



Monet Xu, Wu Yang

## 摘要

目前，矩阵 LED 显示屏的分辨率和像素密度越来越高，LED 显示屏面临着会对显示性能造成影响的若干项挑战。本应用手册汇总了窄像素间距 (NPP) 矩阵 LED 显示屏的常见问题，并相应地解释了根本原因。

## 内容

1 引言.....	2
2 NPP 矩阵 LED 面板中的常见问题.....	2
2.1 重影.....	2
2.2 低灰度不均匀.....	4
2.3 耦合.....	5
2.4 毛毛虫现象.....	7
2.5 低灰度色移.....	9
2.6 灰度梯度不连续问题.....	9
2.7 第一条扫描线变暗.....	10
3 总结.....	11
4 参考文献.....	12

## 插图清单

图 2-1. 上重影.....	2
图 2-2. 下重影.....	2
图 2-3. 上重影 - 1.....	3
图 2-4. 上重影 - 2.....	3
图 2-5. 下重影 - 1.....	4
图 2-6. 下重影 - 2.....	4
图 2-7. 低灰度不均匀.....	5
图 2-8. 亮度更大的耦合 - 1.....	6
图 2-9. 亮度更大的耦合 - 2.....	6
图 2-10. 亮度更暗的耦合.....	6
图 2-11. LOD 毛毛虫问题.....	7
图 2-12. LSD 毛毛虫问题.....	8
图 2-13. 低灰度色移.....	9
图 2-14. 灰度梯度不连续问题.....	9
图 2-15. 第一条线变暗问题.....	10

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

随着窄像素间距 (NPP) LED 显示屏或 Mini/Micro-LED 产品的像素密度越来越高，显示性能逐渐成为一项关键挑战。在窄像素间距矩阵 LED 显示屏中，常见问题包括重影、低灰度不均匀、黑色/低亮度/高亮度之间耦合、LED 开路或短路引起的毛毛虫现象以及第一条扫描线变暗等，这些都会对显示性能产生很大影响。本应用手册介绍了有关这些问题的详细信息，并根据共阴极矩阵 LED 显示屏解释了相应的根本原因。

## 2 NPP 矩阵 LED 面板中的常见问题

### 2.1 重影

重影是 NPP LED 显示屏应用中的一个常见问题。重影是指某些 LED 在不需要被点亮时而亮起的现象。使用左/右斜线网格测试模式时，重影效果会更加明显。通常，有上重影和下重影两种重影形式，如图 2-1 和图 2-2 所示。

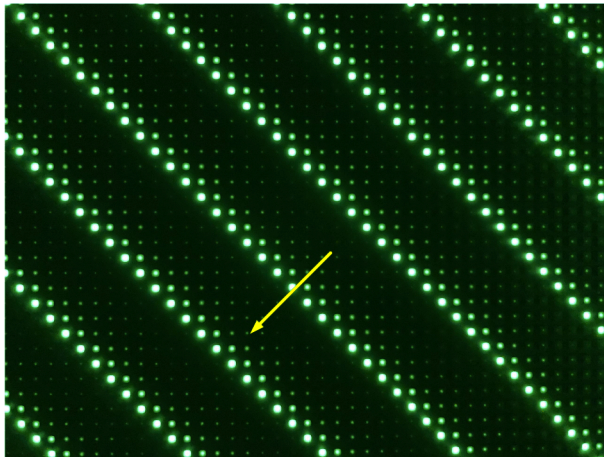


图 2-1. 上重影

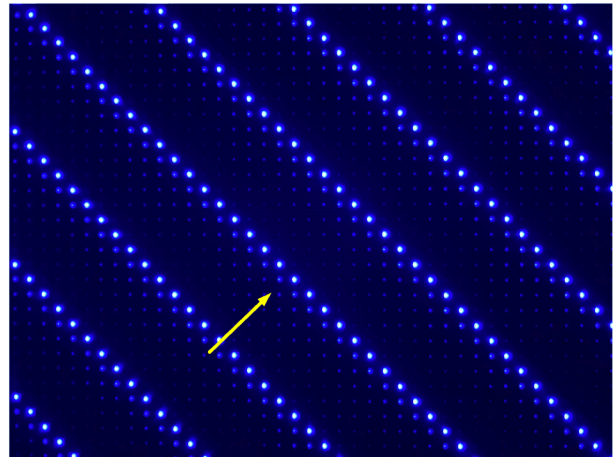
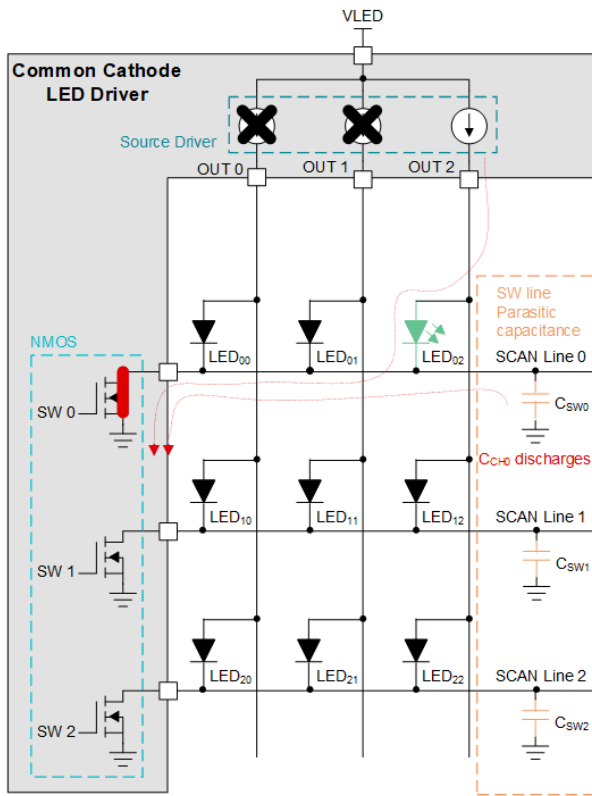


图 2-2. 下重影

发生上重影的主要原因是， $SW_n$  上的寄生电容在扫描线转换时累积了电荷而通过 LED 充电，从而使 LED 在不需要被点亮时而亮起。

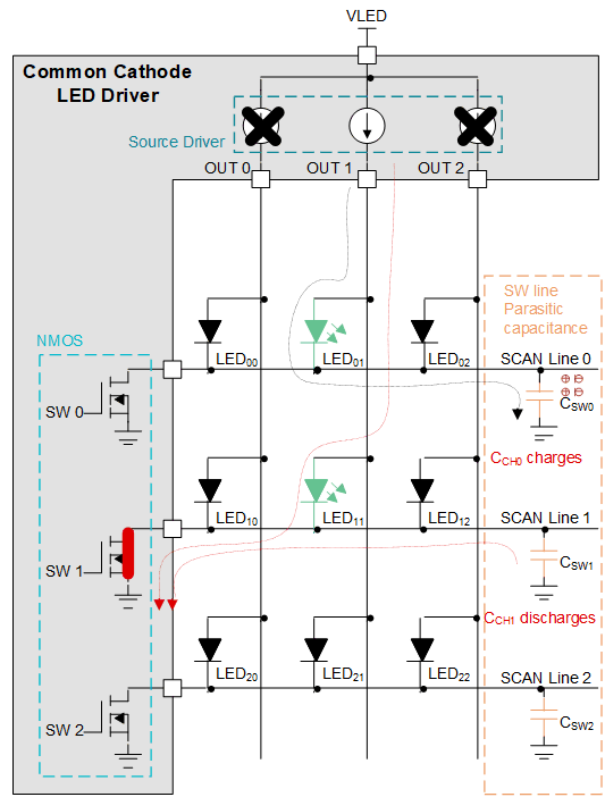
图 2-3 和图 2-4 展示了一个上重影示例。在  $SW_0$  开通期间，通道 2 输出电流， $LED_{02}$  亮起。在线路开关后， $SW_1$  开通，通道 1 输出电流， $LED_{11}$  亮起。同时， $SW_0$  扫描线路电压仍保持低电平，当  $SW_1$  扫描线完全开通时，通道 1 电流可能会通过  $LED_{01}$  流向上一扫描线，导致  $LED_{01}$  意外亮起。



P1: SW0 ON, LED<sub>02</sub> light up.

Lighted LED

图 2-3. 上重影 - 1

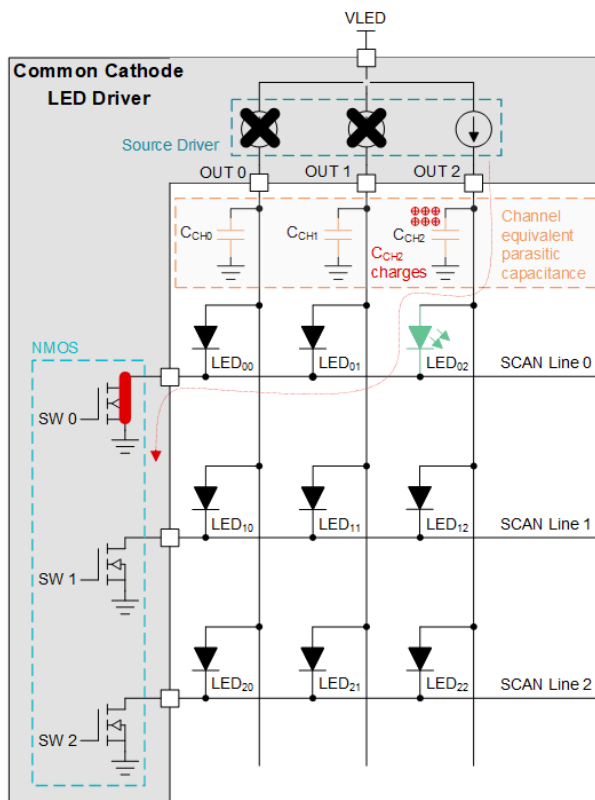


P2: SW1 ON, LED<sub>11</sub> light up, LED<sub>11</sub> slightly light up.

图 2-4. 上重影 - 2

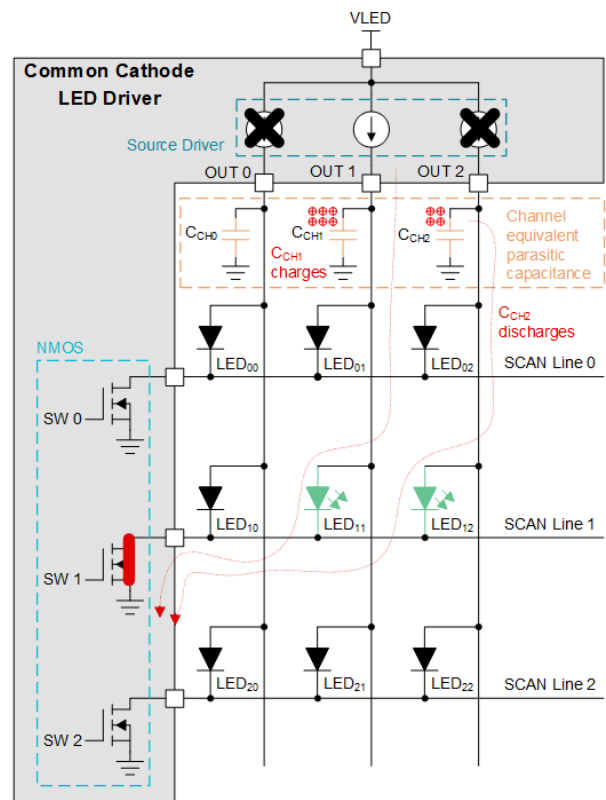
出现下重影的主要原因是，OUT<sub>n</sub> 上的寄生电容在扫描线转换时累积了电荷而通过 LED 放电，从而使 LED 在不需要被点亮时而亮起。

图 2-5 和图 2-6 展示了下重影的产生过程。在 SW<sub>0</sub> 开通期间，通道 2 输出电流，LED<sub>02</sub> 亮起。在线路开关后，SW<sub>1</sub> 开通，通道 1 输出电流，LED<sub>11</sub> 亮起。同时，LED<sub>12</sub> 略微亮起，这便是下重影问题。这是因为，当线路开关从 SW<sub>0</sub> 转换至 SW<sub>1</sub> 时，OUT<sub>2</sub> 寄生电容中累积的电荷会释放。



P1: SW0 ON, LED<sub>02</sub> light up.

图 2-5. 下重影 - 1



P2: SW1 ON, LED<sub>11</sub> light up, LED<sub>11</sub> slightly light up.

图 2-6. 下重影 - 2

## 2.2 低灰度不均匀

目前，窄像素间距 (NPP) LED 显示屏或 Mini/Micro-LED 产品通常用于室内应用，尤其是新兴的 LED 墙、微型电视、小型 VIP 影院。这些应用需要 LED 屏幕能够实现专为黑暗环境设计的超低亮度。

由于人眼在超低亮度下非常敏感，因此会发现 LED 上的微小亮度差异，因此，从 LED 驱动器的角度，通道间和器件间的低电流精度将导致显示柱或矩阵出现低灰度不均匀。此外，当开通脉冲变小时，瞬态精度会成为另一个关键问题。瞬态电流差主要是由 LED 的正向电压、寄生电容等偏差引起的。

图 2-7 展示了 NPP LED 显示屏的低灰度不均匀。

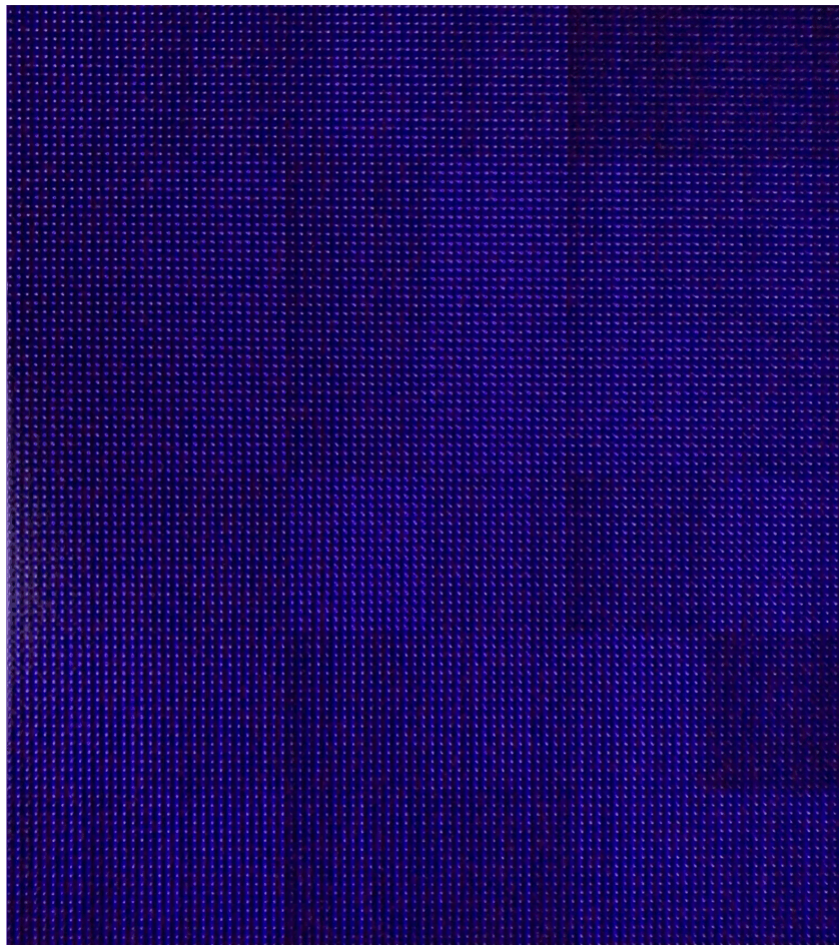


图 2-7. 低灰度不均匀

### 2.3 耦合

对于显示性能而言，耦合是其中一项关键的挑战。由于产生原因不同，它包括许多类型。本主题将介绍两种最常见类型的耦合问题。

如上所述，由于人眼在超低亮度下非常敏感，因此会发现微小的像素亮度差和色温差，特别是在基于时分多路复用驱动技术和一体式技术的应用中。鉴于 LED、PCB 等具有寄生电容，如果连接到相同线路的通道不同时开通或关闭，则会相互影响。

图 2-8 展示了一种亮度更大的耦合类型，黑色区域 A 与区域 B 发生亮度耦合。图 2-9 展示了另一种亮度更大的耦合类型，区域 D 中明亮的水平网格线与区域 C 中的对应线耦合，从而比其他线路（如区域 E）更亮。



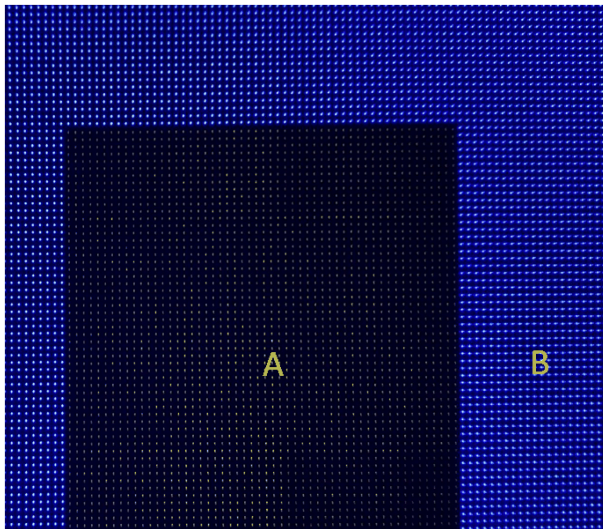


图 2-8. 亮度更大的耦合 - 1

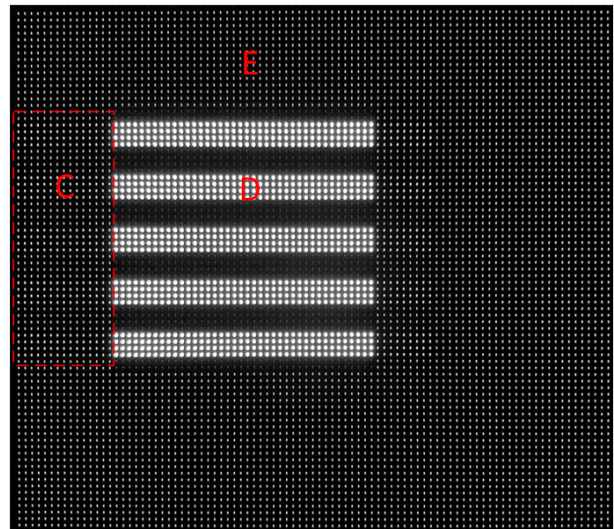


图 2-9. 亮度更大的耦合 - 2

图 2-10 展示了亮度更暗的耦合，暗区 A 与区域 B 耦合，从而比其他线路（如区域 C）更暗。

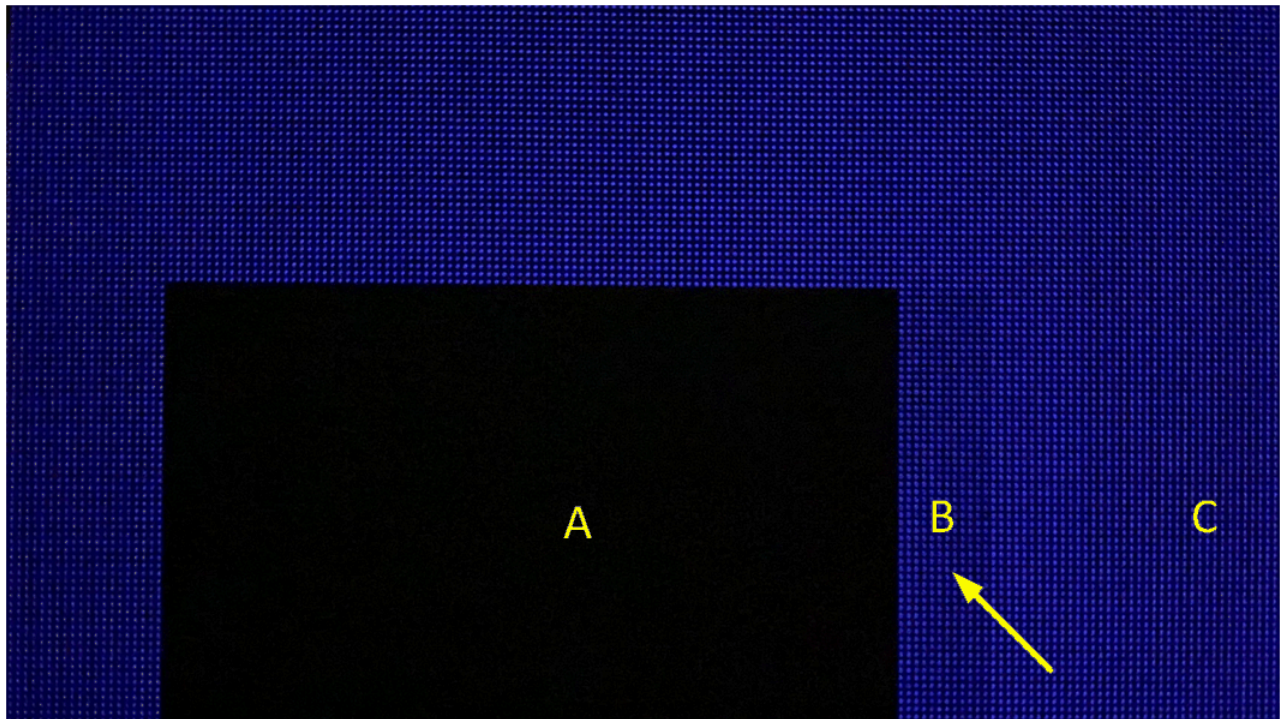


图 2-10. 亮度更暗的耦合

## 2.4 毛毛虫现象

图 2-11 展示了 LOD 毛毛虫问题，其中假设 LED<sub>11</sub> 开路，当扫描 line0 且 OUT1 开通时，由于电流源路径断开，OUT1 电压将被迫接近 VLED。但是，如果 VOUT1 和 Vline 之间的差值大于 LED 正向电压，则会导致连接到 OUT1 通道的所有 LED 不必要地亮起。

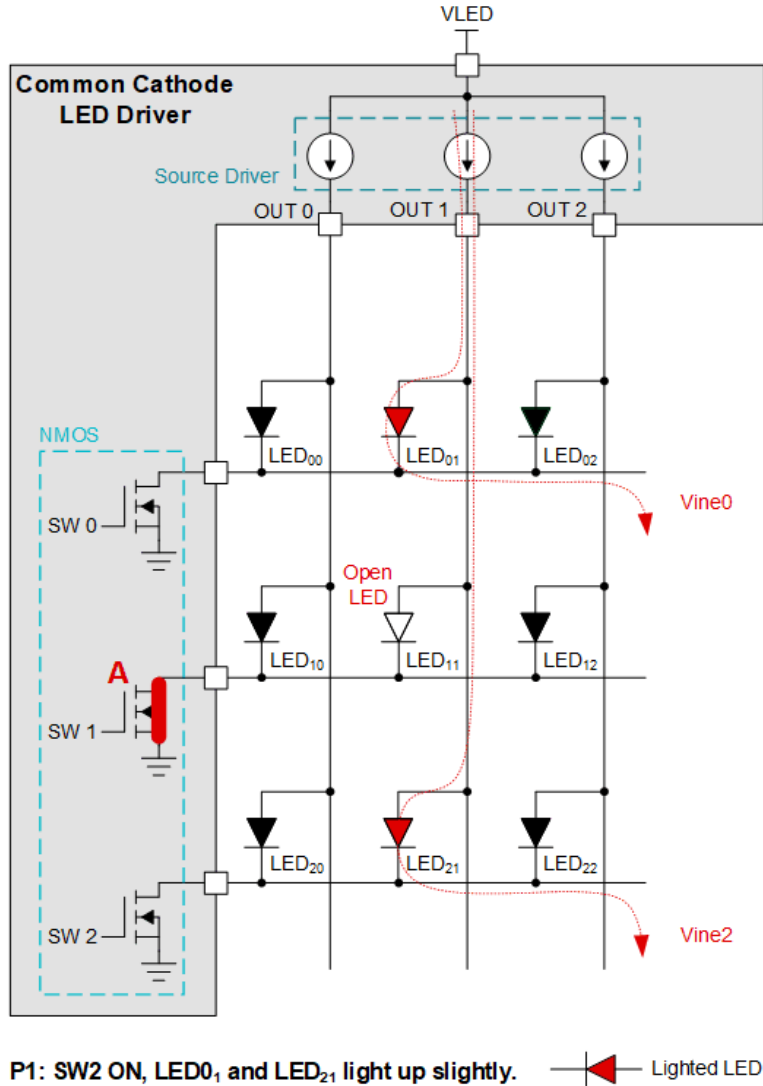
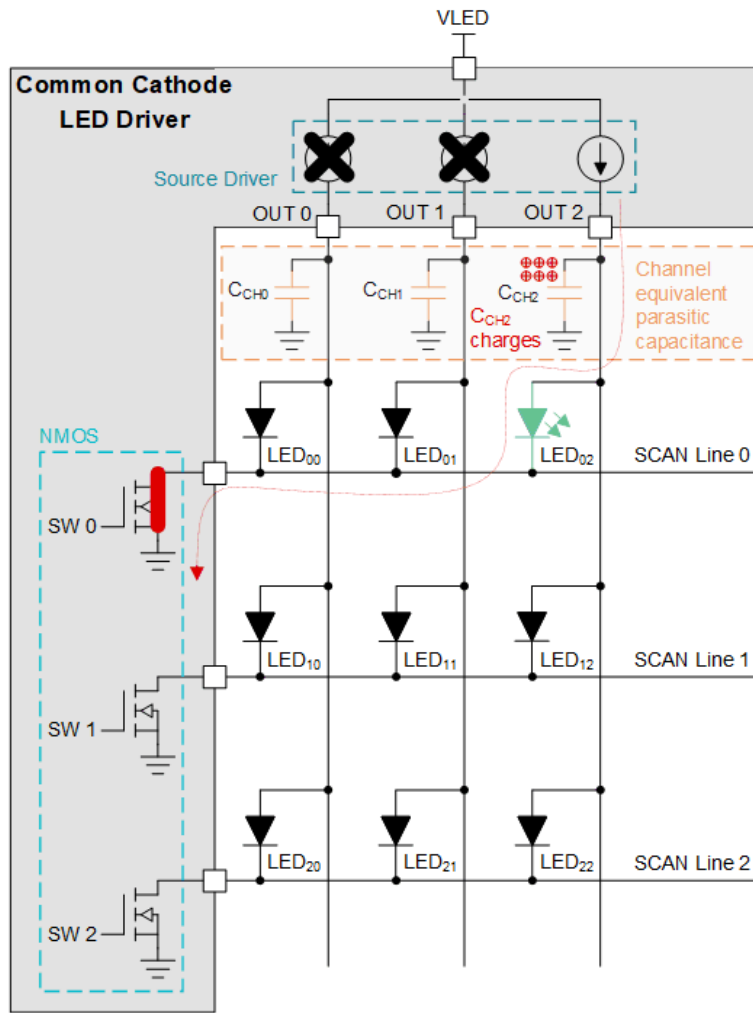


图 2-11. LOD 毛毛虫问题

图 2-12 展示了 LSD 毛毛虫问题，其中假设 LED<sub>11</sub> 短路，当扫描 line2 且 OUT1 关断时，由于 LED<sub>01</sub> 路径短路，OUT1 电压与 line0 扫描电压相同，此时有一条从 line1 通过 LED11 和 SW2 到 GND 的电流路径，使 LED<sub>21</sub> 不必要地亮起。



P1: SW0 ON, LED<sub>02</sub> light up.

图 2-12. LSD 毛毛虫问题



## 2.5 低灰度色移

白平衡对显示屏的色调有很大影响，因此在相同配置、不同亮度下保持相同的白平衡非常重要。图 2-13 展示了在超低亮度下轻松捕获的色移。不同颜色的灯之间的寄生电容差异是造成色移的主要原因。通常，蓝色 LED 的寄生电容比红色 LED 大得多。

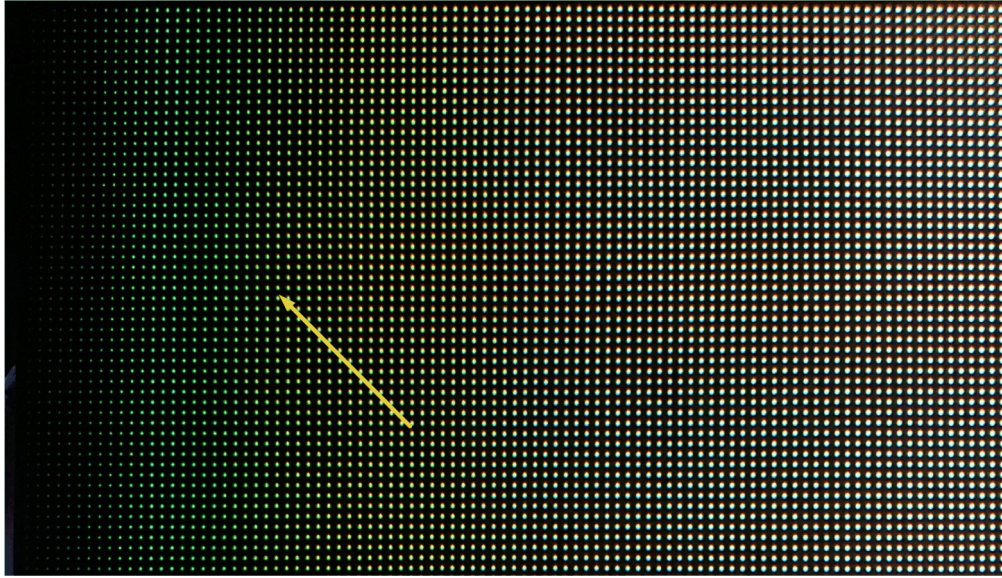


图 2-13. 低灰度色移

## 2.6 灰度梯度不连续问题

梯度平滑性对显示性能有很大影响，尤其是在低亮度条件下。梯度平滑性决定了动画的生动性和流畅性。产生灰度梯度不连续的主要原因与低灰度不均匀的原因相似。图 2-14 展示了低亮度下的蓝色灰度梯度不连续问题。

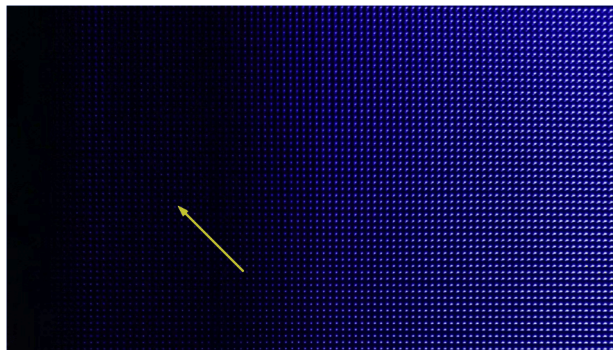


图 2-14. 灰度梯度不连续问题

## 2.7 第一条扫描线变暗

图 2-15 展示了第一条扫描线变暗问题。在超低照度下，每个可堆叠 LED 矩阵的第一条线路将比其他线路更暗。未导通线路的电压将随着  $OUT_x$  的开通而强制悬空。由于第一条线路的起始电压不确定（可能高于或低于其他线路），导致每个多路复用的第一条线路都比其他线路更暗。



图 2-15. 第一条线变暗问题

### 3 总结

本应用手册介绍了窄像素间距 (NPP) LED 显示屏或 Mini/Micro-LED 产品中的七大关键挑战。

#### 4 参考文献

- 德州仪器 (TI), [TLC6984 48 x 16 共阴极矩阵 LED 显示驱动器评估模块](#)。
- 德州仪器 (TI), [TLC6983 48 x 16 共阴极矩阵 LED 显示驱动器评估模块](#)。



## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司