

25.TCRT5000 反射式光传感器使用实验例程

25.1. 实验目的

使用盘古 PGX-Nano 开发板，编写 TCRT5000 反射式光传感器模块验证代码，当传感器检测到物体接近时，板卡通过串口向上位机发送了“检测到物体接近”当物体离开时，板卡通过串口向上位机发送“检测到物体离开”。



25.2. TCRT5000 反射式光传感器工作原理

TCRT5000 反射式光传感器是一种集成的光电传感器，内部包含一个红外发光二极管（IR LED）和一个光电晶体管（Phototransistor）。工作时，IR LED 发射波长为 940 纳米的红外光，当这些红外光照射到目标物体并被反射回来时，光电晶体管会接收到反射光并根据其强度改变输出电压。通过检测输出电压的变化，可以判断目标物体的存在与否及其距离。这种传感器常用于机器人避障、接近检测和物体检测等近距离应用，具有结构简单、成本低廉和响应快速的特点。模块具有 4 个管脚，分别是 VCC、GND、AO、DO。其中 AO 是模拟信号输出，DO 是 TTL 电平输出。我们将 DO 接入开发板，当模块探测到物体时，DO 会输出 0，其他时候 DO 为高电平，我们根据这个原理设计代码。

25.3. 程序设计：

模块端口如下表：

端口	I/O	位宽	描述
clk	Input	1	50MHz 时钟
rst_n	input	1	复位信号
DO	Input	1	光传感器输出信号
uart_txd	output	1	串口发送

驱动部分代码如下，完整源码请查看 demo 源文件

```
//时钟同步以及打拍
always @(posedge clk or negedge rst_n)begin
    if(!rst_n)begin
        D0_syn1<= 1'b0;
        D0_syn2<= 1'b0;
        D0_syn3<= 1'b0;
    end
    else begin
        D0_syn1<= D0;
        D0_syn2<= D0_syn1;
        D0_syn3<= D0_syn2;
    end
end

always@(posedge clk or negedge rst_n)
    if(rst_n == 1'b0)
        work_en <= 1'b0;
    else if(start_approach||start_leave)
        work_en <= 1'b1;
    else if(tx_byte_cnt== 7'd15&&uart_tx_done)
        work_en <= 1'b0;
    else
        work_en <= work_en;

//串口发送逻辑
always @(posedge clk or negedge rst_n) begin
    if (!rst_n) begin
        tx_byte_cnt <= 7'b0;
    end else if (work_en) begin
        if (tx_byte_cnt == 7'd15&&uart_tx_done) // 总共发送 16 字节
            tx_byte_cnt <= 7'b0;
        else if(uart_tx_done)
            tx_byte_cnt <= tx_byte_cnt + 1'b1;
    end
end

always @(posedge clk or negedge rst_n)
    if (!rst_n)
        str <= 112'b0;
    else if(start_approach)
        str <= STR_approach;
    else if(start_leave)
        str <= STR_leave;
    else
        str <= str;

// 串口发送数据控制
```

```

always @(posedge clk or negedge rst_n) begin
    if (!rst_n) begin
        uart_tx_req <= 1'b0;
        uart_tx_data <= 8'b0;

    end else if (work_en && !uart_tx_busy) begin
        case (tx_byte_cnt)                                // 根据当前字节计数
器发送数据
            7'd1: uart_tx_data <= str[111:104];           // "检"
            7'd2: uart_tx_data <= str[103:96];           // "检"
            7'd3: uart_tx_data <= str[95:88];            // "测"
            7'd4: uart_tx_data <= str[87:80];            // "测"
            7'd5: uart_tx_data <= str[79:72];            // "到"
            7'd6: uart_tx_data <= str[71:64];            // "到"
            7'd7: uart_tx_data <= str[63:56];            // "物"
            7'd8: uart_tx_data <= str[55:48];            // "物"
            7'd9: uart_tx_data <= str[47:40];            // "体"
            7'd10: uart_tx_data <= str[39:32];           // "体"
            7'd11: uart_tx_data <= str[31:24];           // "接"/"离"
            7'd12: uart_tx_data <= str[23:16];           // "接"/"离"
            7'd13: uart_tx_data <= str[15:8];            // "进"/"开"
            7'd14: uart_tx_data <= str[7:0];             // "进"/"开"
            7'd15: uart_tx_data <= 8'h0A;               // 换行符
            default: uart_tx_data <= 8'b0;

        endcase

        uart_tx_req <= 1'b1;                             // 拉高请求信号
    end else begin
        uart_tx_req <= 1'b0;                             // 请求信号拉高仅一个时钟周期
    end
end
end

```

在这个模块中，由于模块输出的 D0 信号时钟与我们开发板的时钟不同步，我们使用 D0_syn1、D0_syn2、D0_syn3 寄存器对 D0 信号进行时钟同步，同时获取上升沿 start_leave 和下降沿 start_approach。在之前的介绍中我们提到 D0 信号默认是高电平，当模块检测到有物体时，D0 才会变成低电平。于是我们捕获 D0 信号的下降沿，作为触发信号，发送 16 字节的“检测到物体接近”，同样的捕获 D0 信号的上升沿作为触发信号发送“检测到物体离开”（汉字编码使用 GB2312 编码）。

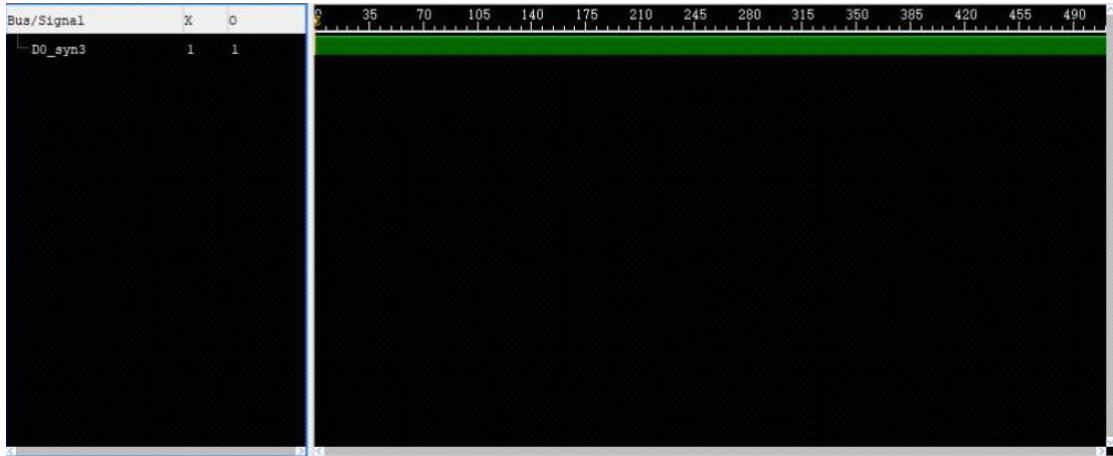
对于串口发送模块的逻辑在“串口回环实验例程”章节已经介绍，若不熟悉请到对应章节进行了解。

25.4. 代码仿真

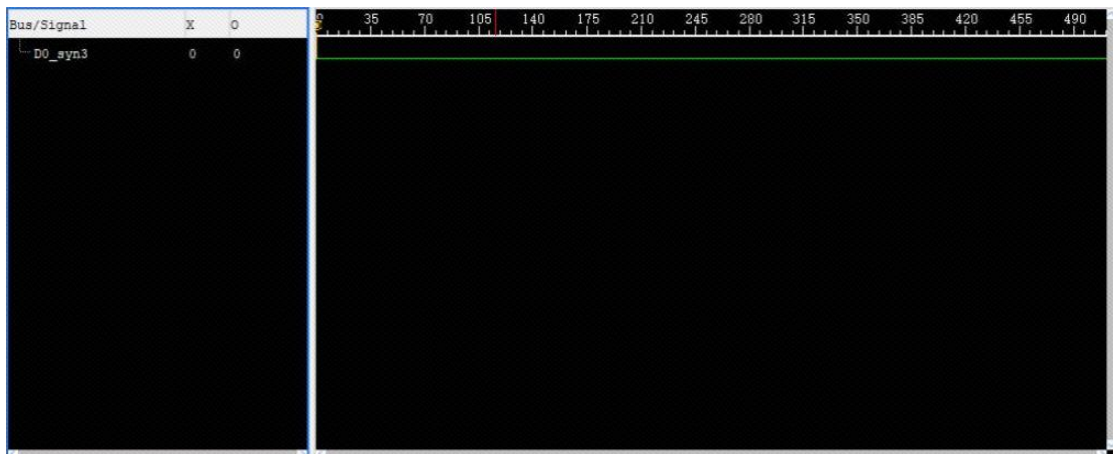
由于 TCRT5000 模块的使用方法简单，主要是 FPGA 逻辑对 TCRT5000 模块传回的

数据进行处理。至于串口发送的逻辑相信读者已经清楚了，我们可以将 TCRT5000 模块输入 FPGA 的信号 D0_syn3 (时钟同步后的信号) 打上 debug 标记，分析 TCRT5000 模块的工作状态。

当没有物体接近时模块输入的 D0_syn3 为高电平，如下图：



当有物体接近时模块输入的 D0_syn3 为低电平，如下图：



我们在代码中获取其下降沿 `start_approach` 与上升沿 `start_leave` 作为串口数据的发送标志，将物体离开或接近信息发送到上位机进行查看。

25.5. 实验现象

串口打印信息如下：8

