



详解电子控制 照明电路 60 例

XIANGJIE
DIANZI KONGZHI
ZHAOMING DIANLU
60LI

赵玲 付少波 主编



化学工业出版社

实用电子技术
自学万事通

详解电子控制 照明电路 60 例

XIANGJIE
DIANZI KONGZHI
ZHAOMING DIANLU
60 LI

赵玲 付少波 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

详解电子控制照明电路 60 例/赵玲, 付少波主编. —北京:
化学工业出版社, 2013. 9
(实用电子技术自学万事通)
ISBN 978-7-122-17955-5

I. ①详… II. ①赵…②付… III. ①电子控制-电气照明-
电路 IV. ①TM923. 02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 161794 号

责任编辑: 卢小林
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 孙 科
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 10½ 字数 294 千字
2014 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

《实用电子技术自学万事通》编委会

主 任 张 宪

编 委 (按汉语拼音排序)

陈 影 付兰芳 付少波 匡小平

李会山 李良洪 李志勇 王凤忠

王 亮 张春和 张大鹏 张 宪

赵慧敏 赵建辉

《详解电子控制照明电路 60 例》编写人员

主 编 赵 玲 付少波

副主编 李志勇 付兰芳 李良洪

参 编 李纪红 赵建辉 俞 妍

刘卜源 张 森 何惠英

陈 影 胡云朋

主 审 张 宪 孙 昱

前言

► FOREWORD

详解电子控制照明电路 60 例

进入 21 世纪, 电子技术的广泛应用, 给工农业生产、国防事业、科技和人们的生活带来了革命性的变化。为推广现代电子技术, 普及电子科学知识, 我们编写了这套《实用电子技术自学万事通》, 以帮助正在学习电子技术的读者, 以及即将从事电子设备与电子装置维修的人员尽快理解现代电子设备与电子装置构成原理, 了解各种电子元器件与零部件在电子技术中的应用情况, 学会检测元器件和制作简单电子设备的一些基本方法。

本套丛书包括《电子工艺基础》《电子元器件的选用与检测》《数字电子技术实用电路》《详解电子控制照明电路 60 例》《详解实用电子电路 128 例》《传感器实用电路》六个分册, 力求使广大电子爱好者通过本套丛书的学习, 轻松进入电子科学技术的大门, 激发他们对电子技术的探索兴趣, 掌握深入研究电子技术所必备的基础知识, 并把它应用到生产和实际生活中去。

本套书对电子技术基础知识做了较详尽的叙述, 可为初学者奠定较扎实的理论知识 and 实际操作知识, 对学习电子技术和分析识读电路图有相当裨益, 既可分册独立学习, 又可系统学习全套丛书。

本书是《详解电子控制照明电路 60 例》分册, 共收集整理各种实用照明电路 60 余例, 这些实例涉及了灯光照明技术的各个领域, 按其基本功能分类编排, 主要包括: 触摸式照明灯

电路、声光控制照明灯电路、红外遥控照明灯电路、延时照明灯电路、调光灯应用电路、路灯控制应用电路、吊灯控制应用电路、多种 LED 驱动电路和光纤照明应用等。每个应用电路均详细地介绍了电路组成、电路工作原理以及元器件的选型，具有较强的实用性、参考性。既可以作为电子灯具开发设计人员的参考资料，也可作为大中专院校及职业高中相关专业和电子爱好者阅读参考书。

本书在编写过程中，曾得到出版社和同行的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目录

► CONTENTS

详解电子控制照明电路 60 例

第一章	照明基础知识	/ 1
第一节	光的基础知识	/ 1
第二节	光源	/ 11
第三节	照明器具	/ 16
第四节	LED 照明基础知识	/ 24
第二章	照明灯控制应用电路	/ 32
第一节	触摸式照明灯应用电路	/ 32
第二节	声、光控制照明灯应用电路	/ 36
第三节	门控照明灯应用电路	/ 44
第四节	红外遥控照明灯应用电路	/ 47
第五节	渐亮渐暗照明灯应用电路	/ 52
第六节	门厅照明灯自动控制应用电路	/ 55
第三章	延时照明灯应用电路	/ 63
第一节	按钮控制式延时照明灯应用电路	/ 63
第二节	触摸式延时照明灯应用电路	/ 67
第三节	感应式延时照明灯应用电路	/ 72
第四节	开关控制式延时照明灯应用电路	/ 77
第五节	光控延时照明灯应用电路	/ 81
第六节	光控、触摸控制式延时照明灯应用电路	/ 85
第七节	声、光双控延时照明灯应用电路	/ 89

第八节	声、光、触摸三控延时照明灯应用电路	/ 97
第四章	调光灯应用电路	/ 102
第一节	无级调光灯应用电路	/ 102
第二节	触摸式调光灯应用电路	/ 106
第三节	遥控调光灯应用电路	/ 117
第五章	彩灯控制应用电路	/ 127
第一节	声控变色彩灯应用电路	/ 127
第二节	声控循环彩灯应用电路	/ 135
第三节	声控闪烁彩灯应用电路	/ 141
第四节	闪烁装饰彩灯应用电路	/ 147
第五节	彩灯控制器应用电路	/ 154
第六章	路灯、警示灯控制应用电路	/ 165
第一节	光控路灯开关电路	/ 165
第二节	警示灯控制应用电路	/ 179
第七章	夜灯、吊灯控制应用电路	/ 190
第一节	夜灯控制应用电路	/ 190
第二节	吊灯控制应用电路	/ 196
第八章	LED 照明应用电路	/ 213
第一节	通用 LED 照明应用电路	/ 213
第二节	车用 LED 照明应用电路	/ 239
第九章	LED 背光照明应用电路	/ 263
第一节	LED 背光照明知识	/ 263
第二节	LED 背光照明驱动电路实例	/ 267
第十章	光纤照明应用电路	/ 287
第一节	光纤照明的基础知识	/ 287

第二节	光纤在室外照明的应用电路	光 / 293
第三节	光纤在建筑景观照明的应用电路	光 / 298
第四节	光纤在室内照明装饰的应用电路	光 / 303
第五节	光纤在汽车照明中的应用电路	光 / 309
第六节	光纤在医学照明中的应用电路	光 / 313
第七节	光纤在太阳能采光照明系统中的应用电路	光 / 319

参考文献

1121	照明用交流控制电路	第一章
1132	照明用交流控制电路	第二章
1141	照明用交流控制电路	第三章
1147	照明用交流控制电路	第四章
1184	照明用交流控制电路	第五章
1188	照明用交流控制电路	第六章
1188	照明用交流控制电路	第七章
1179	照明用交流控制电路	第八章
1190	照明用交流控制电路	第九章
1190	照明用交流控制电路	第十章
1198	照明用交流控制电路	第十一章
1218	照明用交流控制电路	第十二章
1218	照明用交流控制电路	第十三章
1239	照明用交流控制电路	第十四章
1263	照明用交流控制电路	第十五章
1263	照明用交流控制电路	第十六章
1267	照明用交流控制电路	第十七章
1287	照明用交流控制电路	第十八章
1287	照明用交流控制电路	第十九章

第一章

Chapter 1

照明基础知识

第一节

光的基础知识

从物理学上说,光是一种电磁辐射。电磁辐射的波长范围是极其广泛的,波长不同的电磁波,其特性可能有很大的差别。一般来说,这些波段不同的电磁波是由不同的辐射源产生的,它们对物质的作用不同,因而有不同的应用和测量方法。但是,相邻波段之间实际上是没有明显界线的,因为波长的较小差别不会引起特性的突变。若将各种电磁波按波长依次排列可以得到电磁波谱,如图 1-1 所示。

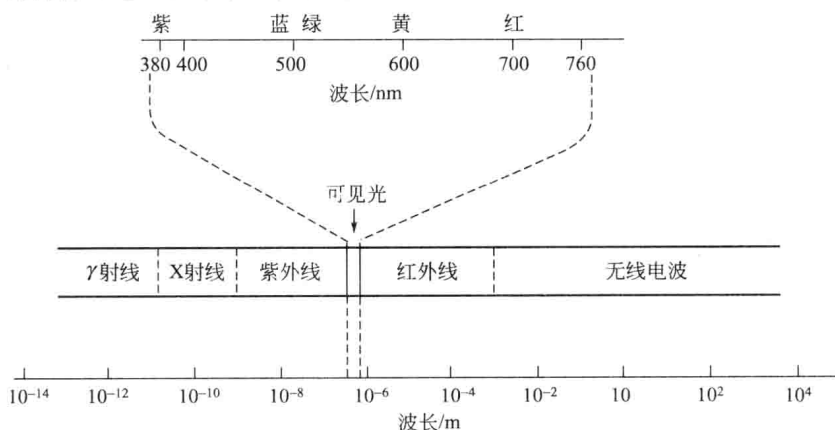


图 1-1 电磁波谱



在电磁波谱中,可见光的波长区间在 $380\sim 780\text{nm}$ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) 之间,可见光按波长依次排列可以得到可见光谱。不同波长的可见光,在视觉上会形成不同的颜色,只含有一种波长成分的可见光称为单色光。通常将可见光分为红($780\sim 630\text{nm}$)、橙($630\sim 600\text{nm}$)、黄($600\sim 570\text{nm}$)、绿($570\sim 490\text{nm}$)、青($490\sim 450\text{nm}$)、蓝($450\sim 430\text{nm}$)、紫($430\sim 380\text{nm}$) 七种单色光。

在可见光紫光区的左边小于 380nm 的是一个紫外线波段,而在红光区右边大于 780nm 的是一个红外波段。这两个波段的电磁波虽然不能引起人的视觉,但由于它们能够有效地转换成可见光,所以通常把紫外线、可见光和红外线统称为光。

一、光的传播特性

当光线在同一种媒质中传播时,总是沿直线方向行进。当媒质发生改变时,光线或被反射,或被折射,或被透射,或被吸收。

1. 光的反射

当光从一种介质传播到另一种介质时,有一部分或全部自分界面射回原来的介质,这种现象叫做光的反射。光在镜面和扩散面上的反射有以下几种类型。

(1) 规则反射 在光滑界面上所产生的光的反射称为规则反射,又称为镜面反射,如图 1-2 所示。光的入射光线、反射光线和过入射点的界面法线都位于同一个平面上,并且入射角等于反射角,反射光线和入射光线分别位于法线的两侧,这就是光的反射定律。在反射角以外,人眼是看不到反射光的。灯具的反射罩就是利用这一原理制成的,但一般由比较复杂的曲面构成。

(2) 散反射 当光线从某方向入射到经散射处理的铝板、经涂刷处理的金属或毛面白漆涂层时,反射光向各个不同的方向散开,但其总的方向是一致的,如图 1-3 所示,其光束的轴线方向仍遵守反射定律,这种光的反射称为散反射。

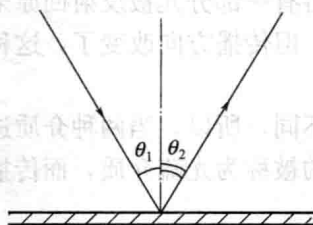


图 1-2 规则反射

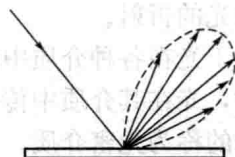


图 1-3 散反射

(3) 漫反射 光线从某方向入射到粗糙表面或涂有无光泽镀层的表层时, 光线被分散在许多方向, 在宏观上不存在规则反射, 这种光的反射称为漫反射。当反射遵守朗伯 (Lambert) 余弦定律时, 即任意方向的光强 I_θ 与该反射面的法线方向的光强 I_0 所成的角度的余弦成比例 ($I_\theta = I_0 \cos\theta$), 而与光的入射方向无关, 从反射面的各个方向看去, 光的亮度均相同, 这种光的反射称为各向同性漫反射, 如图 1-4 所示。

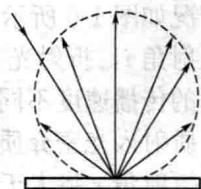
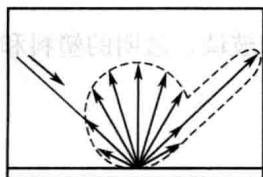


图 1-4 各向同性漫反射

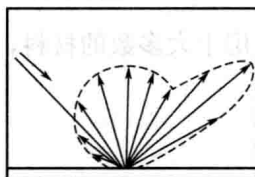
(4) 混合反射 当光线从某方向入射到瓷釉或带高度光泽的漆层上时, 规则反射和漫反射都存在, 这种反射称为混合反射, 如图 1-5 所示, 在定向反射方向上的发光强度比其他方向上的要大得多, 而且亮度最大。在其他方向上也有一定数量的反射光, 而其亮度分布不均匀。

2. 光的折射

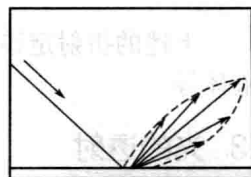
光从一种介质射入另一种介质时, 若光的入射方向不是垂直于



(a) 漫反射与镜面反射混合



(b) 漫反射与散反射混合



(c) 镜面反射与散反射混合

图 1-5 混合反射



上述两种介质分界面，则在分界面处将有一部分光被反射回原来的介质，另一部分将射入另一种介质中，但传播方向改变了，这种现象称为光的折射。

由于光在各种介质中的传播速度不同，所以，当两种介质进行比较时，光在其介质中传播速度较高的被称为光疏介质，而传播速度较低的称为光密介质。

假设光从一种介质（介质的折射率为 n_1 ）射入另外一种介质（介质的折射率为 n_2 ），则光通过这两种介质分界面所发生的折射情况如图 1-6 所示。入射光方向与介质分界面法线方向的夹角称为入射角 i ，折射光方向与法线的夹角称为 r 。由于光在这两种介质内的传播速度不同，所以，入射角 i 与折射角 r 不等。当光从光疏介质射入光密介质时（ $n_2 > n_1$ ），折射角 r 将大于入射角 i ；反之，则折射角 r 将大于入射角 i 。同时，入射角发生变化时，折射角随之发生变化，但两角之间的关系符合折射定律，即

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (1-1)$$

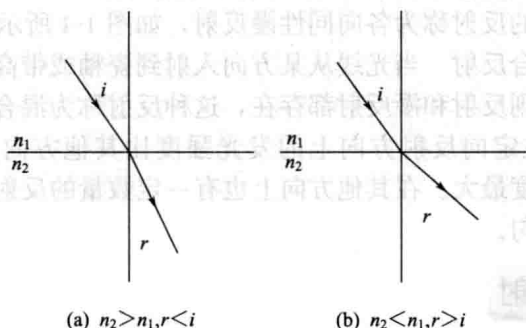


图 1-6 光的折射

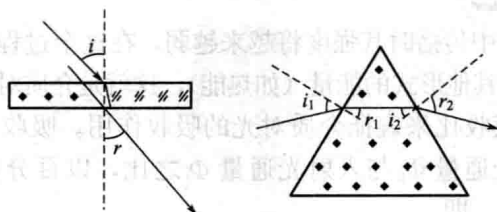
上述的折射定律适用于大多数的材料，如玻璃、透明的塑料和液体等。

3. 光的透射

光从一种介质射入另一种介质，并从这种介质穿透出来的现象叫光的透射。透射光由于材料品种的不同，空间分布状态主要有以

下几种情况。

(1) 规则透射 当光线照射到透明材料上时,透射光是按照几何光学的定律进行透射的,这就是规则透射,如图 1-7 所示。



(a) 平行透射(平板玻璃) (b) 非平行透射(三棱镜)

图 1-7 规则透射

(2) 散透射 当光线照射到散射性好的透光材料(如磨砂玻璃)上时,在透射方向上的发光强度较大,在其他方向上的发光强度较小;表面亮度也不均匀,透射方向较亮,其他方向较弱。这种情况称为散透射,也称为定向扩散透射,如图 1-8 所示。

(3) 漫透射 当光线照射到散射性好的透光材料(如浮白玻璃)上时,透射光向所有的方向散开并均匀分布在半球空间内,这称为漫透射。当透射光服从朗伯定律,即发光强度按余弦分布,亮度在各个方向上均相同时,则称为均匀漫透射或完全漫透射,如图 1-9 所示。

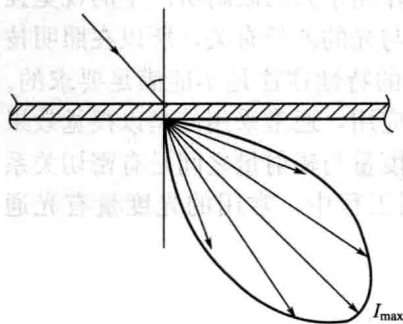


图 1-8 散透射

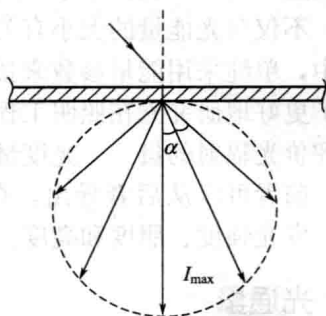


图 1-9 均匀漫透射



(4) 混合透射 当光线照射到透射材料上,其透射特性介于规则透射与漫透射(或散透射)之间的情况称为混合透射。

4. 光的吸收

光在介质中传播时其强度将越来越弱,在这个过程中有一部分光的能量转变为其他形式的能量(如热能),这就是介质对光的吸收。

一般用吸收比来表征介质对光的吸收作用。吸收比是被材料或介质吸收的光通量 Φ_n 与入射光通量 Φ_i 之比,以百分数或小数来表示,符号为 α ,即

$$\alpha = \frac{\Phi_n}{\Phi_i} \quad (1-2)$$

不同的介质对于不同波长的光的吸收作用是不同的,一般情况下,非透明表面越粗糙且颜色越深的材料,吸收比越大。介质对光的吸收与光在介质中传播的光程(即介质吸收层的厚度)有关,光程越大,介质吸收的光也越多。介质对光的吸收还与光的入射方向和偏振状态有关。

三、光的度量

光是能量的一种存在形式,光对物质的作用是与光能量的转化相关的。因而,在光的应用技术中,一般是以能量这个纯物理量来进行定量的测量和研究,以能量单位评价光辐射的纯物理量叫做辐射度量。而在照明技术中,由于光作用于人的眼睛所产生的视觉强度,不仅与光能量的大小有关,还与光的波长有关,所以在照明技术中,单纯采用能量参数来描述光的特性往往是不能满足要求的。为了更好地研究光在照明工程中的应用,通常采用的是以视觉效果来评价光辐射的量——光度量。光度量与辐射量之间是有密切关系的,前者可以从后者导出。在照明工程中,常用的光度量有光通量、发光强度、照度和亮度。

1. 光通量

光通量是按照 CIE 标准观察者的视觉特性来评价光的辐射通

量的, 其定义为单位时间内光辐射能量的大小, 用符号 Φ 表示。

当辐射体发出的辐射通量按 $V(\lambda)$ 曲线的效率被人眼所接受时, 其表达式为

$$\Phi = K_m \int_0^{\infty} \frac{d\Phi(\lambda)}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (1-3)$$

式中 Φ ——光通量, lm;

K_m ——最大光谱光效能, 在单色辐射时, 明视觉条件下的 K_m 值为 $683 \text{ lm/W} (\lambda_m = 555 \text{ nm})$;

$V(\lambda)$ ——明视觉的光谱光效率;

$d\Phi(\lambda)/d\lambda$ ——辐射通量的光谱分布。

光通量的单位是流明 (lm), 在国际单位制中, 光度学的基本单位是发光强度单位坎德拉 (cd), 流明是一个导出单位, 即具有均匀光强度 1cd 的点光源在单位立体角 1sr (球面度) 内发出的光通量为 1lm。

光通量是根据人眼对光的感觉来评价光源在单位时间内光辐射能量的大小的。例如: 一只 200W 的白炽灯泡比一只 100W 的白炽灯泡看上去要亮得多, 这说明 200W 灯泡在单位时间内所发出光的量要多于 100W 的灯泡所发出的光的量。

光通量是说明光源发光能力的基本量。例如, 一只 220V、40W 的白炽灯泡其光通量为 350lm, 而一只 220V、36W、6200K 的 T8 荧光灯的光通量约为 2500lm, 这说明荧光灯的发光能力比白炽灯强, 这只荧光灯的发光能力是上述白炽灯的 7 倍。

2. 发光强度

发光强度简称光强, 它表示光源向空间某一方向辐射的光通密度。所以, 一个光源向给定方向的立体角 $d\omega$ 内发射的光通量 $d\Phi$ 与该立体角之比, 称为光源在给定方向的光强, 用符号 I 表示, 其表达式为

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (1-4)$$

立体角的定义是任意一个封闭的圆锥面所围的空间。立体角是



以锥的顶点为球心，半径为 r 的球面被锥面所截得的面积来度量的。当锥面在球面上截得的面积为 dA ，则该立体角即为一个单位立体角 $d\omega$ ，其表达式为

$$d\omega = \frac{dA}{r^2} \quad (1-5)$$

若光源发射的光通量比较均匀时，各个方向的光强相等，其值为

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (1-6)$$

式中 Φ ——光源在立体角 ω 内所辐射的总光通量，lm；

ω ——光源辐射光通量的空间立体角，若 r 为球的半径 (m)， s 为与立体角 ω 相对应的球表面积 (m^2)，则 $\omega = s/r^2$ 。

若点光源向四周发射的光通量为 Φ ，由于球体包含的立体角 ω 为 4π ，所以，其平均球面光强为

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \quad (1-7)$$

发光强度的单位是坎德拉 (cd)，也就是过去的国际烛光，简称烛光 (candle-power)， $1cd = 1lm/1sr$ 。坎德拉是国际单位制的基本单位之一，其他光度量单位都是由光强的单位推导出来的。

发光强度是用来描述光源发出的光通量在空间给定方向上的分布情况的。当光源发出的光通量一定时，光强的大小只与光源的光通量在空间的分布密度有关。例如，桌上有一盏 220V/40W 白炽灯，其发出的光通量为 350lm，该灯泡的平均光强为 $350/4\pi = 28cd$ 。若在该灯泡上面装上一盏不透光的平盘型灯罩之后，桌面看上去就要比没有灯罩时亮许多。在这种情况下，灯泡发出的光通量并没有变化，但加了灯罩之后，光通量经灯罩反射后更为集中地分布在灯的下方，向下的光通量增加了，相应的光强提高了，亮度也就增加了。

3. 照度

当光源的光通量投射到物体表面时，即可把物体表面照亮。那么，对于被照物体而言，常用照度来衡量落在它表面上的光通量的