

# 室内光通信调制解调电路设计

## 一、任务

根据室内光通信光源器件及调制带宽等特点，设计一套光通信系统的调制和解调电路。

光通信调制解调电路的系统框图如图 1 所示，包括数据预处理电路、调制电路、解调电路和解调数据读出电路。**数据预处理电路**将接收的并行数据进行转换，**V1** 为待调试数据，**调制电路**对 **V1** 进行调制输出 **V2** 调制信号，**解调电路**将 **V2** 信号解调恢复原始数据 **V3**，**解调数据读出电路**以并行接口输出 **V3** 的原始数据。

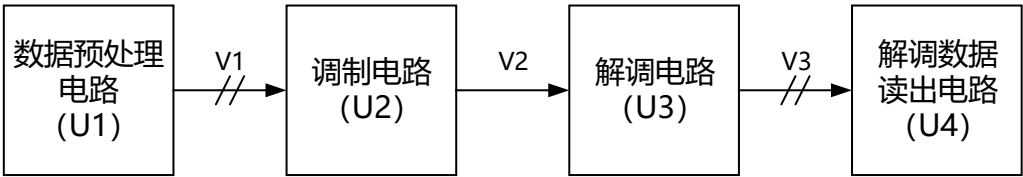


图 1 光通信调制解调电路的系统框图

## 二、要求

### 1. 基本要求

#### (1) 设计数据预处理电路 (U1)：

- a) **数据预处理电路**顶层实体参考图 2 所示，电路左侧为 4 个输入信号：**SYSCLK** 为系统时钟 (50MHz)、**CS** 为片选输入、**nWE** 为写使能输入、**DATA[15..0]** 为 16bit 数据输入；电路右侧为一组输出信号，输出信号为调制电路的输入信号，需根据 **U2** 需求自行设计。

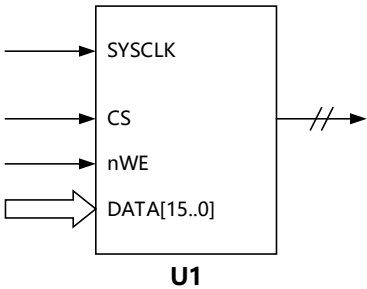


图 2 数据预处理电路顶层实体

- b) **U1** 的输入数据由波形激励文件给出，数据写入时序图参考图 3 所示；**CS** 为高电平时开始写入数据，写入数据为随机事件（详见说明 3），最大写入数据速率不高于 128kB/s。

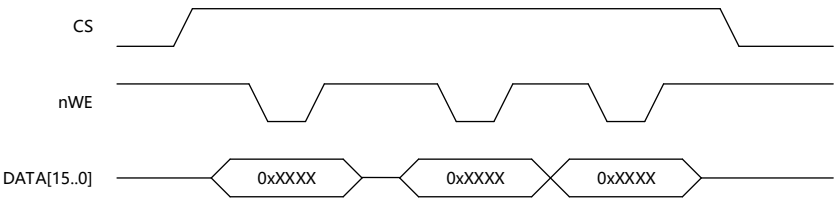


图 3 数据预处理电路数据写入时序图

- c) 由于写入 **U1** 数据为随机事件，因此 **U1** 需根据**调制电路**的调试方式，对输入数据进行一定的预处理，以确保通信系统的准确性和实时性要求：以最高速率连续（> 5ms）对 **U1** 写入数据时，系统满足解调数据准确且无丢失字；系统从数据输入至解调出数据的延时 < 1ms。

(2) 设计调制电路（**U2**）：

- a) **调制电路**顶层实体如图 4 所示，电路左侧为一组输入信号，输入信号来自 **U1** 的输出信号；电路右侧为调制波形输出信号，**MW** 为调制数据（1bit）输出。

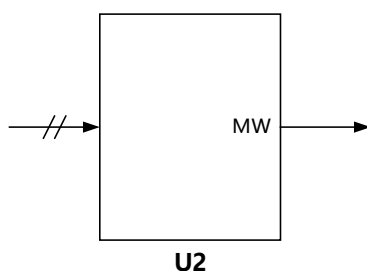


图 4 调制电路顶层实体

- b) 考虑到将 LED 作为光源的室内光通信受调制带宽限制（详见说明 4），设计一种数字基带调制方式，实现最大数据传输速率（128kB/s）。
- c) 调制方式、调制带宽根据要求自行设计。

(3) 设计解调电路（**U3**）：

- a) **解调电路**顶层实体如图 5 所示，电路左侧为调制波形输入信号，**MW** 为调制数据（1bit）输入；电路右侧为一组输出信号，输出信号为**解调数据读出电路**的输入信号，需根据 **U4** 需求自行设计。

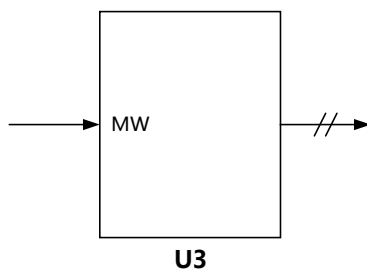


图 5 解调电路顶层实体

- b) 根据 **U2** 的调制方式，设计 **U3** 的解调方式，要求正确恢复调制前的原始信息。
- c) **U3** 解调后，需设计一组输出信号将数据发送给 **U4** 进行缓存。

(4) 设计解调数据读出电路（**U4**）

- a) **解调数据读出电路**顶层实体如图 6 所示，电路左侧为一组输入信号，输入信号来自**解调电路**的输出信号；电路右侧为 3 个输出信号：**EN** 为输出使能、**CLK** 为输出时钟、**DAT[15..0]** 为 16bit 输出数据。

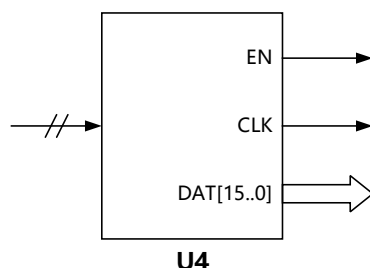


图 6 解调数据读出电路顶层实体

- b) **U4** 为并行接口输出，数据输出时序图参考图 7 所示；**U4** 根据解调数据决定一帧输出字的个数；**EN** 为高电平时，每个 **CLK** 的上升沿更新输出数据；最大输出数据速率不高于 128kB/s。

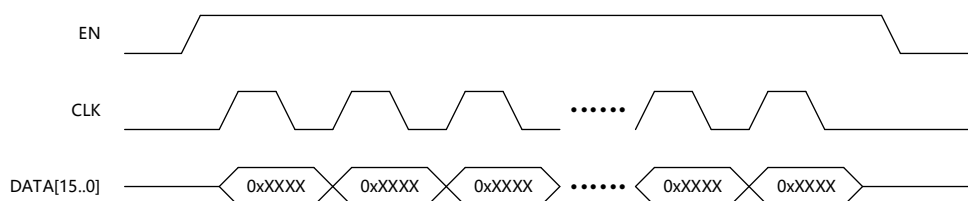


图 7 解调数据读出电路数据输出时序图

## 2. 发挥部分

### (1) 调制带宽限制

在调制带宽受限的前提下，即脉冲宽度不可低于 1us，使系统最大通信速率依然可以达到 128KB/s。

### (2) 闪烁缓解功能

对当前的调制方式进行改进，在保证基本要求的同时增加闪烁缓解功能（详见说明 5）。无数据需要调制时，**V2** 不能出现长时间的“0”或长时间的“1”，**V2** 上的周期信号至少要满足 > 100Hz。

## 三、说明

### 1. 题目相关的必要说明

用 Quartus II 建立工程时，选择 Cyclone II 系列的 EP2C35F672C6 作为目标器件；

硬件描述语言使用 VHDL 或 Verilog 均可，关键代码部分进行必要的注释；

电路的输入时钟均为 50MHz，电路设计均不可使用 IP 核实现；

设计报告中，需详细描述调制与解调的工作原理及实现过程。

### 2. 波形激励文件的说明

提供 2 个波形激励测试文件供测试使用，1 个为随机对系统写入数据，1 个为连续对系统写入数据。

### 3. 随机写入数据事件

U1 输入信号 CS 的每一次上升沿即为一帧数据的开始，随机事件包含以下两种情况：

- a) 帧数据与帧数据之间的间隔随机，帧间隔可以很长（> 5ms）也可以很短；
- b) 每一帧数据内写入字的数量随机，可以只写入 1 个字也可以写多个字。

#### 4. 光通信调制带宽

光通信系统通过对光源器件的高速开关来传递信息，所以光源器件对控制信号的响应速度是关键参数，其大小将决定光通信系统的最大调制带宽。

目前应用到室内光通信系统中的数字基带调制方式有开关键控（OOK）、脉冲位置调制（PPM）、差分脉冲位置调制（DPPM）等。

#### 5. 闪烁缓解

在光通信系统中，光源器件不仅具有通信功能，同时还为环境提供照明。为避免通信过程中因传输信息时，长时间的“0”或长时间的“1”造成光源闪烁问题，光通信系统需具备闪烁缓解功能。

闪烁缓解功能需要与调制技术相结合实现，对于某种特定调制方式，如果传输不同的数据会引起光源闪烁，则需要使用额外的闪烁缓解措施。

### 四、评分标准

	项目	主要内容	分值
设计报告	系统方案	方案选择、论证	4
	理论分析与计算	进行必要的分析、计算	4
	电路与程序设计	电路设计 程序设计	4
	测试方案与测试结果	表明测试方案和测试结果	4
	设计报告结构及规范性	表格的规范性	4
	小计		<b>20</b>
基本要求	完成第（1）项目		10
	完成第（2）项目		15
	完成第（3）项目		15
	完成第（4）项目		10
	小计		<b>50</b>
发挥部分	完成第（1）项目		20
	完成第（2）项目		10
	小计		<b>30</b>
总分			<b>100</b>

## **设计报告内容：**

1. 设计思路概述；
2. 总体设计框图及详细说明；
3. 时序说明；
4. 模块设计框图、引脚说明、相关时序；
5. 代码及必要注释；
6. 仿真结果：对顶层电路及中间信号的仿真时序图进行必要的截图，并做必要的说明；对顶层电路的综合结果进行截图；
7. 结论；
8. 其它需要说明的内容。