

白色 LED 的恒流驱动

用白色 LED 为显示器或其他照明设备做背光源时，需要对其进行恒流驱动，主要原因是：

1. 避免驱动电流超出最大额定值，影响其可靠性。
2. 获得预期的亮度要求，并保证各个 LED 亮度、色度的一致性。

本文描述了典型 LED 的参数范围和恒流驱动电路。

图 1 给出了六只随机挑选的白光 LED (其中三只来自两家顶级产商)的正向电流随正向电压的变化关系曲线，这种情况下，如果用 3.4V 驱动这六只 LED，相应的正向电流差别较大：10mA 至 44mA。

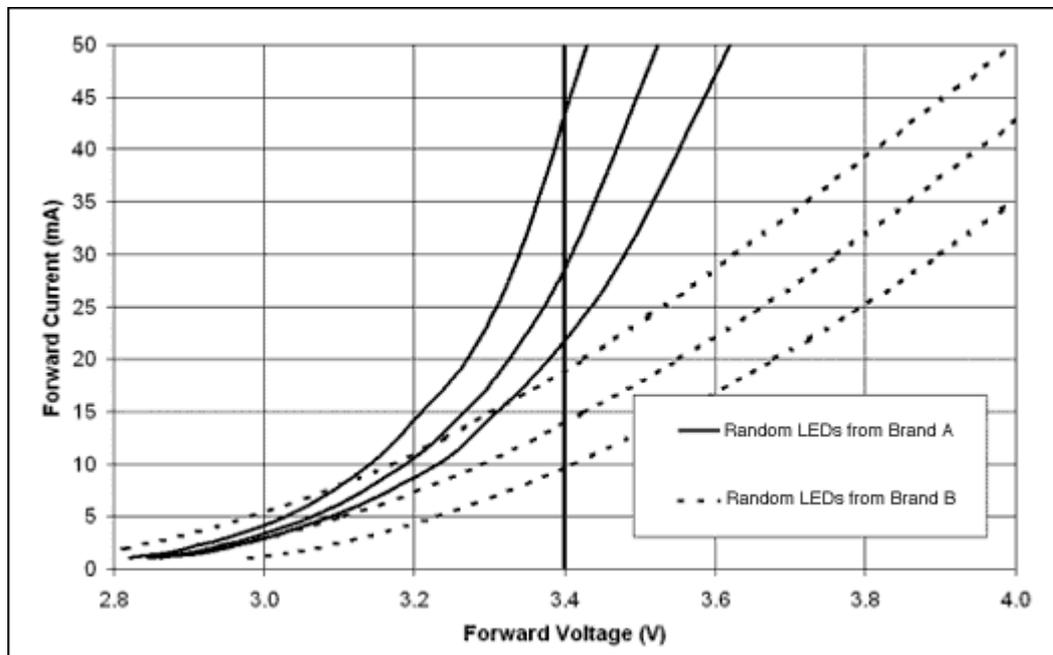


图 1. 六只随机挑选的白光 LED (其中三只来自两家顶级产商)其正向电流与正向导通电压的对应关系曲线。注意，对于任一给定电压，正向电流变化范围较大—10mA 至 44mA (3.4V 电压下)。

为保证可靠性，驱动 LED 的电流必须低于 LED 额定值的要求，典型最大值一般为 30mA，但是，从图 2 可以看出：当环境温度升高时所允许的额定电流会降低，通常，当温度达到 50°C 时电流需限制在 20mA 以内。通过观察图 1、图 2 不难得出这样的结论：只是用恒压方式驱动白色 LED 的方案可靠性较差。

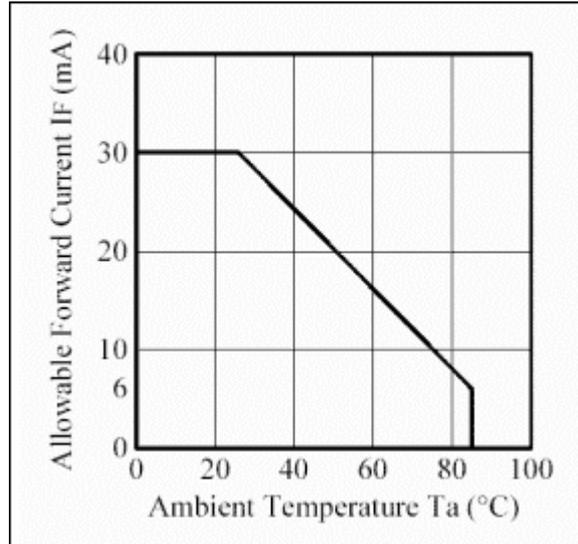


图2. 一般情况下, 白光 LED 正向电流的最大绝对值随环境温度的升高而降低(Courtesy Nichia Corporation)。

另外, 用恒定电流驱动白色 LED 还可以获得亮度和色度的一致性。图 3 给出了几种通用的白色 LED 驱动电路。

(2) Initial Electrical/Optical Characteristics ($T_a=25^\circ\text{C}$)

Item	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Forward Voltage	V_F	$I_F=20[\text{mA}]$	-	3.6	4.0	V	
Reverse Current	I_R	$V_R=5[\text{V}]$	-	-	50	μA	
Luminous Intensity	Rank T	I_V	$I_F=20[\text{mA}]$	720	860	1000	mcd
	Rank S	I_V	$I_F=20[\text{mA}]$	500	600	720	mcd
	Rank R	I_V	$I_F=20[\text{mA}]$	360	430	500	mcd

* Measurement Uncertainty of the Luminous Intensity : $\pm 10\%$

Color Ranks

Rank a0				
x	0.280	0.264	0.283	0.296
y	0.248	0.267	0.305	0.276

Rank b2				
x	0.296	0.287	0.330	0.330
y	0.276	0.295	0.339	0.318

($I_F=20\text{mA}, T_a=25^\circ\text{C}$)

Rank b1				
x	0.287	0.283	0.330	0.330
y	0.295	0.305	0.360	0.339

Rank c0				
x	0.330	0.330	0.361	0.356
y	0.318	0.360	0.385	0.351

* Measurement Uncertainty of the Color Coordinates : ± 0.01

图3. 对于典型的白光 LED, 通常在 $I_F = 20\text{mA}$ 下测试其电特性测。因此, 为了得到预知的和匹配的亮度与色度, 建议采用恒流驱动(Courtesy Nichia Corporation)。

图 4 给出了四种常用的电源电路, 用于驱动 LED。图 5 是相应的对上述 6 只 LED 进行调节时得到的电流调节精度。图 5 中调节器的输出负载线画在 LED 的 V_F 曲线图上, 两条曲线的交点是各个 LED 的调节点。

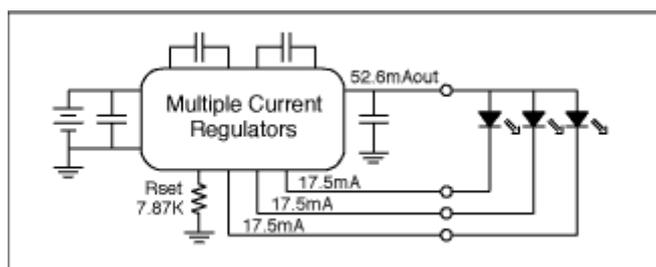
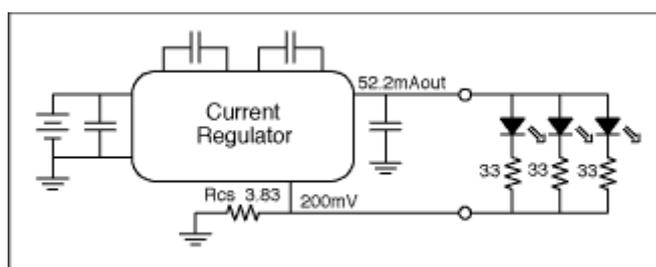
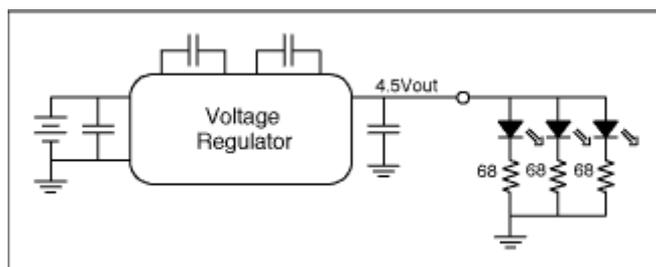
图 4a 所示电路用稳压源配合镇流电阻控制 LED 的电流, 这种结构的优点是选择电压源的余地很大, 调节器与 LED 之间只需要一个连接端点; 缺点是效率较低, 这主要是镇流电阻的损耗造成的, 另外, 它对 LED 正向电流的控制不是很

精确。从图 5a 测试曲线可以看出 6 只不同 LED 的电流变化范围是：14.2mA 至 18.4mA，由厂商 A 提供的 LED 平均亮度要比厂商 B 高一些，工作电流高出 2mA。

图 4b 所示电路用于调节 LED 的总电流，镇流电阻用于实现各 LED 之间的匹配。MAX1910 采用的就是这种结构，这种电路在驱动同一厂商提供的同一批次的产品时可以获得较好的效果。在与上述电路提供相同电流的条件下，可以减小镇流电阻，使功耗降低一半。图 5b 给出了六个不同 LED 驱动电流的变化范围：15.4mA 至 19.6mA，由厂商 A 提供的 LED 电流变化更小一些，来自厂商 A 和厂商 B 的 LED 平均控制电流相同：17.5mA。这种结构的缺陷是镇流电阻耗电仍然较大，而且，各 LED 电流的匹配性不是很好。但这种电路折衷考虑了性能和电路的简易程度。

图 4c 可分别调节各 LED 的电流，无需镇流电阻。电流调节精度和匹配度取决于每个独立的电流调节器。MAX1570 采用了这种电流源结构，电流精度为 2%、匹配度达 0.3%。由于电流调节器允许较低的压差，可以获得较高的效率。图 5c 表明所有被测试的 6 只白色 LED 电流均保持在稳定的 17.5mA，由于省去了镇流电阻，可有效节省线路板面积，但在调节器与 LED 之间需要四个连接端。这种电路能够提供较高的性能指标，是基于电感结构的竞争方案。

图 4d 是一种基于电感的升压电路，将其配置为电流调节器，转换效率较高。较低的反馈门限进一步减小了检流电阻的功率消耗，另外，因为 LED 按照串联方式连接，任何工作条件下都能够使 LED 的亮度保持一致。电流精度取决于调节器反馈门限的精度，不受 LED 正向导通电压变化的影响。MAX1848 和 MAX1561 是这种电流调节电路的两个典型范例，转换效率(P_{LED}/P_{IN})可以达到 87% (3 只串联 LED)或 84% (6 只串联 LED)。这种电路的另一个优点是在调节器与 LED 之间只需要两个连接端点，为用户的设计提供了一定的灵活性。但是，由于电路中采用了电感，与上述方案相比尺寸较大、成本较高、EMI 辐射也较大。



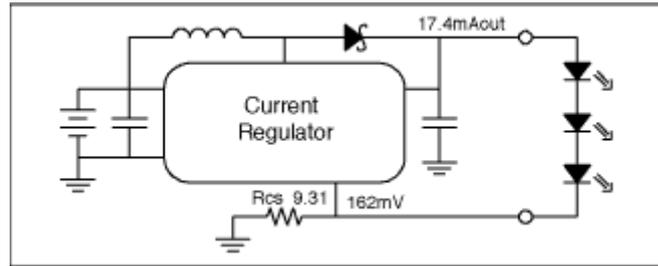
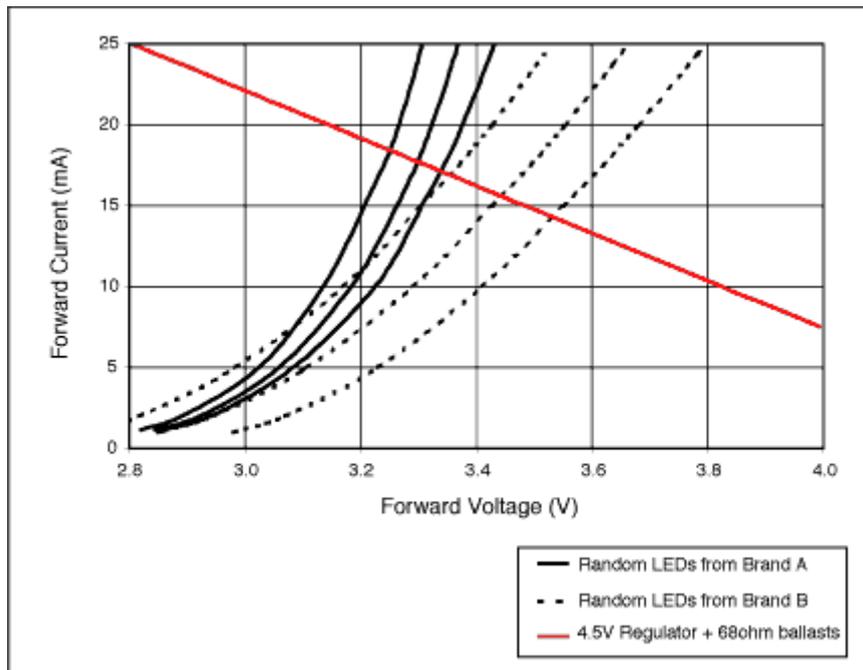


图4. 白色LED通常有四种不同的驱动电路: (a) 电压源与镇流电阻, (b) 电流源与镇流电阻, (c) 多路电流源, (d) 一路电流源驱动串联LED。



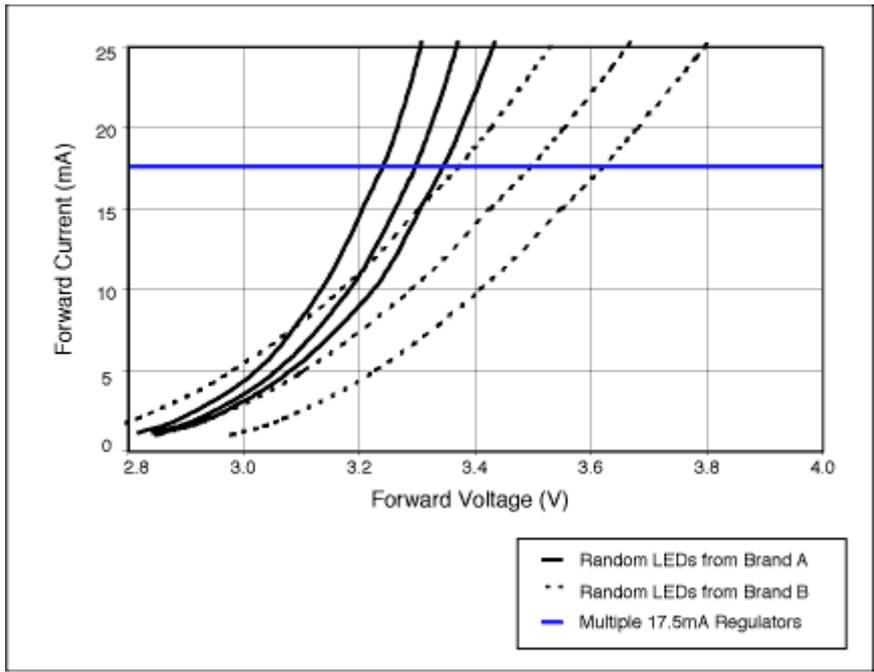
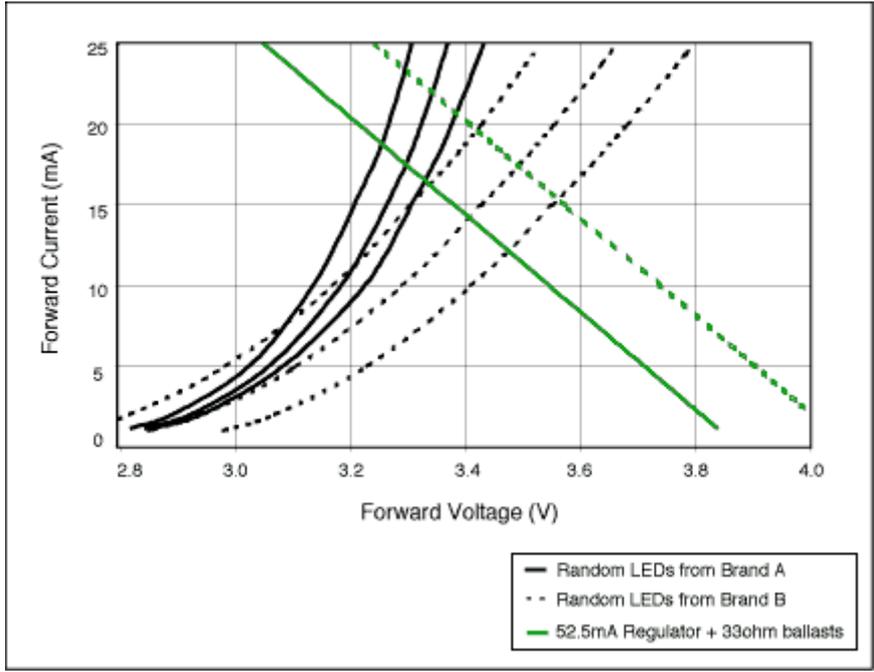


图5. 各个白色LED的正向电压(Vf)对调节电流精度的影响不同, 取决于调节电路的结构: (a) 电压源与镇流电阻, (b) 电流源与镇流电阻, (c) 多路电流源或一路电流源驱动串联LED。6只LED(三只来自厂商A和厂商B)的Vf曲线如图所示, 调节器的输出负载曲线与LED Vf曲线的交点即为稳定的调节工作点。