

LED ZHAOMING
QUDONG DIANYUAN YOUHUA SHEJI

LED照明 驱动电源优化设计

第二版

沙占友 等 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

QUDONG DIANYUAN YOUHUA SHEJI

LED照明 驱动电源优化设计

第二版

沙占友 王彦朋 马洪涛 王晓君 著
睢丙东 孟志永 许云峰



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 简 介

本书全面、深入、系统地阐述了LED照明用驱动电源的优化设计。全书共十三章。第一章为LED照明及驱动电源概述。第二~四章分别为LED驱动电源的拓扑结构及其应用、AC/DC式LED驱动电源外围电路设计和功率因数校正电路的设计。第五~八章详细介绍了从小功率到特大功率LED驱动IC的原理与应用、智能化LED驱动电源的原理与应用、LED照明灯调光电路的设计。第九~十二章深入阐述了LED驱动电源的设计要点、高频变压器的设计、LED灯具散热器及灯具保护电路的设计。第十三章专门介绍利用工具软件实现LED驱动电源优化设计的方法,并给出了设计实例。

本书内容丰富,深入浅出,图文并茂,具有很高的实用价值,可供各类电子技术人员、高校师生和电子爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

LED照明驱动电源优化设计/沙占友等著. —2版. —北京:
中国电力出版社, 2014. 4
ISBN 978-7-5123-5478-4

I. ①L… II. ①沙… III. ①发光二极管-电源电路-电路设计
IV. ①TN383. 02

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第010996号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011年2月第一版

2014年4月第二版 2014年4月北京第四次印刷

710毫米×980毫米 16开本 27.5印张 569千字

印数7001—10000册 定价59.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

目前,LED 照明不仅被誉为节能环保型“绿色照明”,而且已成为 21 世纪的朝阳产业。LED 照明具有高亮度、低功耗、耐震动、寿命长、外形尺寸小、响应速度快、对环境无污染等显著优点,可广泛用于室内及室外照明、景观及装饰照明、汽车照明、道路照明等领域。近年来,我国 LED 照明驱动电源(以下简称 LED 驱动电源)产业也不断创新,实现了跨越式发展。2012 年,我国半导体照明的总产值已达到 1920 亿元,比 2011 年增长了 23%。LED 驱动电源是 LED 灯具的重要组成部分。2012 年我国 LED 驱动电源的产值已达 101 亿元,同比增长 37%。根据 2012 年 7 月科技部发布的《半导体照明科技发展“十二五”专项规划》,预计到 2015 年我国的 LED 产业规模将达到 5000 亿元。这必将给 LED 驱动电源带来新的历史发展机遇。

鉴于国内专门介绍 LED 驱动电源设计的书籍还很少,作者曾撰写了《LED 照明驱动电源优化设计》,该书于 2011 年 2 月出版后又经多次重印,受到广大读者的欢迎。最近几年来,随着新技术不断发展,新产品大量涌现及日益庞大的社会需求量,LED 驱动电源产业正步入黄金发展期。为了适应新形势、新技术的发展需要,现对原书做了大量修改和补充,增加了第五、十、十二、十三章等新内容,并对其余各章做了增删和内容更新,以满足广大新、老读者的需要。

本书融科学性、先进性、系统性、实用性于一体,主要有以下特点:

第一,全面、深入、系统地阐述了 LED 驱动电源的优化设计,内容包括 LED 驱动电源的拓扑结构及其应用、AC/DC 式恒流输出 LED 驱动电源外围电路的设计、功率因数校正(PFC)电路的设计、从小功率到特大功率 LED 驱动 IC 的原理与应用、LED 照明灯调光电路的设计、LED 驱动电源的设计要点、高频变压器及灯具散热器的设计等技术。

第二,鉴于目前 LED 驱动电源正朝着单片集成化、智能化、模块化、短小轻薄的方向发展,在阐述大功率 LED 驱动电源的设计要点时,不仅详细介绍了精密恒流控制环等关键电路的设计,还深入阐述 LED 驱动电源的布局原则、印制板设计,并介绍了提高 LED 驱动电源效率和降低待机功耗的方法。

第三,内容新颖。本书深入阐述了大功率 LED 的温度补偿技术、灯具保护

电路、国际上最新推出的单级 PFC 及 LLC 式大功率 LED 驱动电源、单片 PFC 及 TRIAC 调光隔离式 LED 恒流驱动电源、智能化 LED 驱动器、无源泄放电路、有源泄放电路及有源阻尼电路等多项新技术及最新应用实例。

第四，内容深入浅出，实用性强，具有很高的实用价值。集成电路强大的生命力在于应用，本书介绍了几百种 LED 驱动器及驱动电源集成电路，并给出大量的应用电路。在介绍多种 LED 驱动电源设计实例的同时，还详细阐述了关键外围元器件的选择、LED 灯具（含驱动电源和大功率 LED）保护电路及散热器的设计。此外还介绍了利用最新版的 PI Expert 9.0 工具软件设计 LED 驱动电源的应用实例。读者可举一反三，灵活运用。

沙占友教授撰写了第一～四章、第八～十章，并完成了全书的审阅和统稿工作。王彦朋教授、马洪涛副教授、王晓君教授、睢丙东教授、孟志永和许云峰老师合撰了第五～七章、第十一～十三章。

李学芝、沙江、韩振廷、沙莎、张文清、宋怀文、陈庆华、王志刚、刘立新、张启明、刘东明、赵伟刚、宋廉波、刘建民、李志清、郑国辉、王金和、赵仁明、李新华、张丽荣、林志强同志也参加了本书撰写工作。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，欢迎广大读者指正。

作者

前言

第一章 LED 照明及驱动电源概述	1
第一节 LED 照明简介	1
一、LED 照明器件的发展概况	1
二、LED 照明的主要特点	2
三、LED 照明的发展前景	3
第二节 LED 的工作原理	4
一、白光 LED 的基本原理	4
二、RGB-LED 的工作原理	5
三、OLED 的工作原理	7
第三节 室内 LED 照明的基本设计方法	9
一、室内 LED 照明的照度标准	9
二、室内 LED 照明的设计方法及应用实例	11
三、无线遥控 LED 照明系统的基本构成	13
第四节 LED 的产品分类	14
第五节 LED 背光	15
一、液晶显示器背光源的分类	16
二、LED 背光的主要特点	16
三、LED 背光的驱动电路	17
第六节 LED 灯具的几种驱动方式	20
一、恒压驱动方式及其主要缺点	21
二、恒流驱动方式及其主要优点	22
三、AC LED 的驱动方式及其优缺点	23
第七节 LED 照明的关键技术	26
一、LED 的光衰	26
二、LED 的寿命	26
三、驱动电源对 LED 灯具寿命的重要影响	28
第八节 LED 驱动电源芯片的分类	30

第二章 LED 驱动电源的拓扑结构及其应用	34
第一节 DC/DC 变换器的拓扑结构	34
一、DC/DC 变换器的拓扑结构	34
二、LED 驱动电源最常用的 5 种拓扑结构比较	39
第二节 降压式 LED 恒流驱动器	40
一、降压式变换器的基本原理	40
二、降压式 LED 驱动器的应用实例	41
第三节 升压式 LED 恒流驱动器	42
一、升压式变换器的基本原理	42
二、升压式 LED 驱动器的应用实例	43
第四节 降压/升压式 LED 恒流驱动器	43
一、降压/升压式变换器的基本原理	43
二、降压/升压式 LED 驱动器的应用实例	44
第五节 单端一次侧电感式 (SEPIC) LED 恒流驱动器	46
一、SEPIC 变换器的基本原理	46
二、基于 SEPIC 的 LED 驱动器应用实例	47
第六节 电荷泵式 LED 恒流驱动器	48
一、电荷泵式变换器的基本原理	48
二、电荷泵式 LED 驱动器的应用实例	49
第七节 反激式 LED 恒流驱动器	50
一、反激式变换器的基本原理	50
二、反激式 LED 驱动电源的应用实例	51
第八节 推挽式、半桥/全桥式变换器的拓扑结构	53
一、推挽式变换器的基本原理	53
二、半桥式变换器的基本原理	54
三、全桥式变换器的基本原理	55
第九节 半桥 LLC 谐振式变换器的拓扑结构	56
第十节 双开关正激式变换器的基本原理	59
第十一节 恒流式 LED 驱动电源	60
一、线性恒流驱动器的基本原理	60
二、恒流式 LED 显示屏驱动器的基本原理	62
第十二节 恒压/恒流式 LED 驱动电源	63
一、恒压/恒流式 LED 驱动电源的基本原理	63
二、恒压/恒流式 LED 驱动电源的应用实例	63
第十三节 分布式 LED 驱动电源	65

一、分布式 LED 驱动电源的主要特点	65
二、分布式 LED 驱动电源应用实例	65
第三章 AC/DC 式 LED 驱动电源外围电路的设计	68
第一节 交流输入式 LED 恒流驱动电源的基本构成	68
第二节 交流输入保护电路的设计	69
第三节 EMI 滤波器的结构原理	71
一、EMI 滤波器的基本电路	71
二、EMI 滤波器的主要参数	71
三、几种 EMI 滤波器的性能比较	73
第四节 EMI 滤波器中电容及电感的选择	75
一、EMI 滤波器中电容的选择	75
二、EMI 滤波器中电感的选择	77
第五节 输入整流滤波器的选择	80
一、输入整流桥的选择	80
二、输入滤波电容器的选择	83
第六节 升压式 PFC 二极管的选择	84
第七节 漏极钳位保护电路的设计	85
一、MOSFET 漏极上各电压参数的电位分布	85
二、漏极钳位保护电路的基本类型	86
三、漏极钳位保护电路设计实例	88
第八节 二次侧输出电路	89
一、快恢复及超快恢复二极管的选择	89
二、肖特基二极管的选择	91
三、输出滤波电容器的选择	93
第九节 光耦合器和可调式精密并联稳压器的选择	95
一、光耦合器的工作原理及选择方法	95
二、TL431 型可调式精密并联稳压器	98
三、LMV431 型低压可调式精密并联稳压器	99
第十节 光耦反馈电路的设计	100
一、对光耦反馈控制环路的基本要求	100
二、光耦反馈控制环路的设计	101
第四章 LED 驱动电源功率因数校正电路的设计	108
第一节 功率因数校正 (PFC) 简介	108
一、功率因数与总谐波失真	108

二、功率因数校正 (PFC)	110
第二节 无源 PFC 电路的基本原理	111
一、无源 PFC 的基本电路	111
二、基于无源填谷电路的 PFC 工作原理	112
第三节 无源 PFC 电路的设计实例	115
第四节 有源 PFC 电路的基本原理	117
一、有源 PFC 升压式变换器的基本原理	117
二、有源 PFC 的基本原理	119
第五节 利用 L6561、L6562 设计的有源 PFC 电路	120
一、L6561、L6562 型有源 PFC 变换器的工作原理	120
二、L6561、L6562 型有源 PFC 变换器的典型应用	122
三、带有源 PFC 的 LED 驱动电源设计实例	124
第六节 有源 PFC 控制器的典型应用	125
一、SA7527 型有源 PFC 控制器的典型应用	125
二、MT7933 型有源 PFC 控制器的典型应用	128
第七节 抑制 PFC 电磁干扰的措施	129
一、利用 EMI 滤波器抑制 PFC 的电磁干扰	129
二、降低 PFC 电磁干扰的其他措施	130
第八节 PFC 的配置方案	132
一、PFC 类型、级数及工作模式的选择	132
二、PFC 电源的配置方案	133
第五章 中、小功率 LED 驱动 IC 的原理与应用	135
第一节 AX2005 型具有 OVP 功能的大电流 LED 驱动器	135
一、大电流 LED 驱动器 AX2005 的工作原理	135
二、由 AX2005 构成的 35W LED 驱动器	136
第二节 TK5401 型无电解电容器的 LED 恒流驱动器	137
一、无电解电容器 LED 恒流驱动器 TK5401 的工作原理	138
二、由 TK5401 构成的 8W LED 驱动电源	139
第三节 非隔离式单片 LED 驱动电源的典型应用	141
一、9W 高压输出式 LED 恒流驱动电源	141
二、25W 可调光式 LED 恒流驱动电源	142
第四节 恒压/恒流输出式 LED 驱动电源	144
一、1.8W 恒压/恒流输出式 LED 驱动电源	144
二、5W 恒压/恒流输出式 LED 驱动电源	145
三、18W 带 PFC 的 LED 驱动电源	147

第五节 交/直流高压输入式 LED 驱动控制器的典型应用	149
一、FT6610 型交/直流高压输入式可编程 LED 驱动控制器的典型应用	149
二、BP2808 型交/直流高压输入式 LED 驱动控制器的典型应用	155
三、MT7910 型交/直流高压输入式 LED 驱动控制器的典型应用	156
第六节 LT3756 型多拓扑结构的 LED 驱动器	157
一、多拓扑结构 LED 驱动器的工作原理	157
二、多拓扑结构 LED 驱动器的典型应用	159
第六章 大功率及特大功率 LED 驱动 IC 的原理与应用	162
第一节 由 PT4207 构成的 50W 可调光 LED 恒流驱动电源	162
一、PT4207 的工作原理	162
二、由 PT4207 构成的 50W 高亮度 LED 驱动电源	164
三、电路设计要点	166
第二节 半桥式 PFC 及 LLC 控制器 PLC810PG 的工作原理	168
一、PLC810PG 的性能特点	168
二、PLC810PG 的工作原理	169
第三节 由 PLC810PG 构成的 150W 大功率 LED 路灯驱动电源	171
一、输入电路及 PFC 电路	172
二、LLC 及光耦反馈电路	175
第四节 由 FLS2100XS 构成的 160W 大功率 LED 路灯驱动电源	177
一、FLS-XS 系列半桥谐振式变换器性能简介	177
二、由 FLS2100XS 构成的 160W 大功率 LED 路灯驱动电源	179
第五节 HiperTFS 系列双开关正激式加反激式变换器的工作原理	181
一、HiperTFS 系列产品的性能特点	181
二、HiperTFS 系列产品的工作原理	182
第六节 由 TFS762HG 构成的 312.5W 大功率 LED 驱动电源	184
第七节 HiperPFS 系列升压式单级 PFC 控制器的工作原理	188
一、HiperPFS 系列产品的性能特点	188
二、HiperPFS 系列产品的工作原理	189
第八节 由 PFS714EG 构成的 347W 大功率 LED 驱动电源	192
一、由 PFS714EG 构成的 347W 高效大功率升压式 PFC 电源	192
二、电路设计要点	194
第九节 由 LT3763 构成的同步降压式 350W 可调光 LED 驱动器	198
一、LT3763 的性能特点	198
二、由 LT3763 构成的同步降压式 350W 可调光 LED 驱动器	199

第七章 智能化 LED 驱动器的原理与应用	202
第一节 可编程 HB-LED 驱动器	202
一、MAX16816 的主要特点	202
二、MAX16816 的典型应用	203
第二节 带单线 EZDim 接口的 LED 驱动器	204
一、带单线 EZDim 接口的 LED 驱动器工作原理	204
二、带单线接口 (EZDim) 的 LED 驱动器典型应用	206
第三节 带单线数控接口的 LED 驱动器	207
一、带单线数控接口的线性调光 LED 驱动器原理与应用	207
二、带单线数控接口的升压式 LED 驱动器原理与应用	209
第四节 带 I²C 接口的 LED 驱动器	210
一、I ² C 总线的信号定义及数据传输过程	210
二、带 I ² C 接口的 LED 驱动器典型应用	212
第五节 带 SMBus 接口的 LED 驱动器	217
一、SMBus 接口的主要特点	217
二、带 SMBus 接口的 LED 驱动器典型应用	218
第六节 带 SPI 接口的 LED 驱动器	220
一、SPI 接口的主要特点	220
二、带 SPI 接口的 LED 驱动器典型应用	222
第七节 带 PFC 的非隔离降压式智能 LED 驱动器	225
一、FL7701 的工作原理	225
二、FL7701 的典型应用	227
第八章 LED 照明灯调光电路的设计	230
第一节 模拟调光电路的主要特点及实现方案	230
一、模拟调光的主要特点	230
二、模拟调光的实现方案	232
第二节 PWM 调光的主要特点及实现方案	234
一、PWM 调光的主要特点	234
二、PWM 调光的实现方案	235
第三节 TRIAC 调光的主要特点及实现方案	237
一、TRIAC 调光的主要特点与基本原理	237
二、TRIAC 调光的关键技术及实现方案	238
第四节 模拟调光和 PWM 调光电路的设计实例	240
一、MT7201 型可调光 LED 驱动器的典型应用及设计要点	240
二、SD42524 型可调光 LED 驱动器的典型应用及设计要点	242

第五节 TRIAC 调光电路的设计实例	244
一、LM3445 型 TRIAC 调光 LED 驱动控制器的原理与应用	244
二、TRIAC 调光 LED 驱动电源的设计实例	249
第六节 iW3610 型 AC/DC 式 TRIAC 调光数控 LED 驱动控制器	251
一、AC/DC 式数控 LED 驱动控制器的工作原理	251
二、AC/DC 式数控 LED 驱动控制器 iW3610 的典型应用	254
第七节 LinkSwitch-PH 系列隔离式带 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 恒流驱动电源	256
一、LinkSwitch-PH 的工作原理	256
二、14W 隔离式单级 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 驱动电源	259
三、隔离式单级 PFC 及 TRIAC 调光 LED 驱动电源的设计要点	262
第八节 LYTSwitch-4 系列隔离式单级 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 恒流驱动电源	266
一、LYTSwitch-4 的工作原理	266
二、20W 反激隔离式单级 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 驱动电源	268
第九节 FL7730 型隔离式带 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 恒流驱动电源	271
一、FL7730 的工作原理	271
二、8.4W 隔离式单级 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 驱动电源	273
第十节 LinkSwitch-PL 系列非隔离式带 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 恒流驱动电源	277
一、LinkSwitch-PL 的工作原理	278
二、5.25W 非隔离式单级 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 驱动电源	279
三、非隔离式单级 PFC 及 TRIAC 调光 LED 驱动电源的设计要点	283
第九章 LED 驱动电源的设计要点	285
第一节 LED 灯具的设计要点	285
第二节 提高 LED 驱动电源效率的方法	290
一、LED 驱动电源功率损耗的成因	290
二、设计高效率 LED 驱动电源的原则	291
三、提高 LED 驱动电源效率的方法	292
第三节 降低 LED 驱动电源空载及待机功耗的方法	295
一、开机后消除泄放电阻功率损耗的方法	295
二、开机后消除热敏电阻功率损耗的方法	297
第四节 LED 驱动电源的布局与布线	298
一、LED 驱动电源布局与布线的一般原则	298

二、LED 驱动电源的布局与布线注意事项	300
第五节 LED 驱动电源的印制板设计	302
一、LED 驱动电源印制板设计实例	302
二、印制板设计注意事项	304
第六节 特种 LED 驱动电源的电路设计	307
一、恒压/恒流控制环的工作原理与电路设计	307
二、精密恒压/恒流控制环的工作原理与电路设计	309
三、截流型 LED 驱动电源的工作原理与电路设计	311
四、恒压/恒流/截流式 LED 驱动电源的工作原理与电路设计	313
第七节 大功率 LED 温度补偿电路设计与应用实例	314
一、大功率 LED 温度补偿的基本原理	314
二、带温度补偿可调光式大功率 LED 驱动器的原理与应用	316
三、大功率 LED 温度补偿电路应用实例	317
第八节 大功率 LED 温度补偿电路的实施方案	319
一、大功率 LED 温度补偿方案的背景	319
二、大功率 LED 温度补偿的实施方案	319
第九节 LED 驱动电源的测试技术	325
一、LED 驱动电源主要参数的测试方法	326
二、LED 驱动电源测量技巧	328
三、PWM 控制器关键波形的测试方法	331
四、功率因数和总谐波失真的测量方法	332
第十节 外部电流检测电阻的设计与制作方法	333
一、利用漆包线制作电流检测电阻	333
二、利用 PCB 上的铜导线制作电流检测电阻	334
三、电流检测电阻的设计与制作方法	336
第十章 高频变压器的设计	338
第一节 根据经验公式或输出功率表格选择磁心的方法	338
一、用经验公式选择磁心的方法	338
二、根据输出功率表格选择磁心的方法	340
第二节 基于 AP 法选择高频变压器磁心的方法	341
一、高频变压器电路的波形参数分析	341
二、基于 AP 法选择高频变压器磁心的方法	342
三、用 AP 法选择磁心的注意事项	344
第三节 反激式开关电源高频变压器的设计方法	345
一、反激式开关电源高频变压器的设计方法	345

二、反激式开关电源高频变压器的设计实例	348
第四节 高频变压器的损耗	351
一、高频变压器的损耗	351
二、集肤效应和临近效应	351
第五节 高频变压器的测试方法	352
一、高频变压器的电气性能测试	352
二、检测高频变压器磁饱和的方法	353
第十一章 LED 灯具散热器的设计	356
第一节 单片 LED 驱动电源散热器的设计	356
一、单片 LED 驱动电源散热器的设计方法	356
二、单片 LED 驱动电源 PCB 散热器的设计实例	359
第二节 功率开关管 (MOSFET) 散热器的设计	360
一、功率开关管散热器的设计方法	360
二、功率开关管散热器的设计实例	362
第三节 大功率 LED 散热器设计方法	363
一、大功率 LED 的安全工作区与降额曲线	363
二、大功率 LED 照明灯散热器设计方法及实例	364
第四节 测量 LED 结温的方法	366
一、LED 结温对寿命的影响	366
二、通过测量正向电压来计算结温	367
三、通过测量焊接区温度及功耗来计算结温	368
第五节 单片 LED 驱动电源主要发热元器件常见故障分析	369
第十二章 LED 灯具保护电路的设计	371
第一节 LED 灯具常用保护器件的选择	371
一、灯具的安全等级	371
二、LED 驱动芯片保护电路的分类及保护功能	372
三、LED 保护电路的分类及保护功能	373
第二节 LED 驱动器保护电路的设计	374
一、LED 驱动器的输出过电压保护 (OVP) 电路	374
二、LED 驱动器的输入欠电压保护 (UVP) 电路	376
三、LED 驱动器的输出过电流保护 (OCP) 电路	377
四、LED 驱动器的过热保护 (OTP) 电路	378
五、LED 驱动器的开路/短路故障检测功能	379
第三节 LED 驱动电源的瞬态过电压保护电路	380

一、瞬态电压抑制器 (TVS) 的工作原理	380
二、瞬态电压抑制器的选择及典型应用	382
第四节 LED 开路保护电路	383
一、NUD4700 型 LED 开路保护器	383
二、SMD602 型 LED 开路保护器	385
三、AMC7169 型 LED 开路保护器	386
第五节 LED 瞬态过电压、过电流和浪涌电流保护电路的设计	387
一、LED 瞬态过电压保护电路的设计	387
二、LED 过电流保护电路的设计	387
三、LED 浪涌电流保护电路的设计	388
第六节 LED 静电放电保护电路的设计	391
一、人体静电放电 (ESD) 模型及测试方法	391
二、HB-LED 灯串的静电放电保护电路	392
三、ESD 保护器件的原理与应用	393
第七节 开关电源的电磁干扰及安全规范	394
一、开关电源的电磁干扰波形分析	394
二、开关电源的安全规范	396
第十三章 利用工具软件设计 LED 驱动电源	399
第一节 PI Expert 9.0 工具软件的主要特点	399
一、PI Expert 9.0 的主要特点	399
二、PI Expert 9.0 的主菜单和工具栏	401
第二节 设计隔离式 LED 驱动电源的实例	402
一、设计恒流式 LED 驱动电源的实例	402
二、设计恒压/恒流式 LED 驱动电源的实例	407
第三节 设计非隔离式 LED 驱动电源的实例	409
第四节 实现 LED 驱动电源优化设计的简便方法	413
一、优化类型及优化结果提示	413
二、自动及手动优化设计方法	415
附录 A LED 照明的名词术语及常用图示	416
参考文献	424

第一章

LED 照明及驱动电源概述

LED 照明与显示是现代科技的一大亮点,也是发展低碳经济的必由之路。本章首先介绍 LED 的工作原理,然后简述 LED 照明、LED 背光及 LED 显示屏的主要特点及关键技术,LED 及 LED 点阵的驱动方式。最后给出了国内外 LED 驱动芯片典型产品性能一览表。

第一节 LED 照明简介

一、LED 照明器件的发展概况

从某种意义上讲,人类的发展史伴随着照明技术的进步。人类的照明历史已经历过四次革命。第一次革命是火的出现。第二次革命是 1879 年爱迪生发明了世界上第一盏白炽灯,但白炽灯的发光效率很低,电能转换成光能的效率不到 5%。第三次革命是 20 世纪 40 年代出现的荧光灯,其能量转换效率提高到 25%。第四次革命始于 20 世纪 60 年代问世的发光二极管,其发光效率和亮度较低,只能用作仪表的指示灯。直到 20 世纪末,LED 照明灯的发光效率才超过荧光灯,最高可达 30%,被视为人类照明史上的第四次革命。

世界上最早的发光二极管是 1965 年用锗材料制成的。此后不久,采用磷砷化镓(GaAsP)材料制作的 LED 问世。早期红色 LED 产品的发光效率仅为 0.1lm/W,远低于白炽灯,后者约为 15lm/W。1968 年,采用氮掺杂工艺的 LED 达到了 1lm/W,并制成红、橙、黄色 LED。20 世纪 70 年代,LED 数码管和 LED 点阵显示器实现了商品化。20 世纪 80 年代,随着铝砷化镓(AlGaAs)LED 的研制成功,将红光 LED 的发光效率提高到 10lm/W。1990~2000 年期间,将 LED 的光通量提高近 20 倍。

20 世纪 90 年代中期高亮度蓝光 LED 的问世,从根本上解决了发光二极管三基色缺色的问题。传统的大屏幕 LED 智能显示屏由于缺少蓝光 LED,所以颜色偏黄。必须用上蓝光 LED,才能构成全彩色显示屏。

1998 年,白光 LED 的问世是电光源发展史上的一大革命,它打开了通往 LED 照明世界的大门。在蓝色 LED 芯片铟镓氮(InGaN)上,涂以少量的钇铝石榴石晶体(YAG)荧光粉。当蓝光照射荧光物质时,先产生与蓝光互补的黄光,再利用透镜原

理将互补的黄光、蓝光加以混合,便获得所需要的白光。白光属于组合光,它实际上是由“蓝色光+黄色光”组合而成的仿真白光。最近,超高亮度白光 LED 的发光效率已能提高到 100~300lm/W,为取代传统照明灯具奠定了良好基础。

RGB-LED 是利用红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色混合方式来获取白光的。为达到最佳亮度和最低成本,通常选择 60%(G):30%(R):10%(B)的亮度比,构成全彩色像素。不难看出白光 LED 与 RGB-LED,二者殊途同归,都达到了获得白光之目的,但前者是直接呈现出白光,后者是由红、绿、蓝三色光混合成白光。

早在 2003 年,美国 Lumileds Lighting 公司的 Roland Haitz 先生就提出:产生 1lm 的 LED 成本每 10 年下降到 1/10,而每个 LED 芯片所产生的亮度将增加 20 倍。这就是著名的 Haitz 定律,被誉为 LED 行业的“摩尔定律”。目前新研制的高亮度白光 LED,发光效率已超过 200lm/W,近期有望达到 300lm/W。

二、LED 照明的主要特点

(1) 使用寿命长。国际上将 L70 (即光通量从最初的 100% 衰减到 70%) 规定为 LED 照明灯的寿命期。7 种照明灯的寿命曲线比较如图 1-1-1 所示。由图可见,大功率 LED 照明灯的正常寿命约为 50 000h,尽管受 LED 早期失效、装配工艺缺陷、散

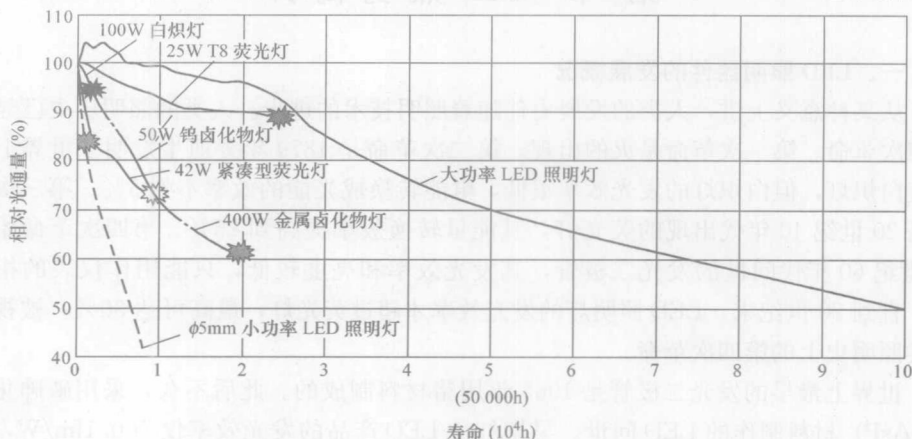


图 1-1-1 7 种照明灯的寿命曲线比较

热不良、LED 驱动电源质量不佳等因素的影响,实际寿命一般会低于 50 000h,但它与 100W 白炽灯、25W T8 荧光灯、50W 钨卤化物灯、42W 紧凑型荧光灯 (Compact Fluorescent Light Bulbs, 简称 CFL)、400W 金属卤化物灯、φ5mm 小功率 LED 照明灯的寿命相比,仍具有很大优势。主要受 LED 驱动器寿命的限制,LED 灯具的使用寿命一般为 10 000~50 000h。

(2) 发光效率高。白炽灯、卤钨灯的发光效率仅为 12~24lm/W,荧光灯为 50~70lm/W,高压钠灯为 100~120lm/W。而新型 LED 照明灯可达 50~200lm/W。LED 属于冷光源,在发光效率相同的情况下,LED 照明灯所消耗的电能可比白炽灯节