

剖析两款 LED 开路保护器解决方案

- 近年来，采用 1~3W 大功率 LED 做的灯具逐年增加，其功率可从几瓦到上百瓦。大功率 LED 灯具都采用 LED 串联的结构，用恒流供电，其结构如图 1 所示。一般 1W LED 的工作电流为 250~350mA，3W LED 的工作电流为 600~700mA，电流大的可达 900~1000mA。

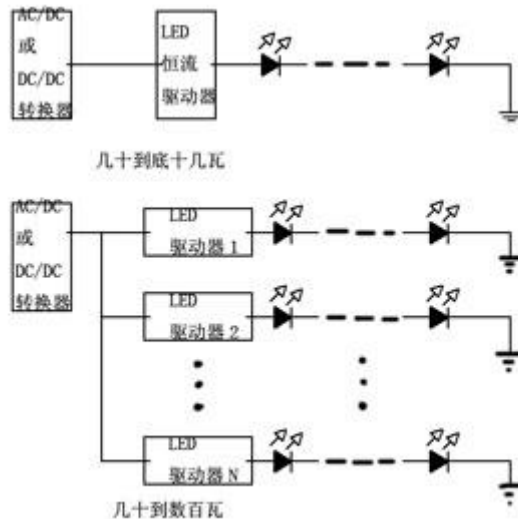


图 1 LED 驱动电路

这种串联 LED 的灯具有一个缺点，如果串联的 LED 中有一个 LED 开路，则整个灯都不亮了。这对某些灯具（如警示灯、矿灯、应急灯等）的应用是十分危险的。为了防止 LED 开路时，LED 灯还能亮，则采用 LED 开路保护器是十分有效的，它能保证灯具使用的安全性。

目前已开发出的 1W LED 开路保护器有两种结构：齐纳二极管型和晶闸管型（单向可控硅型），如图 2 所示。有的 LED 生产厂家直接将齐纳二极管与 LED 封装在一起，即带有开路保护的 LED 也已上市。3W LED 的工作电流一般取值 700~1000mA，这种开路保护器由于电流较大在市上还少见。

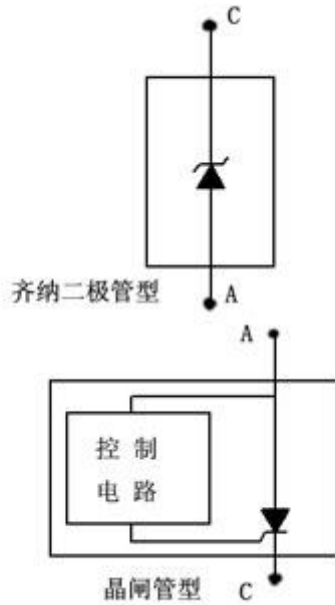


图 2 两种 LED 保护器件

本文将介绍安森美公司在 2009 年 1 月推出的新器件 NUD4700 及 SMD 公司在 2008 年推出的 SMD602，它们都是晶闸管型 LED 开路保护器。

NUD4700 的工作原理

NUD4700 是一种两端器件，其外形如图 3 所示，A 端为阳极，C 端为阴极。其内部结构如图 2 的下图所示，它由控制电路及单向晶闸管组成。

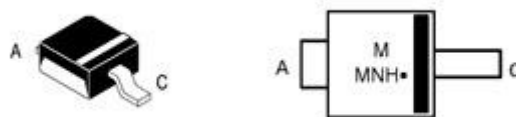


图 3 NUD4700 外形

NUD4700 的典型应用电路如图 4 所示。这是一个交流供电，往 AC/DC 转换器输出直流电压，再由 NUD4701 恒流 LED 驱动器驱动 5 个串联的 1W 大功率 LED 的电路。NUD4700 与 LED 并联连接在一起。在 LED 未开路时，由于 LED 的正向降压 V_F 小于晶闸管的“开启”电压 $V(BR)$ ，则 NUD4700 为“关闭状态”。在关闭状态时，只有小于 $250\mu A$ 的漏电电流经过 NUD4700，相当于 NUD4700“开路”，不影响 LED 的工作。若串联的 LED 中有一个（如 LED2）因损坏而开路了，此时与 LED2 并联的 NUD4700 的 A、C 之间电压超过了“启动”电压 $V(BR)$ ($5.5\sim 7.5V$)，NUD4700 启动，由关闭状态转为“导通状态”。在导通状态时，A、C 之间导通电压 V_T 为 $1.0\sim 1.2V$ 。此时，LED 的电流由 LED1 流经 NUD4700 的 A、C，再流入 LED3，如图 5 所示。5 个 LED 的灯仅有 4 个 LED 工作，其亮度稍差一些，但仍可以正常工作，并且不影响其恒流的大小。

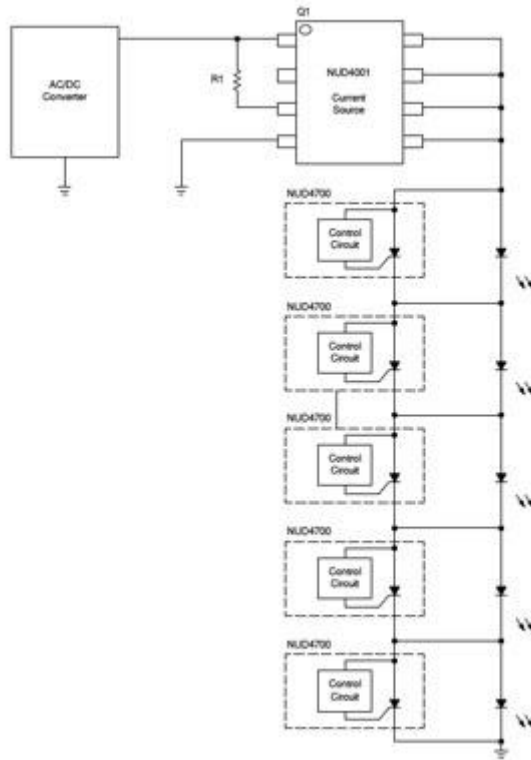


图 4 NUD4700 应用电路

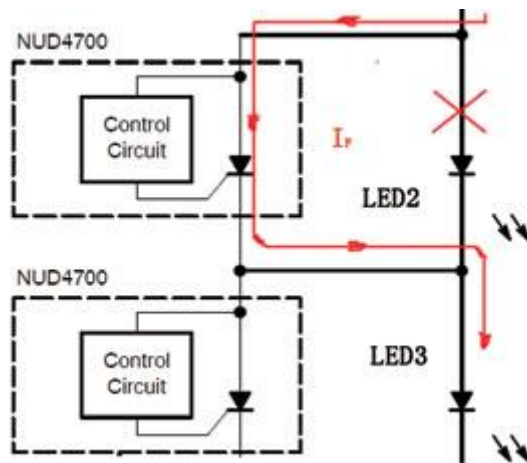


图 5 NUD4700 工作原理

从上面的分析可知：在 LED 正常时，器件不起作用（相当开路）；在 LED 损坏开路时，它起作用（相当通路），使 LED 的电路能形成通路而工作。

- **NUD4700 的主要参数**

- NUD4700 的主要参数：峰值重复关闭状态时电压为 $-0.3 \sim +10\text{V}$ ；关闭状态时的漏电流 I_{LEAK} 为 $100 \sim 250\mu\text{A}$ ；启动电压（也称为“击穿电压”Breakdown Voltage） $V(BR)$ 为 $5.5 \sim 7.5\text{V}$ ；保持电流 I_H 为 $6 \sim 12\text{mA}$ ；闭锁电流（latching Current） I_L 为 $35 \sim 70\text{mA}$ ；导通状态电压 V_T 为 $1 \sim 1.2\text{V}$ ；导通状态时的平均电流 $I_T(AVG)$ 为 $0.376 \sim 1.3\text{A}$ （电流大小与焊

盘面积有关：在焊盘面积为 25.4mm×25.4mm 时，散热条件好，IT 可达 1.3A）；该器件为贴片式 2mm×2.1mm 封装（高度为 1mm）；工作温度范围为-40~+85℃。

典型工作波形

NUD4700 的典型工作波形如图 6 所示。图 6 中，绿色是 LED 电流波形，棕色是 NUD4700 关闭状态转换到导通状态的波形。椭圆内是 LED 开路瞬间波形，此时，LED 电流 I_F 经一些波动后恢复到原来电流；与此同时，NUD4700 由关闭状态转换到导通状态，其电压由 V_F 下降到 1~1.2V，其响应时间是很快的（ dv/dt 最小值为 250V/ μs ）。

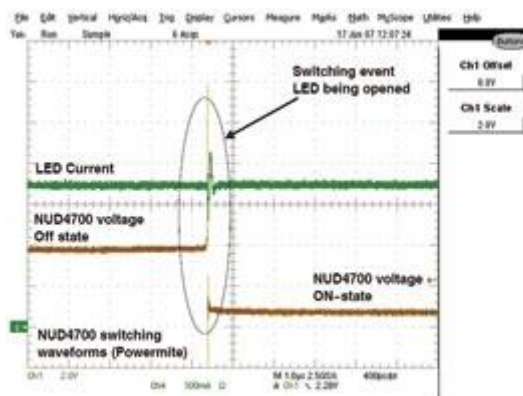


图 6 NUD4700 工作波形图

SMD602 的结构与工作原理

SMD602 的内部结构如图 7 所示，它的基本结构与 NUD4700 相同，但增加了一个反接的二极管，可在 LED 串极性接反时提供一个电流通路，由于二极管的正向压降为 1.1~1.5V，其可保护 LED 免受反压击穿（一般 LED 反压击穿电压为 5V）。

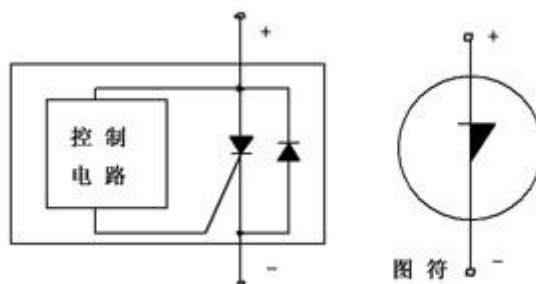


图 7 SMD602 内部结构

SMD602 的工作原理与 NUD4700 完全相同。它的正极与 LED 的阳极连接，负极与 LED 的阴极连接，如图 8 所示。在 LED 没有开路时，SMD602 都为关闭状态，其漏电流为 100 μA （典型值）。图中橘黄色线为 LED 电流 I_{LED} 。

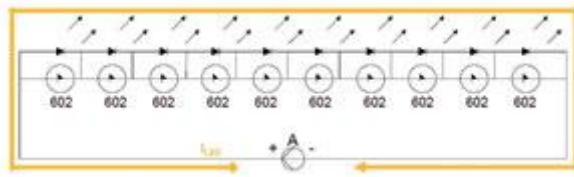


图 8 SMD602 工作在 LED 导通状态下

若在串联的 LED 中有一个开路，如图 9 所示，则与此并联的 SMD602 的正、负极之间电压大于其开启电压 4.65~5.25V，此器件由关闭状态转换为导通状态，降压为 1~1.2V。LED 电流经 SMD602 内部的晶闸管后流到下一个 LED，保证其他未开路的 LED 正常工作。图中用红线 X 表示此 LED 开路。

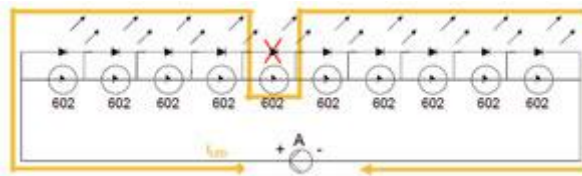


图 9 SMD602 工作在 LED 开路状态下

若 LED 串与驱动器连接时极性接反，则有可能 LED 受反压过大而损坏。由于 SMD602 内部有反接二极管，在 LED 串极性接反时，其内部的二极管极性是正确的，则 LED 的电流经 SMD 内部的二极管形成回路，LED 得到保护，如图 10 所示。

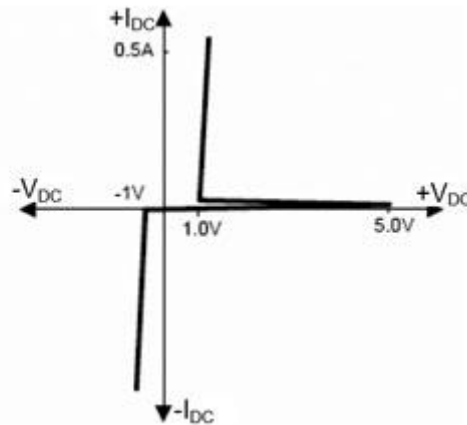


图 10 SMD602 工作在 LED 反接状态下

- **SMD602 主要参数与特性**

SMD602 的主要参数: 输入电压 VDC 最大值为 38V; 导通状态时最大电流 IBP=500mA; 反向电流 IR 最大值为 500mA; 启动电压 V(BR) 为 4.65~5.25V, 导通状态时压降 VT 为 1~1.2V; 在 LED 极性反接时, 其压差为 1.1~1.5V; 在关闭状态时漏电流为 100~150μA; 维持电流 IH 最大值为 20mA, 工作温度范围-40~+85℃。

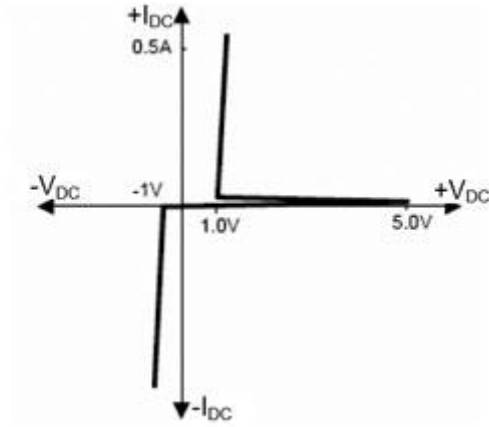


图 11 SMD602 的特性

SMD602 有两种封装：2mm×2mm FBP 封装及 3 引脚 SOT-89 封装，其引脚排列如图 12 所示。

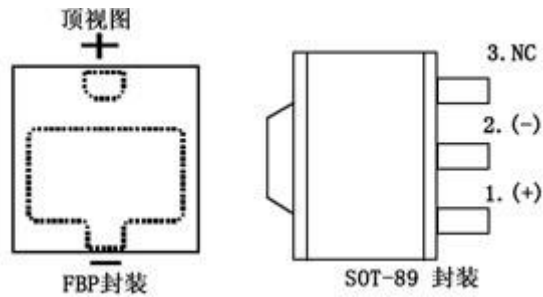


图 12 SMD602 的引脚排列

结束语

以上介绍的两种 LED 开路保护器适用于 1W 大功率 LED，其 I_{LED} 电流为 350mA。它们可以与 LED 一起安装在六角形的铝基板上。