

# 基于案例的数字光纤通信系统综合实验

郭爱煌 周 静 胡宗福 朱胜家

(同济大学电子与信息工程学院 上海 201804)

**摘 要:** 综合与创新实验是提高实验教学质量、培养创新性人才、实现卓越工程师教育培养目标的重要教学环节, 实验案例的设计与实现是建设综合创新实验的基础。本文以 CMI 码数字光纤传输系统实验和数字光纤通信视频传输系统实验两个综合实验案例为例, 探索基于案例的综合实验设计与实现, 为学生构建具有可扩展和自主开发的教学实验案例。

**关键词:** 光纤通信系统, 综合实验, 案例设计

## The comprehensive experiment of digital optical fiber communication system based design of the case

Guo Aihuang, Zhou Jing, Hu Zongfu, Zhu Shengjia

(School of electronics and information engineering, Tongji university, Shanghai, 201804)

**Abstract:** Comprehensive and innovative experiments are important teaching links to improve the quality of experimental teaching, cultivate innovative talents, and achieve the goal of excellence engineering education. The design and implementation of experimental cases is the basis for the construction of comprehensive innovation experiments. This paper takes the CMI code digital optical fiber transmission system experiment and the digital optical fiber communication video transmission system experiment as two examples, explores the case-based comprehensive experimental design and implementation, and builds a teaching experiment case with scalable and self-developed for student.

**Keywords:** optical fiber communication system, comprehensive experiment, case design

### 一、引言

案例教学是以学生为中心, 以案例为基础, 通过呈现案例情境, 将理论与实践紧密结合, 引导学生发现问题、分析问题、解决问题, 从而掌握理论、形成观点、提高能力的一种教学方式。加强案例教学, 是强化学生实践能力培养, 推进教学改革, 促进教学与实践有机融合的重要途径。

---

**作者简介:** 郭爱煌: 同济大学电子与信息工程学院教授。

随着光纤通信技术的发展，传统的实验教学方法和手段已经不能满足实际的要求，需要应用新的实验教学手段改革课程的实验教学模式、改善实验教学效果，提高实验教学质量。进行光纤通信系统综合性和创新性实验，基于案例的数字光纤通信系统综合实验是一种重要的方式。本文在现有实验的基础上，通过增加“CMI码数字光纤传输系统实验”和“数字光纤通信视频传输系统实验”的专题案例设计与实现，探索案例教学的过程与实践，为改进实验教学效果提供参考。

案例设计是综合与创新训练的基础，其主要任务是通过实际系统的开发与研究，让学生体验创新设计及其制作的全过程。在案例设计内容上，综合通信系统、计算机软件、信息与信号处理等专业方向，构建以综合性、设计性、应用性为主的实验教学内容，让学生进行模块化的模型搭建，系统化的性能测试，并结合相应的软硬件方法。主要的工作思路是指导学生利用数字光纤通信系统根据自己的构想，完成设计构思，并做出相应的模型和测试系统；利用计算机系统、接口电路，对数字光纤通信系统进行传输控制，实现不同的功能；通过数字光纤通信综合实验平台，解决自己所学专业中的新问题。通过对工程实际问题的观测、分析、更新、设计、实践，激发学生的创新意识，培养创新能力。

## 二、CMI码数字光纤传输系统综合实验案例

综合实验案例以实验项目的形式进行设计，应包括设计目的、应用仪器与设备、设计要求等内容。

### 1. CMI码数字光纤通信传输系统基本结构设计

设计目的是掌握数字光纤通信传输系统基本原理，光纤传输系统的线路编码和CMI码编码原理，进行光纤通信系统数字编码传输。

#### (1) 数字光纤通信传输系统基本原理

图1为数字光纤通信传输系统基本原理图，要求学生能掌握系统的组成，并熟悉组成部分中各部分的基本功能，以及设计的关键技术和注意事项。

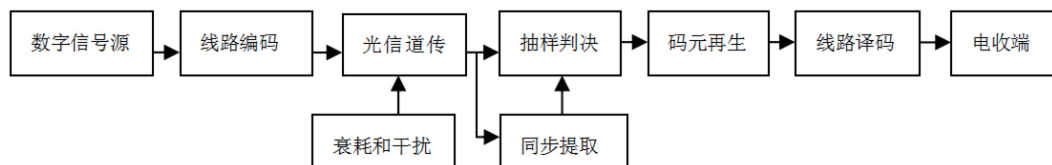


图1 数字光信道传输系统原理图

#### (2) 光纤传输系统的线路编码

掌握数字光纤通信系统中的线路编译码的编码规则、优缺点比较，线路编码的作用等。线路编码的功能是将传送码流转换成便于在光纤中传输、接收及监测的线路编码。由于光

源不可能有负光能，所以数字传输采用“0”、“1”二电平码。但简单的二电平码具有随信息随机起伏的直流和低频成份，在接收端对判决不利，因而需要进行线路编码以适应光纤线路传输的要求。线路编码的作用是消除随机数字码流中的长连“0”和长连“1”码，以便于接收端时钟的提取；按一定规则进行编码后，也便于在运行中进行误码监测，以及在中继器上进行误码遥测。光线路编码的类型：字变换码、插入码、和扰码二进制码等。

### (3) CMI 码编码原理

CMI 码是采用串并变换电路把串行码变成并行码，即把 CMI 码的每一组 00、11、或 01 码中的奇数码与偶数码分离开来（图 2），变成奇偶分列的、时序一致的码序列，再用判决电路逐一加以比较，判决输出传号还是空号，从而解出单极性信码。

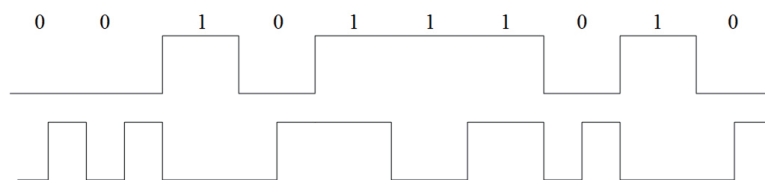


图 2 CMI 码变换规则示例

CMI 的连“0”连“1”为 3，故这种线路码含有丰富的定时信息，便于定时提取，容许进行不中断业务的误码检测。

CMI 码在 ITU-TG.703 建议中被规定为 139.264Mbit/s 和 155.520Mbit/s 的物理 / 电气接口的码型，139.264Mbit/s 和 155.520Mbit/s 数字光纤传输系统就用 CMI 作为光线路码型。

数字光纤通信传输信道中，对于低速率系统采用 CMI 码，即“1”码交替地用“00”和“11”表示，而“0”码则固定用“01”表示，因此在 1 个时钟周期内，CMI 编码器输入 1bit 的时间内输出变为 2bit。CMI 码属于二电平的不归零（NRZ）的 1B2B 码型，其特点是：不出现连续 4 个以上的“0”码或“1”，易于定时提取；电路简单，易于实现；有一定的纠错能力，当编码规则被破坏后，即意味着误码产生，便于中继监测；有恒定的直流分量，且低频分量小，频带较宽；传输速率为编码前的 2 倍，适用于低速率的光纤传输系统。

### (4) CMI 码数字光纤通信传输综合实验系统的设计

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个子部分，光信道又可分为光发射端机、光纤、光接收端机三个子部分。在实验系统中，涉及的电发射部分有两个功能模块，即 8 位的自编数据功能和 CMI 线路编码功能。涉及的电接收部分就是时钟提取和再生功能、相应的 CMI 线路译码功能。CMI 码光纤通信基本组成结构，如图 3 所示。

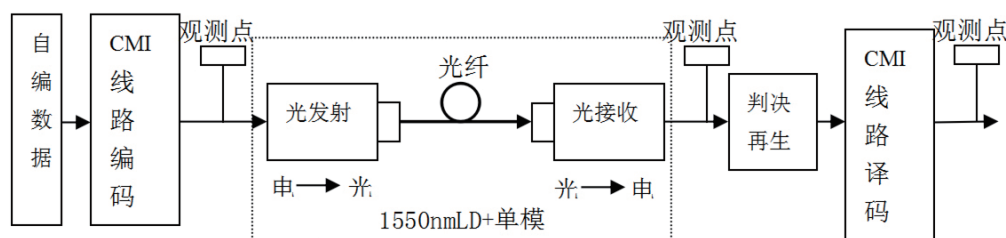


图3 CMI码光纤通信基本组成结构

## 2. 实验设计与测试要求

### (1) 单元链接

实验单元主要有 CMI 线路编码器、光发射机、光纤、光接收机、判决单元、CMI 线路译码器、光纤连接器、示波器等。

### (2) 应用仪器与设备

应用仪器与设备包括：信号源、光纤通信实验箱、双踪示波器、光功率计（FC-FC 单模尾纤）、可调衰减器（FC-FC）、外置误码测试仪、信号连接线、单模光纤等。

### (3) 测试过程

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；选择“码型变换实验 -- CMI 码设置”，输出 32KHZ 的 SW101 拨码器设置的 8 比特周期性序列对应的 CMI 编码输出。示波器观测波形，确认有相应的波形输出。示波器 A 通道测试 TX1550 测试点，确认有相应的波形输出，选择工作波长为 1310nm 的 LD 光发射端机，也可选择扩展模块。

## 三、数字光纤通信视频传输系统综合实验案例

### 1. 计算机视频传输的原理

计算机数据信号从 USB 的接口进入，送到光发送端机进行电光转换，转换成光信号，光信号经光纤信道传输再由光接收端机完成光电转换和信号恢复，再送回 PC 机上进行显示，其传输过程的方框图如图 4 所示。

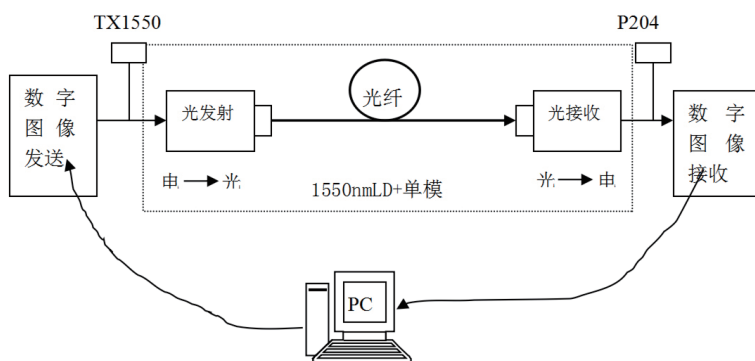


图4 计算机数字图像的光纤传输框图

## 2. 数字光纤通信视频传输系统综合实验设计

实验电路中，外接 PC 机用的 USB 口为 USB701，接口芯片为 U702，其型号为 CH372。USB 模块接收的 PC 机数据从 P701 串行送出，发送至 PC 机的数据由 P702 输入。图 5 为计算机光传输的工作流程图。

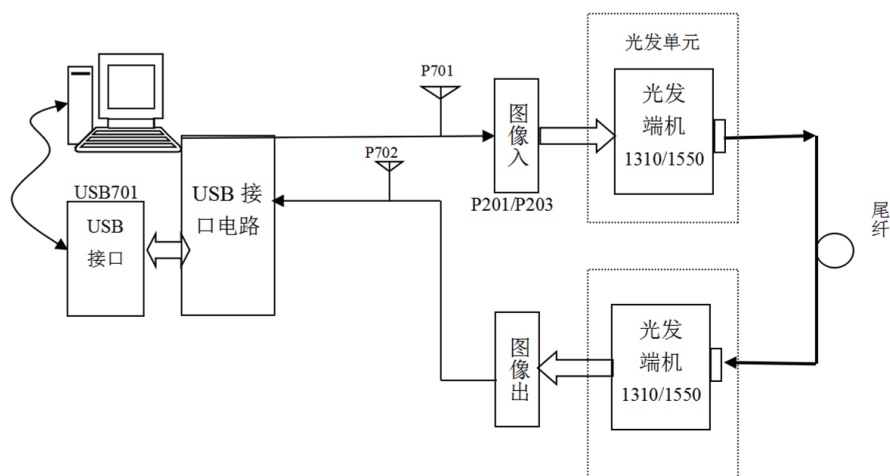


图 5 计算机数字图像光传输工作流程图

## 3. 实验仪器设备、步骤与过程

实验仪器设备主要包括：光纤通信实验箱，双踪示波器，FC-FC 单模尾纤，法兰式可调衰减器，USB 连接线，PC 机，信号连接线，单模光纤等。

实验步骤与过程为：

(1) 按照图 5 将信号连接线、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；如图 5 连接好信号连接线（连接 P701、P203；P702、P204）。

(2) 打开系统电源，在液晶菜单选择“光纤传输实验-USB 数据”的子菜单，确认。

(3) 将 USB 线连好。如果系统工作正常，PC 机能检测到可使用的 USB 设备。

(4) 在 PC 机上运行图像传输软件，选择完图像后点击图像传输，可以看到发送图像区域开始发送图像，接收图像区域开始接收图像。

(5) 断开光纤，接收图像区域是否还能正常接收到图像数据。

(6) 关闭系统电源。

## 四、结束语

数字光纤通信系统综合实验设计中，案例项目设计能优化实验教学方案，使实验教学模式具有科学性，培养具有工程能力和综合创新能力的卓越人才。实验项目的案例设计结

合了通信系统原理、计算机接口与技术、计算机网络、信息传输技术、信息交换技术、传感器技术、数字信号处理等专业核心课程；案例项目的开发具有综合性和扩展性，为学生提供开发设计的实验项目基础；案例项目结合现有实验条件，进行综合开发和深入开发，具有可实现性。

### 参考文献

- [1] 王文珍, 侯金. 光纤通信实验教学改革探析 (J). 中国新通信, 2016, (15):129-131
- [2] 罗彬彬, 邹雪, 石胜辉, 等. 电子信息工程专业的光纤通信课程教学方法研究 [J]. 教育教学论坛, 2017, (8):167-169.
- [3] 李涛. 数字光纤通信系统的误码测试方法 (J). 电子技术与软件工程, 2017, (11):45-47
- [4] 张健. 光纤通信技术的现状及发展 (J). 电子技术与软件工程, 2017, (8):36-39

(上接第67页)

---

- [6] Padiotis, I, & Mikropoulos, T.A. Using SOLO to Evaluate an Educational Virtual Environment in a Technology Education Setting. Educational Technology & Society, 2010, 13 (3).
- [7] Weigel, V.B. Deep learning for a digital age. New York, NY: Jossey-bass, 2012.
- [8] Schrire, S. Interaction and Cognition in Asynchronous Computer conferencing. Instructional Science, 2014, 32 (8).