




LED 照明设计 与封装技术应用

主 编：尤凤翔 张 猛
副主编：陈 庆 王槐生

 中国出版集团

 世界图书出版公司

普通高等教育（应用型）及高职高专光伏应用专业“十二五”规划教材

LED 照明设计 与封装技术应用

7113
130

主 编：尤凤翔 张 猛
副主编：陈 庆 王槐生

中国出版集团
世界图书出版公司
广州·上海·西安·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

LED照明设计与封装技术应用 / 尤凤翔, 张猛主编. —广州:
世界图书出版广东有限公司, 2015.10

ISBN 978-7-5192-0413-6

I. ①L… II. ①尤… ②张… III. ①发光二极管—照明设计
②发光二极管—封装工艺 IV. ①TN383.02 ②TN383.059.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第253440号

LED 照明设计与封装技术应用

策划编辑 宋 焱

责任编辑 李 瑞

出版发行 世界图书出版广东有限公司

地 址 广州市新港西路大江冲25号

[http:// www.gdst.com.cn](http://www.gdst.com.cn)

印 刷 北京天正元印务有限公司

规 格 710mm×1000mm 1/16

印 张 17

字 数 400千

版 次 2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷

ISBN 978-7-5192-0413-6/TN·0002

定 价 52.00元

版权所有, 翻版必究

目 录

CONTENTS

第 1 章 LED 的应用及驱动电路技术	001
1.1 LED 的应用及对驱动电源的要求	001
1.2 LED 在驱动电路中的连接方式	005
1.3 降压式 LED 驱动电源	009
1.4 开关电源式 LED 驱动电源的核心构成	016
1.5 开关电源式 LED 驱动电源	019
第 2 章 LED 的应用与驱动电路实例	035
2.1 LED 的照明应用	035
2.2 LED 的背光光源技术	044
2.3 白光 LED 的驱动设计	048
第 3 章 LED 封装技术	058
3.1 LED 封装概述	058
3.2 LED 封装的分类及工艺流程	091
第 4 章 LED 封装的几种结构	108
4.1 引脚式封装结构	109
4.2 平面式封装	121
4.3 表贴式封装	132
4.4 食人鱼封装	137

第 5 章 LED 新工艺	147
5.1 大功率 LED 的封装与检测	147
5.2 LED 外延工艺技术	163
5.3 LED 的芯片技术	170
5.4 LED 封装行业的现状与未来发展趋势	177
第 6 章 OLED 技术及其应用	185
6.1 OLED 概述	185
6.2 OLED 技术研发进展	186
6.3 OLED 结构原理、发光过程及分类	191
6.4 OLED 驱动技术	193
6.5 OLED 的制造	196
6.6 OLED 产业现状及发展趋势	196
6.7 我国 OLED 产业存在的问题和主要任务	208
6.8 推动我国 OLED 产业发展的对策和建议	209
第 7 章 LED 产业分析及应用	213
7.1 半导体照明产业背景及战略意义	213
7.2 LED 产业背景及战略意义	215
7.3 全球 LED 产业发展概况分析	218
7.4 我国 LED 产业发展概况	232
7.5 中国部分 LED 厂商经营分析	243
7.6 中国 LED 照明企业情况	254
参考文献	264

第 1 章 LED 的应用及驱动电路技术

自 20 世纪 60 年代中期在砷化镓基片上用磷化物发明了第一个红光 LED，其光效不断提高后，于 1968 年出现了第一个商用红光 LED。早期的 LED 光效只有 0.1 lm/W（流明 / 瓦），只能作为指示灯使用。经过十几年的努力，到 20 世纪 80 年代，LED 的光效才达到 1 lm/W，但其亮度仍然很低，且价格较贵，所以早期 LED 仅用来作为电子产品的指示灯。随着材料的开发和工艺的改善，LED 日趋亮度化、全色化，制成了红、黄、绿、蓝等各种颜色的 LED，逐步拓展了它的应用领域。

1.1 LED 的应用及对驱动电源的要求

目前 LED 的应用范围很广，主要体现在：

(1) 消费电子产品。其应用特点是以电池为能源，一般为 4.2—8.4V，需要低电压和小电流的 LED 驱动器。消费电子产品的 LED 驱动器拥有比较成熟的技术、产品和相对成熟的市场。例如，手机、MP3/MP4 等电子产品。

(2) 汽车照明产品。其电源来自汽车蓄电池（一般为 12—48V），由于汽车照明产品使用的 LED 的数量较多，大多是串并联驱动，需要较高的电压，这对于取自汽车蓄电池的电源来说是十分方便的。因此，在汽车上直接采用 LED 的仪表板背光、前后雾灯、刹车灯、方向灯、尾灯的市场十分乐观。

(3) 用于建筑装饰照明、室内功能照明和景观照明。由于 LED 的尺寸小，组合变化多，比较容易对图案、颜色和亮度的变化做动态控制，因此它适合做景观装饰照明，如建筑装饰、旅游景点装饰以及桥梁、公园、娱乐场所的装饰和电视塔的

夜景亮化等都采用 LED 来进行装饰和点缀。

此外，还有信号指示灯、LCD 背光照明、大屏幕彩色显示、交通信号灯以及在通信和仪器仪表中的应用等。但值得指出的是，在普通照明领域里，应进一步提高它的光效并降低它的成本，LED 才有可能替代传统的光源，成为绿色光源的主流产品。

由于 LED 本质上仍然是一个 PN 结器件，它具有单向导电性且正向伏安特性非常陡（正向动态电阻非常小），因此稳定地给 LED 供电比较困难，不能像普通白炽灯一样，直接用电压源供电。因此，LED 必须用直流电源或单向脉冲电压供电来驱动使其发光，并在应用过程中对其采取稳定工作状态和保护措施，由此产生了“驱动”的概念。为了稳住 LED 的工作电流，保证 LED 能正常可靠地工作，各种各样的 LED 驱动器应运而生，即将各种电源转换为提供给 LED 发光的电源装置。目前，大多数 LED 驱动器的主要方式为恒流驱动的直流电源，并同时完成与 LED 的电压和电流的匹配。驱动器的另一个功能是使 LED 的负载电流能够在各种因素的影响下均控制在预先设计的变化范围之内。

必须要强调的是，LED 驱动电路有许多注意事项，例如：只有正向电压超过 LED 的阈值电压后，才有电流流过使其发光。且发光的强弱与流过的电流大小有关，电流大、光强，电流小、光弱。值得指出的是，LED 是一个非线性器件，正向电压的微小变化会引起正向电流的很大变化，如图 1-1 所示，所以 LED 需要恒流驱动。否则，电压波动稍有增加，电流就会增大到将 LED 烧毁的程度。例如，3.3V 时约为 20mA 的 LED，如果用 3 节干电池供电，新电池电压可达 4.5V，电流将超过 100mA，增大为原来的 5 倍，很容易烧毁。又如 1W 大功率 LED，如果正向电压变化 10%（从 3.4V 降低到 3.1V），就会引起正向电流从 350mA 降低到 100mA。如果正向电流从 350mA 降低到 100mA，其光输出就会减少 70% 左右。因此，LED 必须用恒流的直流电源供电，且供电电压必须超过阈值电压。此外，当 LED 的电流发生变化时，若应用于屏幕显示，它所发出的光色会有所偏移，即出现色偏现象。

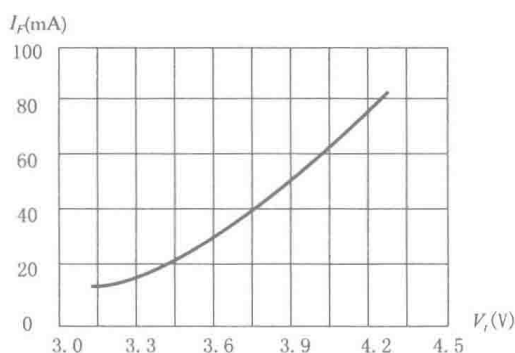


图 1-1 LED 的非线性电流—电压特性

在正常工作时，LED 的正向压降和发光的颜色与 LED 所用的材料有关，还和光的强弱即工作时流过的电流大小有关。红光、绿光、黄光 LED 的正向压降为 1.4—2.6V，白光 LED 的正向压降较大，为 3—4.5V。下面以白光 LED 为例，将其正向压降随电流的变化列入表 1-1 中。

表 1-1 白光 LED 的正向压降和电流的关系

正向电流 (mA)	正向压降 (V)		
	最小值	典型值	最大值
200	2.78	3.27	3.77
350	2.79	3.42	3.99
700	3.05	3.76	4.47
1 000	3.16	3.95	4.88

此外，由于 LED 是特性敏感的半导体器件，具有负温度特性，温度升高，正向压降减小。如用恒电压电源供电，则随着 LED 温度的升高，正向压降会减小，电流会越来越大，直至把它烧毁。所以驱动电路必须用恒流电源供电，或有限流的措施。

同时，即使是同一批生产的器件，LED 的参数包括它的正向压降也会有一定的离散性，并且随温度的变化、时间的推移，还会造成器件老化、参数改变。所以，驱动电路中最好有反馈电路，通过实时控制来调整 LED 的发光颜色和强度。为了凸显 LED 的节能效果，电源必须具有较高的转换效率。在 LED 照明领域，要体现出节能和长寿命的特点，选择 LED 驱动电路至关重要，没有好的驱动电路相匹配，LED

照明的优势就无法体现。

目前，驱动 LED 的原始电源大多为电池、市电交流电源或太阳能光伏电源。如用电池供电，则使用 LED 的设备所用的电池一般为可充电电池，或电压范围为 5—24V（汽车内直流供电电压）。根据电池电压与 LED 正向电压的相对大小，可以有以下几种情况：

（1）电池电压低于 LED 的正向电压。这是一种常见的情况，可能出现在用一节干电池去驱动一只 LED 的情况下，或者出现在用较高电池电压去驱动多只串联 LED 但电池电压仍然低于 LED 的正向电压的情况下。例如，在手电筒中驱动 LED 就会出现这种情况，电池电压为 0.8—1.65V，低于 LED 的正向电压，此时必须把电压升高到足以把 LED 点亮。考虑到功率不大，可以用电荷泵式升压变换器（或称开关电容式升压变换器）。在多只 LED 串联的情况，如功率较大，可采用电感升压式变换器，它们都属于 DC/DC 升压变换器。

（2）电源电压在 LED 的正向电压附近变动，可能有时略高于 LED 的正向压降，在电池快用完电时，又可能略低于 LED 的正向压降。为了配合电池工作，在要求尽可能小的体积和尽可能低的成本下，可采用升压—降压式变换器，或采用倍压式电荷泵电升压变换器。

（3）电源电压高于 LED 的正向电压。如果电源电压较高，例如太阳能草坪灯、太阳能庭院灯、汽车内外的照明系统等，供电电压可能为 12V、24V 等，可采用降压变换器，如线性的降压稳压器或开关型稳压器。为了提高效率，线性稳压器应采用低压差的稳压器（LDO，其输入、输出电压之差较小）或采用开关型稳压器，后者的效率较高。

就 LED 的电源变换器的工作类型而言，可分为线性稳压器和开关型变换器两大类，它们又可以进一步细分为许多类型，在后续的几节中，我们将依次对它们进行介绍。

综上所述，对 LED 驱动器的总体要求是在满足安全要求的前提下，驱动电路应保持较低的自身功耗使系统效率保持在较高水平，对其他电子设备及电路的干扰影响小，安装、维护及使用方便、价位低、寿命长。具体来说，对 LED 驱动电路的要求可归结为：①源电压必须是直流电压，且电压值应高于工作时 LED 的阈值电压。

②要求电源对LED提供尽可能恒定的、与之相匹配的电流,以得到稳定的光输出和亮度,尤其是在电源电压发生 $\pm 15\%$ 的变动时,仍能保持输出电流在 $\pm 10\%$ 的范围内变动。③驱动器应有高的功率转换效率,以凸显LED的节能优势,提高电池的寿命或两次充电之间的时间间隔。目前效率高的可达 $80\%—90\%$,一般的可达 $60\%—80\%$ 。同时,驱动器应设置完善的保护电路,如低压锁存、过压保护、过热保护、输出开路或短路保护。④一般都要求LED显示具有调光功能,因此,驱动电源应有电流调节功能,在一定范围内LED的最大电流可设定,实现对LED的亮度、颜色和色调进行调节。有的场合还要求驱动器具有发光模式及效果变换功能。⑤当多个LED并联使用时,要求各LED的电流相匹配,使亮度均匀。⑥功耗低,静态电流小,并且有关闭控制功能,在关闭状态时一般静态电流应小于 $1\mu\text{A}$ 。⑦具有一定的保护功能,如开路保护、过压保护、欠电压封锁以及其他功能。

1.2 LED在驱动电路中的连接方式

在实际应用中,LED的连接方式取决于多种因素,反过来,它的连接方式不同,对驱动电源的要求也不同。最简单的是使用单个LED,如汽车的阅读灯、仪器仪表的指示灯,而在小、中、大显示屏幕的背光照明、平面显示、景观装饰中,则需要几个或多个LED排列组合起来,在较大范围内满足较大亮度、动态显示或色彩变幻等要求。这时,由于要使用多个LED,因此如何选择相适应的LED的连接方式,来提高LED的发光效果、提高整个电路工作的可靠性、方便驱动电路设计和制作、提高电路的整体效率等就至关重要了。一般说来,LED的连接方式有以下几种。

1.2.1 串联方式

在这种方式中,LED全部首尾相连,如图1-2所示。它的特点是连线简单,驱动器只要用一条线给LED传输电流。流过每只LED的电流是一致的,驱动器很容易做到和LED所要求的电流相匹配。对于同一规格、同一批次的LED来说,虽然正向压降可能有点差异,但由于它们是电流型器件,只要电流一样,仍然能够保证LED的亮度一致,而且多只串联在一起,可互相弥补正向压降的差异,使总电压保持恒定。因此,简单的串联方式具有连接简单、方便,总电压及光强容易保持一致等优点。

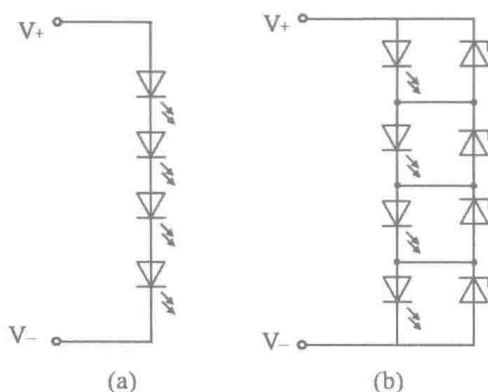


图 1-2 LED 的串联连接方式

但当某一只 LED 由于品质不良而短路时，如采用稳压方式供电（如常用的阻容降压或线性稳压电源）且驱动电压值不变，则分配给其他 LED 的电压将变大，很容易使余下的 LED 因电流过大而损坏；如采用恒流驱动，其输出驱动电流仍然不变，就不会影响 LED 的发光和亮度。当某一只 LED 由于品质不良而断路时，串联在一起的 LED 将全部熄灭，解决这个问题的办法是在每只 LED 两端并联一只齐纳二极管，如图 1-2 (b) 所示。齐纳二极管的击穿电压应高于 LED 的正向压降，而其电流额定值应和 LED 差不多。在 LED 工作正常时，不会因并联齐纳二极管而影响它的发光；当某一只 LED 断路时，电流可以通过与之并联的齐纳二极管，使其余的 LED 正常发光，从而提高电路的可靠性。

串联方式需要驱动电源有较高的电压，例如有 4 只 LED 串联，每只压降为 3.4V，串联后的总电压就为 13.6V，所以在电池供电时，应采用有升压功能的驱动电路。一般用电池供电的升压变换器的最高输出电压不大于 40V，所以可以计算出最多只能驱动 13 只串接的白光 LED。

1.2.2 并联方式

在并联方式中，LED 全部并接在一起，由一个电源供电，如图 1-3 所示。这时即便有一只 LED 断路，也不会影响其他 LED 的工作。这种电路可采用低压驱动，无需升压。由于 LED 是电流控制型器件，当电源电压发生一点变化时，就会使 LED 的电流和亮度发生变化。在 LED 制造过程中，一块 3in（英寸）（1in = 2.54cm）的外延片大约可以制造出 3 万个 $\Phi 5\text{mm}$ 的 LED 芯粒，它们的特性参数，如正向压降、

波长等并不能完全一致，往往在外延片的中心部分的芯粒质量较好，较为一致，越往外，质量越参差不齐，只有经过测试、分选以后才能得到合乎使用的 LED 产品。

一般来说，分选时按一定的额定电流（例如 20mA 或 350mA），在给定的正向导通压降范围分档使用。所以，即便使用同一厂家、同一批产品，LED 的正向压降也不能完全相同，在并联应用中，所有的 LED 都施加相同的电压，也会使 LED 的电流分配不均匀，使它们的亮度不一致，甚至电流过大的那只 LED 会因温度过高而降低寿命，严重时甚至会烧坏。此外，当多只 LED 并联而其中有一只短路时，还会造成全部 LED 都不亮，所以简单的并联的质量和可靠性并不高。

在并联方式中，最好保证每只 LED 用恒流供电。最简单的方法是在每只 LED 中串联一个小阻值的电阻，即使 LED 特性有一些差异，也能够保持亮度一致，如图 1-3 所示。

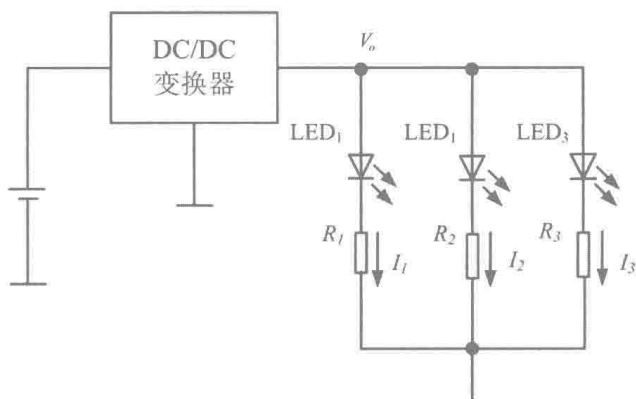


图 1-3 串联电阻以调节每只 LED 的亮度

为进一步改进并联连接的不足，可以采用独立匹配的并联方式，如图 1-4 所示，对每一只并联的 LED 电流都能够做到匹配，每个 LED 的电流是独自可调的。这种方法中，每只 LED 的电流都受到电流调整器的控制，即便 LED 特性差异较大，仍能保持亮度一致。这种方法在许多 IC 中得到了应用，它的缺点是 IC 引脚较多、结构复杂。如果并联的 LED 数为五六只，则 IC 芯片的引脚数可能多达 16 条。在这种独立匹配的并联方式中，每个 LED 的电流都有独自可调性，即便 LED 特性差异较大，也能得到均匀一致的亮度，驱动效果最好。由于每个 LED 是独立驱动的，即使一只 LED 发生故障，也不会影响其余 LED 的工作。但是这个驱动电路的结构较为复杂，造价高、体积大。显然，在需要使用大量 LED 时，这种电路就不适合了。

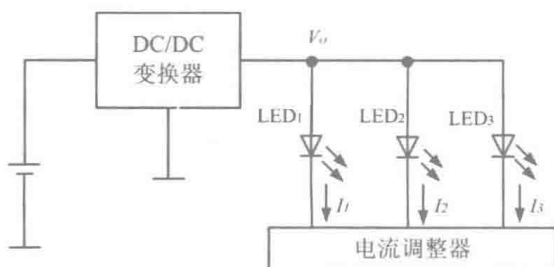


图 1-4 LED 并联及电流调整电路

1.2.3 混联方式

混联方式是结合串联和并联各自优点而提出来的一种连接方式，适合应用在 LED 数量较多的场合。主要有以下三种表现形式。

(1) 先串后并的混联方式。在使用 LED 数量很多时，如将其全部串联起来，则要求的驱动电压太高；如将其全部并联起来，则要求的驱动电流太大，单独采用哪一种方式，都会给驱动器的设计和制造带来很大困难。采用图 1-5 (a) 所示的先串后并的方式，既能够提高电路的可靠性，又不会使驱动电压过高，即便每串中有一只 LED 短路损坏，也不会影响其余 LED 的发光，如有一只断路，它只能使本串 LED 不发光，不会涉及其他串的 LED。整个电路结构较为简单，连接方便。

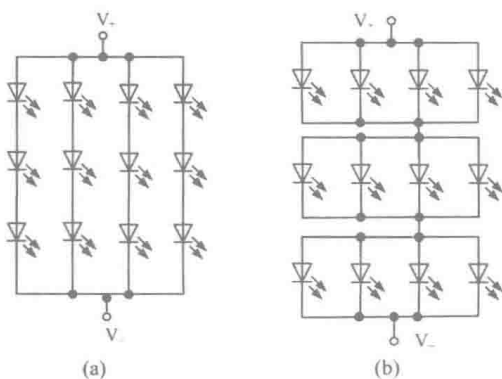


图 1-5 先串后并及先并后串两种混联方式

(2) 先并后串的混联方式。先并后串的混联方式如图 1-5 (b) 所示，它也能提高每组电路的可靠性，但要求并联的 LED 有较好的一致性并要求它们的正向压降差不多，才能达到均流的目的，否则，各只 LED 的亮度可能很不一致，严重的情况下，

其中一只 LED 还可能因电流过大而损坏。在并联的每只 LED 中可适当串联阻值较小的均流电阻（见图 1-3），就可以解决这个问题。

（3）交叉阵列的混联方式。这种方式的连接方法如图 1-6 所示，它不像先并后串那样将许多 LED 并联起来，而是以 3 个并联的 LED 为一组，再一组一组地串联成一大串，由电源 V_{a+} 供电，类似的另一串则由 V_{b+} 供电，依此类推，组成多串，分别由 IC 的不同的输出供电，并调整该串的电。每一组中只有 3 个 LED 并联，如有一个或两个失效开路时，仍有一个正常工作，从而可以大大提高整个 LED 阵列的可靠性。这种连接限制了并联 LED 的个数，虽比前两种要复杂一些，但其可靠性更高一些，所驱动的 LED 个数更多一些。

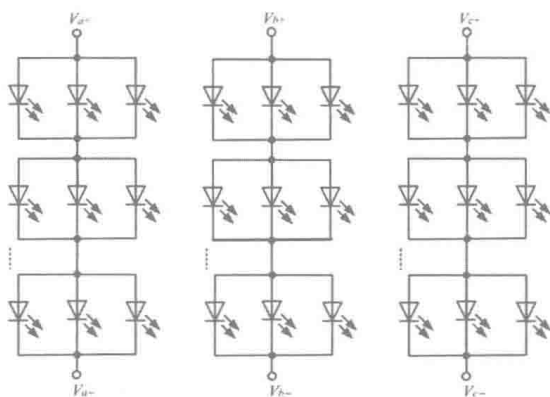


图 1-6 交叉阵列混联方式

总而言之，LED 的群体应用是 LED 实际应用的重要方式。不同的 LED 连接形式对于大范围 LED 的使用和驱动电路的设计要求等都至关重要。因此，在实际电路的组合中，正确选择相适应的 LED 连接方式，对于提高其发光的效果、工作的可靠性、驱动器设计制造的方便程度以及整个电路的效率等都具有积极的意义。

1.3 降压式 LED 驱动电源

由于 LED 导通发光所需要的电源为直流、低电压，故以前来驱动钨丝灯泡或日光灯的电路并不适合直接驱 LED 灯具。因此，在绝大多数情况下，电池等原始电源不能直接为 LED 供电，而必须经过电源变换。就白光 LED 来说，真正的白光 LED 器件并未能获得，我们看到的白光不过是不同波长的混合光。例如，将发射黄光的荧光材料覆盖在发蓝光的 LED 芯片上，用蓝光激发，产生蓝光和黄光的混合光，这

就是人眼看到的白光，且白光 LED 的正向电压比其他彩色 LED 的正向电压大得多。如果充电电池（如锂离子电池）充满电时的电压为 4.1V 左右，在短时间工作后电压将降到 3.5V 左右。随着电池放电，其电压会降到 3V 乃至 2.8V。若白光 LED 由电池直接供电，在电池充满电时 LED 会被点亮，但随着电池放电的进行，LED 将会变暗乃至熄灭。因此，用锂离子电池为白光 LED 供电，必须配置一个升压变换器。

当 LED 或 LED 串中输入电压较高时，需要一个 DC/DC 降压变换器；当采用市电交流电源供电时，则需要配置一个 AC/DC 变换器，并与一个下游 DC/DC 降压变换器相级联，组成开关型电源驱动电路，以使其输出的直流电压与 LED 负载相匹配，并为 LED 提供恒流驱动。

为满足不同的输入电压、不同的输出电流及不同的 LED 数量等要求，应开发出各种新型 LED 驱动电源，以满足市场的需要。按驱动方式分类，可分为恒流式和恒压式。按电路结构方式，LED 驱动器可分为电阻电容降压方式、电阻降压方式、常规变压器降压方式、电子变压器降压方式。而目前应用最广、效率最高的开关电源式驱动结构，如脉冲宽度调制（PWM）控制方式等。常用 LED 驱动电源的分类及特性见表 1-2。

表 1-2 常用 LED 驱动电源的分类及特性

分类标准	类别	特 性
按驱动方式分类	恒流式	(1) 恒流驱动电路的输出电流是恒定的，而输出电压的大小会随着负载的变化而变化。 (2) 严禁负载完全开路。 (3) 是较为理想的 LED 驱动电路，但价格偏高。
	恒压式	(1) 当稳压电路中的各项参数确定以后，输出电压是固定的，而输出电源却随着负载的增减而变化。 (2) 稳压电路不怕负载开路，但严禁负载短路。 (3) 当稳压驱动电路驱动 LED 时，每串电路需要加上合适的电阻方可使每串 LED 显示亮度平均。 (4) 亮度会受到整流而来的电压变化影响。
按电路结构（降压式）分类	电阻电容降压方式	通过电容降压，在使用时由于充、放电的作用，通过 LED 的瞬间电流较大，容易损坏芯片。易受电网电压波动的影响，电源效率低、可靠性低。
	电阻降压方式	通过电阻降压，受电网电压变化的干扰较大，不容易做成稳压电源。降压电阻要消耗很大部分的能量，所以这种供电方式电源效率很低，而且系统的可靠性也较低。

续表 1-2

分类标准	类别	特 性
按电路结构(降压式)分类	常规变压器降压方式	电源体积小、重量偏重,电源效率也很低,一般只有45%—60%,所以通常很少用,可靠性不高。
	电子变压器降压方式	电源效率较低,电压范围也不宽,一般为180—240V,纹波干扰大。
按电路结构(开关电源式)分类	PWM式开关电源	脉冲宽度调制(PWM)是利用微处理器的数字信号输出来对模拟电路进行控制的一种非常有效的技术。PWM电路主要由四部分组成:输入整流滤波部分、输出整流滤波部分、PWM稳压控制部分、开关能量转换部分。PWM开关稳压的基本工作原理是,在输入电压、内部参数及外接负载变化的情况下,控制电路通过被控制信号与基准信号的差值进行闭环反馈,调节主电路开关器件导通的脉冲宽度,使得开关电源的输出电压或电流稳定(即相应的稳压电源或恒流电源)。这种电路效率极高,一般可以做到80%—90%,输出电压、电流稳定,属于高可靠性电源。

设计LED驱动电源时,要知道LED的电流—电压特性。由于LED的生产厂家及LED的规格不同,其电流—电压特性均有差异。现以LED典型规格为例,按照LED的电流—电压变化规律,一般白光LED的正向电压为3.0—3.6V,设典型的电压值为3.3V,电流值为20mA,当加于LED两端的正向电压超过3.6V后,正向电压很小的增加都会导致LED的正向电流成倍增长,使LED发光体温度上升过快,从而加速LED光衰减,使LED的寿命缩短,严重时甚至烧坏LED。因此,根据LED的电压—电流变化特性,对驱动电源的设计提出了严格要求。

驱动电源的类型和所用的LED的数量、连接方式、正向压降以及所用原始电源电压等因素有关。反过来,一定的电源电压也确定了LED的连接方式和所能驱动的LED的数量。通常根据被驱动LED总的正向压降、供电电源输出电压以及它们之间相对的大小来决定驱动电源的类型,大致说来,LED驱动电源有以下两种形式:一种是采用传统的由市电作为供电电源的电容降压式LED驱动器;另一种是线性稳压器。用得最多、效率最高的是采用开关电源构成的DC/DC转换器。本节以介绍降压式电路为主。

(1) 常见的电容降压式LED驱动器。使LED工作的最简单的方式是用一个电压源通过串接一个电阻与LED相连。只要工作电压保持恒定,LED就可以发出恒定强度的光(尽管光强会随着环境温度的变化而变化)。通过改变串联电阻的阻值能够将光强调节至所需要的强度。

电容降压驱动器属于一种常见的小电流电源电路，由于其具有体积小、成本低、电流相对恒定等优点，常应用于 LED 的驱动电路中。如图 1-7 所示为一个实用的采用电容降压的 LED 驱动电路，该电路与目前大部分应用电路的不同之处在于连接有压敏电阻。压敏电阻能在电压突变的瞬间（如雷电、大用电设备启动等）有效地将突变电流泄放，从而保护 LED 和其他晶体管。一般情况下，瞬变电压抑制的响应时间一般为纳秒级，从而保护 LED 和其他晶体管。LED 串联的数量视其正向导通电压而定，在 220V 交流电路中最多可以达到 80 个左右。电容的耐压一般要求大于输入电源电压的峰值，在 220V/50Hz 的交流电路中，可以选择耐压为 400V 以上的涤纶电容或纸介质电容。

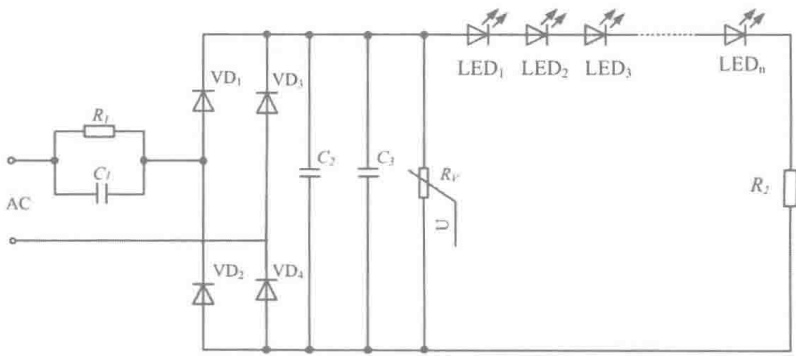


图 1-7 采用阻容降压的 LED 驱动电路

图中电容 C_1 的作用是降压和限流，电阻 R_1 为泄放电阻，其作用为：如果正弦波在最大峰值时刻被切断，电容 C_1 上的残存电荷因无法释放会长久存在，在维修时如果人体接触到 C_1 的金属部分，有触电的可能，而电阻 R_1 能将残存的电荷泄放掉，从而保证人机安全。泄放电阻的阻值与电容的大小有关，一般电容的容量越大，残存的电荷就越多，泄放电阻的阻值就要选得小一些。 VD_1 — VD_4 的作用是整流，用于将交流电整流为脉动直流电压。 C_2 、 C_3 的作用为滤波，用于将整流后的脉动直流电压滤波成平稳的直流电压。滤波电容 C_2 、 C_3 的耐压应根据负载电压而定，一般为负载电压的 1.2 倍，其电容容量视负载电流的大小而定。压敏电阻 R_v （或瞬变电压抑制二极管）的作用是将输入电源中瞬间的脉冲高压对地泄放掉，从而保护 LED 不被瞬间高压击穿。LED 串联的数量视其正向导通电压而定。

图 1-8 所示为采用可控硅 SCR 的电容降压驱动电路。在该电路中，可控硅 SCR