

学子专区— ADALM2000实验： LED作为光传感器

Doug Mercer，顾问研究员；
Antoniu Miclaus，系统应用工程师

目标

本次实验的目标是探索将发光二极管(LED)用作光电二极管光传感器，将NPN和达灵顿NPN晶体管用作光传感器的接口电路。

背景知识

光电二极管暴露在光线下时，会产生与光强度成正比的电流。此类光产生的电流与普通二极管或LED中的电流方向相反。随着更多光子击中光电二极管，电流增大，导致二极管两端产生电压。随着二极管两端的电压增大，线性度会降低。

除了发射光以外，LED还可用作光电二极管光传感器/检测器。这种功能可用于多种应用中，包括环境光水平传感器和双向通信。作为光电二极管时，LED对等于或短于其发射的主波长的波长非常敏感。绿色LED对蓝色光和一些绿色光敏感，但对黄色光或红色光不敏感。例如，红色LED可以检测到黄色LED发射的光，黄色LED可以检测到绿色LED发射的光，但绿色LED无法检测到红色或黄色LED发射的光。3个LED全都会检测到白光或蓝色LED发射的光。白光中包含绿色LED能够检测到的蓝光成分。回想一下，可见光波长可以按最长到最短的顺序列出，分别为红、橙、黄、绿、蓝、靛蓝、紫（记住有助记忆的首字母缩略词ROYGBIV）。紫光是所有各色可见光中波长最短、光子能量最高的光，红光是波长最长、光子能量最低的光。

对于广谱照明（例如一般的室内照明），采用透明塑封的LED比采用彩色塑封的LED（例如ADALP2000模拟套件中包含的LED）更为灵敏。

要将LED用作光检测器，切勿将LED正向偏置到电流电压(I-V)曲线的1象限（工作电压和电流都为正）中。允许LED在太阳能电池模式下运行，即象限4（工作电压为正，电流为负），或在光电二极管模式下运行，即象限3（工作电压为负，电流为负）。在太阳能电池模式下，不施加任何偏置电压。太阳能电池（在本例中为LED）自行产生电流和电压。

材料

- ▶ ADALM2000主动学习模块
- ▶ 无焊试验板
- ▶ 跳线
- ▶ 两个2N3904 NPN晶体管（或SSM2212 NPN匹配对）
- ▶ 一个100 kΩ电阻
- ▶ 一个2.2 kΩ电阻
- ▶ 三个LED（红、黄和绿多种颜色）
- ▶ 一个红外光LED (QED-123)

说明

在无焊试验板上搭建图1所示的LED光传感器电路。注意，LED二极管D1是反向偏置的，也就是说，与作为光发射器的连接方式相反。光生成的电流作为基极电流流入Q1，在乘以晶体管的电流增益 β 之后进入集电极中。

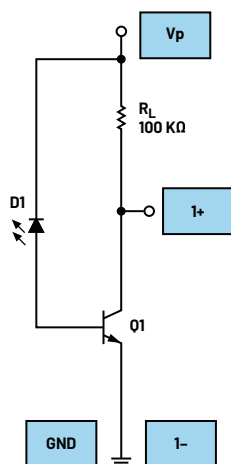


图1. LED和单个共发射极NPN光传感器。

硬件设置

使用ADALM2000模块中设置为5 V的可变正电源为电路供电。使用示波器通道1监测Q1集电极节点的电压。

程序步骤

如图所示，一次一个，依次将红光、黄光或绿光LED插入电路中。尝试让ADALP2000模拟套件中这三个不同颜色的LED接触不同的光源，例如与LED传感器间隔不同距离的标准白炽灯、荧光灯和LED灯。观察Q1集电极上显示的电压波形。尝试插入套件中的红外光LED，观察该LED在接触不同光源时的响应。尝试通过将 R_L 值增大到200 kΩ或470 kΩ，以提高其灵敏度或增益。

图3、图4和图5为Scopy波形图示例。



图3. 红光LED和单个共发射极NPN光传感器，LED灯处于最远距离。

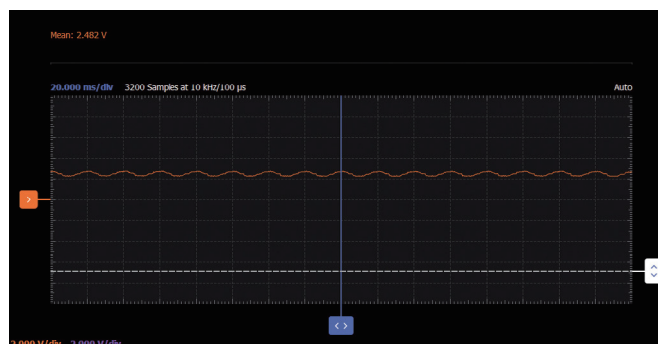


图4. 红光LED和单个共发射极NPN光传感器，LED灯处于中等距离。

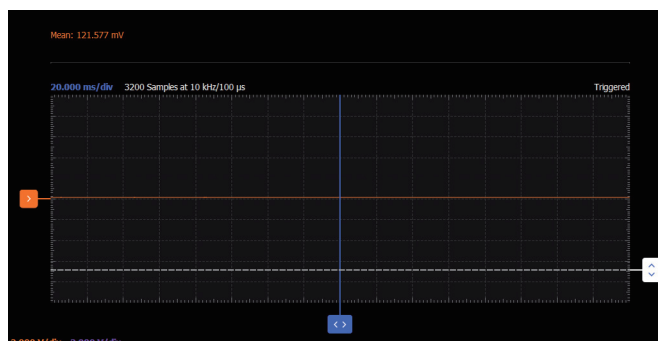


图5. 红光LED和单个共发射极NPN光传感器，LED灯处于最近距离。

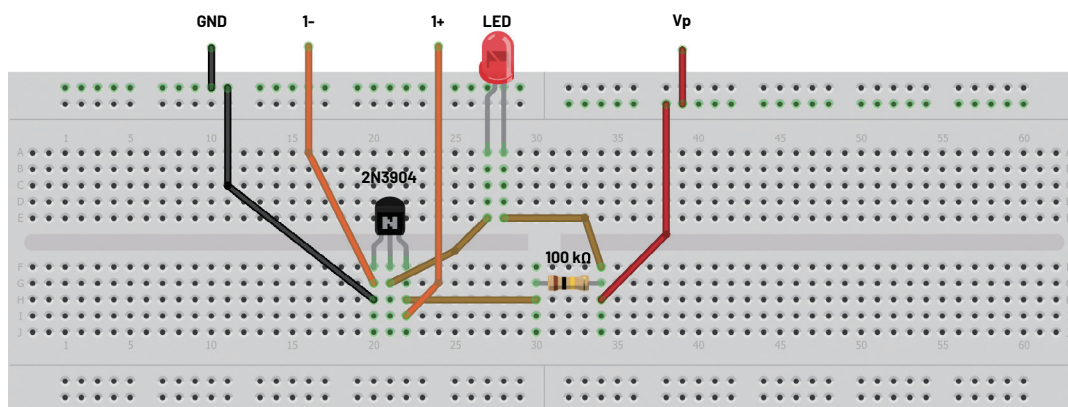


图2. LED和单个共发射极NPN光传感器面包板电路。

第2步指导

按照图6所示的达灵顿配置，更改面包板上的电路。在更改电路之前，确保先关闭电源。使用达灵顿晶体管之后，Q2的发射极电流变成Q1的基极电流，使得LED D1由光生成的电流乘以 β_2 ，会出现在Q1和Q2集电极的负载电阻 R_L 中。此电流增益更高，所以我们可以使用电阻值更低的负载电阻。

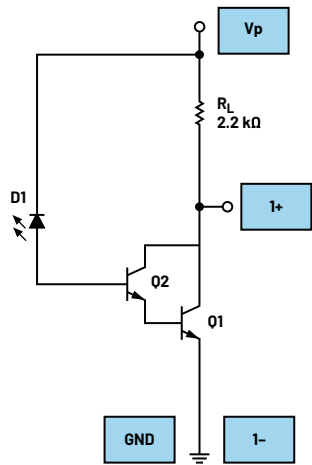


图6. LED和达灵顿NPN光传感器。

第2步硬件设置

面包板连接如图7所示。

第2步流程

重复相同的流程：将不同的LED插入D1的电路，然后测量LED对不同光源的响应。

图8、图9和图10为Scopy波形图示例。

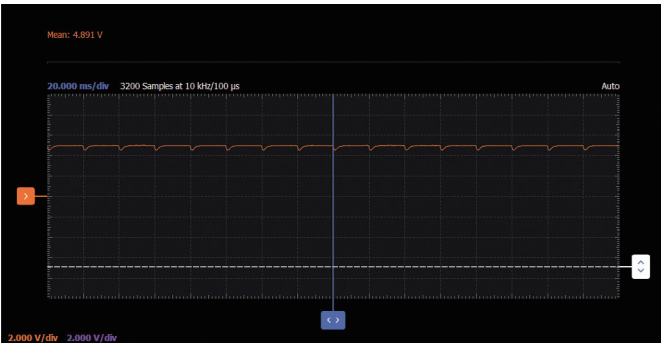


图8. 红光LED和达灵顿光传感器，LED灯处于最远距离。

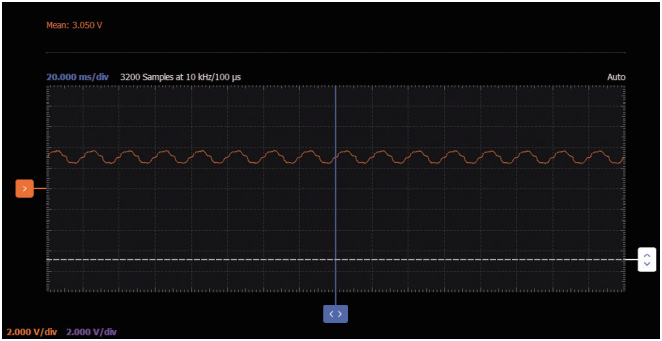


图9. 红光LED和达灵顿光传感器，LED灯处于中等距离。

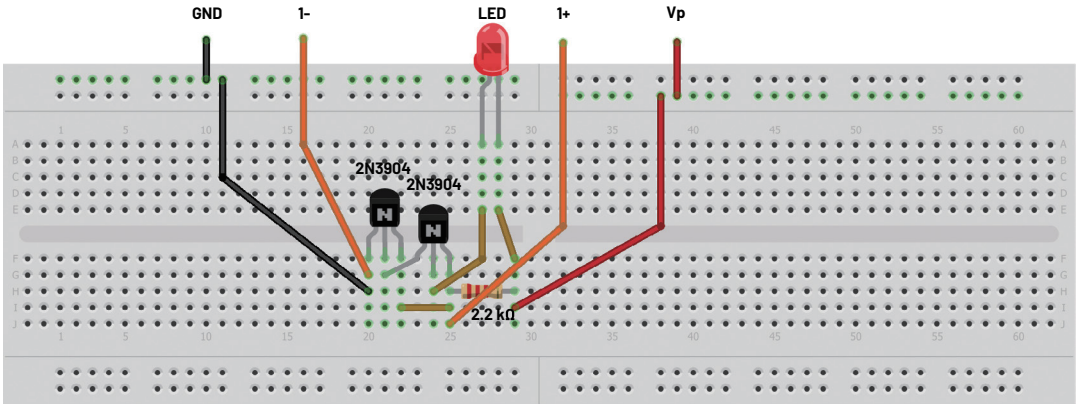


图7. LED和达灵顿光传感器面包板电路。



图10. 红光LED和达灵顿光传感器，LED灯处于最近距离。

问题

要用作光检测器，LED应在哪种模式下运行？

您可以在[学子专区论坛](#)上找到问题答案。



作者简介

Doug Mercer于1977年毕业于伦斯勒理工学院(RPI)，获电子工程学士学位。自1977年加入ADI公司以来，他直接或间接贡献了30多款数据转换器产品，并拥有13项专利。他于1995年被任命为ADI研究员。2009年，他从全职工作转型，并继续以名誉研究员身份担任ADI顾问，为“主动学习计划”撰稿。2016年，他被任命为RPI ECSE系的驻校工程师。



作者简介

Antoni Miclaus现为ADI公司的系统应用工程师，从事ADI教学项目工作，同时为Circuits from the Lab®、QA自动化和流程管理开发嵌入式软件。他于2017年2月在罗马尼亚克卢日-纳波卡加盟ADI公司。他目前是贝碧思鲍耶大学软件工程硕士项目的理学硕士生，拥有克卢日-纳波卡科技大学电子与电信工程学士学位。

