

# 脉冲波形发生电路的设计

院 系: 自动化系

班 级: 自 02 班

学生姓名: 彭程

学 号: 2020011075

## 目录

<b>1 实验目的</b>	<b>2</b>
<b>2 实验任务</b>	<b>2</b>
2.1 必做任务：LED 灯控制电路 . . . . .	2
2.2 选做任务：LED 灯控制电路的改进 . . . . .	3
<b>3 输入输出波形观测和分析</b>	<b>6</b>
<b>4 实验总结</b>	<b>8</b>
4.1 脉冲发生电路的设计和调试步骤： . . . . .	8
4.2 其他功能电路的设计和调试步骤 . . . . .	9
4.3 实验中遇到的问题以及解决方法 . . . . .	9
<b>5 思考题</b>	<b>9</b>

## 1 实验目的

1. 学习脉冲波形发生电路的设计方法和调试方法。
2. 学习按模块划分电路的设计与调试的方法。

## 2 实验任务

### 2.1 必做任务：LED 灯控制电路

首先根据 555 定时器设计了定时电路，即一个利用 555 定时器构成的单谐振荡器。为了使得灯亮时长在 1-5s，取电容  $C = 10\mu F$ ，电阻  $R = 300k\Omega$ ，根据三要素法计算输出脉宽，有：

$$t_W = RC \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} = RC \ln 3 = 3.30 \text{ s}$$

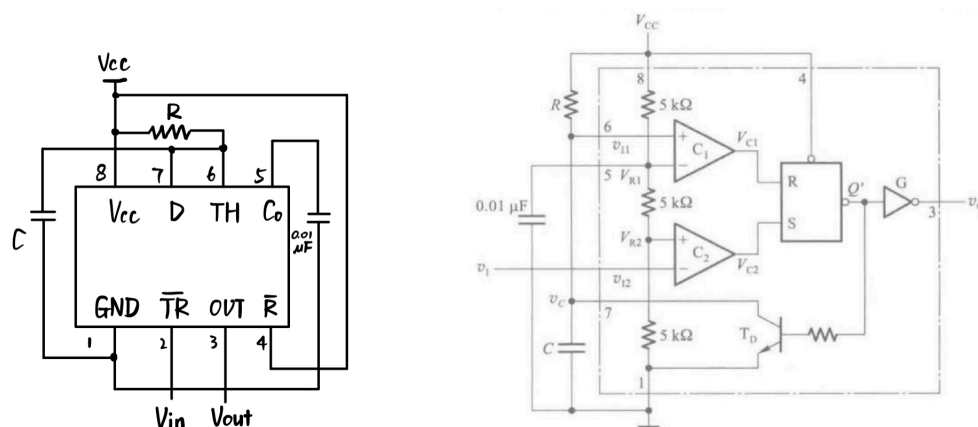


图 1: 定时电路

按照实验要求中给出的电路搭建红外发射管和光电三极管控制电路，其中  $R_2$  选择  $10k\Omega$ ，选择原则见思考题。实现了当有物体挡住红外发射管时，控制电路输出高电平，为符合后续电路的需求，在总电路中，控制电路输出应当接上一个施密特触发的反相器。

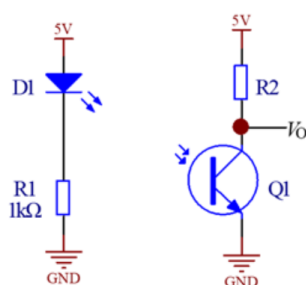


图 2: 红外发射管和光电三极管控制电路

为了保证输出脉冲宽度不受输入脉冲宽度的影响，我们需要在定时电路和光电控制电路间加一微分电路，其功能为，当输入一个下降沿时，微分电路输出一个低电平脉冲。由于电容两端电压不能突变，当输入从高电平变为低电平时，输出也从高电平变为低电平，之后  $V_{cc}$  对电容充电，使得输出电压恢复到高电平。RC 的值应当选取恰当。若时间常数  $\tau = RC$  过大，则无法起到微分作用，若过小，则该脉冲可能会被后级电路忽略。实验中取  $R = 100k\Omega$ ， $C = 470nF$ ， $\tau = RC = 4.7ms$ ，脉冲宽度在毫秒量级能够达到微分效果。

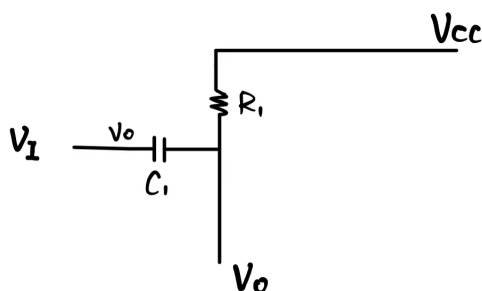


图 3: 微分电路

将光电三极管、红外二极管、定时电路模块相结合，并将定时电路的输出接入 LED 灯中，即可实现必做任务功能。

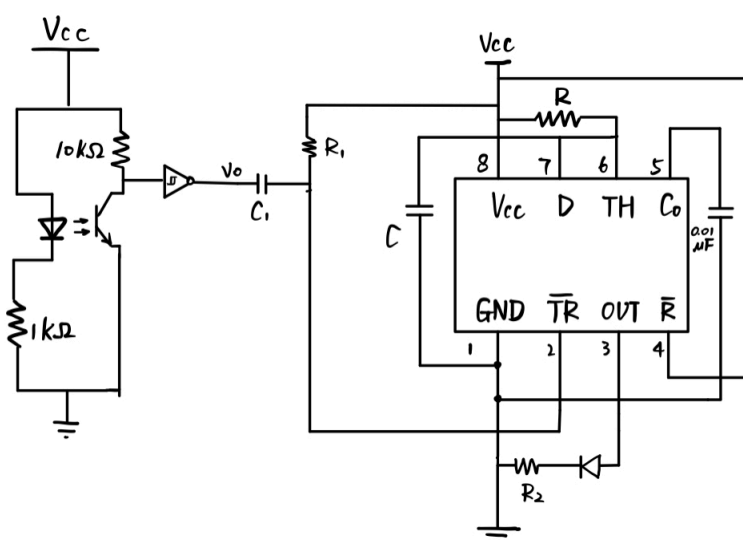


图 4: 必做任务整体电路

## 2.2 选做任务：LED 灯控制电路的改进

为改进 LED 控制电路，我们首先需要加入一个放电模块，其功能为，当一个新的脉冲到来时，将原来电容 C 上存储的电荷放掉，然后对其重新充电，其电路图如下：

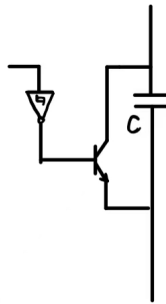


图 5: 放电模块电路

此外，为了计数通过物体的个数，我们还要加入一个计数模块。计数模块通过 74161 改装而成，其功能为：以输入脉冲作为 clk 信号，计数范围为 0-9，计数到 9 后重新从 0 开始计数，当二极管灭灯时计数置零，其电路图如下：

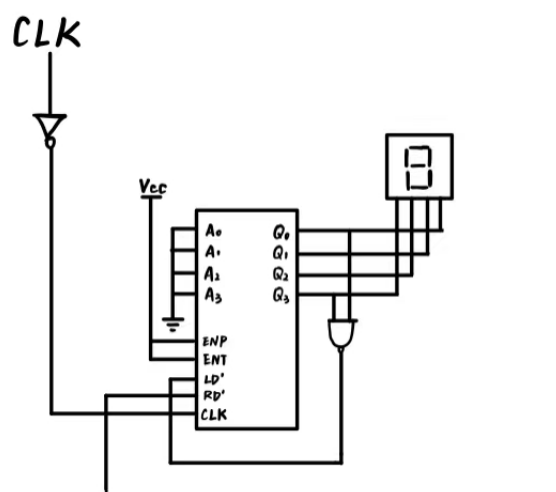


图 6: 计数模块电路

将放电模块和计数模块添加到必做任务总电路中，即完成了选做任务的电路设计，选做任务整体电路图如下：

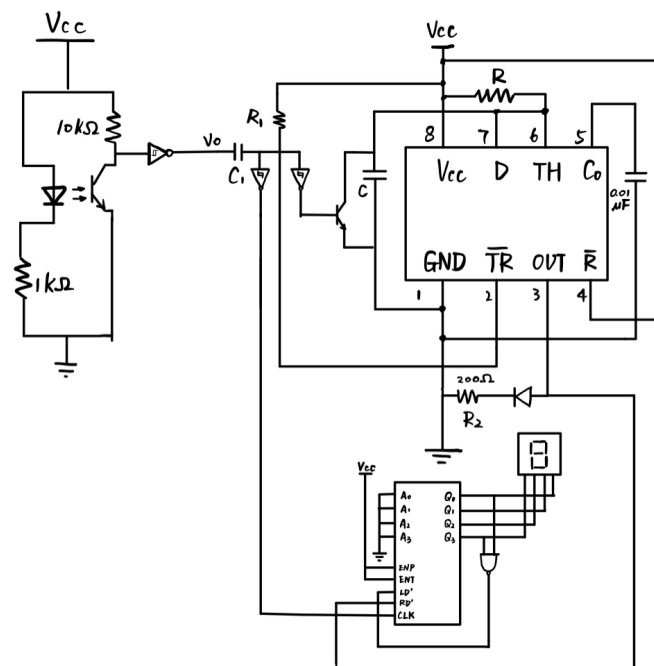
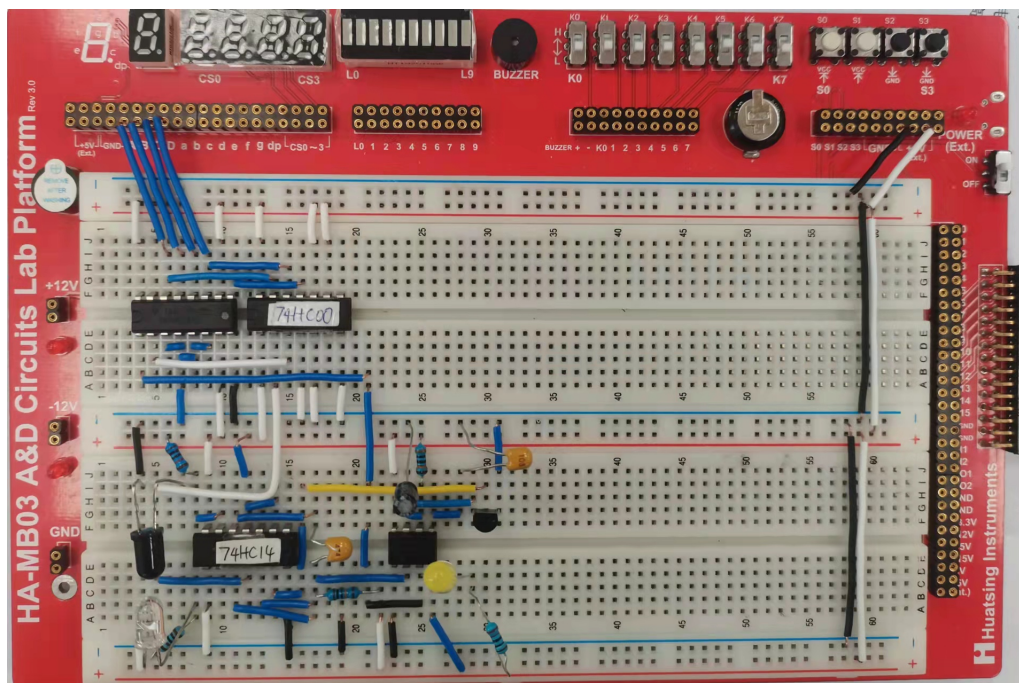


图 7: 选做任务整体电路

搭建的实际电路如下：



### 3 输入输出波形观测和分析

输入模块波形如下图所示。其中，通道 1（橙色）为施密特反相器的输出波形，通道 2（绿色）为光电三极管的输出波形。从图中可以看出，每次遮挡红外对管时，光电三极管都会输出一个正脉冲，然而，该脉冲存在一定的抖动，不适合直接输入后级。通过施密特反相器进行处理后，输出的负脉冲为较为理想的方波信号，而且符合下一级电路的输入需要。

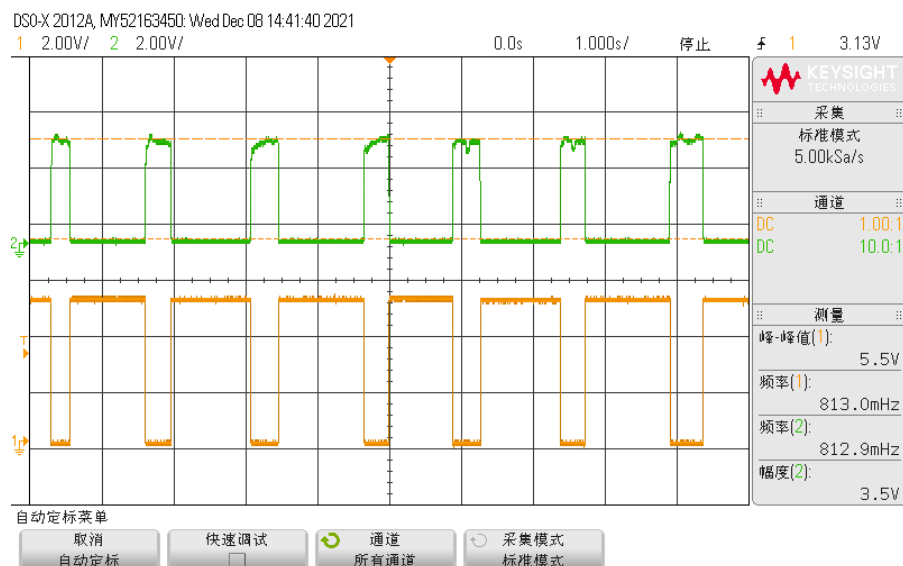


图 8: 输入模块波形

微分模块波形如下图所示。其中，通道 1（橙色）为微分模块的输入波形，通道 2（绿色）为微分模块的输出波形。可以看出，微分模块接受输入的脉冲后输出了极窄的负脉冲，且与输入信号宽度无关。该输出信号可作为定时电路的输入信号，可以实现即使长时间阻挡灯泡还会熄灭的功能。

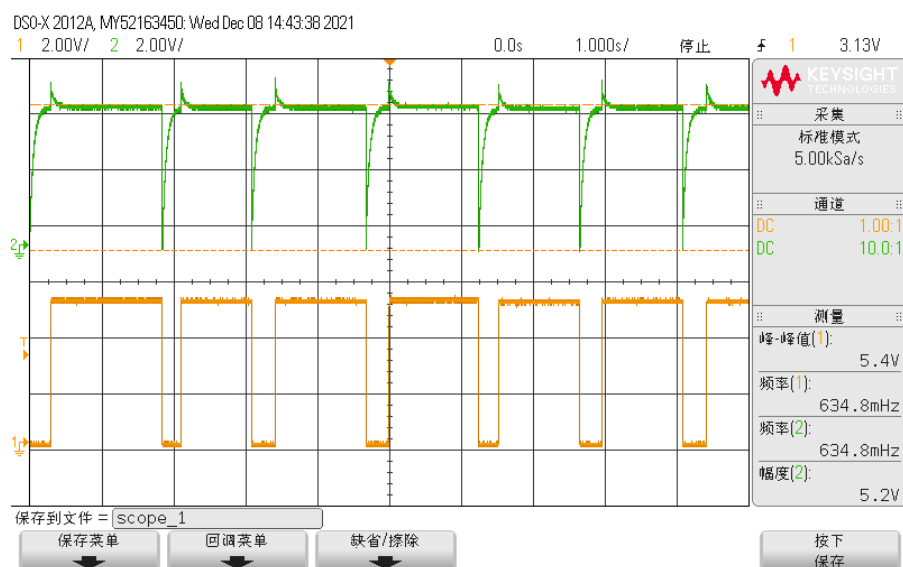


图 9: 微分模块波形

定时模块波形如下图所示。其中通道 1（橙色）为定时模块的输入波形，通道 2（绿色）为定时模块的输出波形。可以看出，每次脉冲到来时，定时电路都会输出一定时间长度的高电平信号，如果在该时间长度内有新的脉冲到来，则重新输出一段该时间长度的信号，达到物体连续通过时 LED 灯常亮的效果。

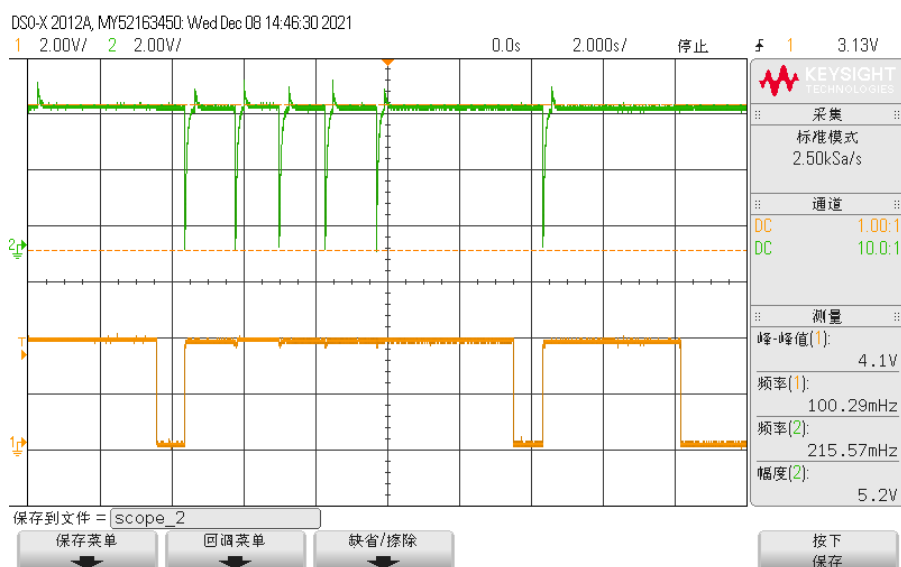


图 10: 定时模块输入输出波形

定时模块电容的充放电情况如下图所示。其中通道 1（橙色）为定时模块的输出波形，通道 2（绿色）为电容两端波形。可以看出，当输出信号变为高电平时，电容均会开始充电。当电容充电至  $\frac{2}{3}V_{CC}$  时，输出端变为低电平，与此同时电容放电，恢复电压为 0。读图可知，电容充电的最大值基本满足  $32V_{CC}$ ，符合理论分析。

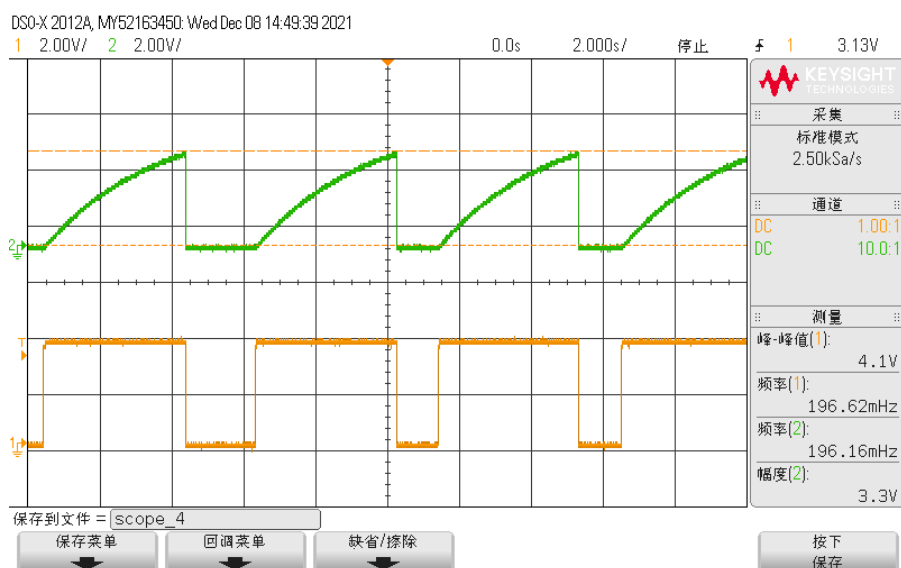


图 11: 电容充放电波形



定时模块改进后电容的充放电波形如下图所示。其中通道 1（橙色）为定时模块的输出波形，通道 2（绿色）为电容两端波形。可以看出，在原来功能的基础上，当电容充电过程中再次给入高电平触发时，电容会迅速放电至 0 然后重新开始充电。从而实现的连续障碍物重复触发的功能。

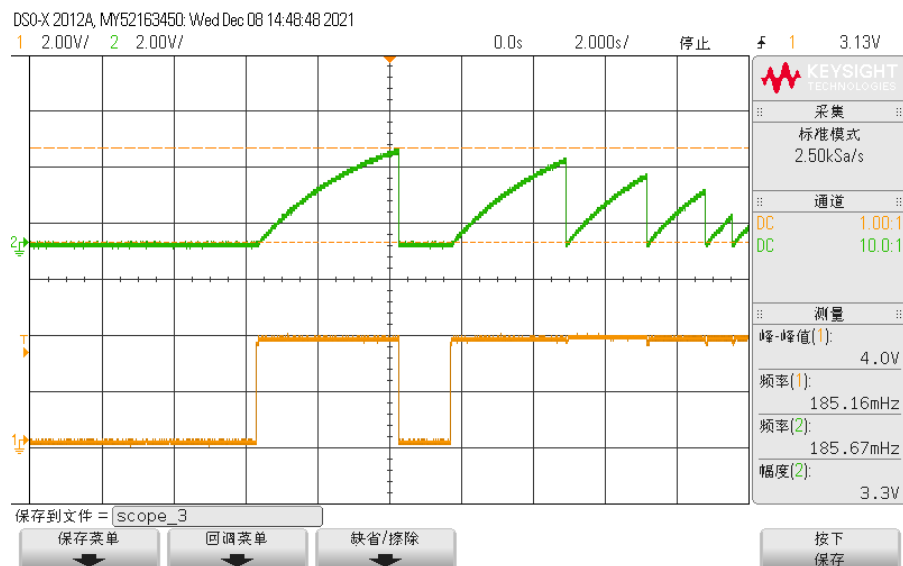


图 12: 改进后电容充放电波形

## 4 实验总结

### 4.1 脉冲发生电路的设计和调试步骤:

#### 设计步骤:

1. 分析任务要求、输入输出的逻辑变量规定等;
2. 根据功能划分模块, 确定每一模块的输入信号、输出信号之间的关系;
3. 根据模块功能确定所需的电器元件, 分析脉冲波形的产生原理画出波形图并据此绘制电路图;
4. 搭接电路, 验证电路是否满足要求。

#### 调试步骤:

1. 从引脚处检查各个芯片  $V_{cc}$ 、接地是否正确, 然后确定芯片是否正常工作;
2. 对每个电路模块, 利用示波器或万用表观察其输入波形、输出波形, 找出其中不符合预期设计的模块;
3. 对于不符合预期的模块进行单独调试, 可以用实验板上的拨码开关来模拟高低电平或模拟脉冲信号;
4. 找到与理论值不符合的地方并分析原因, 正向或者反向查找错误根源;
5. 将调试完、功能正常的模块接入电路进行检验。

## 4.2 其他功能电路的设计和调试步骤

### 输入模块：

根据已有的原理图设计输入电路时，关键在于选取  $R_1$ 、 $R_2$  的阻值 ( $R_1 = 1k\Omega$ 、 $R_2 = 10k\Omega$  选取方法见思考题)。

若输出和期望值不符合，应检查两管引脚是否接反，电阻阻值是否正确，若仍有问题，考虑两管可能有损坏，可以尝试更换元件进行调试。

### 微分模块：

利用 RC 电路的微分特性进行电路设计，关键在于 R 和 C 的选取，选取的数值和理由已经在 2.1 的电路设计中阐述过。总体来说是使得  $\tau$  值处于毫秒数量级，使得输出脉冲比输入窄但又不至于被后级电路忽略。

对于该模块的调试，由于脉冲较窄，需要利用示波器观察，实验过程观察到的窄脉冲符合预期现象。

### 计时器模块：

利用 555 定时器构成的单谐振荡器设计了计数器模块，电阻电容的选取原则也在 2.1 中陈述过，总体来说满足输出脉宽在 1-5 秒间即可，所以采用电容  $C = 10\mu F$ ，电阻  $R = 300k\Omega$ 。

调试时可用拨码开关模拟输入信号，观察输出信号的变化情况，据此进行调试。

### 放电模块：

放电模块主要用一个三极管构成，电路连接较为简单

调试时首先检查三极管信号以及其连接是否正确，之后使用示波器观察电容两端放电情况，若可以实现放电则说明三极管正常工作。

### 计数模块：

计数模块通过 74161 改装而成，为了使计数到 9 后重新从 0 开始计数，需要在输出为 1001 是进行异步置 0，用与非门实现；当二极管灭灯时计数置零，将二极管输入端接入 RD' 实现。

计数模块的调试利用一个拨码开关作为模拟输入，来回拨动开关观察是否按预期值变化，从而进行相应调试。

## 4.3 实验中遇到的问题以及解决方法

实验接线过程中遇到一些普通的接线问题，利用上述的调试方法予以解决。

此外，在验收时遇到了第一个触发后计数为 0，第二个触发后计数为 1 的问题。经过分析后我意识到，在电路连接中，clk 的高电平信号比二极管输入端的高电平信号先达到 74161 的输入端，导致第一个高电平到达时还处于异步置 0 的状态。

为了解决这个问题，在最终实际电路的连接中，我在 clk 信号输入 74161 芯片之前加入了一个反相器，将上升沿进行了一个毫秒级别的延迟，由此成功使得第一下障碍物的计数变为 1。

## 5 思考题

### 1. $R_1$ 的选取应考虑哪些因素？这次实验中 $D_1$ 导通的正向电流是多少、导通压降是多少？

首先  $R_1$  不能过小，否则红外发射管上的电流过大容易将其损坏； $R_1$  也不能过大，否则产生的

电流过小不足以使红外发射管发出红外光。即:

$$\frac{V_{CC} - V_D}{I_{\max}} \leq R_1 \leq \frac{V_{CC} - V_D}{I_{\min}}$$

其中  $V_D$  是红外发射管的导通压降,  $I_{\max}$  表示发射管能承受的最大电流,  $I_{\min}$  表示使红外发射管发光的最小电流。

本实验中测得  $D_1$  的正向导通电流为 3.70 mA, 导通压降为 1.217 V。

**2. 请简述  $R_2$  选取原则。在实验中使用的是 74HC 系列器件, 若将其更换为 74LS 系列器件  $R_2$  取值会发生什么变化?**

$R_2$  的选取不能过大, 否则无光照时无法上拉至高电平;  $R_2$  选取不能过小, 否则有光照时  $R_2$  上的压降太小, 无法使输出下拉至低电平。即:

$$V_{CC} - I_C R_2 \leq V_{IL(\max)}$$
$$\frac{R_{in} V_{CC}}{R_2 + R_{in}} \geq V_{IH(\min)}$$

$I_C$  大概是微安到毫安量级, 实验中取  $R_2 = 10k\Omega$  发现光电三极管能正常工作。

若更换为 74LS 系列器件, 需要考虑后级器件的漏电流, 当输出为低电平时, 后级有约 1mA 的漏电流, 对于 1mA 的漏电流, 会导致三极管导通电流变大, 输出的低电平值变高, 低电平质量变低, 为此, 需要增大  $R_2$  的值, 三极管导通时内电阻约为几欧姆至几十欧姆,

当输入为高电平时, 后级有流入 TTL 的微安级的漏电流导致  $R_2$  上的压降增大, 因而  $R_2$  的最大取值会减小

因此, 只需要将  $R_2$  的最小值适当增大, 最大值适当减小即可。