

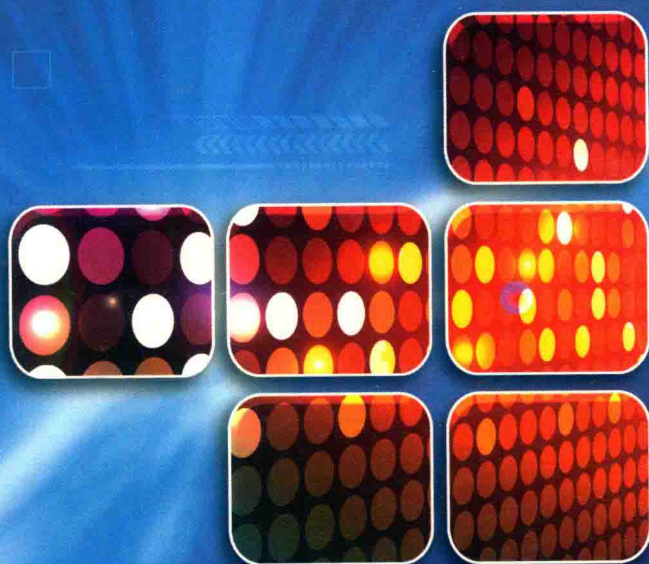


光电信息技术创新规划系列丛书

LED GUANGYUAN JISHU YU YINGYONG

LED光源技术与应用

主 编 王中龙
副主编 陈宏斟
主 审 伦洪山



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

光电信息技术创新规划系列丛书

LED 光源技术与应用

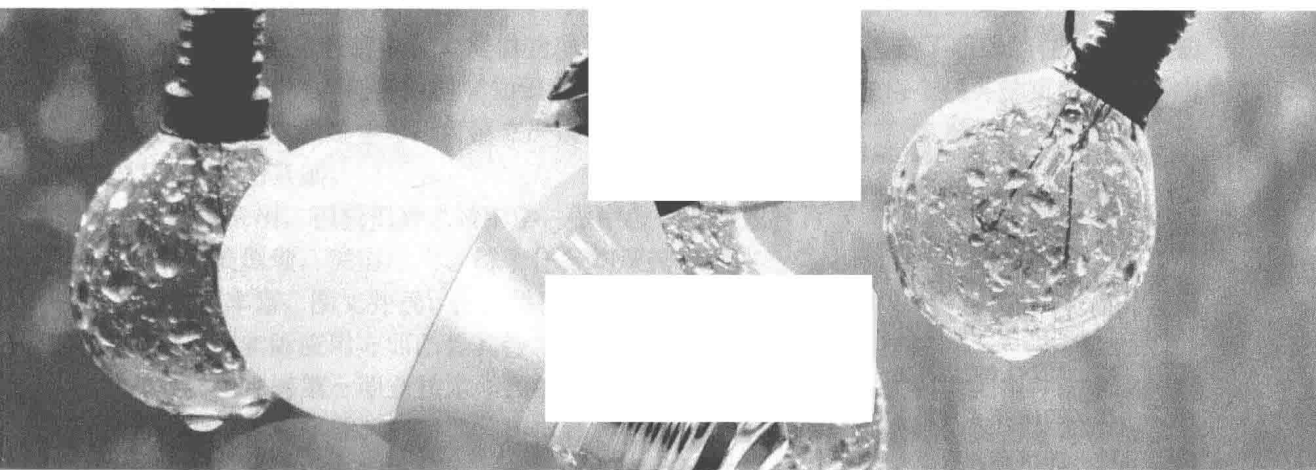
◎主 编 王中龙

◎副主编 陈宏斟

◎参 编 刘招荣 林进生 林丽璇 严启荣 田世锋

张仕宪 李渊洋 黄绍雄 黄 力

◎主 审 伦洪山



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本教材共 8 个实训项目 26 个任务,包括光电基础电路制作与检测、LED 室内照明灯具的组装与测试、LED 景观照明的设计与制作、LED 驱动电源的制作与检测、LED 在交通信号灯方面的应用、LED 在智能路灯方面的应用、单色 LED 点阵显示屏的制作与应用和 LED 全彩显示屏的制作与应用等内容。本教材图文并茂、通俗易懂、可操作性强,适合职业院校学生及初学者阅读。

本书既可作为职业院校光电仪器制造与维修专业的教材,也可作为电子爱好者及行业初学者的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

LED 光源技术与应用 / 王中龙主编. —北京: 电子工业出版社, 2018.4

ISBN 978-7-121-33897-7

I. ①L… II. ①王… III. ①发光二极管—照明IV. ①TN383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 064971 号

策划编辑: 郑 华

责任编辑: 郑 华 特约编辑: 王 纲

印 刷: 北京京华虎彩印刷有限公司

装 订: 北京京华虎彩印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 15 字数: 384 千字

版 次: 2018 年 4 月第 1 版

印 次: 2018 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 34.80 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254988, 3253685715@qq.com。



前言

PREFACE

近几年来，LED 技术得到了迅猛的发展，随着其发光效率的逐步提高和造价的逐步降低，LED 的应用领域越来越广泛。特别是在全球能源短缺的背景下，LED 光源在照明市场的应用前景备受瞩目和重视。光电行业的迅速发展必然带来大量的人才缺口，因此，各职业院校纷纷开设光电信息技术及相关专业，培养相关人才，推动技术发展，提升职教质量，满足市场需求。

针对职业学校学生理论弱、技能强的特点，本书打破了传统的知识体系结构，以应用为主线，以实训项目为载体，以典型、具体的任务操作贯穿全书。本书在编写时力求体现以下 4 个方面的特点：

1. 以就业为导向，以技能为核心。在编写本书前，作者团队曾做过大量的调研，获得了丰富的行业企业调研资料，比较准确地掌握了行业的岗位技能要求，并在此基础上编写本书。

2. 本书根据职业教育的要求编写，打破了传统教学教材以理论知识体系为编写依据的方式，采用目前职业教育中大力提倡的项目教学法。每个任务中包括了明确的任务目标（知识目标、技能目标）、任务内容（知识、实训）、考核方式，并在每个任务结束时设计了实训考核表格。学生通过学习，可建立严谨、踏实的工作作风，培养 5S 精神，为将来的职业生涯打下良好的基础。

3. 注重应用，积极倡导“做中学，做中教”的职业教育方式。针对职业院校学生的特点，本书精简原理，突出应用，每个任务均遵循“理实一体化”的编写思路。

4. 内容丰富，图文并茂，操作性强。每个任务均有实拍图片以及相关知识点简介，所有实训力求在实际应用方面凸显其特色，有较强的应用性和可操作性。

本教材由珠海第一职业技术学校的王中龙老师担任主编，陈宏斟老师担任副主编，刘招荣、林进生、林丽璇、严启荣、田世锋、张仕宪、李渊洋、黄绍雄、黄力老师参与了本书编写工作，伦洪山老师担任本书的主审。本书的编写工作得到了编者所在学院领导及兄弟院校老师的帮助，在此表示感谢。此外，在本书编写过程中，借鉴和参考了国内同类著作，在此特向有关作者致谢！



目录 CONTENTS

项目一 光电基础电路制作与检测	1
任务一 光电器件电路基本参数测试	1
任务二 调光电路制作与检测	8
任务三 光控开关电路检测	14
任务四 声光报警电路制作与检测	22
任务五 光电转速计的检测	28
项目二 LED 室内照明灯具的组装与测试	32
任务一 LED 日光灯的组装与调试	32
任务二 LED 吸顶灯的组装与测试	40
任务三 LED 可调光筒灯的组装与测试	46
项目三 LED 景观照明的设计与制作	52
任务一 LED 广告字的设计与制作	52
任务二 LED 彩色灯带的组装与测试	60
任务三 LED 冲孔发光字的设计与制作	66
项目四 LED 驱动电源的制作与检测	74
任务一 内置 MOS 管恒流驱动电源的制作与检测	74
任务二 LED 非隔离恒流驱动电源的制作与检测	85
任务三 无辅助绕组 LED 隔离驱动电源的制作与测试	94
任务四 外置 MOS 管恒流驱动电源的制作与检测	102
任务五 大功率恒流驱动电源的制作、检测与故障维修	111

项目五 LED 在交通信号灯方面的应用	124
任务一 LED 交通信号灯的控制	124
任务二 LED 交通信号灯控制电路的制作与应用	130
项目六 LED 在智能路灯方面的应用	143
任务一 LED 智能路灯控制的基本操作	143
任务二 智能路灯控制系统的操作	151
任务三 LED 智能路灯电路的制作	157
项目七 单色 LED 点阵显示屏的制作与应用	166
任务一 8×8 单色 LED 点阵显示屏的应用	166
任务二 8×8 单色 LED 点阵显示屏的制作与调试	177
任务三 32×16 单色 LED 点阵显示屏的应用	187
项目八 LED 全彩显示屏的制作与应用	206
任务一 LED 全彩显示屏的软件操作与广告制作	206
任务二 LED 显示屏的安装与调试	225

项目一

光电基础电路制作与检测

光电基础器件有光敏电阻、光电二极管、光电池和光电三极管等，它们被广泛应用于太阳能庭院灯、光控开关、路灯自动开关、红外遥控、光电控制、太阳能电池及传感检测电路中，主要功能是实现光电转换。

任务一 光电器件电路基本参数测试

基本的光电器件包括光敏电阻、光电二极管和光电三极管，它们被广泛应用于自动控制及光控开关等电路中，主要作用是把光信号转化为电信号。

任务目标

知识目标

1. 了解光敏电阻、光电二极管和光电三极管的基本原理。
2. 了解光敏电阻、光电二极管和光电三极管测量电路的相关知识。

技能目标

1. 学会用万用表检测光敏电阻、光电二极管和光电三极管。
2. 掌握光敏电阻、光电二极管和光电三极管电参数的测试方法。

任务内容

1. 测试光敏电阻、光电二极管和光电三极管。
2. 比较光敏电路与固定电路的发光情况。

1. 光敏电阻简介

光敏电阻又称光导管，常用的制作材料为硫化镉（CdS），另外还有硒、硫化铝、硫化铅和硫化铋等材料。这些制作材料具有在特定波长的光照射下，阻值迅速减小的特性。这是由于光照产生的载流子都参与导电，在外加电场的作用下做漂移运动，电子向电源的正极移动，空穴向电源的负极移动，从而使光敏电阻的阻值迅速下降。光敏电阻的图形符号、外形与结构如图 1-1-1 所示。

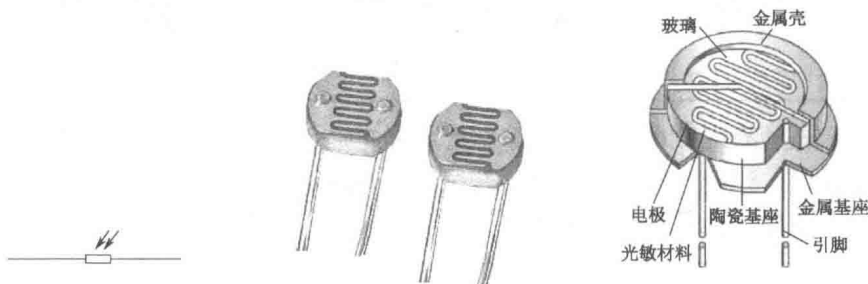


图 1-1-1 光敏电阻的图形符号、外形与结构

光敏电阻是用硫化镉或硒化镉等半导体材料制成的特殊电阻，其工作原理基于内光电效应。光照越强，阻值就越低，随着光照强度的升高，阻值迅速降低，亮电阻值可降至 $1\text{k}\Omega$ 以下。光敏电阻对光线十分敏感，其在无光照时呈高阻状态，暗电阻值一般可达 $1.5\text{M}\Omega$ 。光敏电阻的特殊性能使其得到了极其广泛的应用。

光敏电阻一般用于光的测量、光的控制和光电转换（将光的变化转换为电的变化）。光敏电阻对光的敏感性（即光谱特性）与人眼对可见光（ $0.4\sim 0.76\mu\text{m}$ ）的响应很接近，人眼可感受的光都会引起它的阻值变化。设计光控电路时，可用白炽灯泡（或小电珠）或自然光作为控制光源，从而使设计大为简化。

2. 光电二极管简介

光电二极管也称光敏二极管，与普通二极管一样，也是由一个 PN 结组成的半导体器件，同样具有单向导电特性。光敏二极管工作时，应加上反向电压，在电路中它是反向应用的，是一种把光信号转换成电信号的光电传感器件。光电二极管的图形符号、外形与结构如图 1-1-2 所示。

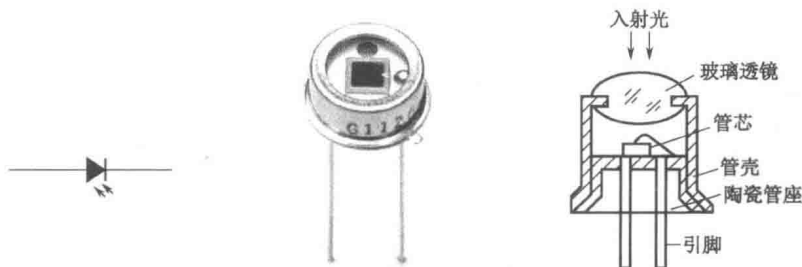


图 1-1-2 光电二极管的图形符号、外形与结构

普通二极管在反向电压作用下处于截止状态,只能流过微弱的反向饱和电流。光电二极管在设计和制作时应尽量增大 PN 结的面积,以便接收入射光。光电二极管在反向电压作用下工作,没有光照时,反向电流极其微弱,称为暗电流;有光照时,反向电流迅速增大(约几十微安),称为光电流。光照强度越大,反向电流也越大。光的变化引起光电二极管电流的变化,这样就可以把光信号转换成电信号。光电二极管反向电压偏置电路如图 1-1-3 所示。

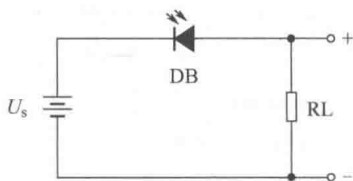


图 1-1-3 光电二极管反向电压偏置电路

光电二极管正向电阻值约 $10\text{k}\Omega$ 。在无光照时,若反向电阻值为 ∞ ,则表明该二极管是好的(若反向电阻值不是 ∞ ,说明漏电流大,二极管质量较差)。有光照时,若反向电阻值随光照强度增加而减小,阻值为几千欧或在 $1\text{k}\Omega$ 以下,则表明该二极管是好的;若反向电阻值为 ∞ 或零,则表明该二极管是坏的。在太阳或灯光照射下,用万用表电压挡测量光电二极管两端(红表笔接光电二极管的正极,黑表笔接负极)的电压,通常为 $0.2\sim 0.4\text{V}$ 。

3. 光电三极管简介

光电三极管又称光敏三极管,也是一种晶体管。它有三个电极,其中基极受光照强度的控制,当光照强度变化时,c 极和 e 极之间的电阻也随之变化。光照增强时,c 极和 e 极之间的电阻减小;反之,c 极和 e 极之间的电阻增大。光电三极管的图形符号、外形与结构如图 1-1-4 所示。

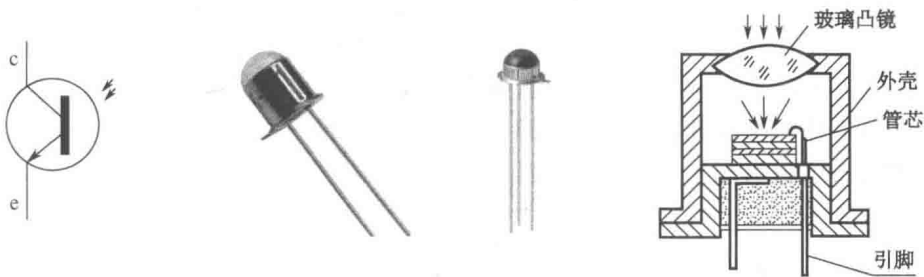


图 1-1-4 光电三极管的图形符号、外形与结构

图 1-1-4 所示是用 N 型硅单晶做成的 NPN 结构三极管。管芯基区面积较大,发射区面积较小,入射光线主要被基区吸收。与光电二极管一样,入射光在基区中激发出电子与空穴。在基区漂移场的作用下,电子被拉向集电区,而空穴积聚在靠近发射区的一边。由于空穴的积聚而引起发射区势垒的降低,其结果相当于在发射区两端加上一个正向电压,从而引起倍率为 $\beta+1$ (相当于三极管共发射极电路中的电流增益)的电子注入,这就是硅光电三极管的工作原理。

常见的硅光电三极管有金属壳封装的,也有环氧平头式的,还有微型的。怎样识别其引脚呢?

对于金属壳封装三极管，金属下面有一个凸块，离凸块最近的那个引脚为发射极 e ，如果该管仅有两个引脚，那么剩下的那个引脚就是光电三极管的集电极 c ；若该管有三个引脚，那么离 e 极近的则是基极 b ，离 e 极远的则是集电极 c 。

对于环氧平头式、微型光电三极管，由于两个引脚不一样，所以很容易识别——长引脚为发射极 e ，短引脚为集电极 c 。

光电三极管的极性（ c 极和 e 极）也可用万用表进行判断。选择万用表 $R \times 1k$ 挡（并调零），用物体将射向光电三极管的光线遮住，万用表的两表笔不论怎样与光电三极管的两引脚接触，测得的阻值均应为无穷大；去掉遮光物体，并将光电三极管的窗口正方朝向光源，如果这时万用表指针向右偏转（电阻值变小），则黑表笔所接的电极就是集电极 c ，红表笔所接的电极就是发射极 e ，如图 1-1-5 所示。

光电三极管主要应用于开关控制电路及逻辑电路。

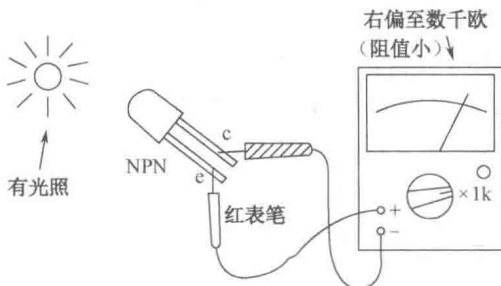


图 1-1-5 光电三极管的极性判断示意图



实训

如图 1-1-6 所示为光电器件基础模块实训电路板。电路板上设有光敏电阻测试电路、光电二极管测试电路和光电三极管测试电路等部分，其中光电二极管测试电路、光电三极管测试电路设置有固定发光电路做比较，能更直观地反映光电器件阻抗的变化。电路采用 5V 直流供电，由总开关 S 控制，各部分电路均设有独立控制开关 $S1 \sim S4$ ，便于分步实训。

测试时的光照采用无光（用物体遮挡光电器件）、普通光（自然光）、强光（可用手机手电筒）三种形式。

1. 光敏电阻的测试

光敏电阻测试电路如图 1-1-7 所示。光敏电阻 R_L 与分压电阻 R_1 、发光二极管 D_1 串联，由开关 S_1 控制，设置的电流和电压测试端口便于电流表、电压表的连接。当光照处于不同状态（无光、普通光及强光）时，根据发光二极管 D_1 的发光情况可以直观地了解电路电流的大小，并通过万用表测量出电流 I 和电压 U ，从而计算出光敏电阻 R_L 在有光照及无光照时的阻值。将测量数据记录在表 1-1-1 中。

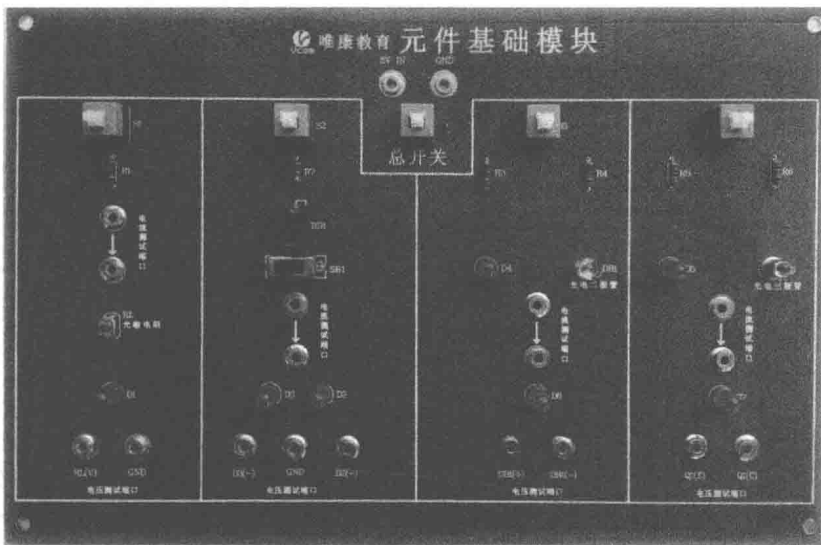


图 1-1-6 光电器件基础模块实训电路板

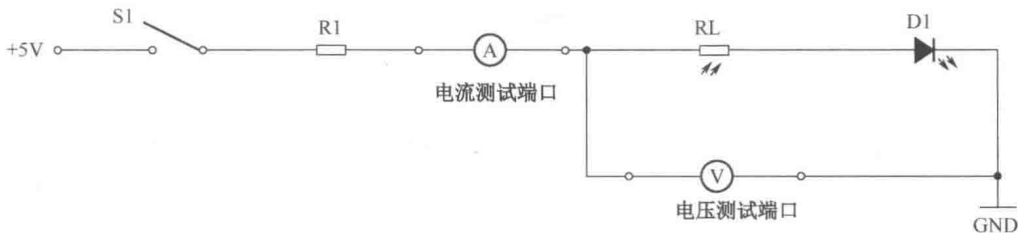


图 1-1-7 光敏电阻测试电路图

表 1-1-1 光敏电阻参数记录表

测试条件		无 光	普 通 光	强 光
测量参数	电压 U (V)			
	电流 I (mA)			
计算参数	电阻 R_L 的阻值 (Ω)			
D1 发光情况				

根据测量数据，分析光敏电阻 R_L 的阻值与光照情况的关系。

2. 光电二极管的测试

光电二极管测试电路如图 1-1-8 所示。光电二极管 $DB1$ 与分压电阻 $R4$ 、发光二极管 $D6$ 串联，设置的电流和电压测试端口便于电流表、电压表的连接，开关 $S3$ 控制 $R3$ 和 $D4$ 串联组成的便于与光电二极管支路电流进行比对的电路。当光电二极管 $DB1$ 处于不同的光照情况下时，将 $D6$ 发出的明暗变化的光与 $D4$ 发出的稳定的光进行比对，可以直观地感知光电二极管的阻抗受光照影响而发生的变化。在不同的光照状态下，分别测出光电二极管支路电流 I 和光电二极管 $DB1$ 两端的电压 U ，就可以计算出光电二极管阻抗 R_{DB1} 的大小。将测量数据填入表 1-1-2 中。

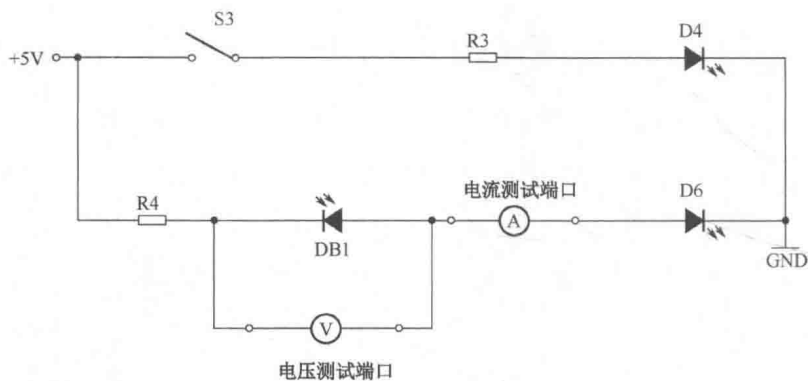


图 1-1-8 光电二极管测试电路图

表 1-1-2 光电二极管参数记录表

测试条件		无 光	普 通 光	强 光
测量参数	电压 U (V)			
	电流 I (mA)			
计算参数	阻抗 R_{DB1} (Ω)			
D6 发光情况				

根据测量数据，分析光电二极管反向工作电流与光照情况的关系，以及光电二极管反向阻抗 R_{DB1} 与光照情况的关系。

3. 光电三极管的测试

光电三极管测试电路如图 1-1-9 所示。光电三极管 Q1 的 ce 极与偏置电阻 R6、发光二极管 D7 串联，开关 S4 控制 R5 和 D5 串联组成的用于与光电三极管支路电流进行比对的电路。当光电三极管 Q1 受不同的光照时，D7 将发出明暗变化的光，与发光二极管 D5 发出的稳定的光进行比对，可以直观地感知光电三极管在不同光照下的阻抗变化情况，测出光电三极管支路电流 I 和 Q1 两端的电压 U ，就可以计算出光电三极管阻抗 R_{ce} 的大小。将测量数据记录在表 1-1-3 中。

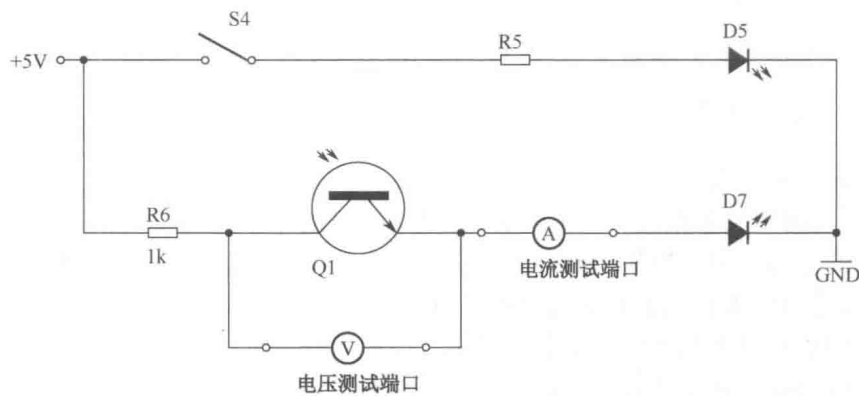


图 1-1-9 光电三极管测试电路图

表 1-1-3 光电三极管参数记录表

测试条件		无光	普通光	强光
测量参数	电压 U (V)			
	电流 I (mA)			
计算参数	阻抗 R_{ce} (Ω)			
D7 发光情况				

思考：光电三极管的 ce 极阻抗 R_{ce} 与光照情况有何关系？



考核

任务考核内容		标准分值	自我评分分值×50%	教师评分分值×50%
专业知识与技能	任务计划阶段			
	实训任务要求	10		
	任务执行阶段			
	熟悉电路连接	10		
	实训效果展示	10		
	理解电路原理	10		
	实训设备使用	10		
	任务完成阶段			
	元器件检测（极性判断）	10		
	实训数据计算	10		
	实训结论	10		
职业素养	规范操作（安全、文明）	5		
	学习态度	5		
	合作精神及组织协调能力	5		
	交流总结	5		
合计		100		
学生心得体会与收获：				
教师总体评价与建议：				
教师签名：			日期：	

任务二

调光电路制作与检测

LED 的发光原理是通过电子与空穴的复合,把过剩的能量以光的形式释出,达到发光的效果。这是将电能转换为光的过程,通过 LED 的正向电流越大,则 LED 的发光亮度越高。在 LED 照明电路中应用 LED 调光技术,可以进一步提高 LED 的节能效果。目前,LED 调光电路被广泛应用于酒店、宾馆、咖啡厅、家居装修等照明领域。

任务目标



知识目标

1. 了解 PWM 调光基本原理;
2. 理解两路调光电路的原理与应用。

技能目标

1. 熟悉调光电路的演示操作;
2. 掌握简易 PWM 方式 LED 调光电路的制作与调试方法;
3. 掌握利用示波器测试调光电路波形的的方法。

任务内容



1. 调光电路基本原理及调光演示操作;
2. 简易 PWM 方式 LED 调光电路制作与调试。



知识

1. 两路调光电路基本原理简介

在本任务中,通过单片机的 P2.3 和 P2.4 引脚输出两路 PWM (脉冲宽度调制) 信号,经过运放电路和驱动电路对 PWM 信号进行调节,输出 LED 调光信号。PWM 信号的频率由程序控制,可通过独立按键调节信号的占空比,改变电流的输出,从而实现调光。

2. 简易 PWM 方式 LED 调光电路原理简介

图 1-2-1 显示了简单 PWM 方式 LED 调光电路,三极管 VT4 在矩形脉冲的控制下,驱动高亮 LED 灯串(LED2、LED3 和 LED4) 发光。在矩形脉冲的高电平期间,VT4 导通,

LED 灯串发光；在矩形脉冲的低电平期间，VT4 截止，LED 灯串不发光。在单位时间内，矩形脉冲的高电平时间相对于低电平时间越长，则 LED 灯串发光的时间相对于不发光的时间就越长，由于人眼的视觉滞留特性，人们就会觉得 LED 灯串发光变亮了。

通过调节电位器 RP1，可以改变矩形脉冲的宽度，从而从视觉上改变 LED 灯串的发光亮度。可以看出，这是一个典型的 PWM 方式的调光电路。

LED 调光电路大致分为电源电路[图 1-2-1 (a)]、三角波产生电路、比较电压产生电路、PWM 信号产生电路及 LED 驱动电路等部分。

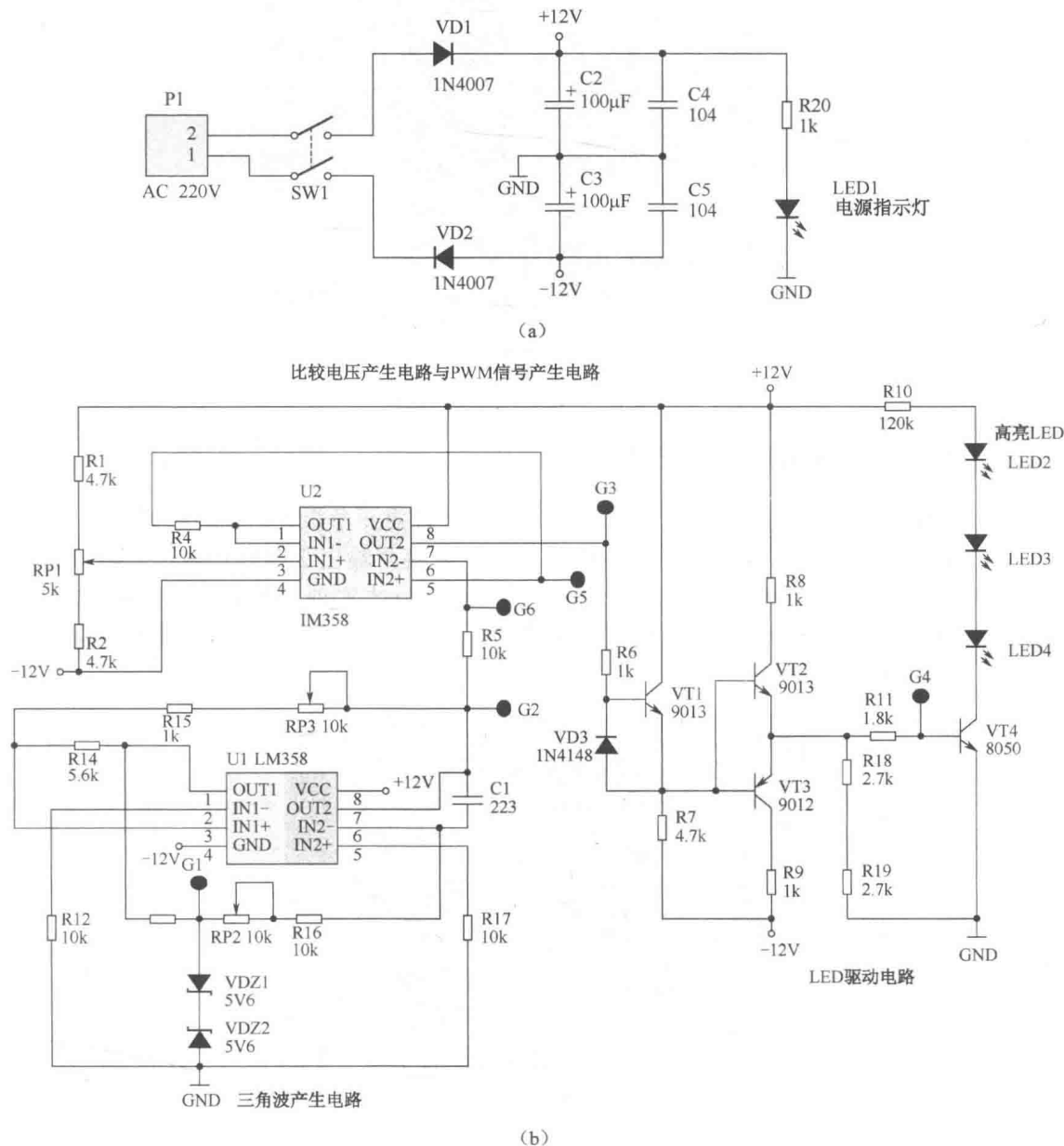


图 1-2-1 简易 PWM 方式 LED 调光电路



两路调光电路实训板如图 1-2-2 所示。它主要包括 4 个部分，分别为亮度显示模块（数码管）、亮度控制模块（按键）、电源输入端（5V、12V 两组）及两路 LED 灯串输入和输出端口。

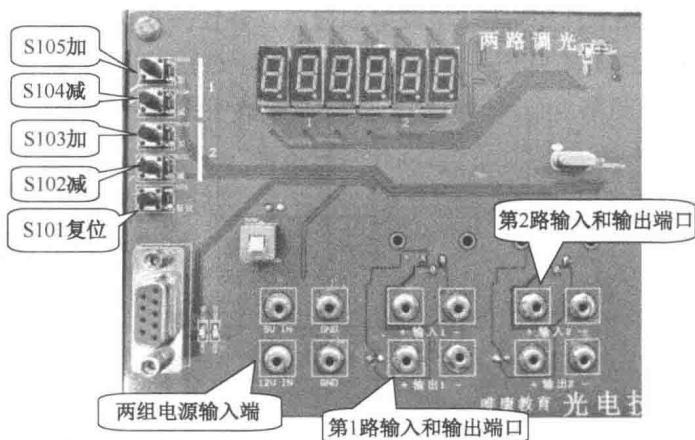


图 1-2-2 两路调光电路实训板

1. 第 2 路调光电路的调光演示操作

① 在两组电源输入端接上 5V 和 12V 直流电源，注意正负极性的正确连接。

② 选择第 2 路输入和输出端口，把 LED 灯串连接至输出 2 端口，输入 2 端口连接的电源电压大小要根据所接 LED 灯串的额定电压而定，本实训调光演示采用的 LED 灯串为供电电压 12V 的白光 LED 灯带，因此输入 2 端口应外接 12V 电源。调光电路接线图如图 1-2-3 所示。

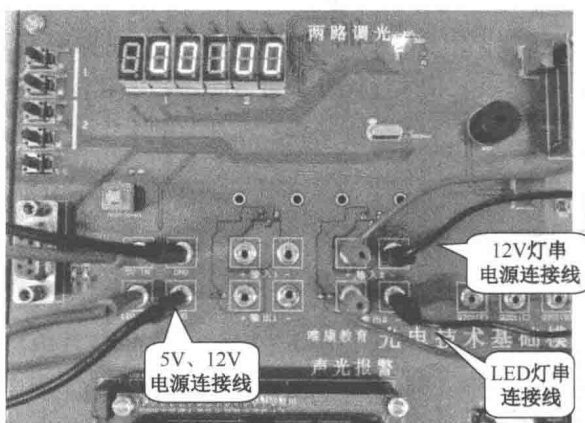


图 1-2-3 调光电路接线图

③ 接通电源后，LED 灯串发光，调节 S103 或 S102 按键可实现 LED 灯串调光。数码管显示模块显示的数字能直观反映灯串的亮度，当调节 S103 按键使数字增大时，亮度也增大；反之，数字越小，亮度也越小。灯串亮度最大时数字为 100，灯串最暗或熄灭时数字

为0。图 1-2-4 为不同亮度（显示数字为 10 和 40）时的调光效果图。

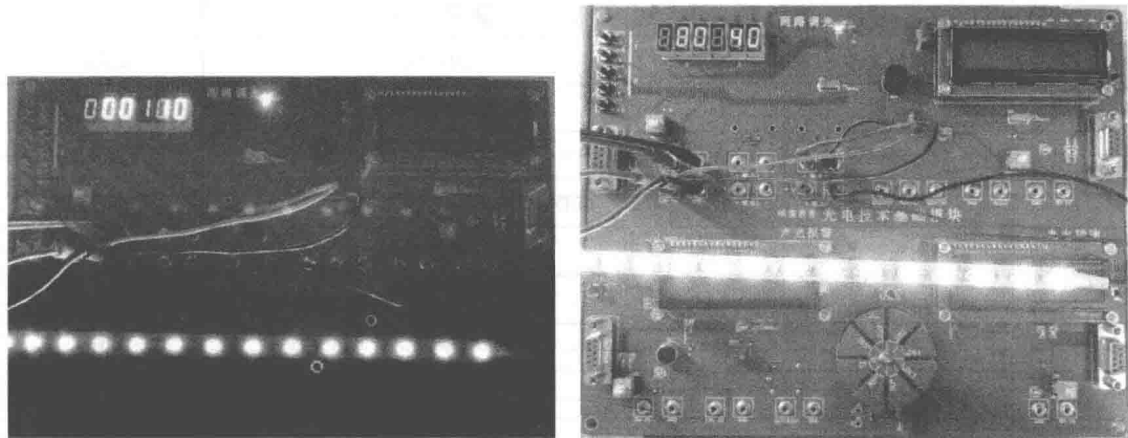


图 1-2-4 不同亮度时的调光效果图

参照上述操作方法，对第 1 路调光电路进行线路连接及调光演示。

2. 简易调光电路的制作

(1) 实训器材

焊接工具有电烙铁、吸锡器、烙铁架、松香、焊锡丝和实训台等。测量器材有万用表、稳压电源、示波器等。辅助工具有连接导线、螺丝刀等。

(2) 材料清单

制作简易 PWM 方式 LED 调光电路所需的材料清单见表 1-2-1。

表 1-2-1 简易 PWM 方式 LED 调光电路材料清单

序 号	材 料 名 称	数 量	位 置 标 识	型号或规格
1	电阻	3	R1, R2, R7	4.7kΩ
2	电阻	6	R3, R4, R5, R12, R16, R17	10kΩ
3	电阻	6	R6, R8, R9, R13, R15, R20	1kΩ
4	电阻	1	R14	5.6kΩ
5	电阻	1	R10	120Ω
6	电阻	2	R18, R19	2.7kΩ
7	电阻	1	R11	1.8kΩ
8	电容	2	C4, C5	0.1μF
9	电容	1	C1	0.022μF
10	电容	2	C2, C3	100μF
11	二极管	2	VD1, VD2	1N4007
12	二极管	1	VD3	1N4148