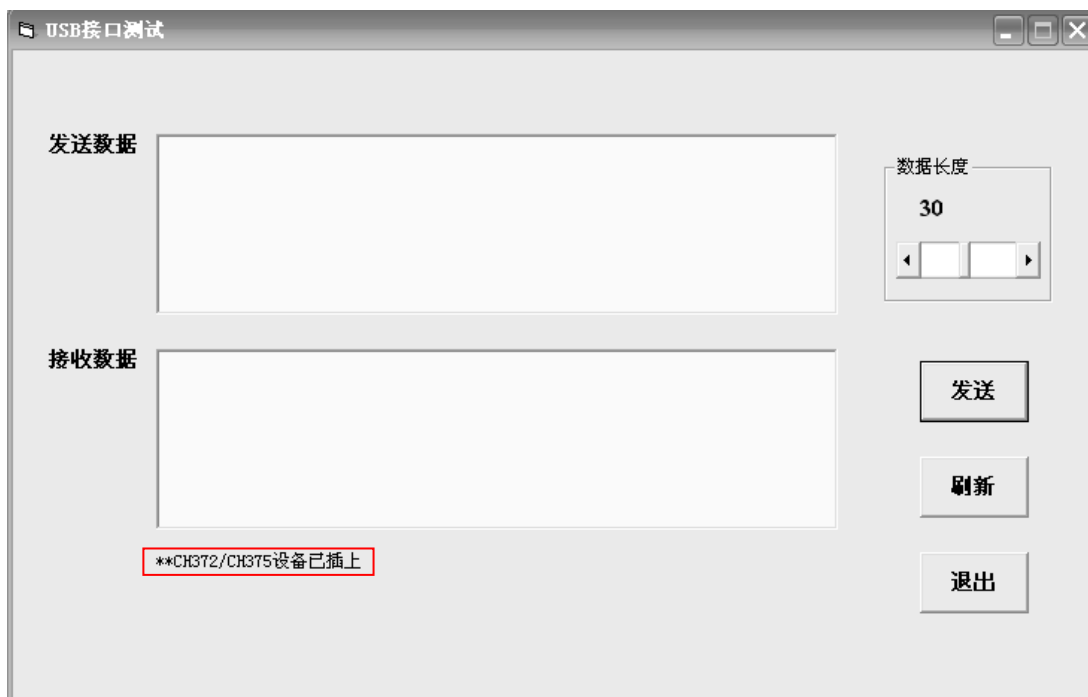
点击 ，计算机将自动安装驱动程序。



安装完成后计算机显示  
点击“确定”完成驱动程序的安装。

双击这个文件  USB

将计算机与实验箱用 usb 线连接，按第七章实验 2 连好线，选择好菜单，可以看到上层软件显示设备已插上，即可开始实验。



## 二、光信道调节方法及步骤

1. 在关电前提下，连接好测试系统信道，铆孔连接 P108 与 P201/P203 (光发端电信号输入)、P202/P204 与 P111 (光收端电信号输出)，光跳线直接连接光模块发端和收端（其它设置参考有关说明）。

2. 打开电源开关，液晶选择“光纤系统实验”的子菜单，确认，系统开始运作，此时 8 个发光二极管亮灭状态应与 SW101 拨码器设置同，并可同步变化。此时可确定测试信道完好，无需调整。

3. 由于实验室实验用的传输光纤较短，到达光收端机的光功率较强，光功率容易超出光收端机的动态范围。像这类个别情况，可以在光信道中串入光衰减器，或者在连接光跳线时光纤头略微拨出一点不要拧太紧，以减小到达光收端的光功率。所以当步骤 2 中测试现象异常时，可以通过这两种方法解决。

### 三、LD 激光\探测器性能测试模块介绍

#### （一）各主要元件及开关的作用

1. 激光器（GX201）为光发射器，其波长为 1310nm。内有光探测器，可用手搭建 APC 电路实现自动光功率控制。
2. 光探测器（GX202）为光接收器，可接收发端发出的 1310nm 波长的光。
3. 无光告警（D201 发光二极管），当激光器无光或光比较微弱时，该发光二极管点亮。
4. TP202、TP203 为激光器电流测量点，在测量激光器电流时，须将 K02 短路器拔掉，不测电流时必须插上。
5. K01（APC 检测）开关，用于检测自动光功率控制（APC）时，改变激光器的电流，K01 短路器拔掉时激光器电流减小，K01 短路器插上时激光器电流增大。
6. K03 为自动光功率控制开关，短路器插入左侧时，实现自动光功率控制（APC），插入右侧时，不能进行自动光功率控制。
7. K05 为模、数控制开关，短路器插入右侧时，选择数字信号输出，插入左侧时，选择模拟信号输出。
8. W201 电位器为输入电平调节，调整该电位器可以改变送入激光器的输入信号大小。
9. W202 电位器用来调整激光器直流电流的大小。
10. W203 电位器用来调整光接收端输出信号的大小。

#### （二）视频信号的发送与接收

LD 激光\探测器性能测试模块可传送视频信号，V201 为视频输入口，摄像头输出的视频信号通过视频线从该输入口输入，然后通过激光器转变成光信号。探测器将收到的光信号转换成视频信号，经放大后的视频信号由 V202 视频输出口输出，显示器（电视机）通过视频线与该口相连。传输视频信号时，需将激光器输出 TX1310 与探测器输入 RX1310 相连（用 FC-FC 单模尾纤相连），模数选择开关（K05）插入左侧（选择模拟信号输出）。如果收到的视频信号效果不好时，可分别调整 W201、W202、W203，使之达到效果最佳。