



Automated LED Testing and Control

LED 測試與控制的自動化

作者 (David Johnson, Cypress Semiconductor Corp.)

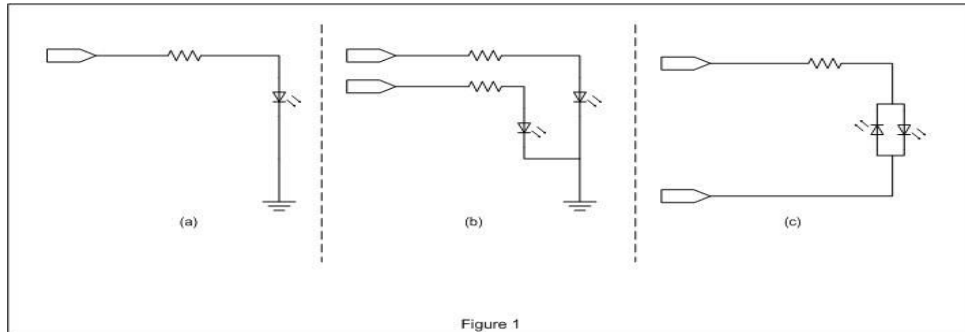
Executive Summary

Light Emitting Diodes (LEDs) are used in most applications. The problem is that unlike most modern ICs there is not a simple way to test in manufacturing that they have been assembled properly. The majority of system manufacturers test LEDs by visual inspection. This is highly prone to error since it is entirely dependent on the individual operator to detect the failure in a highly repetitive environment. These primary failures manifest as opens or shorts and can be tested automatically through electrical measurements of the actual LED. A basic method for electrical testing will be described showing how discrete components can be used to take voltage measurements across an energized LED and then used to determine if it is electrically “good”. Basically this will take a voltage measurement across an energized LED and compare it against a “good” value to determine any problem LEDs. The primary limitation of this approach is the component count which is required to implement the design for high LED count boards. This article will illustrate how to automate testing of LEDs under multiple configurations, including an approach requiring only a single component testing multiple LEDs without requiring additional discrete elements. This provides designers with the capability to not only automate the testing of LEDs, but also test at any time simply by repeating the measurements.

發光二極體(LED)常被用於各種現代電子設計與系統中，以提供影像顯示與狀態檢視的功能。在機板日趨複雜之際，廠商紛紛尋求更多的測試功能，來檢驗每個元件。而這將會使得邊界掃描測試(Boundary Scan Test, BST)演進到加入具備完整功能的內建自我測試(Build-in Self Test, BIST)技術。業者面臨的挑戰在於至今仍有一些元件的自動測試功能有限，必須依賴人工測試或目測來偵測故障狀況。這類 LED 可製造出 1 美元成本的零組件，應用在售價達 1 萬美元的線路卡或系統中，因此，零組件品質的優劣會直接影響顧客滿意度，以及他們對整體產品品質的觀感。

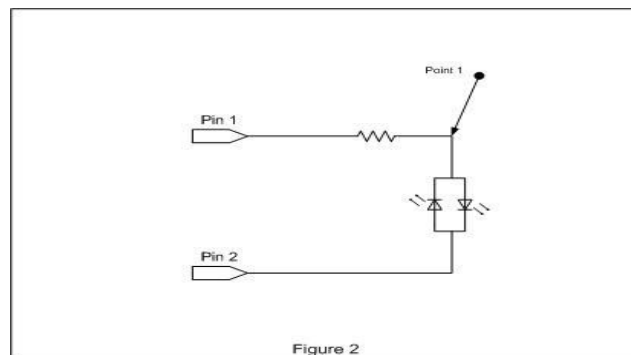
LED 的故障通常可分為兩大類。第一，當 LED 在插入前置面板顯示器或其他狹小空間時，因元件故障、電路板組裝問題、以及機械組裝破損，會造成電子開路與短路。第二種則是當鄰近 LED 在被激化至相同狀態時，其色彩與亮度會出現不一致的狀況。利用 BST 檢驗線路的連續性，就能在其他元件中找出第一種故障形態。但在獨立型 LED 中，內建 BST 功能並不是一種可行的作法，製造工程師只好以目測方式來檢驗 LED。目測的檢驗流程是由技術人員觀察 LED 狀態，之後再回報所有元件都正常無誤。這種重複性的作業容易出現人為失誤，因此檢驗更加複雜，以確保技術人員沒有分心出錯。對於測試人員與業者而言，這種測試流程都不是一種有效率、具有附加價值的方法。

圖 1



在尋找 LED 測試的替代方法之前，我們有必要檢視 LED 在正常系統運作下的運作程序。基本而言，當施加電壓讓二極體進入偏壓狀態時，LED 就會發光(如圖 1(a)所示)。由於二極體的反應屬於非線性模式，因此通常會在電路中加入一個限流電阻器，以確保不會超過驅動針腳的電流上限。一般而言，單色 LED 通常是由一個驅動器所控制，並連結至一個針腳上，另一根針腳則接地(GND)。這種設計可使得一個針腳就可以控制一個 LED。要顯示多種顏色，只要加入其他顏色的 LED，並將其輸入端連結至其他針腳即可。圖 1(b)顯示一個雙色 LED 組態，使用一個共同的接地端，並連結不同的驅動器。在同一空間內結合兩個或更多不同顏色 LED 會發生的其況之一便是若兩個 LED 同時被激化，其所呈現的混色則取決於兩個 LED 所顯示的顏色。另一種建置雙埠雙色 LED 的方法，則是把兩個組態過的 LED 以頭接尾的方式連結，任一方的發光狀態則取決於進入偏壓狀態的另一方 LED。若需要顯示混色，情況就變得更複雜，系統必須以更快的速度在兩種激化狀態之間進行切換，如此肉眼才不會看到切換時的閃爍，而讓混色呈現單一顏色狀態(如圖 1(c)所示)。在以下的討論中，我們將介紹這種雙色 LED，因為它代表最複雜的狀況，而且也涵蓋了其他種類的建置方法。

圖 2



觀察圖 2 中 LED 的運作，若針腳 1 與針腳 2 輸入相同的電壓(通常為 V_{cc} 或 GND)，不會有任何電流產生，而電路中所有點都會測得相同的電壓。當兩個針腳的電壓高低不同時，雙色 LED 就會產生偏壓，測量點的電壓就會成為一個 diode drop(通常為 0.7 伏特)，會高於或低於針腳 2 的電壓。若能測量到此點的電壓，LED 的狀態就能確定，也能發展出涵蓋各個 LED 的自動化測試機制；並且可藉此辨識出 LED 在

製造與測試過程中大部份的故障狀況。就最基本的層面而言，若每個 LED 連結至一個比較器，並選擇合適的設定點作為比較器的輸入來源，LED 就能進行測試流程。在這種測試中，測試器處在完全被動的狀態，因此，LED 控制器必須把 LED 放在適合的電子狀態中。此外，由於理想狀況是 LED 在各種不同的狀態下受測(受激化後顯示不同顏色或是關閉)，因此比較器的設定點最好能夠加以調整。但這需要用到更多的元件，機板研發人員也須大幅增加耗用資源。這種方法的主要缺點在於零組件數量過高，因為每個 LED 需要自己專屬的比較器，或某種形態的多工機制來提高 LED 的涵蓋率，但另一方面卻須減少零組件數量。此外，還須面臨控制所有設定點的複雜作業，以確保在適當的設定點中檢查到正確的數值。

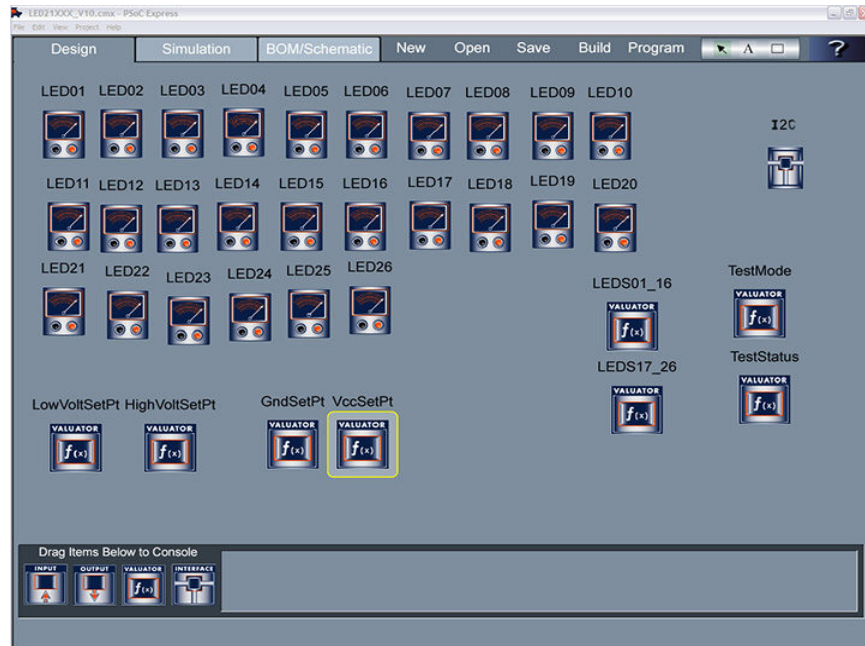
整合度略高的解決方案可使用多種 A/D 類比轉數位元件，並透過多工機制對所有測試點進行採樣，將結果匯整成處理元素的格式。這些資訊可用來研判其所測出的電壓值，對於處於測試中的現有 LED 組態而言是否合適。雖然這種方法可減少零組件數量，但仍需要多個元件來執行作業，以及處理從測試點所擷取到的資料。而整合度更高的系統，則是運用一個具備多種類比功能的微控制器。這種方式能把 A/D 採樣以及處理功能整合至單一元件。例如，Cypress CY8C24794-24LFXI 元件提供最高的整合度，能用來測量 LED 中 48 個電壓受測點，並根據處理所得資訊，以研判測試的結果。

實際的測試流程則類似其他機板測試，其中可能發生組裝(機板與機箱)錯誤。單一測試模式僅能檢驗出激態 LED 是不足以確保運作正常，因此業界必須發展出一套完整的測試方案。以下顯示一個雙色 LED 的範例：

1. 所有 LED 關閉 (兩個連結至 Vcc 的針腳) – 接地端偵測為短路狀態。
2. 所有 LED 關閉 (兩個連結至接地端的針腳) –Vcc 端偵測為短路狀態。
3. 所有 LED 開啟 (顏色 1) – 在顏色 1 電路通道中偵測到故障。
4. 所有 LED 開啟 (顏色 2) – 在顏色 2 電路通道中偵測到故障。
5. 所有 LED 關閉 (鄰近 LED 線路在 Vcc 端與接地端之間切換) – 於 LED 線路間偵測到短路狀態。
6. 反覆第 5 步驟，偵測反方向的通道。

完成這六項步驟，就可確定 LED 所有功能都正常無誤，而且在原始機板組裝或是前置面板的機械組件也沒有任何故障狀況。如此一來，能大幅降低對於人工目測 LED 功能的依賴，讓製造工程師能夠在製造流程中的任何階段均能夠測試 LED 功能。此外，設計人員還必須額外考量負責控制與驅動 LED 元件，與測試元件之間的協調運作。元件之間必須具備握手(handshaking)機制，確保測試元件瞭解目前 LED 的“預期”狀態，點 1 的電壓值代表通過測試與測試失敗(如圖 2 所示)。圖 3 顯示一個 Cypress PSoC 的組態，這個元件是設計用來監控 26 個 LED，並透過一個 I²C 介面與整個系統相連結。這項設計讓系統能對所有設定點進行調整，並指定接下來要測試的元件。運用 I²C 介面讓外部系統能研判任何測試的結果，以及每個 LED 的效能表現。

圖 3 : Cypress PSoC 的組態



另一種在設計中加入微控制器的方法，就是將控制與測試功能整合在同一個元件中。一般使用的連結埠擴充器可用來支援設計中的 LED 控制功能，元件中的類比功能則可用來同時執行測試工作。這項整合可簡化設計工作，因為設計人員僅須發出一個“測試”指令，讓微控制器負責控管所有的程序，完成後還會自動切換至正常的系統運作狀態。由於元件必須支援控制與測試功能，雖然額外的針腳與軟體複雜度將衍生出更多的硬體需求；但另一方面也降低系統處理器在製造測試，與正常系統運作時 LED 控制作業的負載量。

總結來說，目前許多 LED 都是以目測方式進行檢驗，很容易遇到人為疏失的問題，因此，業界已發展出許多替代的測試方法。這些方法不僅能提高測試的可靠度，還帶來部份自動化測試的效益，以取代人工測試流程。這不僅能降低成本，而且能讓 LED 在組裝流程的任何階段都能進行測試，甚至成為正常啟動程序中的一環。而現有的 LED 測試程序均無法提供上述這些功能。



Cypress Semiconductor
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709
Phone: 408-943-2600
Fax: 408-943-4730
<http://www.cypress.com>

© Cypress Semiconductor Corporation, 2007. The information contained herein is subject to change without notice. Cypress Semiconductor Corporation assumes no responsibility for the use of any circuitry other than circuitry embodied in a Cypress product. Nor does it convey or imply any license under patent or other rights. Cypress products are not warranted nor intended to be used for medical, life support, life saving, critical control or safety applications, unless pursuant to an express written agreement with Cypress. Furthermore, Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress products in life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

PSoC Designer™, Programmable System-on-Chip™, and PSoC Express™ are trademarks and PSoC® is a registered trademark of Cypress Semiconductor Corp. All other trademarks or registered trademarks referenced herein are property of the respective corporations.

This Source Code (software and/or firmware) is owned by Cypress Semiconductor Corporation (Cypress) and is protected by and subject to worldwide patent protection (United States and foreign), United States copyright laws and international treaty provisions. Cypress hereby grants to licensee a personal, non-exclusive, non-transferable license to copy, use, modify, create derivative works of, and compile the Cypress Source Code and derivative works for the sole purpose of creating custom software and or firmware in support of licensee product to be used only in conjunction with a Cypress integrated circuit as specified in the applicable agreement. Any reproduction, modification, translation, compilation, or representation of this Source Code except as specified above is prohibited without the express written permission of Cypress.

Disclaimer: CYPRESS MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Cypress reserves the right to make changes without further notice to the materials described herein. Cypress does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein. Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress' product in a life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

Use may be limited by and subject to the applicable Cypress software license agreement.