

LED的驱动方式和电路设计

LED是电流驱动型发光元器件，其特性值以顺向电流值为参数进行规格化。因此对于使LED亮灯的电路，最低限度的要求是通入必要电流使其输出所要求的光度。另一方面，LED因制造过程而具有特性分布（波动），在电气特性方面也对最大值和最小值做了规定。换句话说，即便是相同产品，顺向电压-顺向电流特性也会在规格范围内发生变化。例如，即使对相同产品施加相同电压，也未必会流过相同的电流。当然也可以预想到只要电流值不同，产品的光度和色调也会不同。

LED的亮灯方法如下所示，有各种驱动方式和电路构成，在获得所需特性方面各有利弊。

本文对这些驱动方式和电路构成的注意事项进行说明。

驱动方式和电路构成

LED的驱动方式有两种，一种是连续持续通入恒定电流的DC（静态）驱动方式，另一种是反复闪烁的脉冲（动态）驱动方式。虽然亮灯方式不同，但脉冲驱动方式只要缩短闪烁间隔，肉眼看上去就与DC驱动方式亮灯别无二致。

DC驱动方式通常应用在指示器等用途上，优点是可以通过进行高辉度设计，闪烁少。脉冲驱动方式主要应用在矩阵配线的显示器和调光用光源中，优点是可减少驱动用晶体管数量，降低成本。

DC（静态）驱动

恒定电压驱动电路

这是利用普通限流电阻的方法。

通过下列图1和式1决定电流。

决定电源电压 V_{CC} 、电流 I_F ，从产品的规格或技术资料中读取LED的顺向电压 V_F ，决定限流电阻 R 。

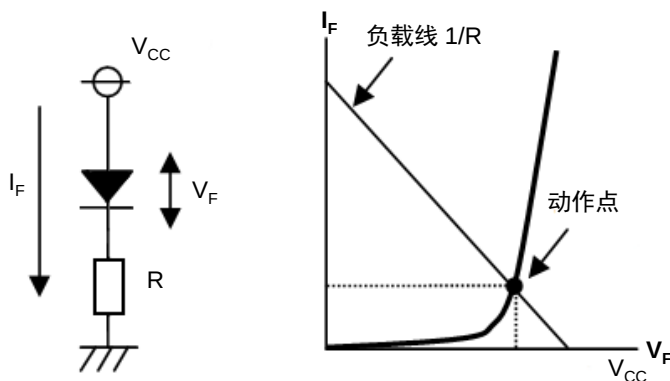


图1. 限流电阻的关系

$$V_{CC} = V_F + R \times I_F \quad (\text{式1})$$

另外，还可根据 I_F - V_F 特性进行计算。在特性曲线上决定的 I_F 点是动作点，将 V_{CC} 与动作点相连，连线的延长是负载线，读取其斜率 $1/R$ 便可求出。相反，该方法也适用于根据设定的电阻值 R 求出电流 I_F 。

这里需考虑一下抑制 V_F - I_F 特性波动的方法。

根据标准特性（Typ.）决定动作点（ I_F ）时，由于实际上存在标准内的特性波动，因此电流值在 $I_F \text{ Max.} \sim I_F \text{ Min.}$ 之间产生波动。这时如图2所示，可知电源电压 V_{CC} 设定得越高或者电阻值 R 越大，负载线的斜率越小，可抑制 $I_F \text{ Max.} \sim I_F \text{ Min.}$ 。（图2）

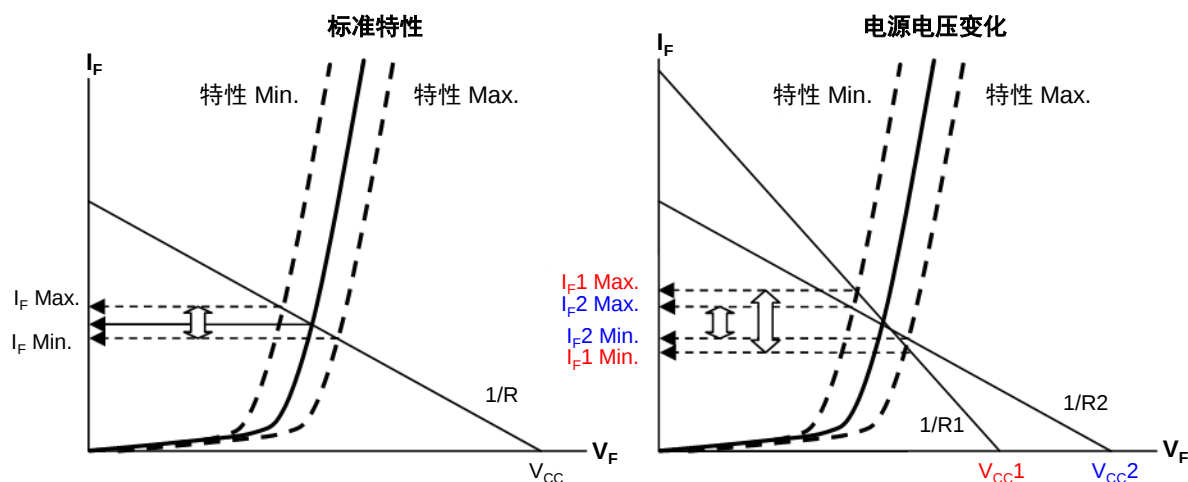


图2. 电源电压与电流波动的关系

温度产生的电流变化也一样。（图3）

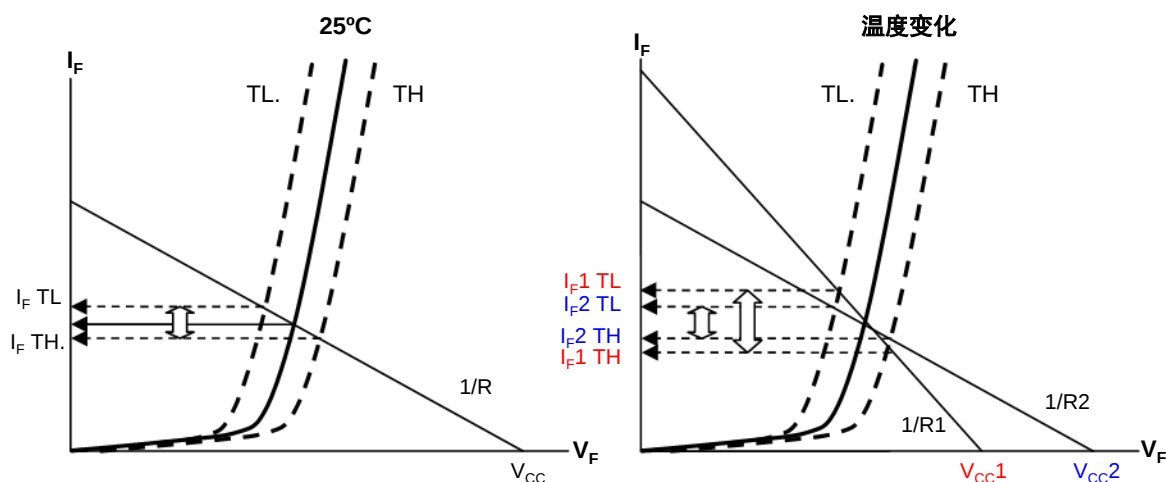


图3. 温度与电流波动的关系

如此在恒定电压电路中，若无法将电源电压设定得较高，则必须注意，相对于电源电压而言，在LED串联数较多，无法设置较大的电阻值R的电路中，电流波动会因 V_F 波动或温度变动而变大。

恒定电流驱动电路

为了相对于 V_F 波动和温度变动，稳定供应电流 I_F ，必须用到恒定电流驱动电路。

这种方式的优点是可承受电源电压变动。

示例如下。（图4）

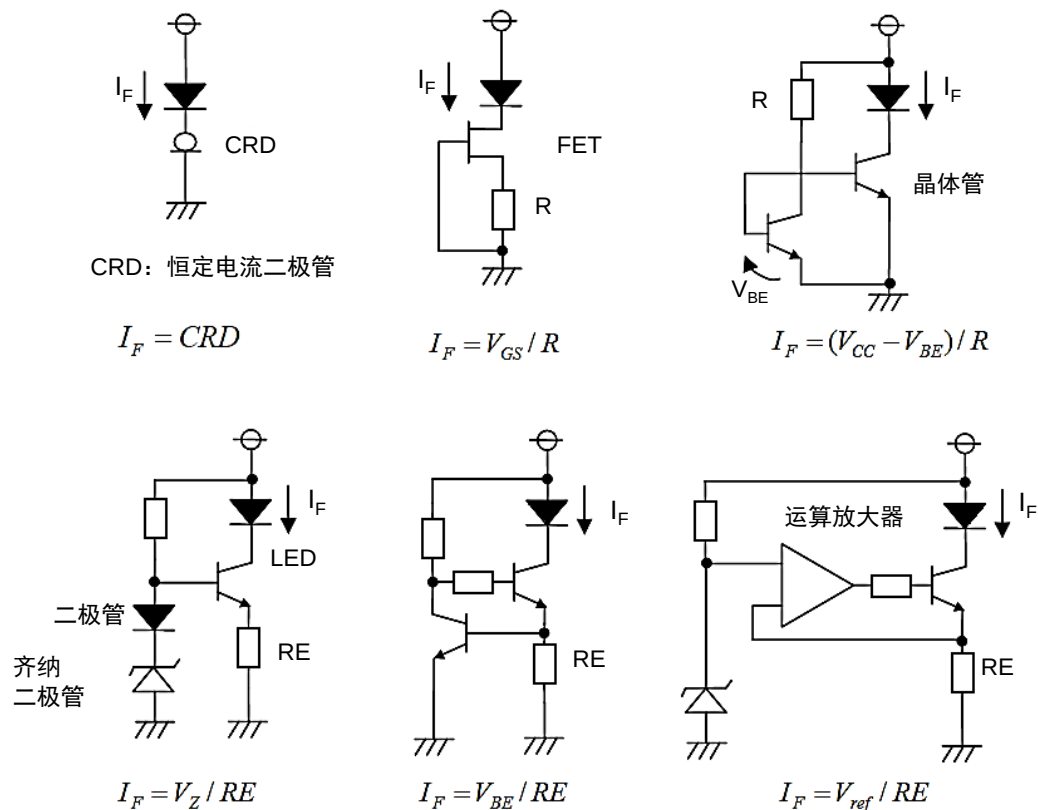


图4. 恒定电流驱动电路示例

恒定电流驱动电路的品质极佳，缺点在价格和空间方面。另外，要使晶体管动作， V_{CE} 至少要电阻电压下降2~3V（RE要下降1~2V），不利于用电效率。

请综合考虑所用组件的品质和价格等方面来设计恒定电流驱动电路 V_F 波动和温度变动的应对措施。

连接多个LED时，可如图5所示，在各串联电路上设置恒定电流电路。只要空间和价格方面有富余，也可以考虑采用。

使用多个（串联、并联、矩阵电路）
使用多个LED时，通常采用图6的电路构成。
串联时（电路a）如下式所示。

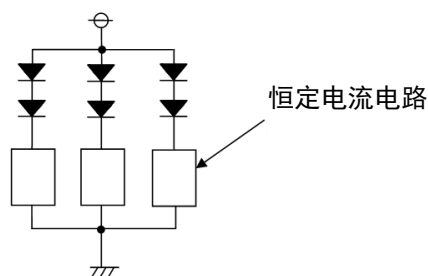


图5. 为各串联电路设定恒定电流电路

如果进一步改良电路，搭载可变电阻或者安装多个电阻，实现按产品的光度和 V_F 等级用指拨开关或跳线进行切换来调节电流，即可调节各种波动使其接近零。

$$V_{CC} = N \times V_F + R \times I_F \quad (\text{式2})$$

并联时（电路b）如下式所示。

$$V_{CC} = V_F + R \times I_F \quad (\text{与式1相同})$$

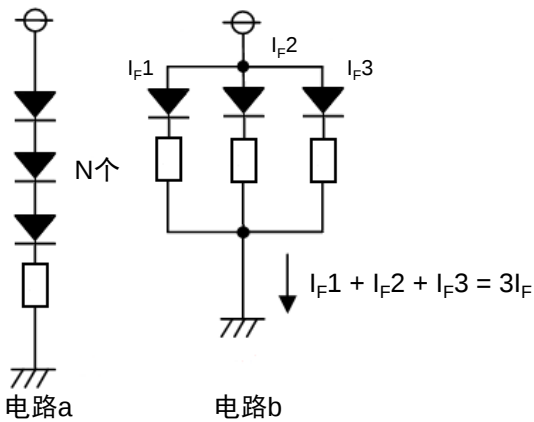


图6. 使用多个的电路

电路特点如下表所示。

	优点	缺点
串联电路	· 电流可以较小。 (用晶体管驱动时低电流比高电压有利)	· 需要高电压。
并联电路	· 电压可以较低。 · 对于断线故障保护措施有效。	· 需要大电流。

此处将对不为各LED增加限流电阻而是采用集中电阻的情况进行介绍，LED并联亦同。（图7）

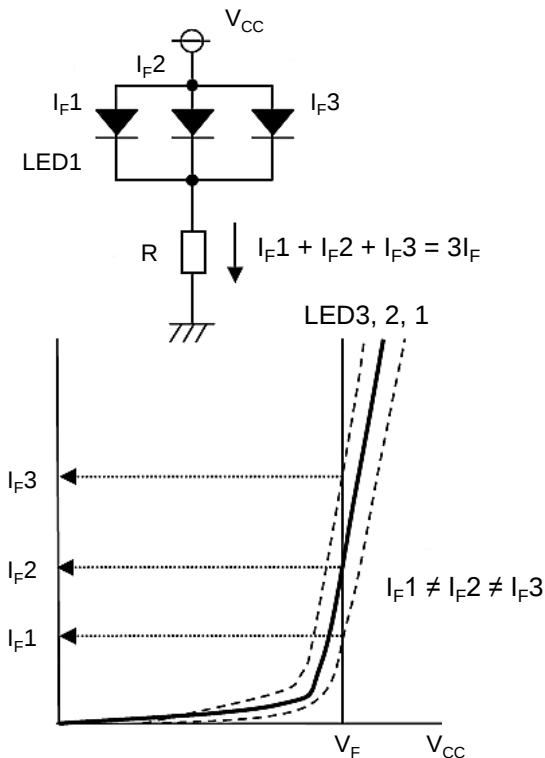


图7. 在并联电路中只设定集中电阻

决定电流值 I_F 后， V_F 也将确定，根据 $V_{CC} = 3 \times I_F \times R + V_F$ 求出 R 。这种情况的 I_F 为平均值，实际中是不同特性的LED并联，各LED的电流值如 I_{F1} 、 I_{F2} 、 I_{F3} 所示，有很大差异。这种状态下可能流过超出最大额定值的电流，再加上温度特性，可能产生更大的电流差。这种电流波动不仅会降低照明品质，也会增加寿命波动，因此设计时必须考虑这些方面。

另外，为了应对上述情况，可以筛选并使用 V_F 相同的产品。本公司也提供将 V_F 分割成一定宽度的特殊规格的服务。（要根据要求规格判断是否可以应对。）但是，对规格限定越多，成品率越差，可能导致成本增加，所以在获得所要求特性的基础上，对电路设计等开展探讨将非常重要。

以下电路将图6电路b的限制稍作放宽，由确保各LED电流平衡的电阻（ $R1 \sim R3$ ）和限制整体电流的电阻（ $R1$ 、 2 、 3 ）构成。（图8）

通过各电阻进行设定的稳定性更好，可分别降低电阻的额定值。

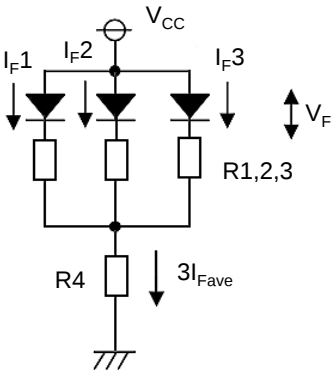


图8. 在并联电路中设定独立电阻和集中电阻

$$V_{CC} = (I_{F1} + I_{F2} + I_{F3}) \times R4 + I_{F1、2、3} \times R1、2、3 + V_F = 3 \times I_{F \text{ ave.}} \times R4 + I_{F1、2、3} \times R1、2、3 + V_F$$

有多个LED时，通常将串联和并联电路进行复合。（图9）这是为了避免供应电流和电压过大，同时发生故障时也能作为故障保护措施有效发挥作用。

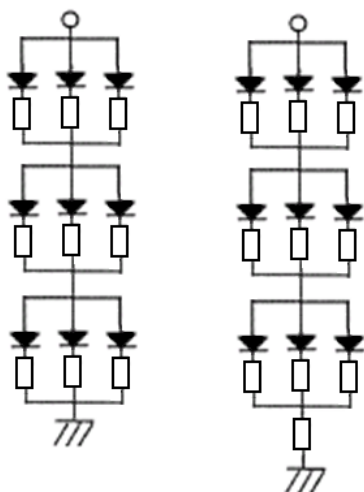


图9. 串联和并联的复合电路

图10是上述无独立电阻电路的改进型，所以同样不抗波动和变动。该电路的优点是，断线时故障保护措施可以生效，电阻产生的功率损耗小，在热量方面有利，而且零件数量少，基板设计简单，空间和价格方面也有利等。

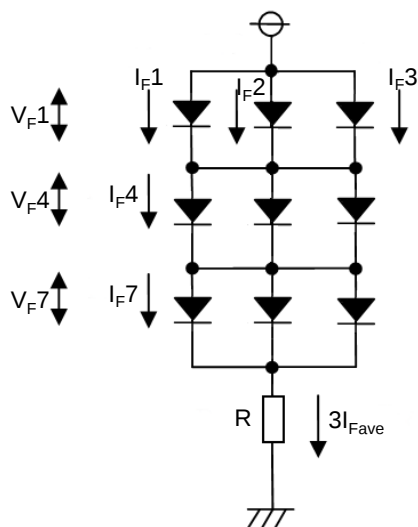


图10. 矩阵电路

$$V_{CC} = (I_{F1} + I_{F2} + I_{F3}) \times R + (V_{F1} + V_{F4} + V_{F7})$$

$$= 3 \times I_{Fave} \times R + 3 \times V_{Fave}$$

$$I_{F1} \neq I_{F2} \neq I_{F3} \quad I_{F1} \neq I_{F4} \neq I_{F7}$$

(筛选 V_F 时 $I_{F1} \cong I_{F2} \cong I_{F3}$ $I_{F1} \cong I_{F4} \cong I_{F7}$)

其他使用多个的方式还有下面图11所示的升压电路方式。

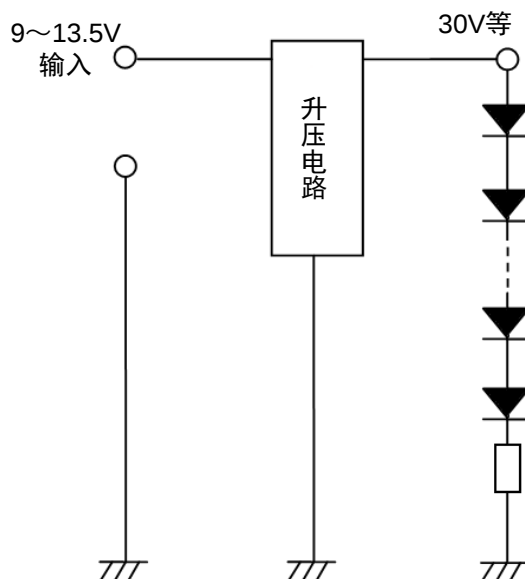


图11. 升压电路方式

在以下使用条件时有利。

- (a) 串联数多时
并联中驱动电流过多时等
- (b) 希望全部采用串联时
但是，只要有一处断线，所有LED都会熄灭。
- (c) V_F 高时
电流多时，搭载白色、蓝绿色等InGaN类元件的LED非常容易出现电压变动、温度变动、过电压的故障。
- (d) 要求驱动电流稳定时
限流电阻可以较大，可抑制电流波动。

最近还出现了搭载升压电路的LED驱动专用IC。请通过成本研究和包括电路在内的可靠性试验等进行确认。

脉冲（动态）驱动

脉冲驱动LED通常有利用双极晶体管和FET的简单开关电路，以及应对LED顺向电压（ V_F ）变动的恒定电流电路。另外，最近还出现了LED点亮专用的驱动IC。

高频闪烁使其看上去像DC点亮时（人物静止时）没有问题，但闪烁频率低到一定程度后，肉眼便可看出闪烁。通常频率低于50Hz，便会发现闪烁，所以必须将闪烁频率保持在100Hz以上。但是，人物未静止或者利用机械传感器进行观察时，高频也可能看出闪烁。必须根据用途设定频率。

以下图12为电路和计算式的参考示例。详情请参考电路专业书籍等决定乘数，通过包括电路在内的可靠性试验等进行确认。

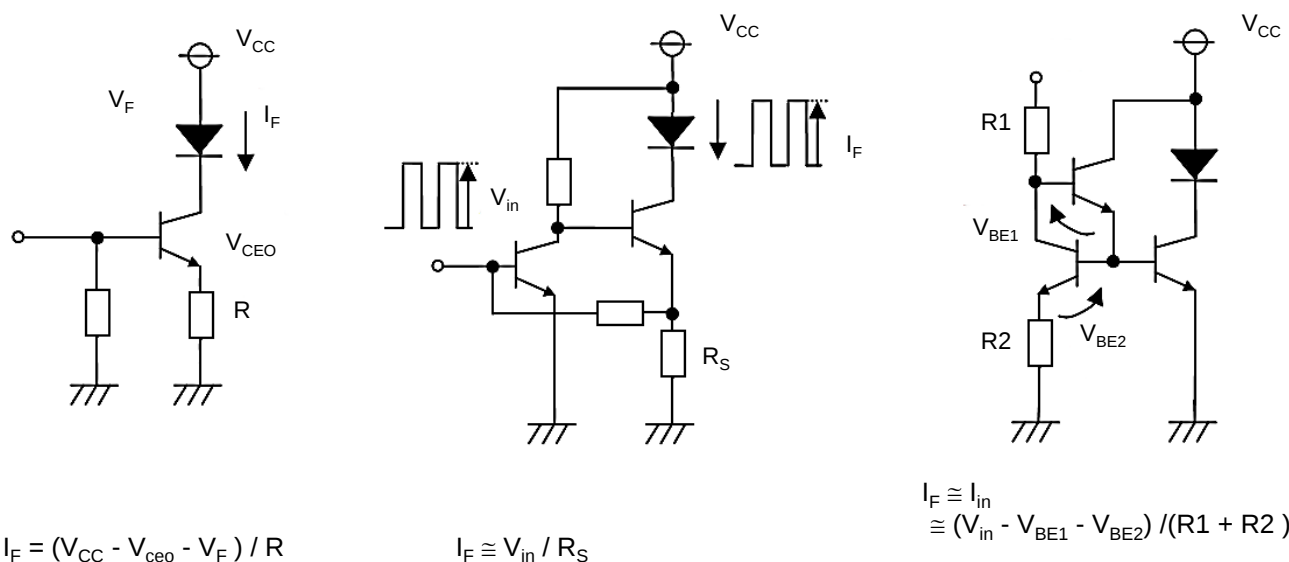


图12. 脉冲驱动电路示例和计算式

LED在各产品中有标准内的波动。在获得所需特性的基础上考虑该特性波动进行电路设计非常重要。本次介绍了驱动方式、电路构成的一般示例，在没有设计余量等的情况下，使用时请重点注意本文的内容。