



浙江省“十一五”重点教材
建设项目

传感器与 遥控装置的制作

苏红富 ◎ 主编

赵敏笑 汪玠 ◎ 副主编

- ▶ 浙江省省级重点教材
- ▶ 以应用为目的，以必需、够用为度
- ▶ 以讲清概念、强化应用为教学重点

Chuanganqi Yu
Yaokong Zhuangzhi De Zhizuo



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

传感器与 遥控装置的制作

苏红富 ◎ 主编

赵敏笑 汪玠 ◎ 副主编

Chuanganganqi Yu
Yaokong Zhuangzhi De Zhizuo

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

传感器与遥控装置的制作 / 苏红富主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2012. 4

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材. 电子信息类

ISBN 978-7-115-26647-7

I. ①传… II. ①苏… III. ①传感器—高等职业教育—教材②遥控系统—高等职业教育—教材 IV. ①TP212②TP872

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第225205号

内 容 提 要

本书是浙江省省级(高职高专)重点教材, 主要介绍现代遥控技术的基本原理、现代遥控装置的制作技能和设计方法。本书以“基于工作过程”的教学思想, 设计了5个项目, 分别包括红外遥控装置的制作与调试、热释电红外遥控装置的制作与调试、声音遥控装置的制作与调试、超声波遥控装置的制作与调试、无线电遥控装置的制作与调试。本书在项目介绍之前安排了“开篇导读”的内容, 用来介绍传感器的基本知识。

本书可作为高职高专院校通信、电子信息、自动化等相关专业的教材, 也可以供相关专业工程技术人员和业余爱好者阅读和参考。

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材(电子信息类)

传感器与遥控装置的制作

-
- ◆ 主 编 苏红富
 - 副 主 编 赵敏笑 汪 玠
 - 责任编辑 丁金炎
 - 执行编辑 王小娟
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
 - 邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 13.5
 - 字数: 344千字 2012年4月第1版
 - 印数: 1-3000册 2012年4月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-26647-7

定价: 27.00元

读者服务热线: (010)67132746 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

本书是浙江省省级（高职高专）重点教材，主要介绍现代遥控技术的基本原理、现代遥控装置的制作技能和设计方法。本书以“基于工作过程”的教学思想，设计了5个项目：红外遥控装置制作与调试、热释电红外遥控装置的制作与调试、声音遥控装置制作与调试、超声波遥控装置制作与调试、无线电遥控装置的制作与调试。并在项目介绍之前安排了“开篇导读”的内容，用来介绍传感器的基本知识。

作为高职高专电子信息类专业的一门核心课程的配套教材，在本书的编写中考虑了以下的原则与特点。

（1）符合高职教育特点。以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为教学重点，适当考虑培养学生具有灵活运用能力。

（2）加强针对性和实用性。既介绍传感器基本知识，又介绍传感器实际应用技术，但以传感器实际应用技术为主；既讲遥控装置基本工作原理，又介绍遥控装置设计与制作技能；注意多种遥控技术在实际系统中的应用。

（3）讲述由浅入深，简明透彻，概念清楚，突出重点。

本书参考学时为90学时，教学中建议选择其中“项目一红外遥控装置的制作与调试”、“项目三声音遥控装置的制作与调试”、“项目五无线电遥控装置的制作与调试”作为教学项目，“项目二热释电红外遥控装置的制作与调试”和“项目四超声波遥控装置制作与调试”可作为“项目一红外遥控装置的制作与调试”和“项目三声音遥控装置的制作与调试”的后续拓展项目供学生自学。

本书可作为高职高专院校通信、电子信息、自动化等相关专业教材，也可以供有关专业工程技术人员和业余爱好者阅读和参考。

本书由苏红富担任主编，赵敏笑副教授、汪玠高级工程师任副主编。苏红富编写了开篇导读、项目二、项目四、项目五，赵敏笑编写了项目三，汪玠编写了项目一。

编写过程中得到了金华职业技术学院和浙江博尚电子有限公司的大力支持，在此表示感谢。

限于编者水平，书中难免存在错误和不足，恳请读者批评指正。

编者

开篇导读	1
导读一 传感器概述	1
导读二 光敏传感器简介	3
导读三 声音传感器简介	15
导读四 力敏传感器简介	17
导读五 热敏传感器简介	21
导读六 其他传感器简介	24
项目一 红外遥控装置的制作与调试	28
第一部分 项目学习引导	30
1.1 红外遥控专用集成电路	34
1.2 红外遥控应用电路实例	44
第二部分 制作与调试	80
第三部分 练习与思考	82
项目二 热释电红外遥控装置的制作与调试	84
第一部分 项目学习引导	86
2.1 热释电红外传感器	87
2.2 热释电红外传感控制电路	93
2.3 热释电红外控制电路实例	109
第二部分 制作与调试	118
第三部分 练习与思考	121
项目三 声控遥控装置的制作与调试	122
第一部分 项目学习引导	123
3.1 声控电路的前置放大器	125
3.2 控制、执行和电源电路	128
3.3 声控遥控实例	139
第二部分 制作与调试	144
第三部分 练习与思考	146
项目四 超声波遥控装置的制作与调试	148
第一部分 项目学习引导	150
4.1 超声波	150
4.2 超声波传感器	152
4.3 超声波遥控专用器件	155
4.4 超声波遥控方式与电路组成	160
4.5 超声波遥控发射与接收电路	161
4.6 超声波遥控应用举例	165

第二部分 制作与调试·····	167
第三部分 练习与思考·····	170
项目五 无线电遥控装置的制作与调试·····	171
第一部分 项目学习引导·····	173
5.1 无线电遥控概述 ·····	173
5.2 无线电遥控发射器 ·····	176
5.3 无线电遥控接收器 ·····	184
5.4 无线电遥控专用器件 ·····	187
5.5 无线电遥控应用举例 ·····	192
第二部分 制作与调试·····	204
第三部分 练习与思考·····	206
参考文献·····	208

开篇导读

导读一 传感器概述

一、什么是传感器

传感器是将各种非电量（物理、化学、生物）等按一定规律转换成便于处理和传输的另一种物理量（一般为电量）的装置。

传感器一般组成原理如图 0-1 所示。

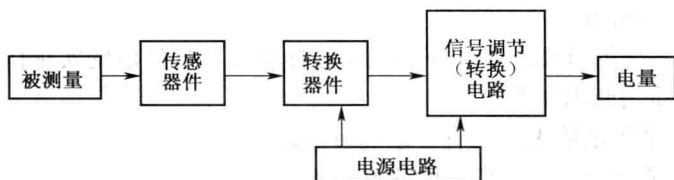


图 0-1 传感器系统图

1. 传感器件

（预变换器）将被测量（非电量）预先变换为另一种易于变换成电量的非电量，然后再变换为电量。

2. 转换器件

将感受到的非电量转换为电量的器件。

3. 信号调节（转换）电路

将转换器件输出的电量变成易于显示记录控制和处理的有用信号的电路。

4. 电源电路

电源电路的作用是提供能源。注意，有的传感器需要外部供电，有的传感器则不需要外部电源供电。

二、传感器的分类

可以从不同的角度对传感器进行分类：转换原理（传感器工作的基本物理或化学效应）、用途、输出信号类型以及制作的材料和工艺等。

① 根据工作原理，传感器可分为物理传感器和化学传感器两大类。

物理传感器应用的是物理效应，诸如压电效应、磁致伸缩现象，以及离化、极化、热电、光电、磁电等效应。被测信号量的微小变化都将转换成电信号。

化学传感器包括那些以化学吸附、电化学反应等现象为因果关系的传感器，被测信号量的微小变化也将转换成电信号。

② 按照其用途，传感器可分为：压力和力敏传感器、位置传感器、液面传感器、能耗传感器、速度传感器、加速度传感器、射线辐射传感器、热敏传感器。

③ 以其输出信号为标准可将传感器分为以下几种

模拟传感器——将被测量的非电学量转换成模拟电信号。

数字传感器——将被测量的非电学量转换成数字输出信号（包括直接转换和间接转换）。

膺数字传感器——将被测量的信号量转换成频率信号或短周期信号的输出（包括直接转换或间接转换）。

开关传感器——当一个被测量的信号达到某个特定的阈值时，传感器相应地输出一个设定的低电平或高电平信号。

④ 从所应用的材料观点出发可将传感器分成下列几类。

按照其所用材料的类别分：金属、聚合物、陶瓷、混合物。

按材料的物理性质分：导体、绝缘体、半导体、磁性材料。

按材料的晶体结构分：单晶、多晶、非晶材料。

三、传感器的选用

1. 传感器的使用原则

作为一般测控系统的首要环节，应达到快速准确可靠且经济的实现信息的采集和转换的基本要求。传感器使用原则如下。

① 工作范围或量程足够大，具有一定的过载能力。

② 输出量与被测量之间具有确定的线性关系。

③ 反应速度快，工作可靠性好。

④ 对被测对象影响小，不易受干扰。

2. 传感器的选用方法

传感器在选用时，应根据具体的测量目的、测量对象以及测量环境合理地选用传感器，一般选用方法如下。

（1）测量对象与测量环境

要进行一个具体的测量工作，首先要考虑采用何种原理的传感器，这需要分析多方面的因素之后才能确定。因为，即使是测量同一物理量，也有多种原理的传感器可供选用，哪一种原理的传感器更为合适，则需要根据被测量的特点和传感器的使用条件考虑以下一些具体问题：量程的大小；被测位置对传感器体积的要求；测量方式为接触式还是非接触式；信号的引出方法，有线或是非接触测量；传感器的来源，国产还是进口，价格能否承受，还是自行研制。

在考虑上述问题之后就能确定选用何种类型的传感器，然后再考虑传感器的具体性能指标。

（2）灵敏度

通常，在传感器的线性范围内，希望传感器的灵敏度越高越好。因为只有灵敏度高时，与被测量变化对应的输出信号值才比较大，有利于信号处理。但要注意的是，传感器的灵敏度高，与被测量无关的外界噪声也容易混入，也会被放大系统放大，影响测量精度。因此，要求传感器本身应具有较高的信噪比，尽量减少从外界引入的干扰信号。传感器的灵敏度是有方向性的。当被测量是单向量，而且对其方向性要求较高，则应选择其他方向灵敏度小的传感器；如果被测量是多维向量，则要求传感器的交叉灵敏度越小越好。

（3）频率响应特性

传感器的频率响应特性决定了被测量的频率范围，必须在允许频率范围内保持不失真的

测量条件,实际上传感器的响应总有一定延迟,希望延迟时间越短越好。传感器的频率响应高,可测的信号频率范围就宽,而由于受到结构特性的影响,机械系统的惯性较大,因有频率低的传感器可测信号的频率较低。在动态测量中,应根据信号的特点(稳态、瞬态、随机等)响应特性选择,以免产生过大的误差。

(4) 线性范围

传感器的线性范围是指输出与输入成正比的范围。从理论上讲,在此范围内,灵敏度保持定值。传感器的线性范围越宽,则其量程越大,并且能保证一定的测量精度。在选择传感器时,当传感器的种类确定以后首先要看其量程是否满足要求。但实际上,任何传感器都不能保证绝对的线性,其线性度也是相对的。当所要求测量精度比较低时,在一定的范围内,可将非线性误差较小的传感器近似看作是线性的,这会给测量带来极大的方便。

(5) 稳定性

传感器使用一段时间后,其性能保持不变化的能力称为稳定性。影响传感器长期稳定性的因素除传感器本身结构外,主要是传感器的使用环境。因此,要使传感器具有良好的稳定性,传感器必须要有较强的环境适应能力。在选择传感器之前,应对其使用环境进行调查,并根据具体的使用环境选择合适的传感器,或采取适当的措施,减小环境的影响。传感器的稳定性有定量指标,如在超过使用期后使用,应重新进行标定,以确定传感器的性能是否发生变化。在某些要求传感器能长期使用而又不能轻易更换或标定的场合,所选用的传感器稳定性要求更严格,要能够经受住长时间的考验。

(6) 精度

精度是传感器的一个重要的性能指标,它关系到整个测量系统测量精度。传感器的精度越高,其价格越昂贵。因此,传感器的精度只要满足整个测量系统的精度要求就可以,不必选得过高。这样就可以在满足同一测量目的的诸多传感器中选择比较便宜和简单的传感器。如果测量目的是定性分析的,选用重复精度高的传感器即可,不宜选用绝对量值精度高的;如果是为了定量分析,必须获得精确的测量值,就需选用精度等级能满足要求的传感器。对某些特殊使用场合,无法选到合适的传感器,则需自行设计制造传感器。自制传感器的性能应满足使用要求。

导读二 光敏传感器简介

光敏传感器是利用光敏元件将光信号转换为电信号的传感器。光敏传感器的种类主要有:光敏电阻、光电二极管、光电三极管、红外线传感器、太阳能电池等。光敏传感器的基本特性有:光谱特性、伏安特性、光照特性、温度特性和频率响应特性。

一、红外线传感器

1. 红外线的定义

红外线实质上是一种电磁波。从分析自然界中各种电磁波组成的波谱中可知,波谱是由 γ 射线、X射线、紫外线、可见光、红外线、微波和无线电波组成的。从形式上看,它们之间似乎没有关系,但如果按照它们的波长依次排列,就会发现和我们形影不离的可见光只占了整个波谱中 $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$ 波长的这么一点儿范围,而和可见光相邻的红外线(包括远红外、中红外和近红外)却占了波谱中 $0.76 \sim 1\,000 \mu\text{m}$ 的一大段,如图0-2所示。

从上述分析可知,红外线是一种十分丰富的波谱资源,目前它已在生产、生活、军事、

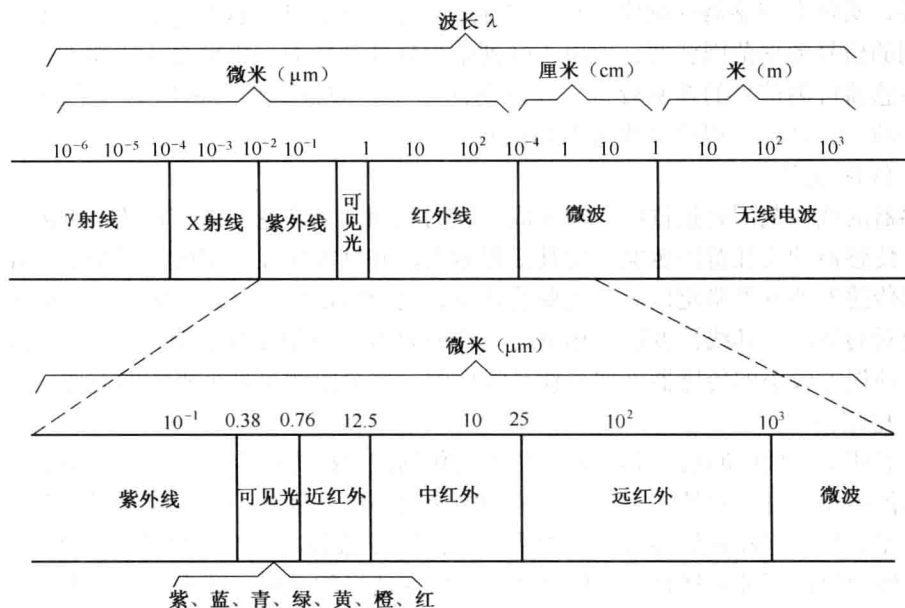


图 0-2 红外谱线图

医疗等多方面得到了广泛的应用,如红外线加热、红外线医疗器件、红外线通信、红外线摄像、红外线遥控等。红外线遥控只是红外线众多应用中的一部分,目前在家用电器中广泛应用的彩电遥控器、录像机遥控器、VCD 机遥控器、高保真音响遥控器等,都采用了红外线遥控,它使这些家用电器的控制变得十分简单、方便。

2. 红外线的特性

红外线是介于可见光和微波之间的一种电磁波,因此它具有两相邻波的某些特性。在近红外区,它和可见光相邻,因此具有可见光的某些特性,如直线传播、反射、折射、散射、衍射、可被某些物体吸收以及可以通过透镜将其聚焦等。

在远红外区,由于它邻近微波区,因此它具有微波的某些特性,如较强的穿透能力和能贯穿某些不透明物质等。

自然界中,不论任何物体,也不论其本身是否发光(指可见光),只要其温度高于绝对零度(-273°C),都会一刻不停地向周围辐射红外线。只不过是温度高的物体辐射的红外线较强,温度较低的物体辐射的红外线较弱。红外线摄像、红外线夜视、热释电红外探测以及某些导弹的瞄准等就是利用红外线的这一特性工作的。

3. 红外线传感器

在红外线遥控系统中,一方面需要一种能够模仿自然界中物体发射红外线的器件,同时又需要一种能够接收红外线并将其转变为电信号的器件。对于红外线发射器件,要能够发射出比自然界发射的红外线更强的辐射强度。对于红外线接收器件,则要有较强的接收能力,要能将接收到的红外线转换成足够强的电信号。这种能够发射红外线和接收红外线的器件称为红外线传感器。

红外线传感器根据其机理不同分为两大类。其中一类为主动型红外线传感器,这一类传感器包括红外发射传感器和红外接收传感器,这两种传感器配套使用可组成一个完整的红外线遥控系统。这类传感器也称光探测型传感器。它包括红外发光二极管、红外接收二极管、

光电二极管和光电三极管等。

另一类红外线传感器为被动型红外线传感器，也称热探测型传感器。这类传感器可用来直接接收目标物体发射的红外线并将其转换为电压信号输出，它不需要红外发射传感器。

4. 红外发光二极管

红外发光二极管是采用砷化镓(GaAs)和砷铝化镓(GaAlAs)等半导体材料制成的，它们的外形和普通的发光二极管基本相同，用透明的树脂材料封装。中、大功率的红外发光二极管采用金属或陶瓷材料作底座，用玻璃或树脂透镜作窗口，其外形如图0-3所示。

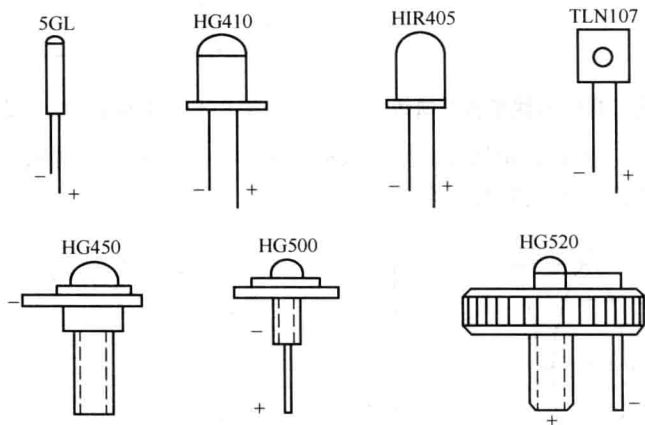


图0-3 红外发光二极管

(1) 红外发光二极管的基本特性

① 伏安特性。

红外发光二极管的伏安特性曲线如图0-4所示，和普通二极管的伏安特性曲线相似。

由图0-4可见，红外发光二极管的正向压降 V_F 与材料及正向电流有关。砷化镓红外发光二极管的正向压降在1~2V之间；小功率管的正向压降在1~1.3V之间；中功率管的正向压降在1.6~1.8V之间；大功率管的正向压降小于等于2V。在使用时应注意驱动电源电压的数值应大于红外发光二极管的正向压降 V_F ，否则不能克服死区电压产生的正向电流 I_F 。

红外发光二极管的反向击穿电压 V_R 较低，约为5~30V。因此，使用中要注意其反向电压不得超过5V，否则可能造成元器件损坏。所以，在实际使用中需加限流电阻予以保护。

② 输出特性。

红外发光二极管的输出特性曲线如图0-5所示。它表示红外发光二极管的输出光功率 P_o 与正向工作电流 I_F 之间的关系。

由图0-5可见，在工作电流 I_F 较小时，输出光功率 P_o 与工作电流 I_F 成线性关系。当工作电流 I_F 较大时，曲线产生了弯曲，红外发光二极管饱和， P_o 与 I_F 就不再成线性关系了，形成了非线性工作区。

在红外线遥控电路中，红外发光二极管一般都工作在开关状态（数字调制）。因此，对于输出特性是否在线性区没有要求。

当红外发光二极管用在简单的光通信中时，它的工作状态为调幅工作状态（模拟调制）。这时必须使红外发光二极管工作在线性区。

③ 指向特性。

红外发光二极管的指向特性是指它的发射光强度与光辐射的几何角度的关系，它是由封

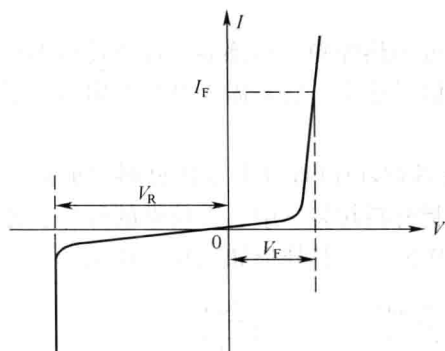


图 0-4 红外发光二极管的伏安特性曲线

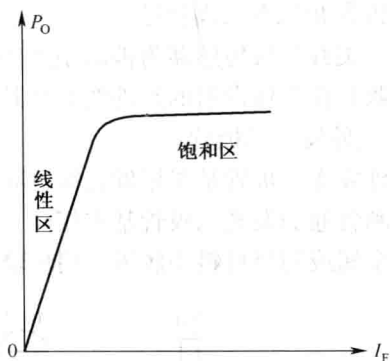


图 0-5 红外发光二极管的输出特性曲线

装透镜的形状、管芯与顶端的位置决定的。图 0-6 (a)、(b) 分别画出了球面透镜与平面封装的红外发光二极管的指向特性曲线。

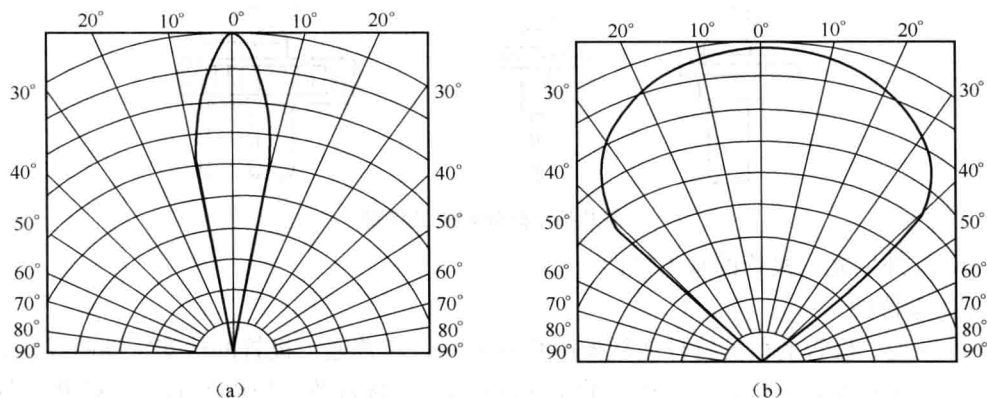


图 0-6 红外发光二极管的指向特性曲线

由图 0-6 可见，球面透镜封装的管子指向角度较小，在偏离发射中心（零发射角） 10° 的位置上，发射光强只有 0° 位置上的 50%。平面封装的管子指向角度较大，在偏离 0° 发射角 40° 时发射光强为 0° 位置上的 50%。采用多只发射管并列安装的方法，可以改善发射光的指向特性。

用于遥控发射器的红外发光二极管所发射的红外光的波长在 $0.9 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 之间，属于近红外光。近红外光在电磁波谱中与可见光相邻，它具有可见光的反射特性。当红外遥控器在室内使用时，发射管不必正对接收管，可通过室内墙壁及家具的反射将发射的红外光反射到接收管中以实现遥控操作。红外线的这一特性使红外遥控器的使用十分方便。

(2) 红外发光二极管的主要参数

① 工作电流 I_F 及峰值电流 I_{FP} 。

一般小功率红外发光二极管的正向工作电流为 $30 \sim 50\text{mA}$ ，在使用时如果长时间超过 I_F 工作范围，容易使红外发光二极管发热损坏，所以需加限流电阻进行保护。

峰值电流 I_{FP} 是指流过管子的脉冲电流的最大峰值。若脉冲电流的平均值与恒定的直流值相等，则脉冲电流的幅值要比允许的工作电流大得多，其发射效率也较高。所以一般遥控发射器都采用占空比较小的脉冲工作方式。

② 管功耗 P_m 与光功率 P_o 。

管功耗与光功率是两个不同的概念。管功耗是指流过管子的电流与管压降的乘积，最大功耗不得超过允许值。而消耗在管内的电功率仅有一小部分转变为光功率，故小功率红外发光二极管的光功率仅为 $1 \sim 3\text{mW}$ ，发光效率只有百分之几。

③ 峰值波长 λ_p 。

峰值波长是指红外光二极管所发出的红外光中，光强最大值所对应的发光波长。在选用红外接收管时，其峰值波长应与外发光二极管的峰值波长 λ_p 相一致或相接近，以提高其接收效率。

④ 反向漏电流 I_R 。

反向漏电流指红外光二极管在未被击穿时电流的大小，这一指标应尽量小。

⑤ 响应时间 t_w 。

红外发光二极管 PN 结电容的存在会影响它的工作频率。一般红外发光二极管的响应时间约 $10^{-6} \sim 10^{-7}\text{s}$ ，最高工作频率约为几十兆赫兹。

表 0-1 给出了几种红外发光二极管的主要参数。

表 0-1 红外发光二极管的主要参数

	代号	单位	TLN107	TLN104	HG310	HG450	HG520	BT410	SE303A	PH302
正向工作电流	I_F	mA (A)	50	60					100	
峰值电流	I_{FP}	mA	600	600					1A	
反向击穿电压	V_R	V	>5	>5	>5	>5		>5	>5	32
正向压降	V_F	V	<1.5	<1.5	<1.5	<1.8	<2.0	<1.3	<1.45	
反向漏电流	I_R	μA	<10	<10	<50	<100		<100		30
光功率	P_o	mW	>1.5	>25	1~2	5~20	100~550	1~2	6.5	
峰值波长	λ_p	nm	940	940	940	930	930	940	940	940
最大功耗	P_m	mW (W)			>5	360	$\approx (6)$	100	150	150

(3) 红外发光二极管的基本驱动方式

红外发光二极管是一种电流驱动器件，它的基本驱动方式有直流恒定电流驱动、直流脉冲电流驱动和交流驱动 3 种。

① 直流恒定电流驱动方式。

直流恒定电流驱动方式如图 0-7 (a)、(b) 所示。图中 V_+ 为驱动电压， R 为限流电阻。驱动电流 $I_F = (V - V_F)/R$ 。式中： V_F 是红外发光二极管的正向管压降。由于是直流驱动，其驱动电流也就是正向平均工作电流。因此，实际工作电流只要不超过器件参数表给出的数值即可。

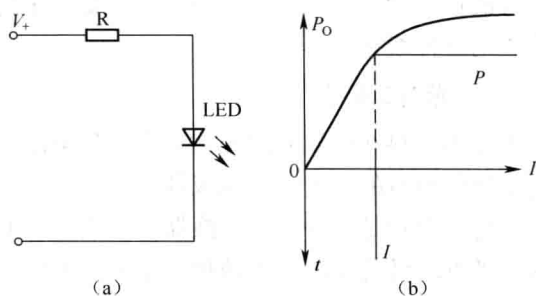


图 0-7 红外发光二极管的直流恒定电流驱动

由于是直流恒定电流驱动，因此这种驱动方式常用于红外遥控开关电路中红外发射电路，其特点是结构简单。

② 直流脉冲电流驱动方式。

驱动原理如图 0-8 所示。在图 0-8 (a) 中，驱动电压 V 为脉冲电压，所以红外发光二极

管的驱动电流也为脉冲电流。红外光的有效传送距离与驱动功率峰值成正比,而峰值功率又与所加的驱动电流峰值成正比。所以,为了提高红外光的传送距离,应加大驱动峰值电流。红外发光二极管参数表中给出的工作电流有正向工作电流和峰值电流两项,其中正向工作电流是采用直流恒定电流驱动方式时的平均工作电流,峰值电流是指采用直流脉冲电流驱动方式时的峰值驱动电流。红外发光二极管的正向工作电流 I_F 与峰

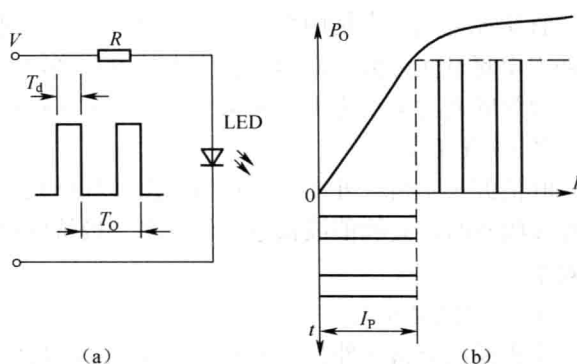


图 0-8 红外发光二极管的直流脉冲电流驱动

值电流 I_{FP} 之间有如下关系: $I_P = I_F \sqrt{T_0/T_D}$, 其中 T_0/T_D 为脉冲电流的空度比。空度比越大,允许的峰值流越大。因此,若参数表中仅给出其中一项时,则可通过公式求出另一项,以适应电路实际工作的要求。例如,某红外发光二极管的参数表中仅给出 $I_F = 100\text{mA}$, 若电路中需要的空度比为 $T_0/T_D = 25$, 则可通过公式算出峰值电流 $I_P = 100 \sqrt{25} = 500\text{mA}$ 。

脉冲电流的空度比并不是可以无限加大的,因为空度比过大时,脉冲的宽度 T_D 太窄,受红外发光二极管响应时间的限制,来不及响应脉冲电流就消失了,这样就不能保证控制的有效性。

采用直流脉冲电流驱动方式除了能提高发射功率和节约发射能源外,还有一项重要作用,就是可用来传递数字遥控信号。这是因为在数字电路中,脉冲波形中的高、低电平分别代表二进制数的 1 和 0,在用一定频率的脉冲电流来驱动发光二极管时,它的每一个发送周期可以包含许许多多的二进制的遥控信息。这也正是采用同一遥控器可以控制很多项目的原因。正因如此,直流脉冲电流驱动方式是红外发光二极管在红外遥控电路中的主要方式。

③ 交流电流驱动方式。

交流电流驱动方式与直流脉冲驱动方式完全相同,只是直流脉冲电流驱动方式采用的矩形波,而交流电流驱动方式采用的正弦波,同时对驱动电路预加直流偏置,以保证所传递交流信号的保真度。交流电流驱动方式主要用来传递音频信号,如近距离的红外线通信、音响电路中的红外线耳机等。

二、光电二极管

半导体材料在受到光的照射后会产生电流,这就是半导体的光电效应。光电二极管就是利用半导体材料的光电效应制成的。

光电二极管是一种光电变换器件,当它的 PN 结被光照射后,能吸收光并将光能转换为电能。光电二极管采用以下两种工作方式工作。第一种为预加偏压工作方式,即对光电二极管预加一定的偏压,当受到光的照射后,光电二极管中的反向电流会随着照射光强度的变化而变化,光的强度越大,则反向电流越大。在大多数应用电路中,光电二极管都是以这种方式工作的。第二种为不加偏压的工作方式,它是利用 PN 结在受到照射后会产生正向电压的原理,把光电二极管当做微型光电池使用,这种工作方式多用于光电检测电路。

光电二极管有 4 种类型:PN 结型(也称 PD 型)、PIN 结型、雪崩型和肖特基型,其中应用最多的是用硅材料制作的 PN 结型光电二极管,它的价格也最低。其他几种类型的光电二极

管由于响应速度快，主要用于光纤通信及计算机信息传输。常用的光电二极管一般有 2DU 型和 2CU 型两种。2DU 型光电二极管带有环极，可减少暗电流，它接电源正极。一般最常用的是 2CU 型光电二极管，它采用金属外壳全密封，顶端有玻璃透镜窗口，如图 0-9 所示。

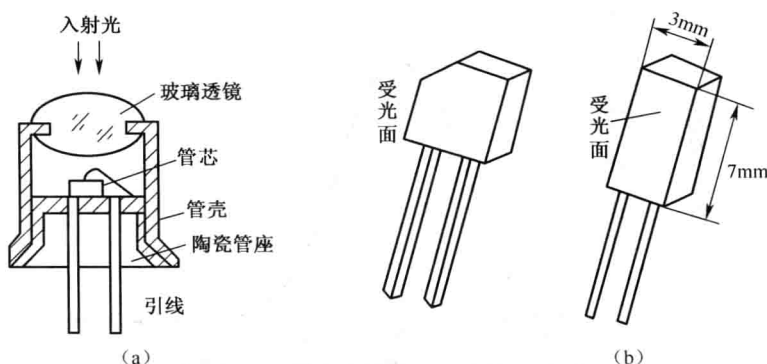


图 0-9 光电二极管的结构

1. 光电二极管的基本特性

(1) 伏安特性

光电二极管的伏安特性曲线如图 0-10 所示。

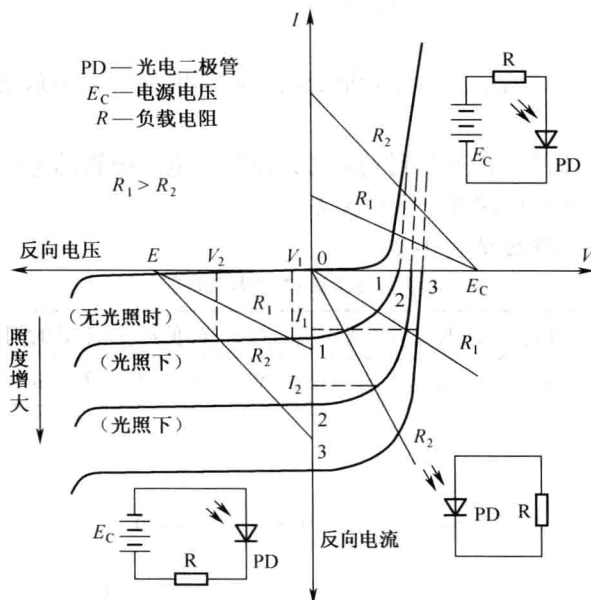


图 0-10 光电二极管的伏安特性曲线

光电二极管在无光照射时，它的特性与一般的硅二极管一样。当受光照射后，它的特性曲线沿电流轴向下平移，平移的幅度与光的照度成正比。特性曲线在第三象限内，表明了光电二极管在加有反向电压的情况下受光照后的反向特性。此特性表明：反向电流随入射光线照度的增大而增大，在一定的反向电压范围内，反向电流的大小几乎与反向电压的高低无关。

在入射照度一定时，光电二极管相当于一个恒流源，其输出电压随负载电阻的增大而升高。

特性曲线在第四象限内，表明：它呈光电池特性，光照强度越大，负载电阻越小，电流越大。

(2) 光谱响应特性

光电二极管的光谱范围为 $400 \sim 1100\text{nm}$, 其峰波长为 $880 \sim 900\text{nm}$, 如图 0-11 所示。它与砷化镓 (GaAs) 红外发光二极管的波长相匹配, 可以获得较高的传输效率。

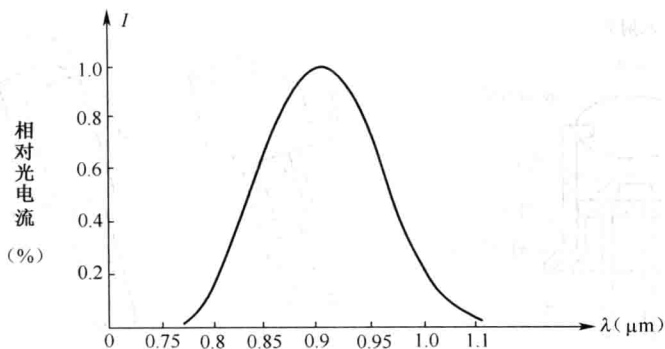


图 0-11 光电二极管的光谱响应特性曲线

2. 光电二极管的主要参数

(1) 反向工作电压 V_R

在无光的情况下, 光电二极管中的反向电流小于等于 $0.2 \sim 0.3\mu\text{A}$ 时, 允许的反向最高电压一般不大于 10V , 最高允许电压为 50V 。

(2) 暗电流 I_D

在无光照时, 加上一定的反向电压后形成的反向偏电流, 称为暗电流。

(3) 光电流 I_L

在一定的反向电压条件下, 当受到光照时, 流过光电二极管的电流。一般情况下, 光电强度几十微安, 并且和光的照度呈线性关系。

2CU 型光电二极管的参数见表 0-2。

表 0-2 2CU 及 2CU2 硅光电二极管

参数符号	最高工作电压	暗电流	光电流	光电灵敏度	峰值波长	上升时间	下降时间	结电容
型号	V_R (V)	I_D (μA)	I_L (μA)	S_R ($\mu\text{A}/\mu\text{W}$)	λ_p (Å)	T_A (ns)	T_f (ns)	C_j (pF)
2CU1A	10	≤ 0.2	≥ 80	≥ 0.5	8 800	≤ 5	≤ 50	≤ 8
2CU1B	20							
2CU1C	30							
2CU1D	40							
2CU1E	50							
2CU2A	10	≤ 0.1	≥ 30	≥ 0.5	8 800	≤ 5	≤ 50	≤ 8
2CU2B	20							
2CU2C	30							
2CU2D	40							
2CU2E	50							
试验条件	$I_R = I_D$	$V = V_{RM}$ 无光照	$V = V_{RM}$ $1000L_x$	$V = V_{RM}$ $\lambda = 0.9\mu\text{m}$		$R_L = 500\Omega$ $V = 10\text{V}$ $F = 300\text{Hz}$	$R_L = 500\Omega$ $V = 10\text{V}$ $F = 300\text{Hz}$	$R_{in} = 500\Omega$ $V = 10V_{RM}$ $F < 5\text{MHz}$

三、光电三极管

光电三极管也是靠光的照射量来控制输出电流的器件，它可以等效为一个光电二极管和一个晶体三极管的结合，所以它具有放大作用，如图 0-12 (a) 所示。光电三极管一般是用硅材料制作的，它的外边仅引出集电极和发射极。其外形和光电二极管一样，它的光谱范围也和光电二极管相同。

1. 光电三极管的基本特性

(1) 输出特性

光电三极管的输出特性与一般晶体三极管的输出特性相同，其差别仅在于参变量不同，一般晶体三极管的参变量为基极输入电流，而光电三极管的参变量为入射光的照度，如图 0-12 (b) 所示。

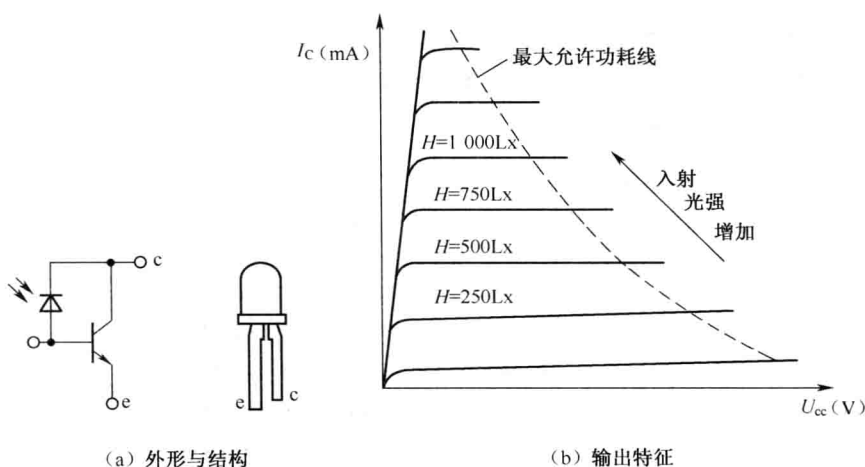


图 0-12 光电三极管及其输出特性

(2) 光谱响应特性

和光电二极管一样，光电三极管的光谱响应特性取决于所用半导体材料、结构与工艺。光电三极管的光谱响应曲线如图 0-13 所示。其中曲线 A 为普通硅光电三极管的光谱响应曲线，这类管子的型号为 3DU 型；曲线 B 为光敏蓝紫三极管的光谱响应曲线，这类管子的型号为 ZL 型；曲线 C 为宽光谱光敏三极管的光谱响应曲线，这类管子的型号为 3DU80 型。我

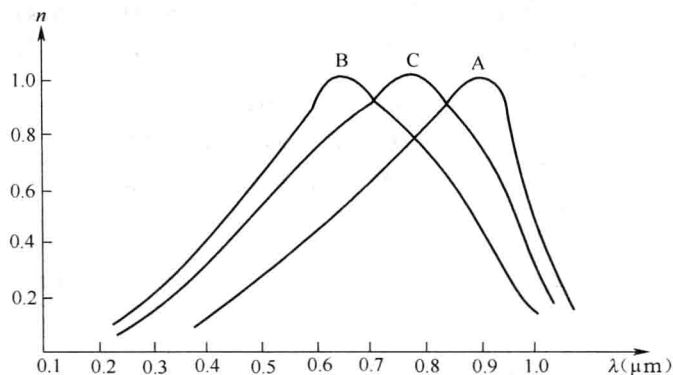


图 0-13 光电三极管的光谱响应曲线