

实验名称	实验六 光敏传感器实验		
姓 名	张厚今	组别	
同组实验者			
指导教师	徐文正	实验日期	2020.05.18
指导教师评语	指导教师签名: _____ _____ 年 _____ 月 _____ 日		
实验成绩			

山东科技大学实验报告书

实验六 光敏传感器实验

一、实验目的

掌握光敏传感器的选择方法，掌握光敏传感器的种类、精度等静态性能和动态性能、使用方法等，掌握光敏传感器的性能分析步骤。

二、实验要求

根据光敏检测的范围、精度等来选择某一光敏传感器，分析其性能，阐述选择方法，然后来计算其动态性能，看是否符合要求，并介绍其使用方法。

三、实验步骤

3.1 光敏传感器原理

光敏传感器是把光信号变成电信号的一种传感器，不只局限于对光的探测，它还可以作为探测元件组成其他传感器，对许多非电量进行检测，只要将这些非电量转换为光信号的变化即可。

光敏传感器的基础原理是光电效应。光电效应是指在高于某特定频率的电磁波照射下，某些物质内部的电子会被光子激发出来而形成电流，即光生电。光可认为是电磁波的一部分，把不同途径产生的电磁波按频率从低到高排列，有无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线、 γ 射线这些频段。在物理学发展史上，光电效应直接导致了光的波粒二象性概念的提出，因为光电效应无法使用光的波动性来解释。光电效应根据光电产生的物体表面还是内部分为外光电效应和内光电效应。

3.2 光敏传感器种类

光敏传感器分为很多种类，主要有：光电管、光电倍增管、光敏电阻、光敏三极管、太阳能电池、红外线传感器、紫外线传感器、光纤式光电传感器、色彩传感器、CCD 和 CMOS 图像传感器等。最简单的光敏传感器是光敏电阻，当光子冲击接合处就会产生电流。

3.2.1 光电管

光电管是基于外光电效应的基本光电转换器件，光电管分为真空光电管和充气光电管两种，如下图 3.1 所示。光电管的典型结构是将球形玻璃壳抽成真空，在内半球面上涂一层光电材料作为阴极，球心放置小球形或小环形金属作为阳极。

山东科技大学实验报告书

光电倍增管是进一步提高光电管灵敏度的光电转换器件。光电管内除光电阴极和阳极外，两极间还放置多个瓦形倍增电极。使用时相邻两倍增电极间均加有电压用来加速电子。



图 3.1 两种类型的光电管

利用金属在光照射之下所产生的光电子，再加以测量光电子之最大电压即可测定出光子波长。为了使能产生光电效应的光子频率更广，通常被照射的金属电极会选用游离能较低的碱金属(如：铯)。而窗口的材质取决于需要测定的波长范围。

3.2.2 光敏电阻

光敏电阻是利用光电导效应的一种特殊的电阻，简称光电阻，又名光导管。它的电阻和光线的强弱有直接关系。光强度增加，则电阻减小；光强度减小，则电阻增大。光敏电阻一般用于光的测量、光的控制和光电转换。光敏电阻外观如下图 3.2 所示。

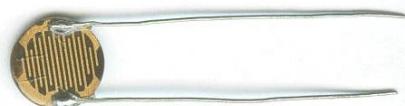


图 3.2 光敏电阻

当有光线照射时，电阻内原本处于稳定状态的电子受到激发，成为自由电子。所以光线越强，产生的自由电子也就越多，电阻就会越小。当电阻在完全没有光线照射的状态下（室温），称这时的电阻值为暗电阻（当电阻值稳定不变时，例如 $1k\Omega$ 欧姆），与暗电阻相对应的电流为暗电流。当电阻在充足光线照射的状态下（室温），称这时的电阻值为亮电阻（当电阻值稳定不变时，例如 1Ω 欧姆），与亮电阻相对应的电流为亮电流。光电流在数值上等于亮电流减去暗电流。

山东科技大学实验报告书

3.2.3 光敏三极管

光敏三极管也称光电三极管或光电晶体管，其外观如下图 3.3 所示。其基本原理是光照到 P-N 结上时，吸收光能并转变为电能。当光敏三极管加上反向电压时，管子中的反向电流随着光照强度的改变而改变，光照强度越大，反向电流越大，大多数都工作在这种状态。光敏三极管可以用于测量光亮度，但它更多地应用在其他方面，如传输信号，光电隔离，非接触转速测量等。



图 3.3 光敏三极管

光敏三极管与一般晶体管相似，具有两个 PN 结，只是发射极一边做得很大，以扩大光的照射面积。大多数光敏晶体管的基极无引出线，当集电极加上相对于发射极为正的电压而不接基极时，集电结就是反向偏压；当光照射在集电结时，在集电极附近产生电子空穴对，会有大量的电子流向集电极，形成输出电流。集电极电流为光电流的 β 倍，所以光敏晶体管有放大作用。

3.2.4 光电池

光电池是利用光生伏特效应把光能直接转变成电能的光电器件。光电池可把太阳能直接转变为电能，因此又称为太阳能电池，如下图 3.4 所示。光电池有较大面积的 PN 结，当光照射在 PN 结上时，在结的两端就会出现电动势，故光电池是有源元件。光电池分为硒光电池、砷化镓光电池、硅光电池、硫化铊光电池、硫化镉光电池等。目前应用最广、最有发展前途的是硅、硒光电池。



图 3.4 太阳能光电池

3.2.5 红外线传感器

红外线传感器利用红外线的物理性质来进行测量的传感器，这个用途广泛，因为任何物体都能发出红外光（只要高于绝对零度，绝对零度等于摄氏温标零下

山东科技大学实验报告书

273.15 度), 所以我们经常在灾难救援中使用红外线传感器用于探测受伤人员位置。红外传感器如下图 3.5 所示。



图 3.5 红外传感器

3.3 光敏传感器选型

光敏传感器种类繁多, 不同种类光敏传感器的用途也有很大差异。例如, 光敏三极管可以用于传输信号, 光电隔离, 非接触转速测量; 光敏电阻可用于检测光线强度; 光电池利用光生伏特原理产生电能; 红外光敏用于检测环境温度等等。

为了便于测试光敏传感器的功能, 本次实验以“为单片机选取光敏传感器以检测室内环境的光照强度变化”作为具体的实验场景。广义上说, 光敏传感器的输出信号都可以随外界光照条件的变化而变化, 但在本次实验的场景下, 为单片机选取光敏传感器以检测室内环境的光照强度变化, 最好的光敏传感器类型为光敏电阻。

由于光电三极管、红外传感器、光电池等大多数光敏传感器都有其专门的检测场景, 而光敏电阻的常见功能就是检测环境光照变化。另外, 光敏电阻相较于其他光敏传感器, 更为小巧轻便, 也非常易于获取、价格便宜, 因此选取了光敏电阻作为本次实验场景下的光敏传感器。

3.4 光敏电阻的性能参数

3.4.1 封装及外观

光敏电阻是一种半导体材料制成的电阻, 其电导率随着光照度的变化而变化。利用这一特性可以制成不同形状和受光面积的光敏电阻。本次实验选用常见的 GM5516 光敏电阻, 其封装如下图 3.6 所示。

山东科技大学实验报告书

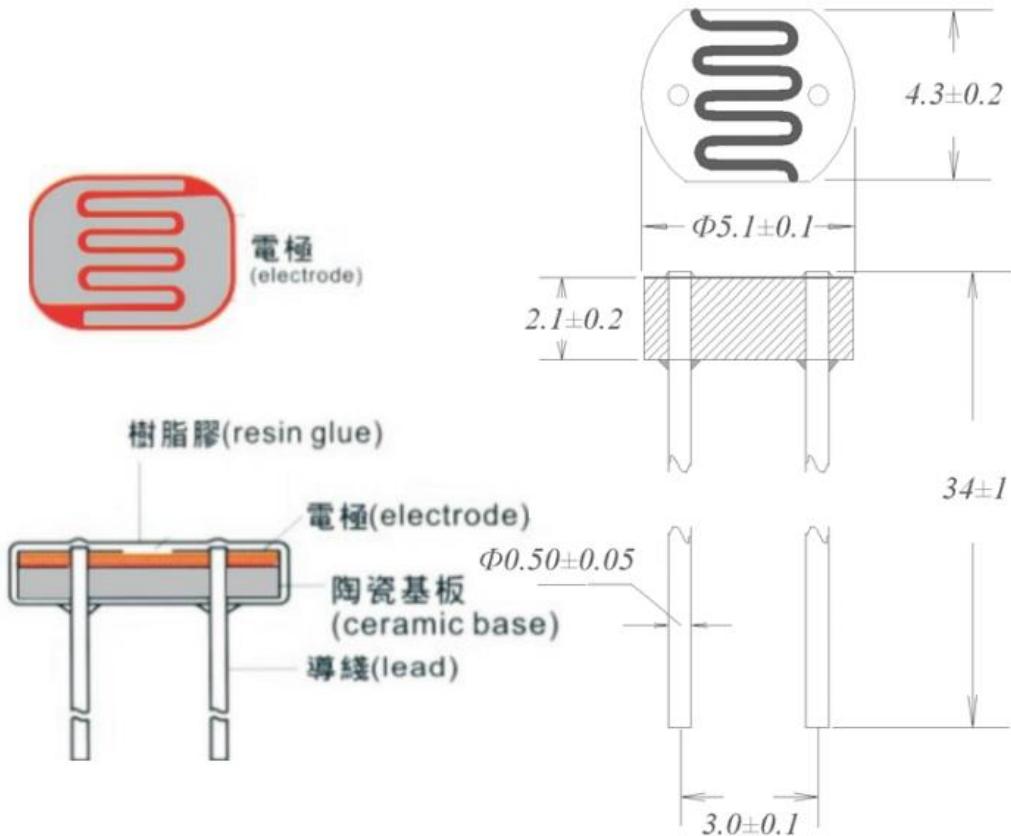


图 3.6 GM5516 外观尺寸图

3.4.2 环境测试

通过查阅 GM5516 光敏电阻的使用手册，可以找到该款光敏电阻的特性指标，如下表所示。

型号	最大 电压 (VDC)	最大 功耗 (mw)	环境 温度	光谱 峰值 (nm)	亮电阻 (10Lux) (KΩ)	暗 电 阻 (MΩ)	γ_{10}^{100}	回應時間 (ms)		照度 特性 圖號
								上升	下降	
GM5516	150	90	-30~+70	540	5-10	0.5	0.5	30	30	2

其中，具体的测试条件如下表所示。

测试条件	具体说明
最大电压	在黑暗中可连续施加给元件的最大电压
暗电阻	开闭 10Lux 单位的光照后第 10 秒的阻值
最大功耗	环境温度为 25 摄氏度时的最大功耗
亮电阻	用 400-600Lux 单位的光线照射 2 小时后，在标准光源（色温 2856K）、10Lux 光照下的测试值
γ 值	10Lux 照度和 100Lux 照度下的标准电阻值之比的对数

山东科技大学实验报告书

$$\gamma = \frac{\lg\left(\frac{R10}{R100}\right)}{\lg\left(\frac{100}{10}\right)} = \lg\left(\frac{R10}{R100}\right)$$

$R10$ 和 $R100$ 分别为 $10Lux$ 和 $100Lux$ 照度下的电阻值。

3.4.3 光照强度—阻值曲线

光敏电阻的阻值在不同光照条件下会发生变化，进而导致电路的电流变化。利用光敏电阻的这种特性，可以直接检测光敏电阻的电流值，进而推测出外界环境的光照强度。光敏电阻最重要的特性曲线就是光照—阻值曲线，该曲线如下图 3.7 所示。

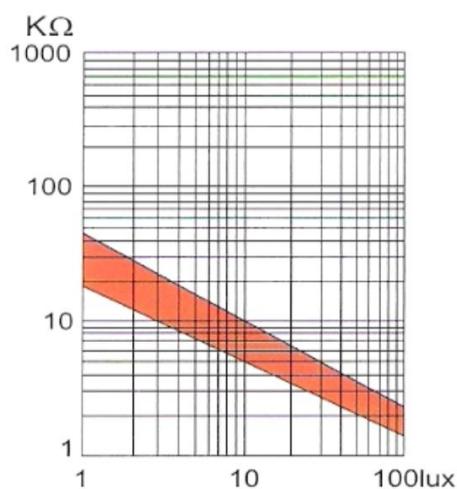


图 3.7 光照—阻值曲线

3.4.4 温度—电阻变化率曲线

除了光敏电阻的阻值会随着温度的变化而发生改变，其电阻的变化响应速率也会受温度影响。温度—电阻变化率的曲线如下图 3.8 所示。

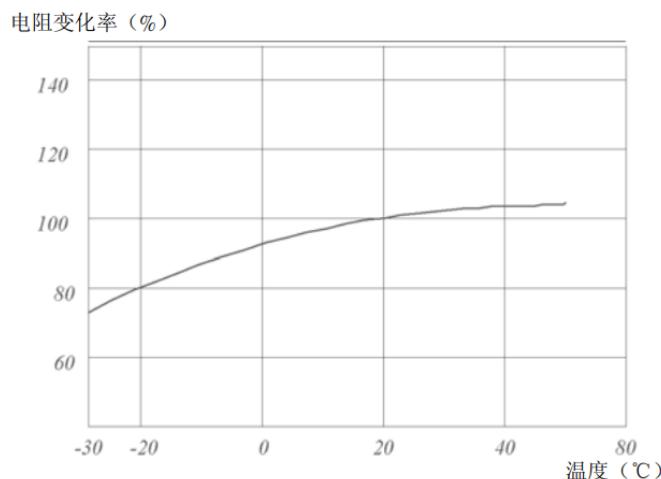


图 3.8 温度—电阻变化率曲线

山东科技大学实验报告书

3.4.5 光线波长一相对灵敏度曲线

另外，环境光线的波长同样会对光敏电阻的相对灵敏度产生影响，其光线波长一相对灵敏度的变化曲线如下图 3.9 所示。

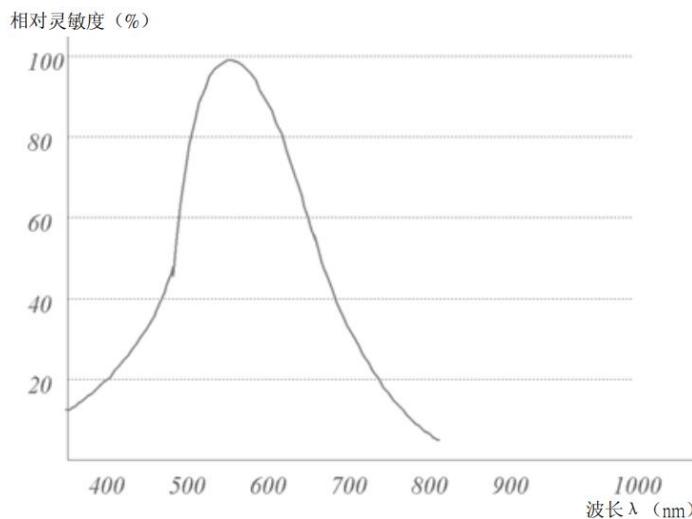


图 3.9 波长一相对灵敏度曲线

3.5 光敏电阻使用方法

本次以“为单片机选取光敏传感器以检测室内环境的光照强度变化”作为实验场景，为了简化实验过程，使用 NodeMCU 开发板作为本次实验的单片机，光敏电阻使用常见的 GM5516 封装。

3.5.1 NodeMCU 简介

NodeMCU 是一款基于 ESP8266 芯片的开发板，它提供了硬件的高级接口，可以将应用开发者从繁复的硬件配置、寄存器操作中解放出来，并且可以在 Arduino IDE 上编写硬件代码，非常方便。因为它搭载了 WI-FI 模块，所以它主要的使用场景是在物联网控制上。正好我这边有这款开发板，所以本次实验就用这款开发板进行光照强度的检测实验。

3.5.2 光照强度检测原理

光敏电阻的输出是一种模拟信号，输入到单片机之后需要进行模数转换。NodeMCU 只有一个模拟输入引脚，该引脚可以通过模数转换将引脚上的模拟电压数值转化为数字量。将光敏电阻的输出信号连接到 NodeMCU 的模拟输入端口，经过单片机数模转换后即可得到光线强度的数字值。将转换后的数值发送到 Arduino IDE 的串口监视器，就可以查看到光强的变化。

山东科技大学实验报告书

3.5.3 电路搭建

首先绘制出光照检测电路的原理图，如下图 3.10 所示。

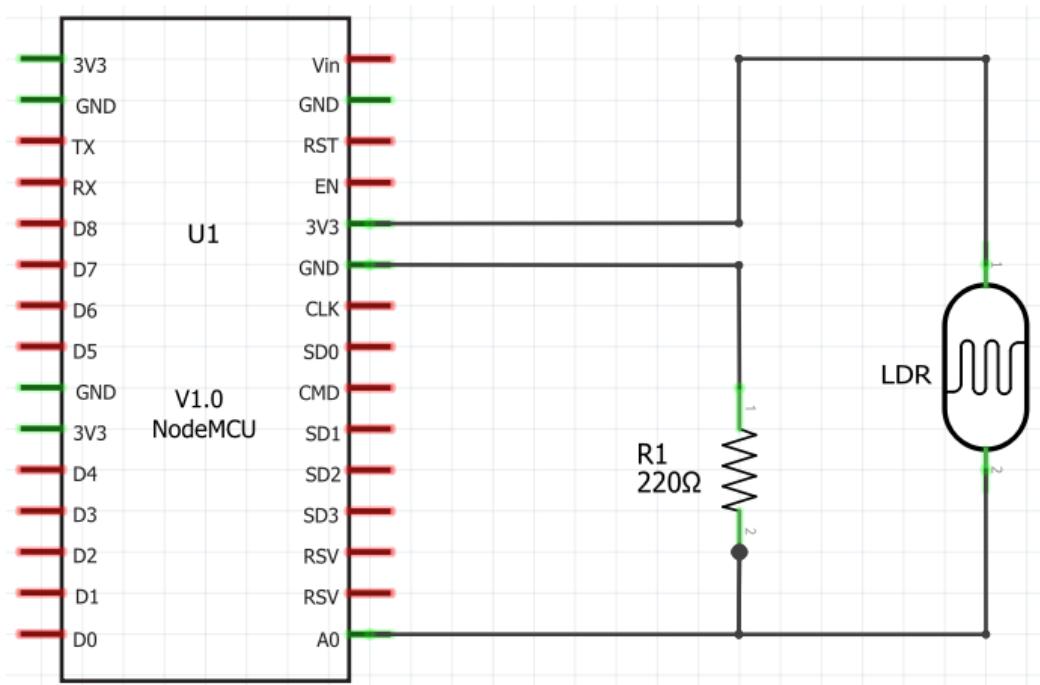


图 3.10 原理图

使用 Fritzing 软件对光照检测电路进行仿真绘制，如下图 3.11 所示。

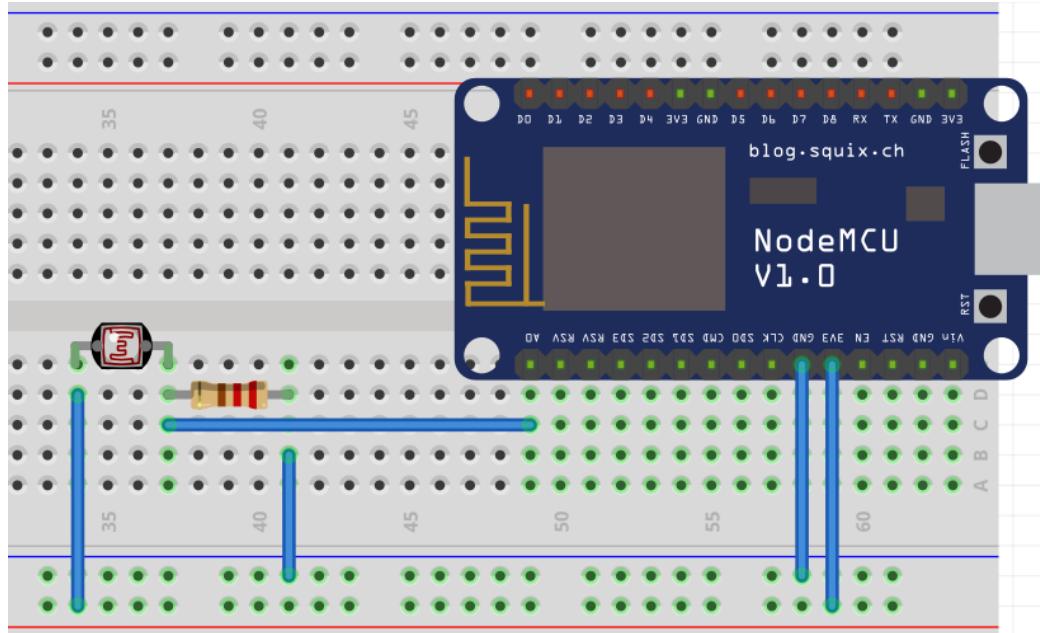


图 3.11 电路模拟图

实物搭建如下图 3.12 所示。

山东科技大学实验报告书

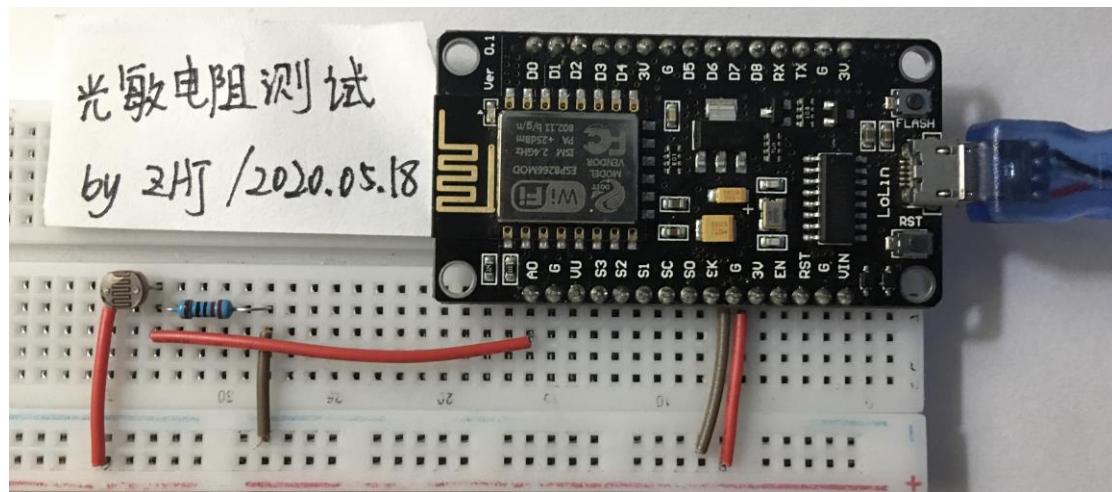


图 3.12 电路搭建

搭建完成后，在 Arduino IDE 编写代码以测试光敏电阻。代码如下图 3.13 所示。

```
GM5516 | Arduino 1.8.10
File Edit Sketch Tools Help
GM5516
// Used to detect photoresistor data
// NodeMCU + GM5516
// Written by ZhangHoujin on May 18, 2020
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
    float sensorValue = analogRead(A0);
    Serial.print("sensorValue = ");
    Serial.println(sensorValue);
    delay(500);
}

Done Saving.

Leaving...
Hard resetting via RTS pin...
2
Generic ESP8266 Module on COM8
```

图 3.13 测试代码

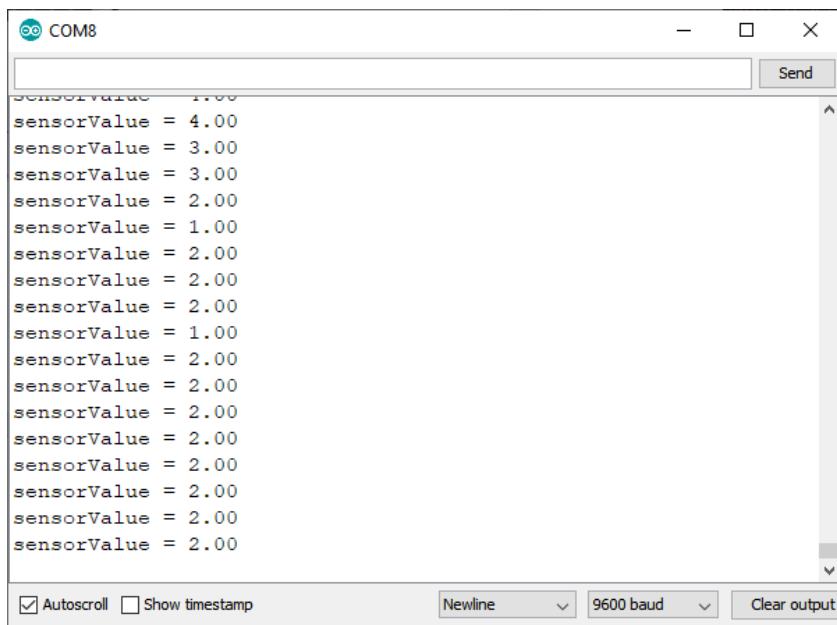
该代码首先初始化串口波特率为 9600，之后循环读取 A0 端口的数据。将读到的数据通过串口监视器输出显示。每次循环有 500ms 的延时。

山东科技大学实验报告书

四、实验结果

搭建好电路并在 Arduino IDE 中编写代码后，将代码上传到 NodeMCU 开发板中。通过串口监视器查看当前的光照强度数据。

首先用手指遮住光敏电阻，光敏电阻接收不到光照。此时串口监视器的数据如下图 4.1 所示。

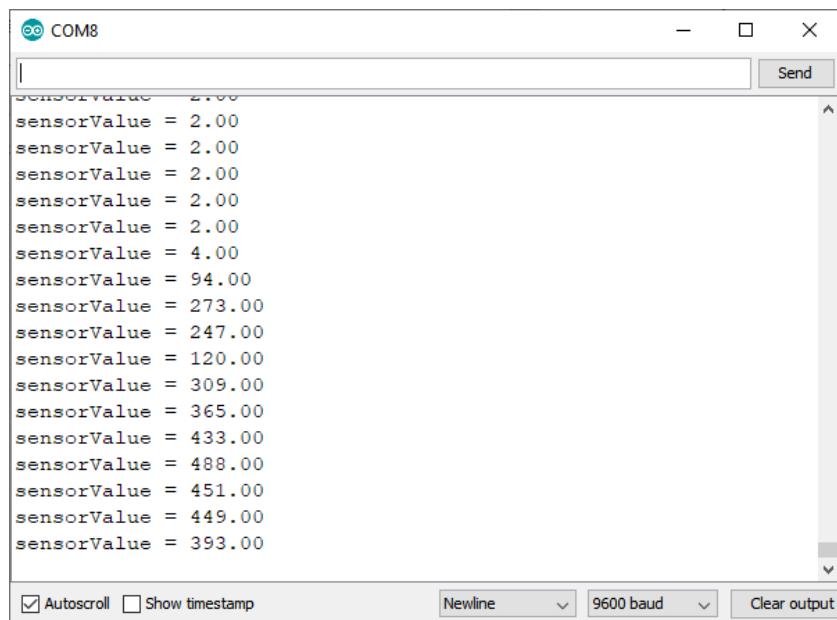


```
sensorValue = 1.00
sensorValue = 4.00
sensorValue = 3.00
sensorValue = 3.00
sensorValue = 2.00
sensorValue = 1.00
sensorValue = 2.00
sensorValue = 2.00
sensorValue = 1.00
sensorValue = 2.00
```

The screenshot shows the Arduino Serial Monitor window titled "COM8". The text area displays a series of "sensorValue" readings, mostly showing values between 1.00 and 4.00. At the bottom, there are checkboxes for "Autoscroll" and "Show timestamp", and dropdown menus for "Newline", "9600 baud", and "Clear output".

图 4.1 串口监视器数据

可以看到，此时光敏电阻的数据很小。松开手并用手机闪光灯照射光敏电阻，其数值如下图 4.2 所示。



```
sensorValue = 2.00
sensorValue = 4.00
sensorValue = 94.00
sensorValue = 273.00
sensorValue = 247.00
sensorValue = 120.00
sensorValue = 309.00
sensorValue = 365.00
sensorValue = 433.00
sensorValue = 488.00
sensorValue = 451.00
sensorValue = 449.00
sensorValue = 393.00
```

The screenshot shows the Arduino Serial Monitor window titled "COM8". The text area displays a series of "sensorValue" readings that start at 2.00 and rapidly increase to over 400.00. At the bottom, there are checkboxes for "Autoscroll" and "Show timestamp", and dropdown menus for "Newline", "9600 baud", and "Clear output".

图 4.2 串口监视器数据

山东科技大学实验报告书

可以看到，用灯光照射光敏电阻时，串口接收到的数据立刻增大了。

通过有光和无光时的数据对比可以发现，光照强度确实能对光敏电阻的阻值产生一定的影响。“为单片机选取光敏传感器以检测室内环境的光照强度变化”的目的也达到了。

五、收获与心得

本次实验首先讨论了光敏传感器的分类，主要研究了光电管、光敏电阻、光电三极管、光电池、红外传感器的检测原理及其常见的应用场景。之后以“为单片机选取光敏传感器以检测室内环境的光照强度变化”场景为例，对光敏传感器进行了选型。综合了光敏检测范围、测量精度、检测方式、价格等因素，最终选择了 GM5516 光敏电阻作为本次实验场景下的光敏检测传感器。

接下来对 GM5516 光敏电阻的性能特征进行详细探讨。通过查阅手册资料的方式找到了该传感器的部分性能指标，包括传感器的外观及封装、光照强度—阻值曲线、温度—电阻变化率曲线以及光线波长—相对灵敏度曲线。与实际需求相比较，符合本次实验的传感器要求。

最后简要描述了 GM5516 在 NodeMCU 开发板中的使用方法。通过绘制原理图、搭建实际电路、编写简单代码等方式，实现了室内光照强度的检测。

通过本次实验，掌握了光敏传感器的选择方法，研究了光敏传感器的种类、精度等静态性能，通过查阅资料了解了光敏传感器的动态性能、使用方法等，掌握了光敏传感器的性能分析步骤。

六、附录

(1) 实验代码：

<https://github.com/ZHJ0125/Arduino/blob/master/GM5516/GM5516.ino>

(2) 原理图：

https://github.com/ZHJ0125/Arduino/blob/master/GM5516/GM5516_Sketch.fzz