

# 浙江大学

## 电路与电子技术 实验报告

实验名称： 小车检测电路和电机驱动电路测试

实验人员： 潘谷雨、杨骐恺

报告撰写： 潘谷雨

学号： 3220102382

实验日期: 2023 年 10 月 23 日

地点: 东三 406

## 【实验目的】

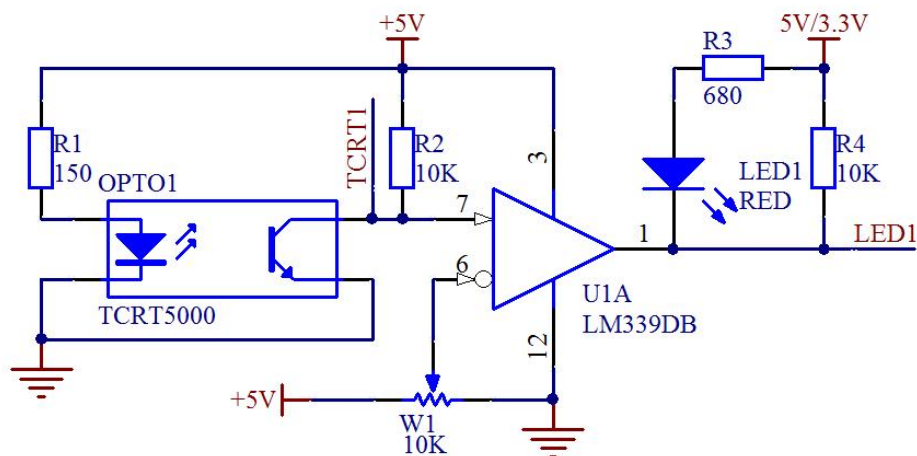
1. 了解智能小车结构和工作原理
2. 掌握光电检测的原理和测量方法
3. 了解直流电机驱动电路工作原理和测试方法
4. 学会参照原理图测量和调试 PCB 板

## 【实验内容】（测试方案，含仿真与硬件测试两种类型）

### 一、红外光电检测电路测试

#### （1）分析红外光电检测电路参数设计

1. 红外光电检测电路中，用万用表 600  $\Omega$  欧姆挡测量电阻 R1 阻值，用 60k  $\Omega$  欧姆挡测量 R2 阻值。
2. 分析电阻 R1 与比较器比较电压选取的合理性。



#### （2）缺省高度（2cm），白底/黑底/其它表面下，光电管反射电压测量比较

1. 控制小车缺省高度 2cm，以黑胶布为底，选取 3 组光电管，观察 LED 灯的发光情况，并用万用表 6V 直流电压测量比较器输入电位（图中 7 脚）。

2. 用白底、棕底、深蓝底分别重复上述实验，记录数据。

(3) 不同高度（2 至 6cm），光电管反射电压测量比较

1. 保持反射面白底，控制小车高度 2cm，选定一只光电管，观察 LED 灯的发光情况，用万用表 6V 直流电压挡测量比较器输入电位（上图 7 脚）。

2. 逐渐升高小车高度，测量多组数据，至小车高度 6cm 停止。比较各组数据，总结光电检测轨道对安装高度的要求。

(4) 确定区分黑白地面的比较电压值，总结光电检测轨道对地面的最低要求

1. 选定一个 LM339 集成比较器，分别选取 8 脚、6 脚、10 脚，用万用表 6V 直流电压挡测量比较器的比较电压。

2. 结合上述（2）（3）实验，总结光电检测轨道对地面的最低要求。

(5) 观察环境光亮对光电检测电路的影响

1. 控制小车高度不变，选取两光电管，在默认光强下（即无手电筒）观察 LED 灯的发光情况，用万用表 6V 直流电压挡测量比较器输入电位。

2. 调整手电筒位置，分别使两光电管置于弱、中、强光照中，重复上述实验。

二、测量直流电机正转和反转时的 VA 特性

1. 在小车上选取左轮电机，将电机导线并联在稳压直流源两端。

2. 控制稳压直流源输出电压，记下车轮旋转情况与电压源屏幕所示电流。

3. 使稳压直流源输出电压反向，重复上述实验。

### 三、电机驱动模块功能验证

1. 在电源驱动模块，用导线将 ENA、IN1、IN2 接地，输出端 OUT1、OUT2 的电压（均用万用表 60V 直流电压挡），并观察电机工作状态。
2. 改变 ENA、IN1、IN2 所接入电平，遍历所有可能输入，重复上述实验。

### 四、电机开环控制时小车运行状态观测

1. 在小车电源驱动模块上通 15V 总电压，调整 ENA、IN1、IN2、ENB、IN3、IN4 所接电位，控制左右电机均正转，观察小车运行状态。
2. 左电机正转时，右电机停止，观察小车运行状态。
3. 左电机正转时，右电机反转，观察小车运行状态。
4. 右电机正转时，左电机停止，观察小车运行状态。
5. 右电机正转时，左电机反转，观察小车运行状态。

### 【测试过程与结果】（注明测试设备、原始数据）

#### 一、红外光电检测电路测试（测试设备：UT890D+数字万用表）

##### （1）分析红外光电检测电路参数设计

$$R_1 = 148.1 \Omega, R_2 = 9.86k \Omega。$$

##### （2）缺省高度（2cm），白底/黑底/其它表面下，光电管反射电压测量比较

反射面	U1/V	U2/V	U3/V	LED 灯 发光情况
黑底	3.609	3.358	3.361	暗
白底	0.184	0.192	0.189	亮
棕底	0.216	0.223	0.217	亮
深蓝底	0.395	0.387	0.391	暗

(3) 不同高度（2 至 6cm），光电管反射电压测量比较

由于小车高度 2cm 时，LED 灯均不发光，因此从默认高度 1.25cm（此时 LED 灯亮）开始测量，测至出现两组 LED 灯暗实验组为止。

距离（cm）	灯状态	电压（V）
1.25	亮	0.190
1.72	亮	0.250
1.95	暗	0.308
3.24	暗	2.382

(4) 确定区分黑白地面的比较电压值，总结光电检测轨道对地面的最低要求

比较器	8 脚电压/V	0.306
	10 脚电压/V	0.272
	6 脚电压/V	0.299

(5) 观察环境光亮对光电检测电路的影响

小车高度为 1.91cm。

手电筒位置	LED1 状态	U1/V	LED2 状态	U2/V
无（默认环境）	暗	0.483	暗	0.427
高（光强弱）	暗	0.284	暗	0.318
中（光强中）	暗	0.272	暗	0.303
低（光强强）	亮	0.255	亮	0.284

二、测量直流电机正转和反转时的 VA 特性（稳压源：GPD-4303S 直流电源）

电压（V）	电流（A）	正反转	电压（V）	电流（A）	正反转
11.995	0.051	正	11.995	0.049	反
10.995	0.045	正	11.994	0.048	反
9.995	0.038	正	10.995	0.043	反
9.495	0.037	正	9.996	0.042	反
8.995	0.035	正	8.995	0.041	反
8.496	0.034	正	7.996	0.04	反
7.996	0.036	正	6.996	0.037	反
7.496	0.037	正	5.996	0.036	反
6.997	0.036	正	4.996	0.033	反
6.496	0.034	正	3.997	0.033	反

5.996	0.033	正	2.998	0.031	反
4.996	0.031	正	1.997	0.029	反
3.497	0.025	正	0.998	0.025	反
2.998	0.028	正			
1.997	0.025	正			
0.998	0.023	正			
0.498	0.039	不转			

### 三、电机驱动模块功能验证（测试设备：UT890D+数字万用表）

由于 ENA 逻辑为 0 时，IN1、IN2 接高电平、低电平或悬空，OUT1、OUT2 电压不发生变化，因此表中 IN1、IN2 逻辑记为 X。

ENA 逻辑	IN1 逻辑	IN2 逻辑	OUT1 电压/V	OUT2 电压/V	电机状态
0	X	X	0.64	0.72	停止
1	0	0	0.14	0.14	停止
1	0	1	11.38	0.71	正转
1	1	0	0.72	11.36	反转
1	1	1	12.10	12.10	停止

### 四、电机开环控制时小车运行状态观测

左轮				右轮			电机状态	小车轨迹
ENA	IN1	IN2	电机状态	ENB	IN3	IN4		
1	0	1	正转	1	0	1	正转	直行，稍有右偏
1	0	1	正转	1	0	0	停止	以右轮为轴顺时针原地旋转
1	0	1	正转	1	1	0	反转	以小车中心偏右为轴顺时针旋转，半径逐渐增大
1	0	0	停止	1	0	1	正转	以左轮为轴逆时针原地旋转
1	1	0	反转	1	0	1	正转	以小车中心偏右为轴逆时针旋转，半径逐渐增大

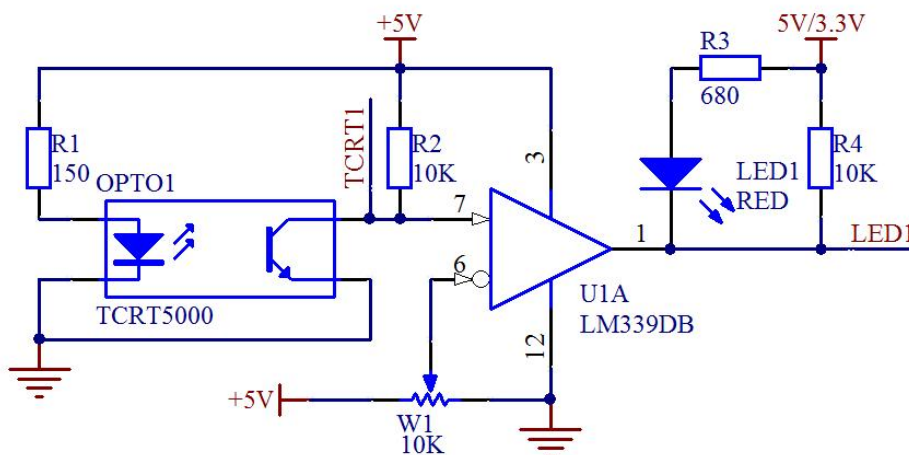
## 【结果分析】

### 一、红外光电检测电路测试

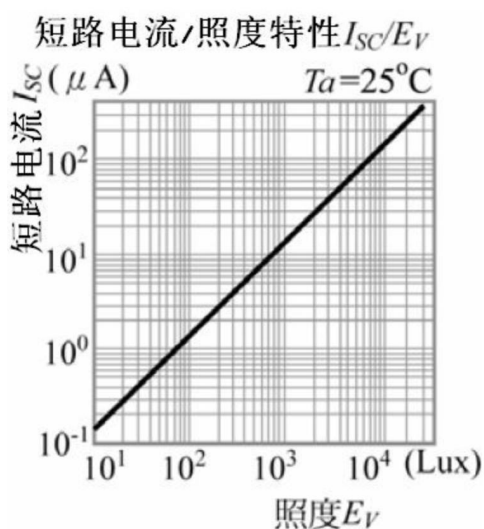
#### （1）分析红外光电检测电路参数设计

$$R1 = 148.1 \Omega, E1 = |R1_{\text{测}} - R1_{\text{标}}| / R1_{\text{标}} = 1.27\%$$

$$R2 = 9.86k\Omega, E1 = |R2_{\text{测}} - R2_{\text{标}}| / R2_{\text{标}} = 1.40\%$$



选取  $150\Omega$  电阻  $R1$  的合理性:  $I_{R1}$  为 mA 数量级, 查 TCRT5000 参数表得当  $I_{R1} = 60\text{mA}$  时发光二极管正向电压约为  $1.25\text{V}$ , 由于二极管电压与电流呈正相关, 假定其两端电压为  $1.25\text{V}$ ,  $R1 = 150\Omega$ , 则  $I_{R1} = (5\text{V} - 1.25\text{V}) / 150\Omega = 25\text{mA}$ , 与  $60\text{mA}$  同一数量级且略小, 较小的光强保证不会使接收端电流过大, 进而导致比较器输入端很快变为低电平, 使检测判断为暗底的区间过小。



短路电流---照度特性

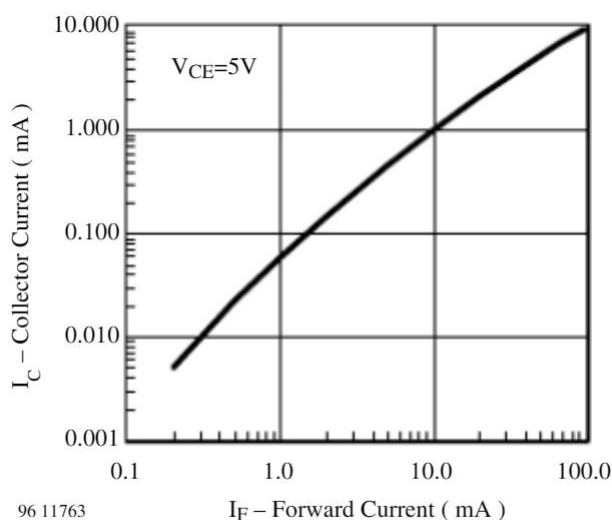


Figure 6. Collector Current vs. Forward Current

比较器比较电压约为  $0.3\text{V}$  的合理性: 查 TCRT5000 参数表得  $I_c$  数量级约在  $0.1\text{--}10\text{mA}$  不等,  $10\text{k}\Omega$  的电阻  $R2$  能够引起较大幅度的压降变化, 使得该电路对于光的变化更加敏感。实验测得的比较电压值约为  $0.3\text{V}$ , 黑底测得 7 脚电压约  $3.5\text{V}$ , 白底测得 7 脚电

压约 0.2V，可见亮区区间偏小。

被判断为白底的区域较小，可能与相对较大的 R1 与相对较小的 R2 有关，但 0.3V 依然符合低电平上限的标准。并且应按照实验光照需求调整比较器比较电压，实验过程中黑底白底的判断均在预期范围内，证明比较电压 0.3V 是合理的。光敏二极管的短路电流/照度特性、 $I_c-I_F$  均较线性， $U_7 \text{脚} = 5V - I_c * 10k\Omega$  也是线性关系，要想线性增大亮区范围，只需要线性左移电位器 W1 即可。

## (2) 缺省高度 (2cm)，白底/黑底/其它表面下，光电管反射电压测量比较

反射面	U1/V	U2/V	U3/V	LED 灯 发光情况
黑底	3.609	3.358	3.361	暗
白底	0.184	0.192	0.189	亮
棕底	0.216	0.223	0.217	亮
深蓝底	0.395	0.387	0.391	暗

棕底、白底均被判断为亮底，白底平均电压 0.188V，棕底平均电压 0.219V，均小于比较电压 0.3V，LED 均发光。

黑底、深蓝底均被判断为暗底，黑底平均电压 3.443V，深蓝底平均电压 0.391V，均大于比较电压 0.3V，LED 均不发光。

## (3) 不同高度 (2 至 6cm)，光电管反射电压测量比较

距离 (cm)	灯状态	电压 (V)
1.25	亮	0.190
1.72	亮	0.250
1.95	暗	0.308
3.24	暗	2.382

白底时，随着离地距离 d 增大，比较器输入端电压逐渐增大。d = 1.25cm 与 d = 1.72cm 时均亮灯，d = 1.95cm 时电压达到 0.308V，接近但超过比较器比较电压，LED



不发光。说明光电检测轨道对地面的最低要求为低于 1.72cm。

(4) 确定区分黑白地面的比较电压值，总结光电检测轨道对地面的最低要求

比较器	8 脚电压/V	0.306
	10 脚电压/V	0.272
	6 脚电压/V	0.299

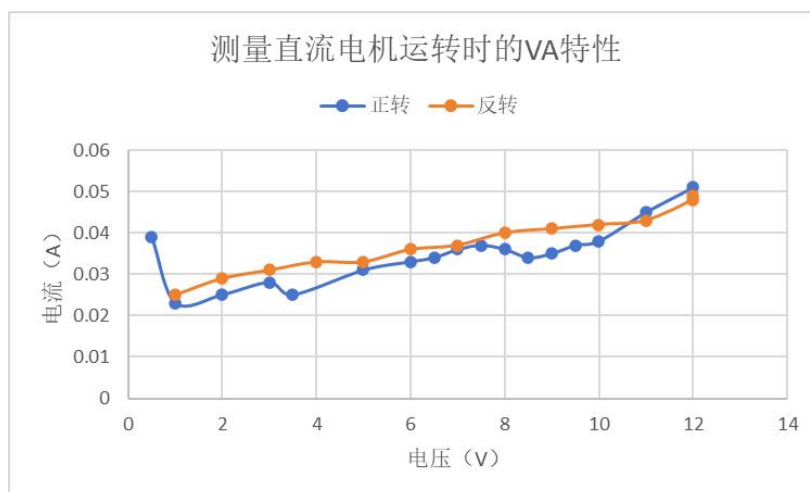
这三个光电检测电路的比较电压平均值为 0.292V，结合 (3) (5) 实验可知，小车高度应低于 1.72cm，要是巡航路线采用铺设黑底的方式，反射面需采取白底、棕底这样反光较强的材料，使得小车能够判断铺设与否。

(5) 观察环境光亮对光电检测电路的影响

手电筒位置	LED1 状态	U1/V	LED2 状态	U2/V
无（默认环境）	暗	0.483	暗	0.427
高（光强弱）	暗	0.284	暗	0.318
中（光强中）	暗	0.272	暗	0.303
低（光强强）	亮	0.255	亮	0.284

光照越强，比较器输入电压越小。默认环境光照最弱，电压最大，LED 不亮；光照较弱的两组实验 LED 状态不变；在光照最强的一组实验中，LED 发光。

## 二、测量直流电机正转和反转时的 VA 特性（稳压源：GPD-4303S 直流电源）



①总体上，电机两端电压越大，电流越大，电机转速越快。

②正转电压为 0.498V 时，电机停转，电流比预期电机运转时更大。

### 三、电机驱动模块功能验证（测试设备：UT890D+数字万用表）

ENA 逻辑	IN1 逻辑	IN2 逻辑	OUT1 电压/V	OUT2 电压/V	电机状态
0	X	X	0.64	0.72	停止
1	0	0	0.14	0.14	停止
1	0	1	11.38	0.71	正转
1	1	0	0.72	11.36	反转
1	1	1	12.1	12.1	停止

ENA、IN1、IN2、OUT1、OUT2 的逻辑符合下表所示：

序号	ENA 逻辑	IN1 逻辑	IN2 逻辑	OUT1 电压	OUT2 电压	电机状态
1	0	X	X	0V	0V	停止
2	1	0	0	0V	0V	停止
3	1	0	1	0V	+12V	正转
4	1	1	0	+12V	0V	反转
5	1	1	1	+12V	+12V	停止

### 四、电机开环控制时小车运行状态观测

左轮				右轮			电机状态	小车轨迹
ENA	IN1	IN2	电机状态	ENB	IN3	IN4		
1	0	1	正转	1	0	1	正转	直行，稍有右偏
1	0	1	正转	1	0	0	停止	以右轮为轴顺时针原地旋转
1	0	1	正转	1	1	0	反转	以小车中心偏右为轴顺时针旋转，半径逐渐增大
1	0	0	停止	1	0	1	正转	以左轮为轴逆时针原地旋转
1	1	0	反转	1	0	1	正转	以小车中心偏右为轴逆时针旋转，半径逐渐增大

①ENA、IN1、IN2、OUT1、OUT2 与 ENB、IN3、IN4、OUT3、OUT4 均符合电机驱动模块逻辑与功能。

②小车能够正常运行，左轮转速比右轮略快。

**【探究性实验内容】**