

实验项目 1 走进传感器项目开发

建议课时:3

实验目的

- (1) 了解 NEWLab 实验平台。
- (2) 了解 A/D 转换器的工作原理。
- (3) 了解光敏电阻工作原理。
- (4) 了解光电传感电路的工作原理。
- (5) 了解 DIY 模块。
- (6) 了解数据处理基础知识。
- (7) 了解光敏传感电路 DIY 模块并掌握光敏传感电路 DIY 模块的测量方法。

实验设备

NEWLab 实验平台、DIY 模块、万用表。

实验原理

1. 认识 NEWlab 实验平台

NEWLab 是新大陆教育公司推出的一款面向物联网、电子信息及计算机专业的教学实验设备,可应用于相关课程的原理展示、实验操作及综合实训。NEWLab 是一个由硬件设备平台、软件平台和教学资源库三部分组成的完整教学实验体系。

NEWLab 可完成单片机技术、ARM 嵌入式系统、RFID 技术、二维码技术、无线通信技术、传感器技术、数据采集、无线传感器网络、物联网应用程序开发、智能终端开发、电路设计等诸多课程的实验实训。

NEWLab 实验平台有 8 个通用实验模块插槽,支持单个实验模块实验,或最多 8 个实验模块联动实验;集成了通信、供电、测量等功能,为实验提供环境保障和支撑;内置了一块标准尺寸的面包板及独立电源,用于电路搭建实验。如图 1-1 所示为 NEWLab 实验平台实物。

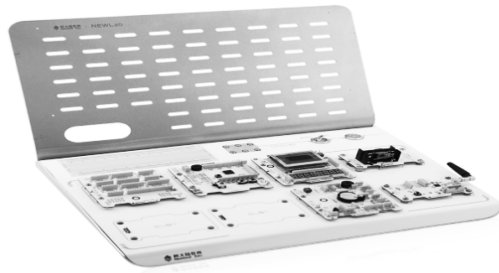


图 1-1 实验平台示意

1) 实验设备介绍

实验设备包括电源开关、通信模块开关、电源输出接口、面包板、磁性模块接口、模块通信接口、电源线接口、串行接口、USB 接口,如图 1-2 所示。



图 1-2 实验设备组成


2) NEWLab 云实验软件平台用户注册和登录

(1) 启动 NEWLab 应用程序,进入开发实验平台起始主界面,如图 1-3 所示。



图 1-3 起始主界面

(2) 单击软件平台主界面右上角按钮,弹出“用户登录”提示窗口,单击“注册”,进入用户注册页面,如图 1-4(a)所示。

(3) 用户注册成功后,用注册后的用户进行登录,单击用户按钮,出现提示登录页面,填写用户名、密码,如图 1-4(b)所示。



(a) 注册界面

(b) 登录界面

图 1-4 注册、登录


(4) 登录成功后单击用户按钮,可以完成用户个人信息的修改及退出系统的操作,如图 1-5 所示。



图 1-5 用户个人信息修改及退出系统


(5) 串口和波特率的设置。打开软件平台,进入主界面,单击右上角的设置按钮,按图 1-6 所示的参数进行设置。



图 1-6 串口和波特率的设置

表 1-1 是不同实验类型的波特率参考。

表 1-1 波特率参考

实验类型	实验名称	波特率(b/s)	工作模式
传感器	称重实验	9600	自动
传感器	声音传感	9600	自动
传感器	湿度传感	9600	自动
传感器	温度传感	9600	自动
传感器	压电传感	9600	自动
传感器	光电传感	9600	自动
传感器	红外传输	9600	自动
传感器	霍尔传感	9600	自动
传感器	空气质量	9600	自动

(6) 实验包导入。实验包导入是将扩展名为.nle 的实验包文件(由 NEWLab 实验包开发工具生成)导入物联网开发实验平台中进行实验查看、场景演示等操作。

打开实验平台,单击主页面右上方的“实验包导入”按钮,在弹出的导入提示框中选择要导入的实验包,如图 1-7 所示。

开始界面是传感器实验原理的介绍,如图 1-8 所示。

在显示连接说明时会进行板检测,在界面的首行会有板检测成功与失败的提示,如图 1-9 所示。

关键代码分析提供了该实验所用的关键代码,供用户参考。传感器实验没有提供关键代码。

场景模拟实验界面能够展示实验的动态效果,由模拟实验查看实验所要实现的功能,如图 1-10 所示。

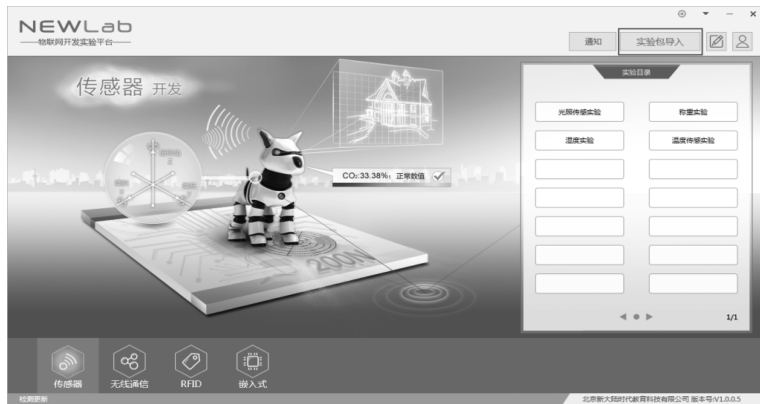


图 1-7 实验包导入



图 1-8 开始界面

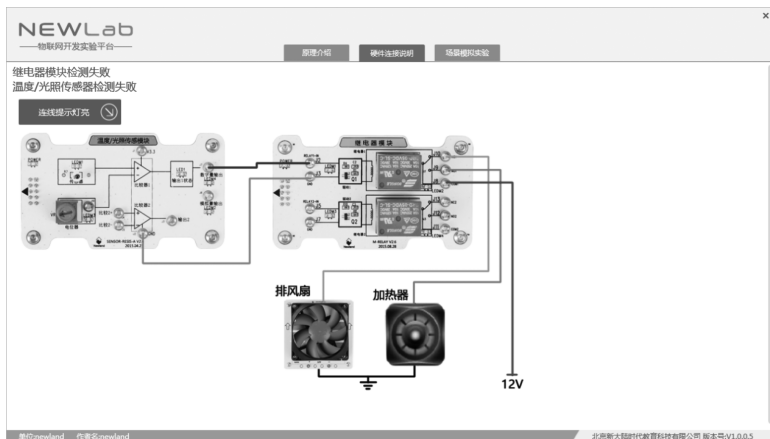


图 1-9 硬件连接说明界面

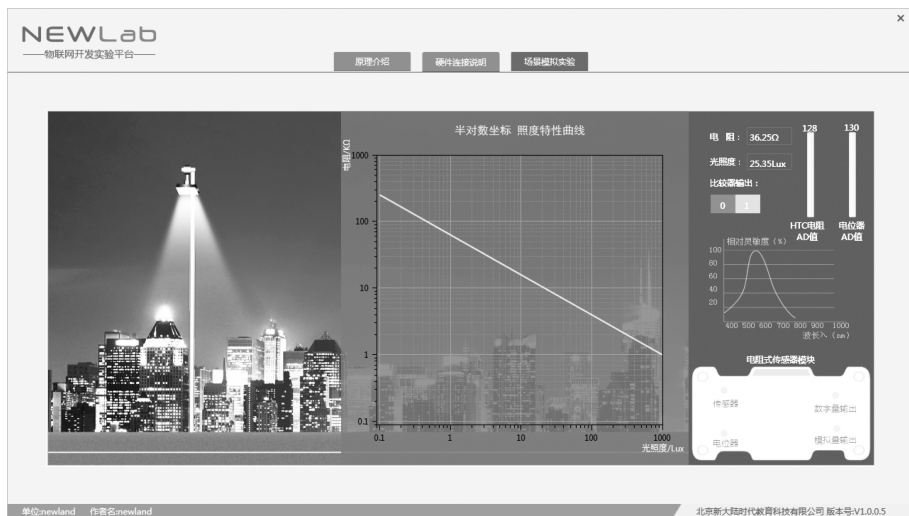


图 1-10 场景模拟实验界面

2. A/D 转换器的工作原理

随着数字技术,特别是信息技术的飞速发展与普及,在现代控制、通信及检测等领域,为了提高系统的性能指标,对信号的处理广泛采用了数字技术。由于系统的实际对象往往是一些模拟量(如温度、压力、位移、图像等),要使计算机或数字仪表能识别、处理这些信号,必须先将这些模拟信号转换成数字信号;而经计算机分析、处理后输出的数字信号也需要转换为相应模拟信号才能被执行模块识别。这样,就需要一种能在模拟信号与数字信号之间起桥梁作用的电路——模数转换器和数模转换器。

将模拟信号转换成数字信号的电路,称为模数转换器(analog to digital converter,简称 A/D 转换器或 ADC);将数字信号转换为模拟信号的电路称为数模转换器(digital to analog converter,简称 D/A 转换器或 DAC);A/D 转换器和 D/A 转换器已成为信息系统中不可缺少的接口电路。

1) A/D 模数转换的过程

模数转换包括采样、保持、量化和编码四个过程。在某些特定的时刻对模拟信号进行测量叫作采样,通常采样脉冲的宽度非常短,所以采样输出是断续的窄脉冲。要把一个采样输出信号数字化,需要将采样输出所得的瞬时模拟信号保持一段时间,这就是保持过程。量化是将保持的抽样信号转换成离散的数字信号。编码是将量化后的信号编码成二进制代码输出。这些过程有些是合并进行的,例如,采样和保持就利用一个电路连续完成,量化和编码也是在转换过程中同时实现的,且所用时间是保持时间的一部分。

2) A/D 转换器的主要性能指标

(1) 分辨率。转换器对输入电压微小变化响应能力的量度。由于分辨率与转换器的位数有直接关系,所以也常以 A/D 转换器输入数字量的位数来表示。

(2) 量化误差。由 AD 的有限分辨率引起的误差,即有限分辨率 AD 的阶梯状转移特性曲线与无限分辨率 AD(理想 AD)的转移特性曲线之间的最大偏差。最大误差可达到

1LSB(最低有效位)的 1/2。

(3) 转换时间。A/D 转换器的转换时间是指从转换控制信号到来到输出端得到稳定的数字信号所经过的时间。

(4) 绝对精度。在输入满刻度数字量时, A/D 转换器的实际输出值与理论值之间的偏差。

(5) 相对精度。在整个转换范围内, 任意一个数字量所对应的模拟输入量的实际值与理论值的差值。

A/D 转换电路中模拟电压经电路转后的 AD 值如下:

$$AD = \frac{U_A}{V_{DD}} \cdot 2^n = \frac{2^n}{V_{DD}} \cdot U_A \quad (1-1)$$

式中, n 为采用 A/D 转换的精度位数, U_A 为 AD 转换器输出的数字量, V_{DD} 为转换电路的供电电压。传感器实验模块中精度为 8 位, 供电电压为 3.3V。

3. 光敏电阻的工作原理

光敏电阻是利用半导体的光电效应制成的一种电阻值随入射光的强弱而改变的电阻。入射光强, 电阻减小; 入射光弱, 电阻增大。光敏电阻器一般用于光的测量、控制和光电转换(将光的变化转换为电的变化)。常用的光敏电阻器是硫化镉光敏电阻器, 它是由半导体材料制成的, 结构如图 1-11 所示。光敏电阻器的阻值随入射光线(可见光)的强弱变化而变化, 在黑暗条件下, 它的阻值(暗阻)可达 1~10MΩ; 在强光条件(100lx)下, 阻值(亮阻)仅有几百至数千欧姆。光敏电阻器对光的敏感性(即光谱特性)与人眼对可见光(0.4~0.76μm 波段)的响应很接近, 只要人眼可感受的光, 都会引起阻值的变化。

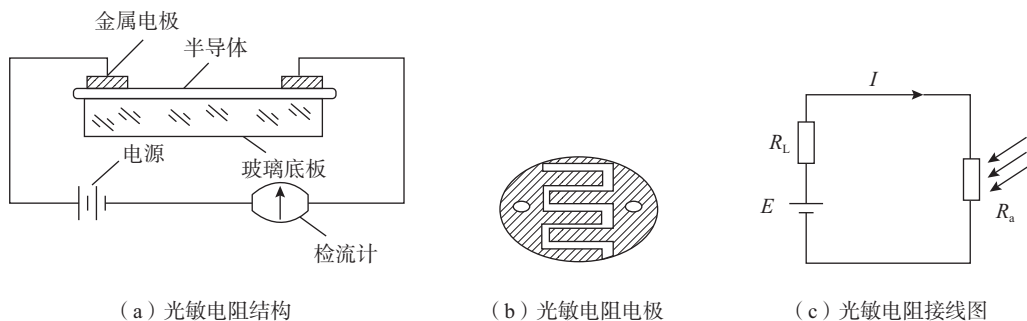


图 1-11 光敏电阻结构示意图

1) 光敏电阻的主要参数

(1) 光电流、亮电阻。光敏电阻器在一定的外加电压下, 光照时流过的电流称为光电流。外加电压与光电流之比称为亮电阻, 常用“100lx”表示。

(2) 暗电流、暗电阻。光敏电阻在一定的外加电压下, 没有光照时流过的电流称为暗电流。外加电压与暗电流之比称为暗电阻, 常用“0lx”表示(用照度计测量光的强弱, 其单位为勒克斯 lx)。

(3) 灵敏度。灵敏度指光敏电阻不受光照时的电阻值(暗电阻)与受光照时的电阻值

(亮电阻)的相对变化值。光敏电阻的暗阻和亮阻之间的比值大约为 1500 : 1,暗电阻的阻值越大其特性越好。暗电阻越大,亮电阻越小,它们的相对变化值越大,即亮电流越大,暗电流越小,光敏电阻的灵敏度越高。

(4) 光谱响应。光谱响应又称光谱灵敏度,是指光敏电阻在不同波长的单色光照射下的灵敏度。若将不同波长下的灵敏度画成曲线,就可得到光谱响应的曲线。

(5) 光照特性。光照特性是指光敏电阻输出的电信号随不同的光照强度而变化的特性。随着光照强度的增加,光敏电阻的阻值开始迅速下降。若进一步增大光照强度,则电阻值的变化幅度减小,然后逐渐趋向平缓。在大多数情况下,该特性为非线性。

(6) 伏安特性曲线。在一定光照强度下,加在光敏电阻两端的电压与电流之间的关系称为伏安特性。在给定偏压下,若光照强度较大,则光电流也越大。在一定的光照强度下,所加的电压越大,光电流越大,而且无饱和现象。但是电压不能无限增大,因为任何光敏电阻都受额定功率、最高工作电压和额定电流的限制。超过最高工作电压和最大额定电流,可能导致光敏电阻永久性损坏。

(7) 温度系数。光敏电阻的光电效应受温度影响较大,部分光敏电阻在低温下的光电灵敏度较高,而在高温下的灵敏度较低。

(8) 额定功率。额定功率是指光敏电阻用于某种线路中所允许消耗的功率,当温度升高时,其消耗的功率随之降低。

2) 几种不同材料光敏电阻的光谱特性

(1) 硫化镉光敏电阻的光照特性。光敏电阻的光照特性描述的是光电流和光照强度之间的关系。不同材料光照特性是不同的,绝大多数光敏电阻的光照特性是非线性的。图 1-12 为硫化镉光敏电阻的光照特性。

(2) 硫化镉光敏电阻的伏安特性曲线。在一定照度下,流过光敏电阻的电流与光敏电阻两端电压的关系称为光敏电阻的伏安特性。图 1-13 为硫化镉光敏电阻的伏安特性曲线,当光照强度恒定时,光敏电阻在一定的电压范围内,伏安特性曲线为直线。

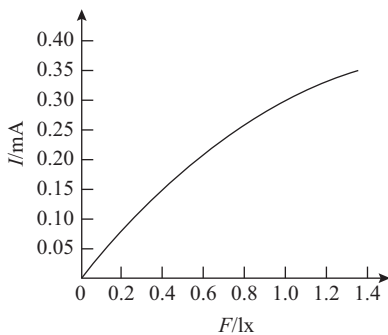


图 1-12 硫化镉光敏电阻的光照特性

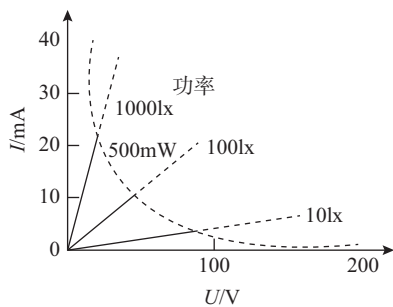


图 1-13 硫化镉光敏电阻的伏安特性曲线

4. 认识 DIY 模块

DIY 模块电路主要由两部分组成,分别是 DIY 板和 DIY 测试模块。如图 1-14 所示。

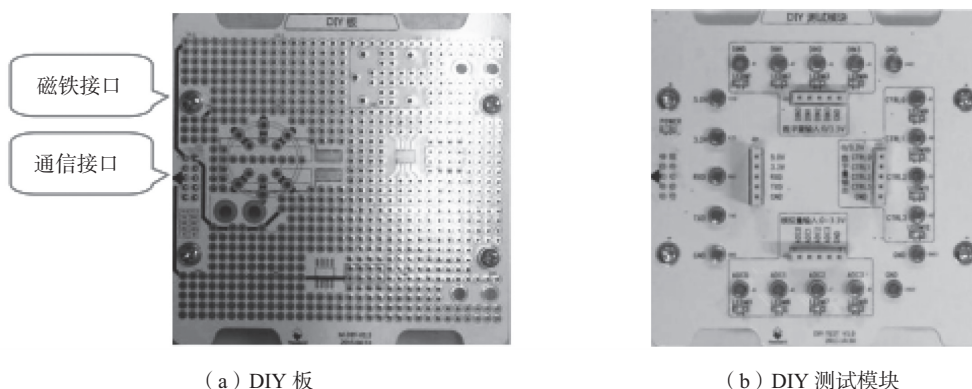


图 1-14 模块电路

5. 数据处理基础知识

1) 测量误差的表示方法

(1) 绝对误差的计算公式为

$$\Delta x = x - A_0 \quad (1-2)$$

式中, A_0 的值是一个无法得到的理想值, 实际应用中通常用实际值 A 来代替真值 A_0 , 实际值也称为约定真值。

(2) 相对误差。通常用实际值 A 代替真值 A_0 , 得到实际相对误差 γ_A 。计算公式为

$$\gamma_A = \frac{\Delta x}{A} \times 100\% \quad (1-3)$$

可以用测量值 x 代替实际值 A , 由此得到实际相对误差 γ_x 为

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (1-4)$$

通常用绝对误差 ΔX 与该量程的满刻度值 x_m 之比来表示相对误差, 称为满度相对误差 γ_m 。计算公式为

$$\gamma_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\% \quad (1-5)$$

在一个量程范围内出现的最大绝对误差 Δx_m 与该量程的满刻度值 x_m 之比表示最大满度相对误差 γ_{mm} 。计算公式为

$$\gamma_{mm} = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\% \quad (1-6)$$

2) 测量误差的分类

(1) 系统误差。系统误差包括方法误差、仪器误差、操作误差、主观误差。方法误差是由分析方法本身造成的; 仪器误差由仪器本身不够精确导致; 操作误差是不正确的操作所引起的; 主观误差是由分析人员本身的一些主观因素造成的。

(2) 随机误差。其规律如下: ① 绝对值相等的正的误差与负的误差出现机会相同; ② 绝对值小的误差比绝对值大的误差出现的次数多; ③ 误差不会超出一定的范围。

(3) 粗大误差。粗大误差也称疏忽误差或过失误差,它明显偏离被测量的真值。产生这种误差的主要原因是操作者的疏忽大意。

注意:

(1) 可以从有效数字的位数估计出测量误差,一般规定误差不超过有效数字末位单位的一半。

(2) “0”在最左侧为非有效数字。

(3) 有效数字不能因选用单位的变化而变化。

3) 数字舍入规则

数字舍入规则如下。

(1) 小于5舍去,末位不变。

(2) 大于5进1,在末位增1。

(3) 等于5时,取偶数。

4) 数字近似运算规则

(1) 加减规则。①对参加加减运算的各项数字进行修约,使各数修约到比小数点后位数最少的那项数字多保留一位小数;②进行加减运算;③对运算结果进行修约,使小数点后的位数与原各项数字中小数点后位数最少的那项相同。

(2) 乘除规则。乘除运算时,有效数字位数的取舍取决于有效数字最少的一项数字,而与小数点位置无关。

6. NEWLab 光电传感电路 DIY 模块

1) 光电传感电路 DIY 板

光电传感电路 DIY 板如图 1-15 所示。

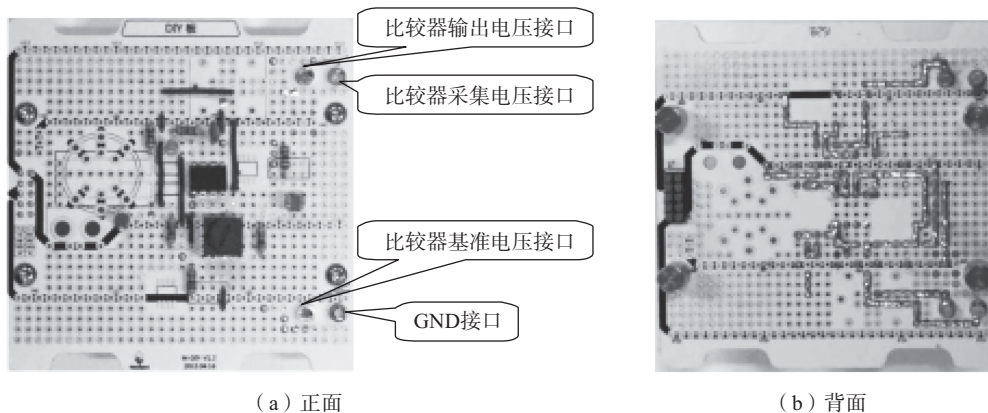


图 1-15 光电传感电路 DIY 板

2) 光电传感电路 DIY 模块

光电传感电路 DIY 板与 DIY 模块的连接示意图如图 1-16 所示。

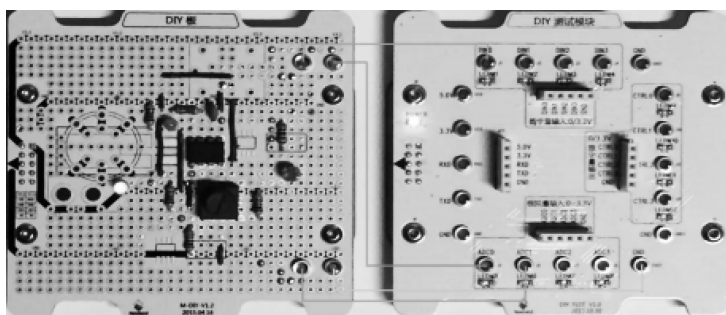


图 1-16 光电传感电路的 DIY 板与 DIY 模块的连接示意图

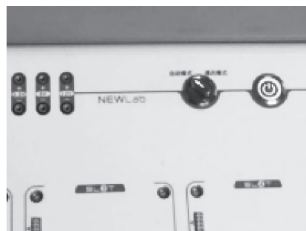
实验步骤

1. DIY 测试模块的测试

(1) 将 NEWLab 实验硬件平台通电并与计算机连接,如图 1-17(a)所示;将模式选择为自动模式,按下电源开关,启动实验平台,如图 1-17(b)所示。



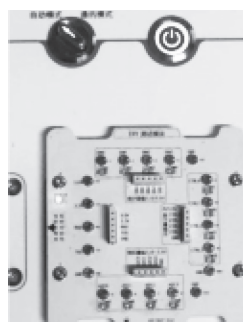
(a) 通电并与计算机连接



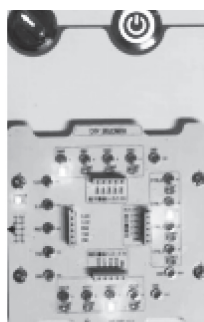
(b) 启动 NEWLab 平台

图 1-17 NEWLab 平台参考图

(2) 将 DIY 测试模块接入 NEWLab 平台,选择一个平台模块,将 DIY 测试模块的磁铁接口、通信接口与实验平台的该模块相应接口一一对应,如图 1-18 所示。



(a) 指示灯不亮



(b) 指示灯亮

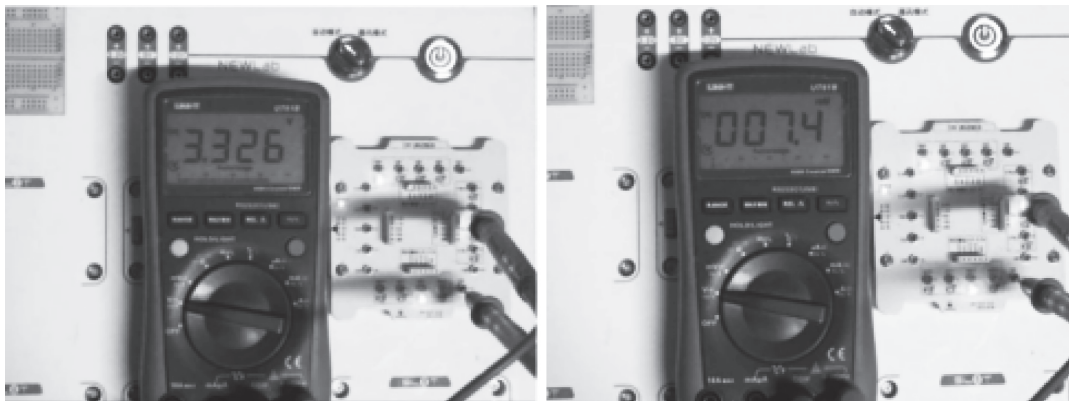
图 1-18 DIY 测试模块工作实图

(3) 启动 NEWLab DIY 上位机软件平台,选择 COM3 端口(根据实际情况选择串口)

并将工作方式选择为打开；选择相应的指示灯按钮，观察 DIY 测试模块的情况是_____。

(4) 将数字万用表的挡位调节至电压挡(直流 V 挡)，将万用表的红表笔插入模块的 J10 CTRL1 接口，黑表笔插入 GND(GND2)接口，测量 J10 CTRL1 接口的电压为_____。测量参考图如图 1-19(a)所示。

(5) 按下上位机软件中数字输出 CTRL1 的按钮，使输出为 0，测量 J10 CTRL1 接口的电压为_____，测量参考图如图 1-19(b)。



(a) 数字量输出为 1

(b) 数字量输出为 0

图 1-19 J10 CTRL1 接口的电压测量参考图

2. 光电传感 DIY 模块测试

1) 启动光电传感电路 DIY 模块

将光电传感电路 DIY 板放置好，并将光电传感电路 DIY 板和 DIY 测试模块连接好，如图 1-20 所示。

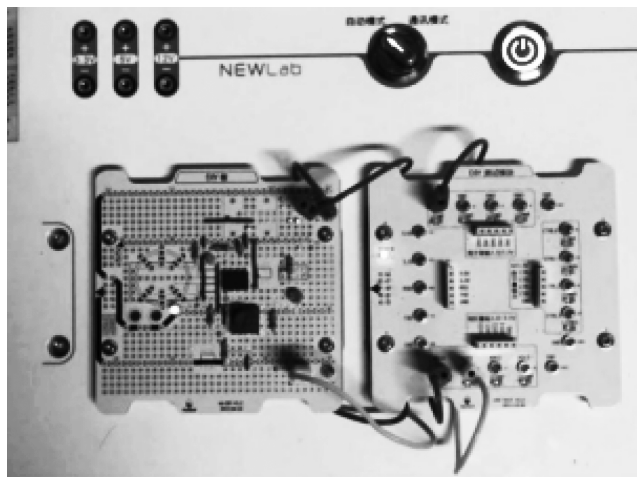


图 1-20 光电传感电路工作参考图

2) 选择 NEWLab 实验 DIY 上位机软件平台

亮度传感电路需要设置亮度采集灵敏度的阈值, 调零设置的方式如下。

(1) 调节电位器, 改变比较器负端输入基准电压, 从而改变基准亮度, 使得光敏电阻感应环境的亮度比基准亮度高, 电路绿色指示灯灭。

注意: 后续测试不可再调节电位器。

(2) 将数字万用表的挡位调节至电压挡(直流 V 挡), 将万用表的红表笔插入比较器基准电压测试接口, 黑表笔插入 GND 接口, 测量比较器负端的基准电压 U_S 为 _____, 测量实图参考图 1-21(a)。

注意: 表笔与接口位置要相同, 如果位置相反, 则检测结果应为负数。

(3) 观测上位机界面, 上位机显示的采集基准电压即 ADC1 的 U 值为 _____, 转换的 AD 即 ADC1 的 AD 值为 _____。

(4) 观测上位机界面, 上位机显示的采集基准电压即 ADC0 的 U 值为 _____, 转换的 AD 即 ADC0 的 AD 值为 _____, 数字量输入即 DIN0 显示为 _____。

3) 亮度正常时的测量

(1) 将万用表的红表笔插入比较器采集电压测试接口, 挡位和黑表笔位置不变, 测量比较器的采集电压 U_A 为 _____, 测量实图参考图 1-21(b)。

(2) 将万用表的红表笔分别插入比较器输出电压测试接口, 挡位和黑表笔位置不变, 测量比较器的输出电压 U_D 为 _____, 测量实图参考图 1-21(c)。



(a) 测量图 1

(b) 测量图 2

(c) 测量图 3

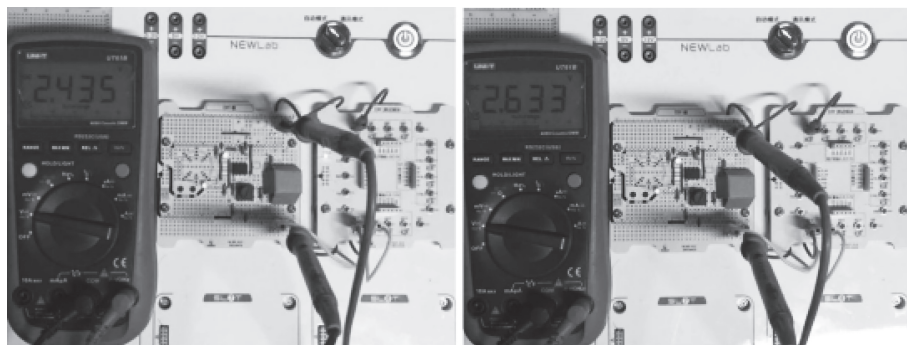
图 1-21 亮度正常时测量参考图

(3) 观测上位机界面, 上位机显示的采集基准电压即 ADC0 的 U 值为 _____, 转换的 AD 即 ADC0 的 AD 值为 _____, 数字量输入即 DIN0 显示为 _____。

4) 亮度变暗时的参数

(1) 利用挡片阻挡光敏电阻, 观察电路的变化情况, 绿色指示灯的工作状态为 _____。

(2) 测量此时的比较器的采集电压 U_A 为 _____, 输出电压 U_D 为 _____, 测量实图参考图 1-22。



(a) 测量图 1

(b) 测量图 2

图 1-22 亮度变暗时测量参考图

实验数据分析

(1) 将上述测试结果填入表 1-2 中。

表 1-2 光电传感模块的数据表

项 目		亮度正常		亮度变暗	
		电压值/V	AD 值/LSB	电压值/V	AD 值/LSB
比较器基准电压					
比较器采集电压					
比较器输出电压			无		无
绿色 LED 工作状态					
DIY 上位机	ADC0 电压				
	ADC1 电压				
	数字量输入				

(2) 根据表 1-2 中的数据,分析以下问题

① 测量的电压和上位机显示的电压误差情况分析: _____。

② 以所测量的电压为参考,AD 值的误差情况分析: _____。

③ 以观测到的 AD 值为参考,电压的误差情况分析: _____。

④ 比较器的作用是 _____。

⑤ 阈值与亮度感应的关系情况分析: _____。

⑥ DIY 上位机数字量输出的状态对 DIY 测试模块的影响: _____。