

## 汽車照明

# LED 矩陣管理器赋能高密度汽車智慧安全前照燈系統

LED 矩陣管理器為原始設備製造商 (OEM) 提供先進的前照燈系統，以增強安全性並塑造品牌差異性。該系統提供無縫整合、高性能和安全特性，並有效降低了電磁干擾 (EMI)，其中還內建了對數淡入 / 淡出功能，並具有低  $R_{DS(ON)}$  和擺率控制，確保系統以卓越狀態運行。本文所討論的，便是如何利用 LED 矩陣管理器提升汽車前照燈系統設計的智慧化水平。

■作者：Jason Bai / ADI 應用工程師

## 簡介

得益於人們對安全性以及專業品牌形象的追求，智慧前照燈系統的普及率不斷提高。此類系統的年成長率為 8.3%<sup>1</sup>，其無眩光遠光燈、LED 和矩陣照明等特性共同構成了自適性駕駛光束 (ADB) 系統。ADB 系統消除了對向駕駛瞬間致盲的風險。為了進一步提高駕駛的安全性和舒適度，汽車 OEM 紛紛額外引入轉向燈和動態曲線燈等自適性照明功能 (AFS)。

LED 矩陣管理器可以高效管理矩陣和像素照明的電流，發揮著非常重要的作用。該元件通常使用 6 到 12 個整合開關控制 LED 電壓 (高達 65 V)，進而可簡化設計並節省時間。其整合的 MOSFET 額定電壓在 5 V 至 14 V 之間，具有低導通電阻  $R_{DS(ON)}$ ，能夠處理高達 2 A 的 LED 電流。

此外，LED 矩陣管理器提供性能卓越的優化脈衝寬度調變 (PWM) 調光設定。這包括 PWM 調光狀態之間的平滑轉換，以及用於 PWM 調光的內部或外部時脈控制選項。

基於 LED 矩陣管理器調光性能的快速進步，使得安全性大幅提升，並且也提升了駕駛體驗，並增強了品牌辨識度。

## LED 前照燈的優點

目前，汽車的前照燈主要採用鹵素燈、氙燈或 LED 燈。氙燈曾經常見於高階車款，但現在 LED 燈越來越受歡迎，並可望迅速成為較普遍的選擇。

表 1 總結了上述燈型的區別。LED 燈比鹵素燈亮，但不如氙燈亮。氙燈在夜晚可能過於刺眼。通常，鹵素燈僅使用 20% 的功率來發光，而 LED 燈可使用 80% 的功率<sup>2</sup>。儘管

表 1: 鹵素燈、氙燈和 LED 燈對比

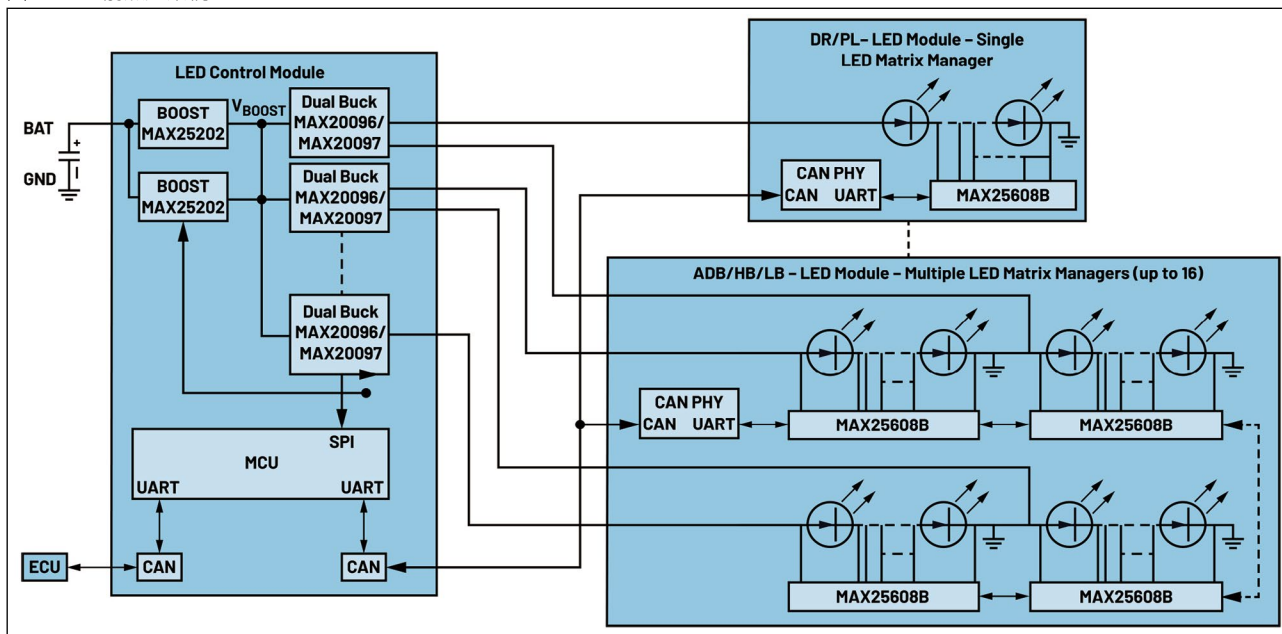
	鹵素燈	氙燈	LED 燈
亮度	低	高	中
能源效率	低	中	高
壽命	短	中	非常長
尺寸	大	大	小
價格	低	中	高

LED 燈的初始成本較高，但其使用壽命較長、能源效率較高，從長遠來看可以節省成本。另外，LED 燈因為尺寸更小，因此可為汽車製造商設計前照燈時提供更高的彈性。

## LED 外部前照燈系統概述

如圖 1 所示，前照燈系統包括微控制器、電壓源、電流源和 LED 燈。微控制器，也是 LED 模組 (LM)，位於燈的外部，一般被稱為 LED 控制模組 (LCM)。LCM 通常採用 CAN 匯流排進行通訊並監控

圖 1: LED 前照燈系統



LM 的狀態，比如動畫效果和亮度等。在 LCM 內部，LED 驅動器通常採用降壓 - 升壓拓撲結構，以便支援不同的 LM 配置，例如單個 LM 有 6 個或 12 個 LED。在圖 1 中，LCM 內的 LED 驅動器同時包含電壓源和電流源。一般而言，電壓源會將電池電壓調整到較高水準（由 LED 的數量決定），而電流源則向 LM 提供一致的電流並降低升高的電壓。

汽車外部前照明系統具有多種照明功能，包括近光燈 (LB)、遠光燈 (HB)、日間行車燈 (DRL)、前位燈 (PL) 和轉向指示燈。根據具體的照明功能，LM 設定了不同數量和顏色的 LED。這表示 LCM 必須提供適當的電流源來調節亮度。為了節省成本，製造商可能會將兩

個或更多照明功能整合到單個 LM 中，例如將日間行車燈和前位元燈組合在一起。

LED 矩陣管理器 (如 MAX25608) 用於控制各個 LED，實現不同的調光場景，例如迎賓和轉向指示等。LED 矩陣管理器由多個開關組成，這些開關可以獨立編程以繞過燈帶中每個開關上的 LED。每個開關可以完全接通、完全斷開，或使用 / 不使用漸變轉換模式進行調光。調光頻率由內部振盪器設定，或設定為外部時脈源。

### 智慧照明功能：ADB

ADB 系統是一種智慧 HB 控制系統，可以根據駕駛情況自我調整光束模式。高亮度的遠光燈可能會分散駕駛者和行

人的注意力。ADB 系統的自適性能力可以自動關閉明亮的燈光或部分光束，避免使駕駛者和行人感到炫目。根據不同的前照燈解析度要求，ADB 系統的 LM 可由四個或更多 LED 矩陣管理器組成，以控制四個或更多 LED 區域。使用 LED 矩陣管理器可以輕鬆實現 ADB 系統，而且 ADB 系統中的 LED 可以單獨調光。

### LED 矩陣管理器的故障檢測與保護

檢測 LED 是否開路或短路對於安全十分重要。具有安全功能的系統可減輕潛在故障的影響。檢查前照燈系統中的 LED 是否開路或短路，有助於發現任何可能發生的問題。LED 矩

圖 2: LED 故障檢測

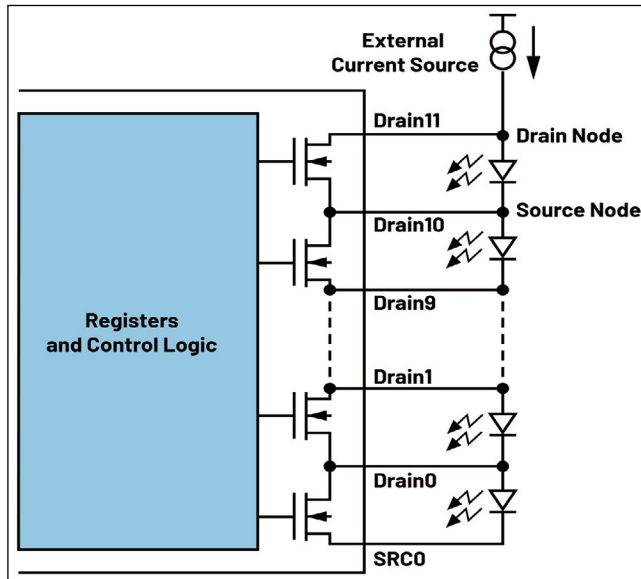


圖 3: MAX25608 LED 開路檢測 (通道 2 : 漏極電壓; 通道 3 : FLTb; 通道 4 : LED 電流)

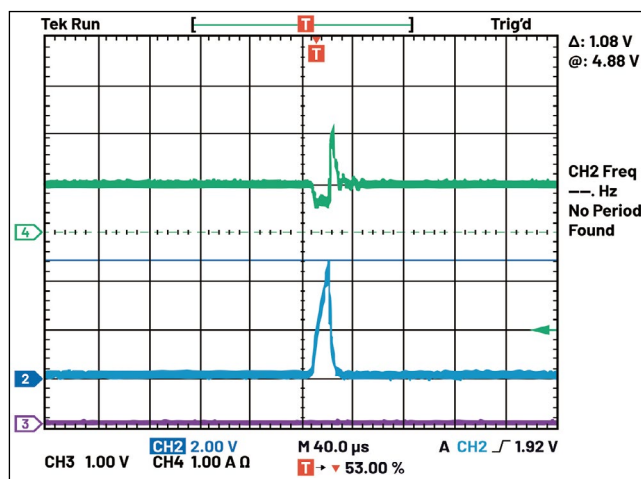
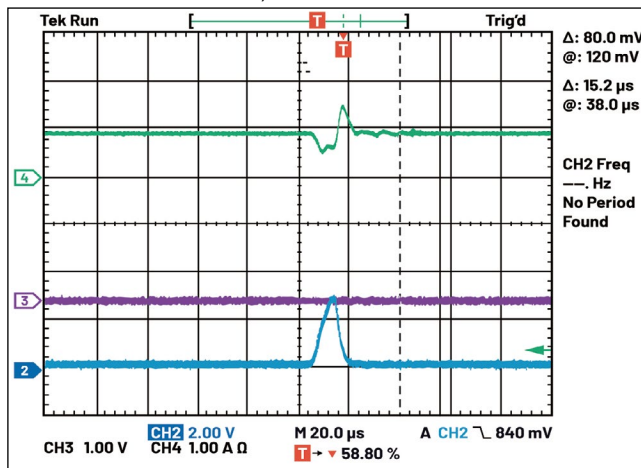


圖 4: MAX25608 LED 短路檢測 (通道 2 : 漏極電壓; 通道 3 : FLTb; 通道 4 : LED 電流)



陣管理器內建短路和開路保護功能。

MAX25608 可追蹤任何與開路或短路相關的故障。當個別 LED 開關漏極節點 (圖 2) 和開關源極節點之間的電壓超過開路閾值時, 就會觸發 LED 開路

故障, 狀態暫存器會報告此故障。如圖 3 所示, 開路閾值設定為 4.66 V, 而開關上的電壓為 4.88 V, 進而觸發了 LED 開路故障。當開關漏極節點和開關源極節點之間的電壓低於開路情況的

短路閾值時, 會觸發 LED 短路故障, 狀態暫存器也會報告此故障。圖 4 提供了一個示例, 短路閾

值設定為 1.4 V, 而開關上的電壓為 2.4 V, 進而觸發了 LED 短路故障。

## 安全 UART 通訊協議

ADI MAX25608 可在微控制器和多達 16 個 MAX25608 元件之間提供多點通用非同步接收器-變送器 (UART) 通訊。寫入和讀取命令示例如圖 5 和圖 6 所示。為了確保資料安全, 可使用數據封包上的 3 位元迴圈冗餘校驗 (CRC) 來保護讀 / 寫事務。如果微控制器發送的數據封包 CRC 不正確, 則 MAX25608 將不應答並放棄此次通訊。

如果發生通訊丟失, MAX25608 的 UART 看門狗特性會將開關設定為預配置狀態。當微控制器通訊線路處於非活動狀態的時間超過設定的時間時, 故障指示燈將亮起; 如果啓用了 UART 看門狗, 則 LED 進入預配置狀態。如圖 7 所示, UART 看門狗計時器設定為 500 ms。當 UART 接收器訊號處於非活動狀態 480 ms 後, LED 將關閉, 因為預配置狀態為關閉。

## LED 矩陣管理器的性能

ADI MAX25608 提供卓越的整合度、高性能和安全性、彈性以及 EMI 抑制功能, 例如:

■高整合度：提供內建對數淡入 / 淡出功能，簡化 LED 編程並降低系統匯流排負擔。

■高性能和安全性：具有先進

的故障保護和管理功能，可檢測 LED 開路、短路和佈線開路。R<sub>DS(ON)</sub> 低，安全地提供高 LED 電流。

■彈性：支援多個 IC 來管理大量 LED 像素；設計人員可以配置 LED 燈組，例如 1 串 ×12 串聯開關和 2 串 ×6 串聯開關。

■EMI 抑制：擺率控制可降低 EMI 和雜訊。

我們可以輕鬆評估熱性能和 EMI 性能等性能指標。如圖 8 所示，矩陣管理器由 MAX25601 升壓 - 降壓 LED 驅動器驅動，矩陣管理器上的所有開關均閉合，為 12 個 LED 提供 1.5 A 輸出。在室溫環境下僅擷取到 30.4°C 的溫升。

在 1 A 輸出至 12 個 LED 的相同測試環境下，由於 MAX25608 的專有電荷泵設計，EMI 結果未顯示出尖峰，如圖 9 所示。

MAX25608 由 MAX25600H 橋 LED 驅動器驅動，每個通道有兩個 LED。我們為 MAX25600 增加了一個 4.7

圖 5: 寫入命令的示例



圖 6: 讀取命令的示例

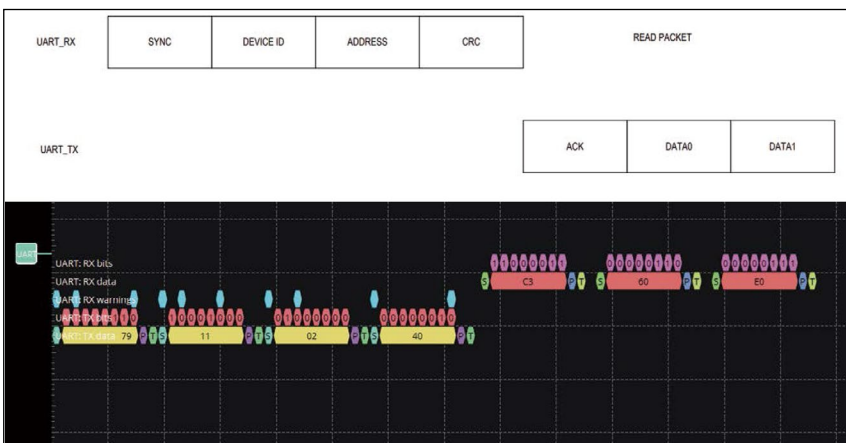


圖 7: MAX25608 UART 看門狗功能 (通道 1: UART 接收器; 通道 2: 漏極電壓; 通道 3: FLTb; 通道 4: LED 電流)

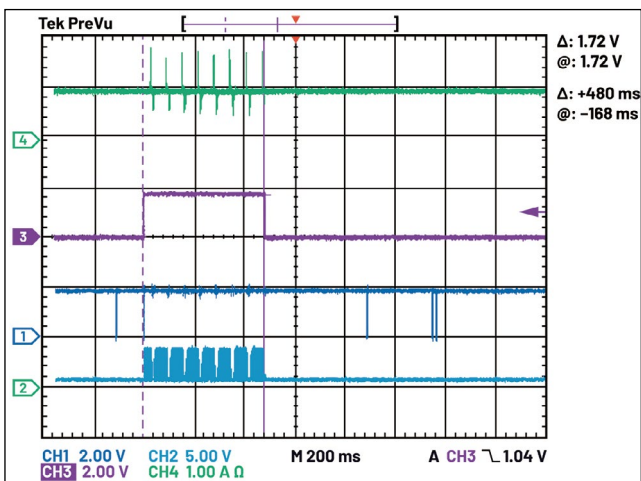


圖 8: 1.5 A 條件下熱像儀擷取的 MAX25608 熱圖像

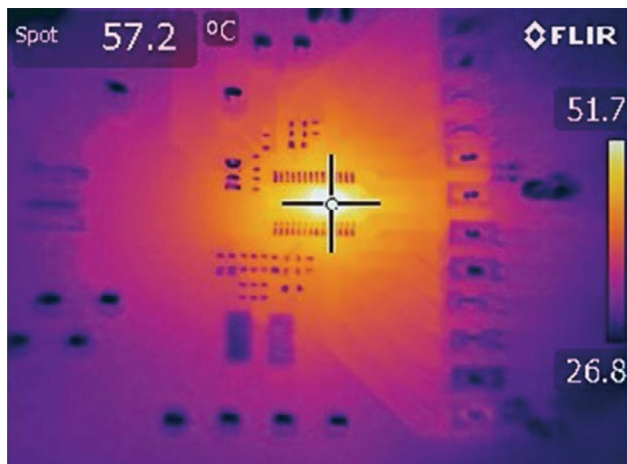




圖 9: MAX25608 的傳導 EMI

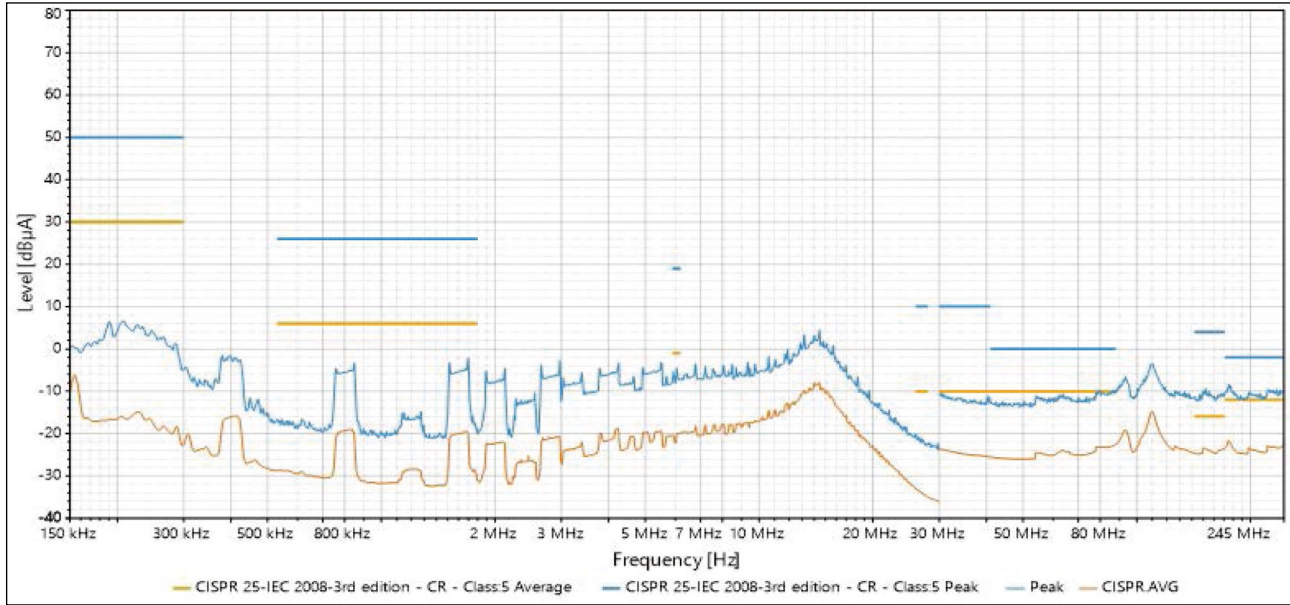
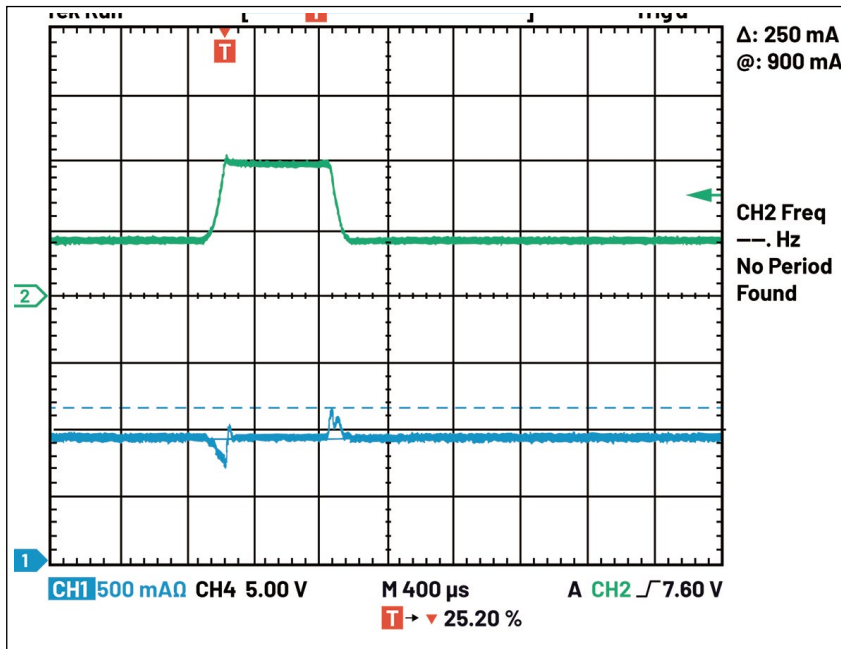


圖 10: 調光期間電流尖峰



$\mu\text{F}$  輸出電容和一個濾波器 ( $1 \mu\text{H} + 0.1 \mu\text{F}$ )。調光時的電流尖峰測量如圖 10 所示。

### 結論

隨著汽車電氣化和智慧化

趨勢的快速發展，照明系統已成為現在和未來汽車設計中越來越重要的功能。照明系統必須彈性、高效、可靠，而且能創造出更具個性化和藝術化的燈光效果。ADB 和 AFS 被視

為先進的安全特性。在這些設計中，需要一個精準、高效、可靠的 LED 管理器來管理 LED 矩陣。

### 參考文獻

- Sejal Akre, 「汽車智慧照明系統市場研究報告，資訊按技術 (氙燈、LED 燈、鹵素燈)、照明類型 (智能氛圍照明、自適應前大燈)、車輛類型 (乘用車、商用車) 和地區 (亞太、北美、歐洲和世界其他地區) 劃分——至 2032 年的市場預測」, Market Research Future, 2024 年 3 月。
- 「LED 與 鹵素 燈泡」, DISPLAYS2GO, 2023 年 8 月。CTA