

產學合作案結案報告書

華電機產學 103-3

正能光電暨中華學校財團法人中華科技大學為
「智慧照明、植物工廠及光學標準認證分析實驗室」之建立等合作事項

委託單位：正能光電股份有限公司

受託單位：中華學校財團法人中華科技大學

執行單位：中華科技大學電機工程系

主持人：謝宗煌 教授

中 華 民 國 一 ○ 三 年 一 月 二 十 日

摘要

目前全球都面臨能源緊張及全球暖化的問題，故綠色能源之發展已成為目前最重要課題，電價上漲後如何減少電價負擔為現行最熱門研究。照明在日常生活中，不論在辦公室、學校、居家等，皆是必需的。而現在一般的照明不論在白天或晚上，皆須全開或全關，如此，當白天光源充足時，開啟過多的燈具，會造成電能的消耗、增加電費的負擔。

本文使用照度計感測場地光源，並量測輸入電壓與照度之對應值。8051 由讀入的值判斷光源是否符合照明規範?以控制場地該開啟多少燈光，即結合日照光源與 LED 光源的搭配運用，以達到

- (1) 白天光源充足時，避免開啟過多的燈具，減少電能的浪費。
- (2) 即使減少燈具的光源，也能符合照明的規範。
- (3) 改善傳統的照明方式。

關鍵詞：照明節能、照度法規、照明控制

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
圖目錄	V
表目錄	VII
第一章 簡介	1
第一節 研究動機	1
第二節 相關文獻探討	1
第三節 創新重點內容	2
第四節 論文的章節架構	3
第二章 研究步驟與方法	6
第一節 針對問題提出構想與研究程序規劃	6
第二節 研究流程架構	6
第三節 實驗現場照度測量與數值分析	8

第三章 研究內容與討論	9
第一節 照明設計標準及國內外 LED 照明規範	9
第二節 居家照明設計	35
第三節 辦公室照明設計	43
第四節 結語	45
第四章 LED 智慧照明電路設計	47
第一節 電路架構及軟體流程方塊圖	47
第二節 照度實驗	49
第三節 8051 程式碼	53
第四節 LED 智慧照明電路實驗與結果	57
第五章 結論	61
參考文獻	62

圖目錄

圖 2-2-1 研究架構流程圖	6
圖 2-3-1 照度檢測流程圖	8
圖 3-1-1 光源與光度、照度、輝度之關係圖	11
圖 3-1-2 各類眩光示意圖	14
圖 3-1-3 葉子色溫指數對照圖	15
圖 3-1-4 照度與色溫關係圖	15
圖 4-1-1 電路架構圖	47
圖 4-1-2 流程方塊圖	48
圖 4-2-1 AD 轉換值與電壓的關係	49
圖 4-2-2 AD 轉換值與照度的關係	50
圖 4-2-3 實驗流程方塊圖	51
圖 4-2-4 實驗場地示意圖	51
圖 4-4-1 實際接線圖	57
圖 4-4-2 亮一顆 LED 燈	57

圖 4-4-3 亮二顆 LED 燈 58

圖 4-4-4 亮三顆 LED 燈 58

圖 4-4-5 亮四顆 LED 燈 59

圖 4-4-6 亮五顆 LED 燈 59

圖 4-4-7 亮六顆 LED 燈 60

表目錄

表 3-1-1 白熾燈泡與 LED 燈泡對照表	10
表 3-1-2 各空間照度基準參考表	12
表 3-1-3 CIE 國際水平標準	17
表 3-1-4 CIE 技術報告和規範	19
表 3-1-5 TC 34 委員會關於 LED 的規範	21
表 3-1-6 2013/4/1 前日本照明標準制定協會	23
表 3-1-7 2013/4/1 後日本照明標準制定協會	23
表 3-1-8 日本工業規格 (JIS/TS)	24
表 3-1-9 韓國 KS 制定 LED 相關標準	25
表 3-1-10 中國國家 LED 相關標準	27
表 3-1-11 UL 提出的相關 LED 照明安全規範	31
表 3-1-12 美國能源之星「固態照明要求」的相關規範	31
表 3-1-13 台灣 LED 光源現行標準規範	33
表 3-2-1 照明器具之照明方式及特徵	36
表 3-2-2 照明光源分布	37
表 3-3-1 辦公大樓照明控制常用方式	44
表 4-2-1 照度與電壓的對照	52

表 4-2-2 照度補光	52
--------------	----

第一章 簡介

第一節 研究動機

隨著人類生活的演進，照明工程的發展亦是不斷的發展、創新，中間有幾次的重大轉變，徹底改變人們過去以往的生活模式。從最早照明的起源「火」的發現，人們開始感受到光的存在，接著愛迪生發明出白熾燈(鎢絲燈泡)，使人們從日出而作，日落而息的生活型態轉變成開始有夜生活出現，到如今的省電燈泡及 LED 燈的出現，而關於電燈亦不再只是講求基本的照明而已，更是要提供一個安全、舒適且具有高品質的光源環境。

照明對於現在人們的生活之中已是不可缺少的一環，與人們的生活息息相關，而人們主要感受光源環境來自於「眼睛」，當人們進入一個陌生的環境時，眼睛所看到的一切，便是對該陌生環境的第一印象，也影響著後續會不會在來，因此一個場地照明空間的規劃顯得相當重要，良好的照明環境能讓人賞心悅目。對於需長時間坐在電腦桌前，亦或是建築設計等工作的人們，照明光源的充足，能讓眼睛的負擔降低。

本文係探討 LED 燈之智慧照明，透過結合日照光源與 LED 的光源的搭配運用，創造節能照明燈具，以居家照明為例說明，而整體的智慧照明設計可用於不同的場地環境，如辦公室、學校等。同時也收集整理了國際、日本、韓國、中國大陸、美國等關於 LED 燈的法規，以期對 LED 的標準規範有所幫助。

第二節 相關文獻探討

照明對現在人類生活之中已是不可缺少的一環，與人類的生活息息相關，如何推動照明省能，朝向高發光率、低耗能及高效率方向發展，是當前重要的課題，美國環保署(EPA)於 1991 年推動綠色照明(Green Lights)減少環境污染計畫，目的在鼓勵使用高效能節能之照明產品，以減少商業、工業及公共場所照明器具

之用電量[6]。

設計照明時所需考量的因素繁多，包含：照度、輝度、演色性與色溫、炫光、配光均勻度、燈具耗電量、燈具的形式及配置方式等都將直接影響居家照明的品質。因此，綜合以上幾點的考量，來作一整體性的規劃與設計，才能做出最有效的智慧照明運用，並對空間照明設計完整的規劃。

LED(發光二極體 Light Emitting Diode)具有發熱量小、壽命長、耗電量少、單色光發光、反應速度快、耐衝撞、耐天候佳、體積小、易小型輕量化等優點[8]。21 世紀關於 LED 的運用更是蓬勃發展，而 LED 亦是具有相當潛力的一種環保性的光源，未來預估將是有可能全面性來取代目前市面上的傳統照明，成為照明的主流[5]。且運用範圍廣泛，目前主要應用包括消費性電子產品的指示燈、傳真機、掃描器光源、液晶顯示器背光源、室內或室外資訊看板、.汽車用燈具、交通號誌顯示燈、照明燈、園藝燈，大樓裝飾燈及廣告看板等皆改採用 LED 燈[8]。

LED 照明設備比傳統的白熱燈或鎢絲燈泡用電量省 90%，日光燈節省 50%~60%，且 LED 不會有水銀等重金屬，對大地沒有污染的問題，符合歐洲 ROHS(危害性物質限制指令 Restriction of Hazardous Substances Directive)標準。LED 不會產生紫外線，運用在博物館中不會傷害字畫，也不會有頻閃及不會傷害眼睛，造成白內障。LED 壽命可達 10 萬小時以上，即使一天使用 10 小時，一盞 LED 燈亦可使用 30 年[8]。

第三節 創新重點內容

壹、LED 燈法規文獻的收集

蒐集與整理國際、世界各國(日、韓、美、中國大陸)與台灣的 LED 燈各相關法規，探討各國目前關於 LED 燈的各項法規狀況，包含：製造、設

計與燈具的安全等。

貳、建構 LED 燈智慧照明的空間設計與規劃

選用市售四組 LED 燈具作運用，設計分別在不同的居家場地之運用與規劃，使 LED 燈能與太陽光搭配運用，降低燈具的使用，已達智慧照明與省電之目的。

參、結論與建議

對於本論文的研究成果，以及LED燈的智慧照明規劃提供完整的結論，並對於未來改善的研究方向提出建議。

第四節 論文的章節架構

第一章 簡介-介紹論文的研究重點，主要分四個小節來介紹，其中包含研究動機、相關文獻探討、創新重點內容、論文的章節架構。

第一節 研究動機-說明論文的緣由，讓人清楚了解論文的構想，以及研究動機。

第二節 相關文獻探討-針對過去相關的各類論文文獻作探討，並點出過去論文文獻之不足與尚未改善的部分。

第三節 創新重點內容-承第二節找出過去各類相關論文之不足或尚未改善的部分，作出補足或改善問題，並進而提出創新的想法。

第四節 論文的章節架構-簡述各個章節的重點，方便論文的製作及書寫，亦能讓人清楚本論文的研究架構。

第二章 研究步驟與方法-介紹論文的研究步驟及研究方法，分三個小節來詳細說明，其中包含針對問題提出構想與研究程序規劃、流程架構、實驗現場照

度測量與數值分析。

第一節 研究程序規劃-找出過去相關各類論文之不足或需改善的部分，補足或提出創新的想法來解決問題。規畫論文的研究程序，之後便能照著研究程序一步步地完成研究，不至於沒有方向目標。

第二節 研究流程架構-針對研究程序的架構、實驗方法逐一詳細說明，清楚表達每一個步驟的重點及意義，並繪製出架構圖。

第三節 實驗現場照度測量與數值分析-建置實驗場地並說明如何測量照度，之後說明各項數值意義。

第三章 研究內容與討論-介紹論文的研究內容與法規部分，分二個小節來詳細說明，其中包含國內外照明及光學認證標準、法規及討論。

第一節 照明設計標準及國內外 LED 照明規範-內容簡述照明設計的各项指標，介紹台灣目前照明的規範狀況並列舉國際照明組織、世界 LED 燈先進諸國照明規範。

第二節 居家照明設計-介紹適宜的居家照明，並列舉居家各場地環境來說明。

第三節 結語-針對第一節、第二節整理出結語並提供建議。

第四章 LED 智慧照明電路設計-介紹論文的 LED 智慧照明設計部分，分四個小節來詳細說明，其中包含電路架構及軟體流程方塊圖、8051 程式碼、實體電路接線、照度實驗。

第一節 電路架構及軟體流程方塊圖-說明本論文 LED 燈智慧照明電路，分別為硬體的電路架構圖、軟體的流程方塊圖。

第二節 8051 程式碼-本論文 LED 燈智慧照明使用 8051 單晶片作為電路的

控制，列出 8051 的程式碼，並簡述各項指令。

第三節 實體電路接線-介紹實體電路的連接，拍照顯示實體的電路結果，並加以說明。

第四節 照度實驗-實體電路完成後，針對電路作測試，以檢驗電路是否正常，並測試電路是否能符合實際效用。

第五節 結語-針對前四節整理出結語並提供建議。

第五章 結論-對整篇論文做總結，改善或解決了哪些問題，並提出研究過程中所發現的新問題，但還沒解決的部分做說明，以利後續的研究。

第二章 研究步驟與方法

第一節 研究程序規劃

目前全球都面臨能源緊張及全球暖化的問題，故綠色能源之發展已成為目前最重要課題，電價上漲後，對於家庭、學校或公司企業來說，電費漲價無疑是一層負擔。因此如何節能省電成為一大重點。對此提出新的節能省電方法，並設計出一套能搭配太陽光的智慧照明電路，達到節能省電之效。本論文以居家用電為例來作設計與規劃，探討智慧照明電路如何在居家照明之應用。

析言之，目前的多數的家庭、公司等等不同的室內燈具開關，只能打開或關起來，那怕是在白天光源充足時也是一樣，當明天光源充足時，若燈具一樣維持開關打開燈具就全開，將形成能源的浪費，如此成為節能的一大問題。為此設計出一套照明控制電路，已達到有效的運用燈具、節能之目的。

另外考量到一套穩健的系統與電路，必有穩健的制度與法規，故本論文在附錄中收集目前國際照明組織(CIE、IEC)、日、韓、中國大陸、美的 LED 照明法規以供參考，同時，亦有我國關於 LED 燈的相關法規。

第二節 研究流程架構

圖 2-2-1 為研究架構的流程說明，其研究方法則如下幾個步驟加以說明。

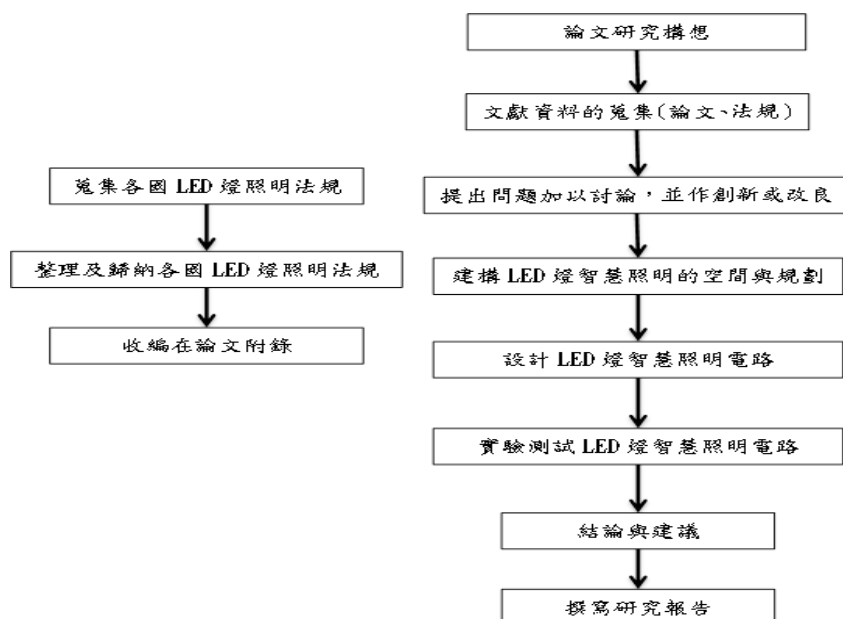


圖 2-2-1 研究架構流程圖

壹、文獻資料的蒐集(論文、法規)

蒐集國內外 LED 燈的相關照明法規與文獻，並針對各文獻歸納出重點及整理，以了解目前研究狀況，並介紹各國對居家照度的規範。

貳、建構 LED 燈智慧照明的空間與規劃

LED 燈智慧照明在居家各個不同環境而作調整，如客廳、廚房、臥室等。不同的場地，因其環境而會影響其日照的狀況，故 LED 燈智慧照明配合場地環境作出不同的規劃。

參、設計 LED 燈智慧照明電路

運用以前所學過的 8051 單晶片來設計智慧照明的控制 IC，並用光敏電阻作為感光元件，來偵測光源的變化，因 8051 單晶片只能接收數位訊號，而光源的變化為類比訊號，對此，我選用 0804 類比轉數位 IC，連接光敏電阻與 8051 單晶片。

肆、實驗測試 LED 燈智慧照明電路

電路完成後，需與實際場地作連接測試，檢驗電路是否能正常運作，並將實驗的各項資料、數據紀錄下來，以便後續的修正與改良。

伍、結論與建議

針對本論文的研究成果與電路的實驗成果於居家智慧照明設計提供完整的結論，並對於未來的改善方向提出建議。

第三節 實驗現場照度測量與數值分析

下圖 2-3-1 為照度檢測流程圖，說明照度檢測的各項流程。

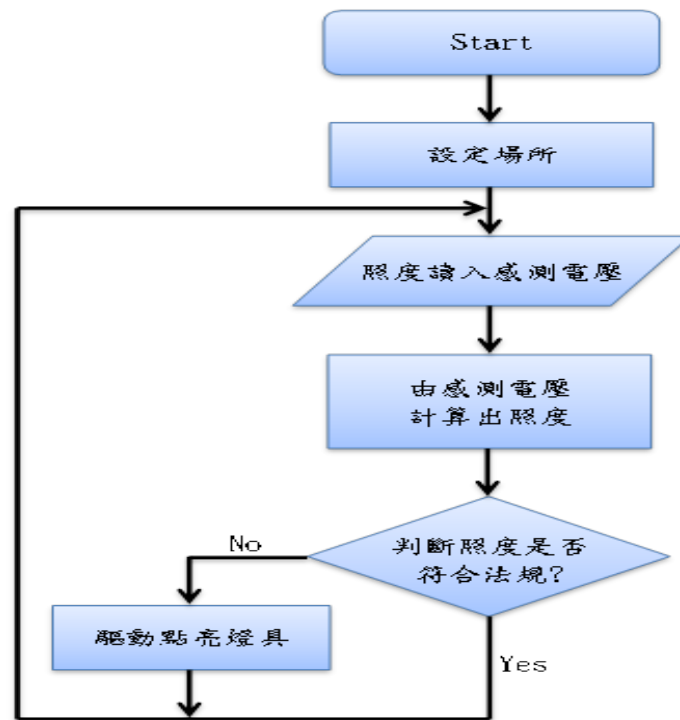


圖 2-3-1 照度檢測軟體流程圖

開始(Start)後，設定布置場地完成，讓電路開始運作，電燈照度讀入並感測電壓，隨著照度的變化，電壓也會因而改變，照度越大，電壓越大，反之，照度越小，電壓越小。

感測電壓後，計算出照度，判斷照度是否符合照度法規，若照度不符，則驅動 LED 燈，補足燈光，若照度符合，則再次回到前面感測照度並讀取電壓。

第三章 研究內容與討論

照明法規的建立，有助於各家廠商在製造燈具時，有一個標準及依據，對於消費者，也可買到品質優良且政府公信力的燈具，故照明法規建立相當重要，我國亦是如此，但如同古人一樣，想要變成一位有德者，就需要找一位有智慧、品德的老師為標竿學習。

故本篇論文列出各個國家的照明法規與國際標準，以利參考學習，讓我國的照明法規可更加完善，如國際標準、日本、韓國、中國大陸、美國等照明之相關法規為標竿。

國際標準為世界頂尖 LED 產業的國家共同參考學習的標準。日本為 LED 產業的頂尖國家，更是最早制定白光 LED 檢測標準的國家。中國大陸因地大人多，相對地其 LED 燈的市場龐大，若要打開其市場，故有參考的必要。美國在全世界之中，為高科技產業發達的國家，其 LED 產業更是如此，相對於 LED 的法規亦有詳細且完整的規範，近年來更推動「能源之星計畫」，歐盟各國、日本與台灣皆有參與。

第一節 照明設計標準及國內外照明規範

壹、照明設計標準

一、光束【光通量】(Luminous flux)

光束 (Luminous flux 或光通量)：指眼睛所感受到光線的多寡與尺度，並作為測量光線能量的專有名詞。是按照國際約定的人眼視覺特性評價的輻射通量[17]。當光源在單位時間內所發出的輻射能量總和與人眼感光之視覺函數的乘積，簡單的說即是人眼所感知的光亮度，光通量通常以 F 為其代號，若稱光束則用 ψ ，光通量的計量單位為流明(lm)。一流明等於一燭光的光源在距光源一呎於一平方呎立體弧度角發出之光通量。如式(3-1)。

$$F(\text{lumen}) = K_m \int_0^\infty V(\lambda)P(\lambda)d\lambda \quad (3-1)$$

式子中 K_m ：視感度曲線之最大值=683(lm/W)； V ：視覺函數； λ ：波長(nm)；

P_λ ：光功率分布曲線(W/nm)

如果想替換傳統 60 瓦白熾燈的亮度，相對選購的 LED 燈泡的光通量約為 800 流明。如果是替換 100 瓦白熾燈的亮度，大概需要 1500 流明左右的光通量。如表 3-1-1 的對照表〈資料來源：CNS 15630 附錄 I〉。

表 3-1-1 白熾燈泡與 LED 燈泡對照表

傳統白熾燈泡瓦數(w)	LED 燈泡額定光通量之對應值(lm)
15	136
25	249
40	470
60	806
75	1055
100	1521
150	2452
200	3452

" 表格來源：CNS15630 "

二、光度【光強度】(Luminous intensity)

光度 (Luminous intensity 或發光強度)：一燭光等於頻率 540×10^{12} 赫之光源發出之單色輻射，在一定方向每立徑之輻射通量為 683 分之 1 瓦特之發光強度。即指光源在這一方向上立體角內發射的光通量與該立體角之商，常用於說明光源和照明燈具發出的光通量在空間各方向或在選定方向上的分布密度[17]。通常以 I 為其代號，光強度的計量單位為燭光(cd)。如式(3-2)。

$$I(\text{cd}) = dF/d\omega \quad (3-2)$$

三、輝度(Brightness)

輝度(Brightness)：輝度的定義為單位面積，眼睛實際感受到光源的亮度有多少燭光(cd)。即指光源或受照物體反射的光線進入眼睛，在視網膜上成像，使我們能夠識別它的形狀和明暗。視覺上的明暗知覺取決於進入眼睛的

光通量在視網膜物像上的密度—物像的照度[17]。通常以B為其代號，輝度的單位為 (cd/m^2) 或(nit)。式(3-3)為輝度計算式。

$$B(\text{nit}) = \frac{I(\text{cd})}{A(\text{m}^2)} \quad (3-3)$$

照度與輝度的不同，在於照度為被照面之亮度，而輝度為光源或發光點之光亮程度，圖 3-1-1 為光源與光度、照度、輝度之關係圖[6]。

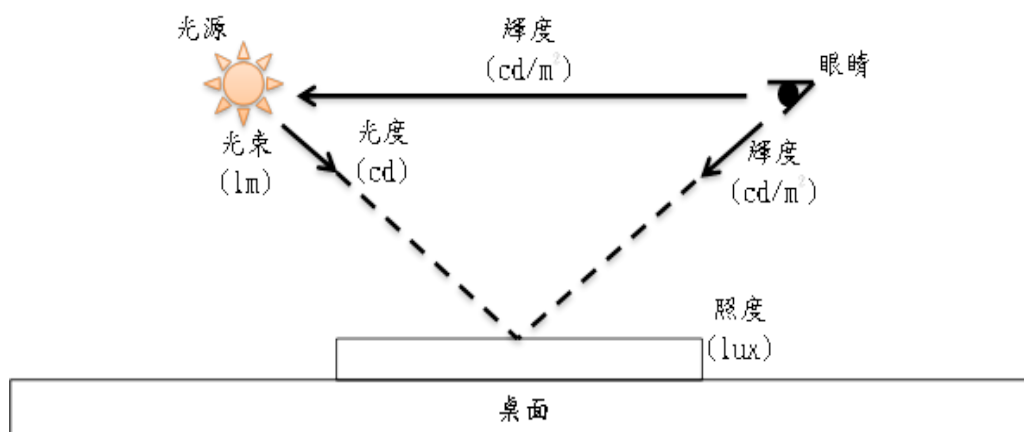


圖 3-1-1 光源與光度、照度、輝度之關係圖[6]

四、照度(Illumination)

照度(Illumination)：定義為單位面積，眼睛實際感受到光源的亮度有多少流明(lm)，即每「平方公尺(m^2)」眼睛實際感受到多少「流明(lm)」，單位為「lux」。通常以E為其代號，照度的單位為 (lm/m^2) 或(lux)。式(3-4)

$$E(\text{lux}) = \frac{F(\text{lumen})}{A(\text{m}^2)} \quad (3-4)$$

式中E：照度 (lm/m^2) 或(lux)；F：光通量 (lm)；A單位面積(m^2)

五、照度均勻度(Uniformity)

配光均勻度(Uniformity)：是指光輸出在空間的分佈，稱之為配光均勻度。光線分佈越均勻越好，視覺的感受就越舒適，且不會造成眼睛的疲勞。

照度均勻度的計算方式如式(3-5)

$$\text{照度均勻度} = \frac{\text{最低照度值}}{\text{平均照度值}} (\text{介於 } 0 \text{ 到 } 1 \text{ 之間，} 1 \text{ 則為理想值}) \quad (3-5)$$

表 3-1-2 各空間照度基準參考表[11]

室內類別	活動或場所	照度參考基準(lux)
學校	廣播室、印刷室、守衛室	200
	辦公室、會議室、保健室	300
	教室、實驗室、研究室	500
	縫紉教室、製圖教室	750~1500
辦公室	樓梯、走廊、廁所	100~150
	禮堂、會客室、大廳	200~300
	辦公室(一般)、會議室	300~500
	辦公室(精細)、製圖室	750~1000
百貨公司	高樓層	500
	一般樓層	750
	主商品、特價品銷售	1000
	專櫃、店內陳列	1500
醫院	病房、X光室、滅菌室	150~200
	嬰兒房、紀錄室、候診室	200~300
	調理室、一般與生理檢查室	300~500
	診療室、產房、配藥室	500~750
住宅	客廳、走樓、樓梯	50~70
	浴室、玄關	100~150
	餐桌、水洗槽(局部)	300~500
	寫作、閱讀(局部)	750~1000
工廠	進出口、通道、樓梯	75~100
	電器室、空調機械室	150~200
	控制室	300~500
	設計室、製圖室	750~1500

六、炫光(Glare)

炫光(Glare)：炫光的定義是因為眼睛所接受到的亮度超過眼睛所能適應的範圍，會導致煩擾、不舒服或視力受損。

炫光是影響照明品質評估當中的重要因素，因為在視覺範圍內有一景物比起原先之光源明亮了許多，導致光源與景物無法配合，造成眼睛無法看清楚視覺範圍內的景物，會產生這樣的結果，主要是高亮度的光源對於眼睛可見範圍中，形成極大的刺激[7]。

(一)眩光的種類

引起眩光的原因，通常分為三種，直接眩光、反射眩光、背景眩光，分別所代表的意義如下：

1.直接眩光（direct glare）

直接眩光是眼睛直視光源(燈管)所產生的眩光，光源的輝度過大造成眼睛的不舒服，稱為直接眩光。即是指當眼睛直視任一光源時，所造成眼睛看不清或不舒服。

2.反射眩光（reflected glare）

反射眩光是指因反射光源而產生的眩光。有些反射是好的，在檢查物體表面時需要少許反射；有些反射會造成眩光。即是指當光源照射到鏡面或光滑表面之物體時，所反射的光，讓眼睛覺得不舒服、看不見物體。好的光源反射能讓人們更加看得清楚，反之，則讓人看不清楚。

3.背景眩光(Background glare)

背景眩光是指因為主題的亮度較暗而背景太亮所產生，也會造成不舒服的眩光。即是指當眼睛所視之物體背景光源亮度過亮，使得眼睛所視之物體相對較為黑暗，導致眼睛無法看清楚物體。

若由眩光所引起的視覺效應來區分眩光的種類，則可分成三類[9]，分別為「失能眩光」、「不舒適眩光」與「目盲眩光」，其個別所代表的意義如下：

1.失能眩光(Disability glare)

使人視覺能力降低，眼睛辨別事物能力變差的眩光。

2.不舒適眩光(Discomfort glare)

令人眼睛產生不舒適感覺的眩光，但未必會干擾視覺能力。

3.目盲眩光。(Blind glare)

強烈眩光移開一段時間後，仍然無法看到任何的東西。

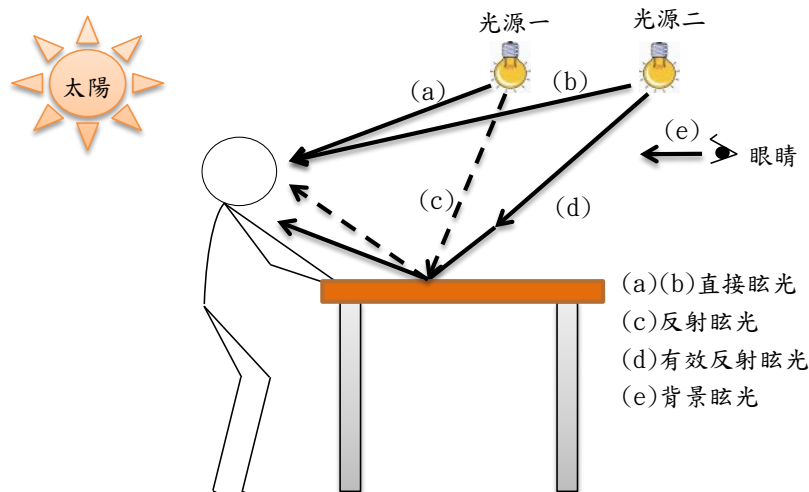


圖 3-1-2 各類眩光示意圖[7]

七、色溫(Color temperature)

色溫(Color temperature)：色溫指的是白光光色，原始的定義為黑體加熱後，溫度升高到一定程度時該黑體會輻射出不同顏色的光，由深紅—橘—黃—白—淡藍，逐漸改變，因此將該顏色以當時黑體的絕對溫度來表示，此即為”絕對色溫”。其他光源的光色如果與黑體輻射絕對色溫的光色相同，就以該色溫數值來表示，此即為相對色溫。我們一般所說的色溫就是指相對色溫。色溫高低計量單位是絕對溫標 KelvinScale，也就是以 K 為單位來表示[10]。

色溫越低則顏色越黃、色溫越高則顏色越白，色溫為 6500K 以上會有帶點青藍感覺的色調，像是均勻薄雲的天空。若是大約在 5500K 左右，如同正午的太陽，清晨及下午橘黃的陽光色溫較低，大約為 2700K-4000K。

傳統白熾燈泡色溫大約為 2700K，而一般螢光燈光源分為白光和黃光，但 LED 燈有更多的變化，可滿足消費者的需求，創造不同環境氣氛。低色溫光色給人溫暖的感覺，適合居家、臥室，高色溫則讓人精神較為提振，適合工作場所和辦公室。目前 CNS 標準規範中訂定 6 個額定色溫值，美國標準為 8 個：2700K、3000K、3500K、4000K、4500K、5000K、5700K、6500K，消費者採購時注意選擇相同的色溫產品，就可確保光色是一致的。我們用色標圖來表示，消費者看到葉子指標的位置，就大概可以瞭解 LED 燈泡的光

色。如圖 3-1-3[10]。另外圖 3-1-4 則是照度與色溫關係圖，透過此圖可以知道光對於人們在感受溫度時，會造成的影響。當照度越高，色溫度越低就會覺得熱；反之，當照度越低，色溫度越高就會覺得冷。

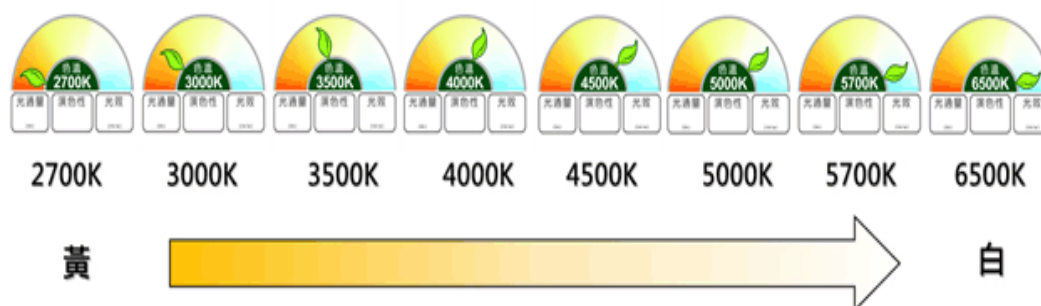


圖 3-1-3 葉子色溫指數對照圖[10]

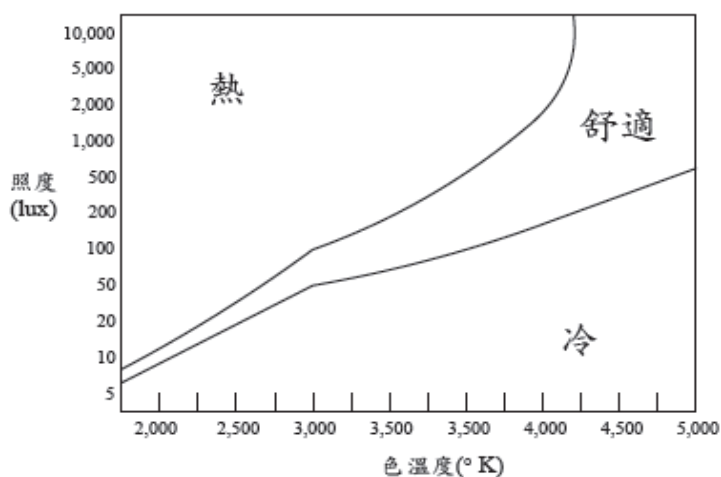


圖 3-1-4 照度與色溫關係圖[7]

八、演色性(Color rendering index；CRI)

演色性(Color rendering index；CRI)：可表現物體被光照後所呈現的顏色真實性。演色性指數為 0 至 100 之間的數值。如果燈光所照射的物體呈現顏色和太陽光照射的顏色相同，演色性指數即為 100。演色性越高，所呈現的顏色越真實，相對地，演色性越低，所呈現的顏色越失真。目前國家 CNS 的標準，對於 LED 燈泡演色性指數的要求為 75 以上。日光燈演色性為 60[10]。

九、燈具耗電量

照明耗電量的評估方法，通常以使用單位面的用電密度(unit lighting

power density，簡稱LPD)作為評估的指標，其定義為空間面積中所使用的燈具耗電量，單位為(W/m²)，式(3-6)

$$LPD = \frac{P(W)}{A(m^2)} \quad (3-6)$$

貳、國內外 LED 照明規範

近年來，LED 製造技術不斷的提升，其製造所需的成本相對來說就越來越低，故 LED 燈的價格也能跟著降低，因此，各項的 LED 照明產品逐漸進入照明市場。然而各家廠商所製造的 LED 照明產品不盡相同，其產品的品質優劣也不得而知，所以各國為了確保產品安全、信賴、保障消費權益以及制度市場產品能有基本的規範，在近幾年來都紛紛投入大量的資源在建立 LED 的各項相關標準。從 LED 的元件、模組與燈具產品，其所需要的安全規範、光學、電性、使用壽命、電磁相容性，以及環境試驗、耐久性試驗等等測試方法，皆是目前各國的標準制定機構所努力的工作。

現階段美、日、韓、台灣及大陸等地區國家標準與產業標準所形成之聯集，大致已拼湊完成一個標準藍圖，不過由於 LED 光源應用於照明燈具使用中除涉及光學性能外，還有其燈具電源的特性、溫度(散熱)特性和器具安全特性等，因此若能透過政府統一標準規範、業界共識，達到公正、公開又合理的統一標準，讓未來若是在推動 LED 的新產品時，能更順利的導入消費市場[26]。

一、國際組織 LED 照明規範

制定國際標準的國際組織有兩個，各別是 CIE 國際標準、IEC 國際標準，以下是對它們的介紹。

(一)CIE (國際照明委員會)

國際照明委員會 (International Commission on Illumination，簡稱 CIE) 是一個獨立的、公益性的學術組織，致力於推動光學和照明、色彩和視覺以

及圖像技術領域的國際合作和資訊交流。CIE 分為七個部門，分別涵蓋關於光學與照明各個程面，且每一個部門皆有成立技術委員會，討論該部門的未來發展。

目前，CIE 已經出版了大量的光學、色彩、照明等領域的標準、指南、技術報告和會議文件等規範。

表 3-1-3 CIE 國際水平標準(依標準編號排序)

標準編號	適用範圍	公告日期
CIE S 004	信號燈顏色	2001
CIE S 006.1	道路交通信號燈-200 毫米圓形信號燈的光度特性	1998
CIE S 007	紅斑作為頻譜參考與標準紅斑量	1998
CIE S 008	工作場所的照明-第 1 部分：室內	2001
CIE S 009	燈與燈具系統的光生物安全性	2002
CIE S 010	光度學-物理光度學 CIE 體系	2004
CIE S 011	日光的空間分佈 - CIE 一般天空為標準	2003
CIE S 012	評估日光模擬器光譜品質和顏色與視覺鑑定和測量的標準方法	2004
CIE S 013	全球國際太陽紫外線指數標準	2003
CIE S 014-1	第 1 部分：CIE 標準色度觀察	2006
CIE S 014-2	第 2 部分：CIE 標準光源對比法	2006
CIE S 014-3	第 3 部分：CIE 三刺激值	2011
CIE S 014-4	第 4 部分：CIE 1976 L * A * B*色彩空間	2007
CIE S 014-5	第 5 部分：CIE 1976 L*U*V* 色彩空間和 U'，V'統一色度規模圖	2009
CIE S 015	室外工作場所的照明	2005
CIE S 016	工作場所的照明-第 3 部分：室外工作場所的照明安全及防護要求	2005

CIE S 017	國際照明詞彙	2011
CIE S 017-SP1	國際照明詞彙-補充 1：發光二極體（LED）和 LED 組件-術語及定義	2015
CIE S 019	光致癌物作用頻譜	2006
CIE S 020	緊急照明	2007
CIE S 021	汽車前燈裝置的光學性能-評估方法	2011
CIE S 025	LED 路燈、LED 燈具和 LED 模塊的測試方法	2015

資料來源：CIE 官方網站

CIE 除了出版大量的光學、色彩、照明等領域的標準規範外，每年也會在不同的會員國開研討會，每次會議的主題都不一樣，主要是圍繞著光學議題，也會針對目前 CIE 的規範做討論並做更新。我列舉部分年度的研討會為例：x005-1992：計算機程序關於的輕型和照明、x010-1996：用於圖像技術的色彩標準、x013-1997：對於規格化及量測 LED 特性的標準方法、x019-2001：論文集 3 道路照明的標準、x022-2001 年：第二屆 CIE 專家 2001 年學術研討會論文集“LED 測量-規格化及量測 LED 與 LED 模組特性的標準方法”、x026-2005 年：CIE 專家 2004 研討會論文集“LED 光源：物理測量與視覺的光學評估”，日本東京、x031-2006 年：第二屆 CIE 專家研討會論文集“照明與健康”，渥太華，安大略省，加拿大、x034-2010 年：從光與照明討論出，選用 LED 固態照明的重要，固態照明，布達佩斯，匈牙利。x037-2012 年：CIE 專家年研討會論文集“照明質量和能效”，中國杭州。x039-2014 年：CIE 專家研討會論文集“照明品質與能效會議”，馬來西亞吉隆坡、x041-2016 年：CIE 專家研討會論文集，LED 燈具和 LED 模組測試標準，德國布倫瑞克、x042-2016 年：CIE 專家研討會論文集“照明品質與能源效率”，墨爾本，澳大利亞等。

近幾年來，由於 LED 燈的光源與其他電燈產生的光源存在顯著差異，CIE 也在積極制定與 LED 相關的技術報告和規範，表 3-1-4 簡列出 CIE 自 2007 年到 2016 年所公布的規範。

表 3-1-4 CIE 技術報告和規範(依標號排序)

標準編號:年份	適用範圍
217:2016	評估色差公式準則及性能的方法
170-2:2015	基本色度圖與生理座標-第 2 部分：光譜發光效率函數和色度圖
215:2014	CIE 一般天空標準指南
214:2014	帶通功能測量儀器對時間間隔頻譜量的影響
213:2014	照明協議描述指南
212:2014	最佳化導向測量相對空間照度時的心理物理學過程
211:2014	視覺顏色的景象
210:2014	使用 $V(\lambda)$ 測光-校正探測器作為參考和傳遞標準
209:2014	人類合理命名紫外線的影響
208:2014	外在刺激的大小對顏色的影響
207:2014	人類皮膚對紫外線的感受，以最小紅斑量的靈敏度作表示 (MED)
206:2014	光譜功率的照明分佈對城市和步行區的影響
205:2013	室內 LED 照明系統的品質量測與審查
204:2013	重新定義 CIE δ 發光體的方法
203:2012	(包含勘誤 1): 一個計算人眼的透射與吸收特性的方法
173:2012	(包含勘誤 1): 日光燈引導方案
202:2011	用輻射計與光度計檢測光的頻率響應
201:2011	建議太陽紫外線最低限度的曝曬量
200:2011	CIE 光度輔助系統
199:2011	評估圖像色差的方法
198:2011	光度量測不確定性的判斷
198-SP1:2011	光度量測不確定性的判斷-補充 1：組件與實例的不確定性的判斷
197:2011	CIE 第 27 屆會議論文集，2011 年 7 月 9-16 太陽城，南非
196:2011	CIE 光線和照明對於輔助功能的指南
195:2011	彩色外觀的反光介質與自發光體的比較規範
194:2011	道路和隧道照明的光度特性的測量
193:2010	公路隧道的緊急照明
192:2010	實際日光來源的比色法
191:2010	中間視覺光度感受上的建議
190:2010	統一計算室內照明燈具眩光指數表

115:2010 (第2 版)	汽機車及行人交通的道路燈
189:2010	隧道照明品質的標準估算
188:2010	車輛前燈裝置的性能估算方法
187:2010	UV-C 殺菌燈造成光致癌的風險
186:2010	UV-A 的保護和防曬
162:2010 (包括勘誤 1)	在混合光源下軟拷貝與硬拷貝圖像時的色適應比較
158:2009 (包括勘誤 1)	燈光對人類眼睛與生理上的影響
121-SP1:2009	測量燈具的光均勻度-補充 1 緊急照明燈具
185:2009	格拉斯曼定律評估顏色的匹配
184:2009	室內日照光源
183:2008	車頭燈的界限定義
182:2007	測量總光輝因素與光致發光標準的校正方法
181:2007	一次性的手套對於職業 UV 傷害的手部防護
180:2007	發展中國家的公路運輸照明
179:2007	色度計測量光三刺激值顏色的方法
178:2007	CIE 第 26 屆，2007 年北京論文集
177:2007	白光 LED 光源的顯色性
127:2007 (第2 版)	LED 的測量

資料來源：CIE 官方網站。

其中的 CIE127:2007- Measurement of LEDs 和 CIE177:2007- Colour Rendering of White LED Light Sources 分別為《LED 測量方法》、《白光 LED 的顯色性》，兩者皆為針對 LED 所制定的規範。此外，CIE 也在持續推動有關於室內 LED 照明系統品質規格、光強度的測量、LED 光輻射及亮度的量測、LED 串列及陣列的光學測量等規範的制定。

(二)IEC(國際電工委員會)

國際電工委員會（英語：International Electrotechnical Commission，IEC，

或譯國際電工協會) 是世界上最早的國際標準化組織, 於 1906 年成立, 主要是負責有關電氣工程和電子工程領域中的國際標準化工作[15]。

國際電工委員會在 1906 年 6 月 26 日由英國電氣工程師協會 (IEE) 和美國電氣電子工程師協會及其它相關組織共同舉行了其成立會議。目前有超過 130 個國家參與國際電工委員會, 其中正式會員國有 67 個國家是成員, 另外 69 個國家則是非正式成員的身份加入其分支機構。國際電工委員會的總部最初位於倫敦, 1948 年搬到了位於瑞士日內瓦的現總部處[15]。

IEC 已成立了約 177 個技術委員會 (TC) 和分技術委員會 (SC), 以及 700 個項目組 (Project Teams) / 維護組 (Maintenance Teams)。在 IEC 目前的規範之中, 針對 LED 所制定的規主要集中在燈具和相關設備、燈、燈頭和燈座、助劑燈、燈具等裡面, 分別對 LED 的各項程面有所規範。如在燈具和相關設備規範提到對 LED 的產品及相關設備的術語及定義、燈則是對普通照明用 LED 模塊的安全有所規範、燈具則是對 LED 燈具的性能來做要求。上所提到的規範主要由 TC 34-燈和相關設備委員會所制定。如表 3-1-5。

表 3-1-5 TC 34 委員會關於 LED 的規範

委員會	適用範圍
TC 34 燈具和相關設備	IEC 62504 : 2014 年 1.0 版 (2014-06-19) 普通照明-發光二極管 (LED) 產品及相關設備-術語和定義
SC 34A 燈	IEC 62031 : 2008 + AMD1 : 2012 + AMD2 : 2014 年 CSV1.2 版 (2014-9-19) LED 模塊用於普通照明-安全規範 IEC 62560 : 2011 + AMD1 : 2015 年 CSV1.1 版 (2015-4-17) 自鎮流 LED 燈由電壓 & #62 普通照明服務;50V-安全規範 IEC 62707-1 : 2013 年 1.0 版 (2013-12-12) LED-分級-第 1 部分: 一般要求和白色網格 IEC 62717 : 2014 年+ AMD1 : 2015 年 CSV1.1 版 (2015-9-28) LED 模塊用於普通照明-性能要求

	IEC 62776:2014 年/ COR1:2015 年 1.0 版(2015-3-23) 勘誤版 1-雙端 LED 燈設計，加裝直管型熒光燈-安全規範 IEC 62838：2015 年 1.0 版（2015-10-7）LEDsi 燈的電源電壓不超過 50V 交流有效值或 120V 無紋波直流通用照明服務-安全規範 IEC 62868：2014 年 1.0 版（2014-9-25）有機發光二極管（OLED）面板用於普通照明-安全要求
SC 34B 燈頭和燈座	IEC 60838-2-2：2006 + AMD1：2012 CSV1.1 版（2012-04-27）其他燈座-第 2-2 部分：特殊要求-用於 LED 模塊
SC 34C 助劑燈	IEC 62384：2006 + AMD1：2009 年 CSV1.1 版（2011-03-30）直流或交流供電電子控制裝置的 LED 模塊-性能要求 IEC 62386-207：2009 1.0 版（2009-08-18）數字可尋址照明接口-第 207 部分：控制裝置的特殊要求-LED 模塊（設備類型 6） IEC 62442-3：2014 年 1.0 版（2014-4-24）燈的控制裝置的能量性能-第 3 部分：控制裝置的鹵素燈和 LED 模塊 - 測量的方法來確定控制裝置的效率
SC 34D 燈具	IEC 62722-2-1：2014 年 1.0 版（2014-11-25）燈具的性能-第 2-1 部分：LED 燈具的特殊要求。

資料來源：IEC 官方網站。

二、日本 LED 照明規範

過去日本對發展 LED 產業相當積極，除了專利的佈局及策略上之運籌帷幄外，就連 LED 產品標準及量測規範的統籌規劃及推動也是跑在各國前頭，顯見其對搶奪固態照明市場之企圖心[26]。從 2006 年所推出 LED 量測標準修訂版之中，內文針對白光 LED 的規格訂定了詳細的規範，為標準的 LED 提供量測的對照。

相較於其他國家，日本 LED 產業因發展迅速，使得照明產業的市場出現

雜亂無序的情形，為了解決這個問題，日本的四大協會，即日本電燈製造商業協會(JELMA)、日本照明器具協會(JLA)、日本照明學會(JIES)及日本照明委員會(JCIE)在 2004 年共同成立「LED 照明推進協議會(JLEDS)」，統籌規劃並推動制定 LED 產品的各項標準與量測規範，並於同年底即完成「照明用白光 LED 量測標準」，這項 LED 量測標準曾在 2006 年 3 月進行修改，後經日本工業標準(JIS)審核，自 2007 年 7 月起成為日本照明工業標準(JISC)。

因日本電球工業會與日本照明器具工業會在 101 年 11 月 8 日決定，將會在 2013 年 4 月 1 日整合；新名稱為「日本照明工業會」，後續標準亦將逐步整合公告。

新成立的日本照明工業會的成員，主要是生產並銷售電燈、燈具相關原料或照明器具等製造商所組成的社團法人，其宗旨是為照明產業發展及推廣作出貢獻、確保人類生命安全並改善生活文化。致力於推廣更佳的照明文化，以及對環境更友善、節能的產品[24]。

表 3-1-6 2013/4/1 前日本照明標準制定協會

標準訂定機構	標準
日本工業標準委員會(JISC)	JIS/TS
日本照明推進協議會(JLEDS)	JLEDS
日本電燈製造商業協會(JELMA)	JELMA 311
日本照明器具協會(JLA)	JLA 9003
日本照明學會(JIES)	JIES 009
日本照明委員會(JCIE)	JCIE S001

表 3-1-7 2013/4/1 後日本照明標準制定協會

標準訂定機構	標準	附註
日本工業標準委員會(JISC)	JIS/TS	
日本照明推進協議會(JLEDS)	JLEDS	
日本照明工業會(JLMA)	JLMA 500	JELMA和JLA合併
日本照明學會(JIES)	JIES 009	
日本照明委員會(JCIE)	JCIE S001	

日本電燈製造商業協會(JELMA)與日本照明器具協會(JLA)合併成日本照明工業會(JLMA)。下表為日本工業標準委員會所公布的 LED 相關照明法規。

表 3-1-8 日本工業規格 (JIS/TS)

標準編號	制定 (修訂) 日期	適用範圍
JIS C 7550	H26/03/20 修訂， 補充 1	燈和燈系統的光生物安全性
JIS C 7709-1~3	H27/07/21 修訂， 補充 9	電球類の口金・受金及びそれらのゲージ並びに互換性・安全性—第 1~3 部：口金，受金，ゲージ
JIS C 7801	H26/03/20 修訂， 補充 2	一般照明用光源的測光方法
JIS C 8147-2-7	H26/11/20 制定	燈的控制裝置-第 2-7 部分：緊急照明控制裝置的特殊要求
JIS C 8147-2-13	H26/02/20 制定	燈的控制裝置-第 2-13 部分：電源為直流或交流供電的 LED 模塊控制設備-性能需求 (安全標準)
JIS C 8152-1	H26/03/20 修訂， 補充 1	照明用白色發光二極體(LED) 光源的測光方法
JIS C 8152-2	H26/03/20 修訂， 補充 1	照明用白色 LED 模組的測光方法
JIS C 8152-3	H25/07/22 制定	照明用白光二極體 (LED) 的光度測定法-第 3 部分：光通量維持率的測定方法
JIS C 8153	H27/10/20 修訂	LED 模塊的控制裝置-性能要求
JIS C 8154	H27/10/20 修訂	一般照明用 LED 模塊-安全規範
JIS C 8155	H22/09/21 制定	一般照明用 LED 模塊-性能要求
JIS C 8156	H23/02/21 制定	一般照明球型 LED 燈泡(電源電壓 50V 以上)-安全規範
JIS C 8157	H23/12/20 制定	一般照明球型 LED 燈泡(電源電壓 50V 以上)-性能要求
JIS C 8158	H24/11/20 制定	一般照明球型 LED 燈泡(電源電壓

		50V 以上) [JIS 產品標準]
JIS C 8159-1	H25/04/22 制定	一般照明用 GX16t-5 套圈直管 LED 燈具-第 1 部分-安全規範
JIS C 8159-2	H25/12/20 制定	一般照明用 GX16t-5 套圈直管 LED 燈具-第 2 部分-性能要求

附註：H23(平成 23 年)=西元 2011 年、H25(平成 25 年)=西元 2013 年。

資料來源：一般財團法人日本照明工業協會網站[24]。

三、韓國 LED 照明規範

韓國政府因看好 LED 照明產業之發展，為能確保固態照明產品之可靠性，並維繫良好的品質，制定各項的 LED 照明相關標準，以確保產品的可靠性標準，並於 2009 年 3 月便開始執行。

在韓國電器產品安全認證標準為知識經濟部標準院於 1963 年導入的「KS 認證標準」，因應 SSL 照明興起，相隔 47 年後，KS 標準首次進行修改，加入關於 LED 照明部分，同時也將過去的環保標準提高到國際水平，以便對應電子電器產品迴圈利用法及廢電子電器指令(Directive on Waste Electrical and Equipment, WEEE)[26]。

KS 認證標準為韓國產業標準(Korean Industrial Standards)簡稱，相當於日本 JIS 標準、台灣的 CNS 標準。KS 標準是按照產業標準化法制定的工業品標準規格。在每次修訂標準時，除了增減部分規範、調整審查標準與改善認證系統，也會註明該次修改了哪些地方。

目前 KS 認證標準在制定時主要是依據南韓電器電子試驗研究院(KETI)、南韓產業技術試驗院(KLT)、南韓電磁波研究所(ERI)及南韓照明技術研究所(KILT)的實驗數據為主要參考資料。

表 3-1-9 韓國 KS 制定 LED 相關標準

標準編號	制定(修訂)日期	適用範圍
KS C 7528	2014/12/29 修訂	LED 交通信號燈

KS C 7651	2016/01/28 修訂	內置 LED 燈轉換器
KS C 7652	2014/12/03 修訂	外部轉換器 LED 燈
KS C 7653	2016/01/28 修訂	嵌入式 LED 燈具和固定
KS C 7654	2014/12/29 修訂	LED 緊急照明的安全性和性能要求
KS C 7655	2011/12/30 修訂	LED 模塊為轉換器供電的安全性和性能要求
KS C 7656	2015/07/07 修訂	攜帶式 LED 燈具的安全性和性能要求
KS C 7657	2015/07/07 修訂	LED 感應燈
KS C 7658	2016/01/28 修訂	LED 路燈與安全機制
KS C 7659	2015/07/07 修訂	LED 模塊的標誌人物的安全性和性能要求
KS C 7711	2016/01/28 修訂	地下 LED 燈具採購
KS C 7712	2016/01/28 修訂	LED 投射燈照明
KS C 7713	2016/01/28 修訂	LED 景觀照明
KS C 7716	2016/01/28 修訂	LED 隧道燈
KS C 7717	2016/01/28 修訂	LED 人行道等
KS C 7718	2016/01/28 修訂	LED 機場、垃圾處理場等
KS C 7719	2012/12/28 制定	LED 手電筒
KS C IEC60838-2-2	2015/03/11 修訂	其他燈座第 2-2 部分：特殊要求- LED 模塊連接器
KS C IEC61347-2-13	2011/12/30 修訂	燈泡驅動系統零件 2-13：LED 模塊，DC/AC 供電設備-特殊要求
KS C IEC62031	2011/12/30 修訂	安全要求-LED 模塊的通用照明
KS C IEC62384	2011/08/30 修訂	LED 模塊，DC/AC 供電設備-性能要求
KS C IEC62386-207	2012-07-09 制定	數字照明控制-第 207 部分：LED 模塊（設備類型 6）驅動系統的個性化需求
KS C IEC PAS62717	2012-12-28 制定	性能要求 - LED 模塊的通用照明

資料來源：韓國標準訊息網站。

KS 為韓國國內所制定標準，但 LED 照明不斷的更新進步，且國際的標準規範亦不斷的更新、修訂，必然國內規範也需與時俱進，所以韓國政府積極在國際電氣標準會議(IEC)之「照明領域(IEC TC 34)國際標準化會議」中提議將該國 LED 照明標準作為 IEC 國際標準化的規範，如 KS C IEC62031、KS C IEC62384 等，皆是參考 IEC 國際標準規範。且提出處理 LED 照明產

品性能及安全要求事項，並新設「LED 領域技術委員會」(IEC TC 34/SC 34E)。

四、中國大陸 LED 照明規範

中國目前以 LED 光源作為新興綠色環保照明產業，目前所面臨的最大困擾的就是國家標準和行業標準缺失，以致於 LED 市場的混亂。近年來中國政府積極推動 LED 固態照明產業發展。日前已可看到，涵蓋 LED 材料、晶片、器件及相關檢驗方式等領域的 9 項行業標準已獲工業和資訊化部批准發布，並於 2010 年 1 月 1 日正式實施。之後，中國國家標準化管理委員會也頒布了「中華人民共和國國家標準批准發布公告 2009 年第 15 號(總第 155 號)」。公告顯示，此前由全國照明電器標準化技術委員會主導的 6 項 LED 相關標準送審稿通過審批，成為國家標準。加上此前公告的兩項強制性國家標準，共計 8 項，而這 8 項標準也從 2010 年 5 月開始陸續實施[26]。

大陸 LED 標準有 3 種分類方式，分別為使用範圍、效力強度及種類。依照使用範圍可分成國家標準、行業標準、地方標準和企業標準，其中以國家標準層級最高，在大陸的任何地區任何產業內均適用；依照效力強度，可分為強制性標準、推薦性標準及指導性技術文件，其中強制性標準具有法律屬性，效力最強；依照種類的不同，則可分為基礎標準、產品標準、方法標準、工藝設備標準、安全標準及環境標準，共 6 種[26]。

表 3-1-10 中國國家 LED 相關標準

標準編號	適用範圍	發布日期	實施日期
GB/T 18904.1	半導體器件第 12-1 部分;光電子器件纖維光學系統或子系統用帶/不帶尾纖的光發射或紅外發射二極管空白詳細規範	2002-12-04	2003-05-01
GB/T 18904.2	半導體器件第 12-2 部分;光電子器件纖維光學系統或子系統用帶尾纖的激光二極	2002-12-04	2003-05-01

	管模塊空白詳細規範		
GB/T 18904.3	半導體器件第 12-3 部分;光電子器件顯示用發光二極管空白詳細規範	2002-12-04	2003-05-01
GB 19510.14	燈的控制裝置第 14 部分:LED 模塊用直流或交流電子控制裝置的特殊要求	2009-10-15	2010-12-01
GB 19651.3	雜類燈座，第 2-2 部分:LED 模塊用連接器的特殊要求	2008-12-30	2010-04-01
GB/T 20871.2	有機發光二極管顯示器第 2 部分:術語與文字符號	2007-02-09	2007-09-01
GB/T 20871.61	有機發光二極管顯示器第 61 部分:光學和光電參數測試方法	2013-12-17	2014-05-15
GB/T 23595.1	白光 LED 燈用稀土黃色螢光粉試驗方法.第 1 部分:光譜性能的測定	2009-04-23	2010-02-01
GB/T 23595.2	白光 LED 燈用稀土黃色螢光粉試驗方法.第 2 部分:相對亮度的測定	2009-04-23	2010-02-01
GB/T 23595.3	白光 LED 燈用稀土黃色螢光粉試驗方法.第 3 部分:色品坐標的測定	2009-04-23	2010-02-01
GB/T 23595.4	白光 LED 燈用稀土黃色螢光粉試驗方法.第 4 部分:熱穩定性的測定	2009-04-23	2010-02-01
GB/T 23595.5	白光 LED 燈用稀土黃色螢光粉試驗方法.第 5 部分:pH 值的測定	2009-04-23	2010-02-01
GB/T 23595.6	白光 LED 燈用稀土黃色螢光粉試驗方法.第 6 部分:電導率的測定	2009-04-23	2010-02-01
GB/T 23595.7	白光 LED 燈用稀土黃色螢光粉試驗方法第 7 部分：熱猝滅性的測定	2010-08-09	2011-05-01
GB 24819	普通照明用 LED 模組.安全要求	2009-12-15	2010-11-01
GB/T 24823	普通照明用 LED 模組.性能要求	2009-12-15	2010-11-01
GB/T 24824	普通照明用 LED 模組測試方法	2009-12-15	2010-11-01
GB/T 24825	LED 模組用直流或交流電子控制裝置.性能要求	2009-12-15	2010-11-01
GB/T 24826	普通照明用 LED 和 LED 模組術語和定義	2009-12-15	2010-11-01
GB 24906	普通照明用 50V 以上自鎮流 LED 燈.安	2010-06-30	2011-02-01

	全要求		
GB/T 24907	道路照明用 LED 燈-性能要求	2010-06-30	2011-02-01
GB/T 24908	普通照明用非定向自鎮流 LED 燈-性能要求	2014-09-03	2015-08-01
GB/T 24909	裝飾照明用 LED 燈	2010-06-30	2011-02-01
GB/T 24982	白光 LED 燈用稀土黃色螢光粉	2010-08-09	2011-05-01
GB 25991	汽車用 LED 前照燈	2011-01-10	2012-01-01
GB/T 29293	LED 筒燈性能測量方法	2012-12-31	2013-09-01
GB/T 29294	LED 筒燈性能要求	2012-12-31	2013-09-01
GB/T 29295	反射型自鎮流 LED 燈性能測試方法	2012-12-31	2013-09-01
GB/T 29296	反射型自鎮流 LED 燈 性能要求	2012-12-31	2013-09-01
GB/T 30075	LED 用稀土氮化物紅色螢光粉	2013-12-17	2014-09-01
GB/T 30076	LED 用稀土矽酸鹽螢光粉	2013-12-17	2014-09-01
GB/T 30104.207	數位可定址照明介面-第 207 部分:控制裝置的特殊要求 LED 模組（設備類型 6）	2013-12-17	2014-11-01
GB 30255	普通照明用非定向自鎮流 LED 燈能效限定值及能效等級	2013-12-18	2014-09-01
GB/T 30413	嵌入式 LED 燈具性能要求	2013-12-31	2014-12-01
GB/T 30454	LED 用稀土矽酸鹽螢光粉試驗方法	2013-12-31	2014-10-01
GB/T 30655	氮化物 LED 外延片內量子效率測試方法	2014-12-31	2015-09-01
GB/T 31111	反射型自鎮流 LED 燈規格分類	2014-09-03	2015-08-01
GB/T 31112	普通照明用非定向自鎮流 LED 燈規格分類	2014-09-03	2015-08-01
GB/T 31831	LED 室內照明應用技術要求	2015-06-30	2016-01-01
GB/T 31832	LED 城市道路照明應用技術要求	2015-06-30	2016-01-01
SJ/T 11141	LED 顯示幕通用規範	2012-05-24	2012-06-01
SJ/T 11485	LED 型號命名規則	2015-04-30	2015-10-01
YY 0055.2	牙科.光固化機.第 2 部分:發光二極體(LED)燈	2009-11-15	2010-12-01
CJ/T 361	水景用發光二極體（LED）燈	2011-03-04	2011-08-01
CJ/T 420	LED 路燈	2013-03-12	2013-06-01

JG/T 467	建築室內用發光二極體(LED)照明燈具	2014-12-04	2015-05-01
JT/T 832	LED 發光強度測試儀	2012-09-26	2013-02-01
QB/T 4057	普通照明用發光二極體 性能要求	2010-04-22	2010-10-01
SN/T 3325.1	進出口照明器具檢驗規程.第 1 部分： LED 光源	2012-12-12	2013-07-01
SN/T 3325.2	進出口照明器具檢驗規程 第 2 部分:普 通照明用 LED 模組	2013-08-30	2014-03-01
SN/T 3325.3	進出口照明器具檢驗規程 第 3 部分:自 鎮流 LED 燈	2013-11-06	2014-06-01
SN/T 3326.5	進出口照明器具檢驗技術要求 第 5 部 分:LED 燈的能效	2013-11-06	2014-06-0

資料來源：中國國家標準文獻共用服務平臺網站[34]。

五、美國 LED 照明規範

美國在制定 LED 標準規範方面，起步較早，發展很快，而且 LED 量測標準主要著眼於未來固態照明市場之發展及應用，其主導單位為美國能源局(DOE)。由於美國政府認為現有傳統照明之量測標準並不適用於新光源，加以節能環保政策的推動，美國對於導入節能固態照明產品的態度也相對開放，因此近年來在推動 LED 量測標準十分積極[26]。

目前由美國政府號召重要之相關單位，分別包括國際電工委員會(IEC)、國際照明委員會(CIE)、北美照明委員會(IESNA)、美國電器用品生產者協會(NEMA)、美國國家標準(ANSI)、美國國家標準與技術研究所(NIST)、優力安全認證公司(UL)以及加拿大標準協會(CSA)等單位召開會議，檢測現階段之 LED 量測標準及方法，並找出不足之處，搭配能源之星(Energy Star)提出的固態照明燈具規範，分別針對不同之相對應的工業測試標準，陸續推出相關的量測標準的方式，如固態照明之安規、產品壽命、光學量測、色度(Chromaticity)、電源供應(Power Supply)等等[26]。

表 3-1-11 UL 提出的相關 LED 照明安全規範[26]

標準編號		標準名稱	適用範圍
傳統光源	UL153	Portable Electric Luminaries	移動式燈具
	UL48	Electric signs	電子招牌
	UL588	Seasonal and Holiday Decorative Products	季節性裝飾品
	UL1838	Low Voltage Landscape Lighting Systems	低電壓景觀照明裝置
	UL2108	Low Voltage Lighting Systems	低電壓照明裝置
	UL2388	Flexible Lighting Products	可擾式燈具
	UL1786	Nightlights	小夜燈
	UL1993	self-Ballasted Lamps and Lamp Adapters	自整流燈及其燈座
	UL879A	Outline of Investigation for LED Kits	LED 器具概述
UL1598		Luminaries	燈具
UL8750		Outline of Investigation for LED Light Sources for Use in Lighting Products	LED 燈具概述 (安規標準)

表 3-1-12 美國能源之星「固態照明要求」的相關規範[16]

參考標準和測試程序		
機構	標準號	敘述
ANSI	ANSI C82.XXX	LED 電子器件-驅動器、配置或系統(在開發上)
ANSI	ANSI C78.377A	固態照明產品的色度規格(在開發上)
ANSI	ANSI C82.77-2002	關於照明電能的品質因數諧波限值要求
ANSI	ANSI/IEEE C62.41-1991	建議規格-低壓交流電源電路突波電壓
ANSI/UL	ANSI/UL 153-2005	攜帶式電動燈具
ASTM	ASTM E 283-2004	廣播裝置的限定
CIE	CIE Pub. No. 13.3-1995	光源的測量和演色法規範

FCC	FCC 47 CFR	電磁干擾
IESNA	IESNA LM-16	關於色溫
IESNA	IESNA LM-58	演色指數與色溫相關
IESNA	IESNA LM-79	固態照明器件的電學和光度測試認可方法(在開發上)
IESNA	IESNA LM-80	LED 光源的光衰(在開發上)
NFPA	NFPA 70-2005	美國國家電氣規格
UL	UL 1012-2005	第 2 部分-其他主動元件的比較
UL	UL 1310-2005	第 2 部分-主動元件
UL	UL 1598-2004	燈具
UL	UL 1838-2002	低壓景觀照明裝置
UL	UL 1994-2005	夜間道路出口標記裝置

美國能源局亦早在 2008 年就已正式對外提出能源之星固態照明燈具標準之規範[16]，根據規範將燈具發光效率分為兩階段，第一階段最高光效需達到 35 lm/W；第二階段則必須達到 70 lm/W 水準，其照明燈具泛指住商用一般照明燈具，如廚房櫥櫃燈、檯燈、嵌燈、戶外步道燈、戶外洗牆燈等。此標準除了已於 2008 年 9 月正式生效外，美國能源局也於 2009 年 12 月公佈 LED 燈的整體標準[26]。

另外，美國能源局又於 2009 年 7 月通過 LED 產品標準[16]，針對使用 LED 為光源的燈具做更明確規範，也針對 LED 替換市場，明確規範包括不同燈座規格的 LED 燈效率必須等於或高於能源之星規範中的白熾燈規格，並至少要有 6000 小時的壽命等要求；而此項標準則是從 2010 年 8 月開始發生規範效用[26]。

六、台灣 LED 照明規範

台灣 LED 產業起步算早，因此早在民國 77 年就已有針對發光二極體(指示用)極其量測法發布兩項 CNS 標準，往後數年，並陸續針對 LED 燈制定各項的規範，如今關於 LED 的規範已有五十餘項，表 3-1-6 為台灣目前制定有關於 LED 光源的現行標準。

表 3-1-13 台灣 LED 光源現行標準規範(依公告日期排序)

標準總號	標準類號	標準名稱	公告日期	種類
15829	C4556	用於替換螢光燈管之雙燈帽LED 燈管—安全性要求	104/09/23	制定
15713-2-2	C4544-2-2	雜類燈座—第2-2 部：個別規定—LED 模組用連接器	103/02/27	制定
15630	C4532	一般照明用安定器內藏式LED燈泡（供應電壓大於50 V）—性能要求	101/11/29	制定
15603-2-1	C4531-2-1	燈具性能—第2-1部：LED燈具之個別規定	101/11/15	制定
15602	C4530	一般照明用LED模組—性能要求	101/11/15	制定
15467-2-13	C4519-2-13	光源控制裝置—第2-13部：LED模組用直流或交流電子式控制裝置之個別規定	101/11/15	制定
15233	C4504	發光二極體道路照明燈具	101/07/26	修訂
15529	C3232	發光二極體元件之環境及耐久性試驗法	101/01/31	制定
15530	C3233	照明用發光二極體系統之環境試驗法	101/01/31	制定
15531	C3234	發光二極體晶粒之品質試驗法	101/01/31	制定
15532	C3235	發光二極體元件之靜電放電試驗法	101/01/31	制定
15509	C4522	發光二極體晶粒之加速壽命評估法	100/10/25	制定
15510	C4523	發光二極體元件及模組之加速壽命評估法	100/10/25	制定
15497	C4539	發光二極體投光燈具	100/10/19	制定
15498	C3231	發光二極體模組之熱阻量測法	100/10/19	制定
15489	C3230	發光二極體晶粒之光學與電性量測法	100/09/29	制定
15490	C4521	發光二極體光源系統之量測法	100/09/29	制定
15457	C4518	交流發光二極體模組之光學及電性量測法(彩色版)	100/08/10	制定
15456	C4517	交流發光二極體元件之光學及電性量測法	100/08/10	制定
15447	C4518	交流發光二極體模組之光學及電性量測法	100/08/10	制定
15438	C4511	雙燈帽直管型LED光源-安全性要求	99/11/18	制定
15437	C4510	輕鋼架天花板(T- bar)嵌入型發光二極體燈具	103/09/29	修訂
15436	C4509	安定器內藏式發光二極體燈泡(一般照明用)-安全性要求	101/11/15	修訂

15357	C4507	一般照明用LED模組-安全性規範	99/05/18	制定
15250	C3223	發光二極體模組之光學與電性量測方法	98/01/22	制定
15249	C3222	發光二極體元件之光學與電性量測方法	98/01/22	制定
15248	C3221	發光二極體之熱阻量測方法	98/01/22	制定
15247	C3220	照明用發光二極體元件與模組之一般壽命試驗方法	98/01/22	制定
14557	C6413	道路用發光二極體文字顯示型交通資訊看板之可靠度測試	90/06/07	制定
14556	C6412	道路用發光二極體文字顯示型交通資訊看板之功能特性測試	90/06/07	制定
14555	C7262	道路用發光二極體文字顯示型交通資訊看板	90/06/07	制定
13811	C7231	發光二極體數字型反射套板	86/02/03	制定
13810	C7230	發光二極體用支架	86/02/03	制定
13809	C7229	發光二極體晶粒	86/02/03	制定
13808	C7228	發光二極體磊晶片	86/02/03	制定
13807	C6387	發光二極體用環氧樹脂試驗法	86/02/03	制定
13806	C6386	發光二極體磊晶片發光波長與亮度量測法	86/02/03	制定
13782	C7227	自動控制用可靠度保證紅外發光二極體	85/10/30	制定
13781	C6376	自動控制用紅外發光二極體耐久性試驗法-預燒試驗（順向偏壓）	85/10/30	制定
13780	C6375	自動控制用紅外發光二極體耐久性試驗法-連續通電試驗	85/10/30	制定
13779	C6374	自動控制用紅外發光二極體量測法	85/10/30	制定
13653	C6366	通信用發光二極體之批品質控制測試	85/04/15	制定
13652	C6365	通信用發光二極體之可靠度測試	85/04/15	制定
13651	C6364	通信用發光二極體量測法	85/04/15	制定
13093	C6352	發光二極體顯示幕（戶外用）產品可靠度試驗法	81/12/28	制定
13092	C6351	發光二極體顯示幕（戶外用）量測法	81/12/28	制定
13091	C7218	發光二極體顯示幕（戶外用）產品標準	81/12/28	制定
13090	C6350	發光二極體大型燈（戶外顯示用）耐久性試驗法-連續通電試驗	81/12/28	制定
13089	C6349	發光二極體大型燈（戶外顯示用）耐久性試驗法-預燒試驗（順向偏壓）	81/12/28	制定
13088	C6348	發光二極體大型燈（戶外顯示用）量測	81/12/28	制定

		法		
13087	C7217	可靠度保證發光二極體大型燈（戶外顯示用）	81/12/28	制定
11830	C6278	發光二極體(指示用)測量法	76/02/17	制定
11829	C7185	發光二極體(指示用)	76/02/17	制定

第二節 居家照明設計

壹、適宜的居家照明設計

本論文以居家照明設計作為設計範例，在此，將對居家照明設計的重要性及重點目標概述說明，作為設計智慧照明電路時的參考依據，以提高燈具的使用效率及降低電源的消耗，提供居家生活良好的照明環境。

一、居家 LED 照明設計的考量

通常在開始規畫照明設計之前，會先了解場地的空間大小與用途之後，才會開始進行設計。係言之，根據不同功能區域的不同作用、特點和需求對照明產品進行選擇和裝飾，從而營造一個溫馨優雅的家居照明環境[26]。

目前室內常用的照明方式約可分為五種：

1. 直接照明：

約 90%至 100%的光線由燈具直接發出，照明效率高，且具有強烈的明暗對比，可突顯工作面在整個環境中的主導地位，但是容易產生直接眩光，並不適合用在居家住宅照明[26]。

2. 半直接照明：

半直接照明的方式是指將半透明材料所製成的燈罩罩住光源上部，約 60%至 90%以上的光線集中射向工作面，其他的 10%至 40%光線經半透明燈罩向上漫射，其所呈現的光線會比較柔和。這種燈具通常用於較低房間的一般照明。由於漫射光線能照亮平頂，使房間的頂部高度增加，因而能產生較高的空間感[26]。

3.漫射照明方式：

漫射的照明方式，是利用燈具的折射功能來放光，可透過使用不同的燈具材質來控制眩光。大致上是用半透明的燈罩將光源體全部封閉起來，燈光透過漫射向四周照射出來，使用漫射照明的方式，燈光均勻性好，視覺舒適度棒，通常適用於臥室。

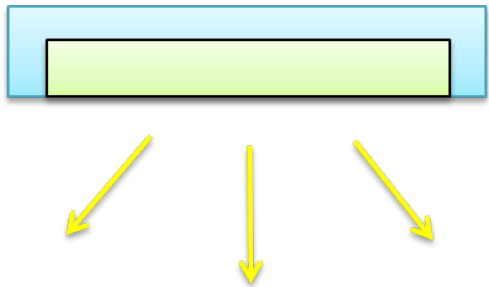
4.半間接照明：

半間接照明是指把半透明的燈罩裝在光源的下部，約 60%至 90%以上的光線射向平頂，然後再透過平頂的反射，形成間接光源，其他 10%至 40%部分光線經燈罩向下擴散。這種方式可使較低矮的房間有增高的感覺，也適用於住宅中的小空間部分如門廳、走道及服飾店等，通常在學習的環境中採用這種照明方式，最為相宜[26]。

5. 間接照明：

間接照明的方式是將光源遮蔽或光源燈泡裝在燈槽裡面，利用平頂反射間接產生照明的方式，約 90%至 100%的光透過天棚或牆面的反射，將光照射到工作面，其他 10%以下的光線則直接照射工作面，通常用於商場、服飾店、會議室等場所[26]。

表 3-2-1 照明器具之照明方式及特徵

照明方式	特徵	示意圖
直接照明方式	幾乎所有的光線直接照射下來。	

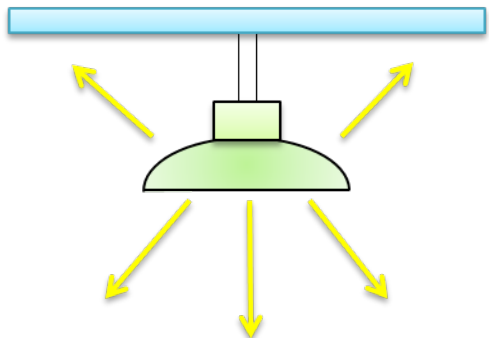
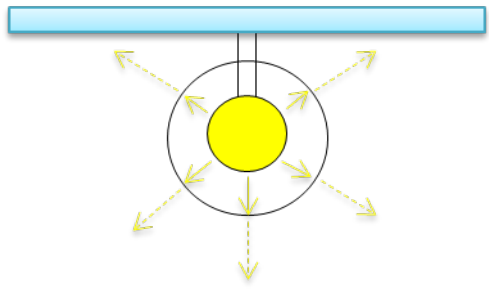
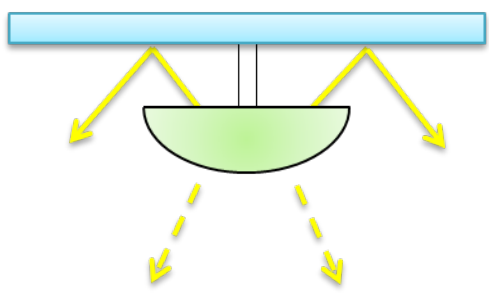
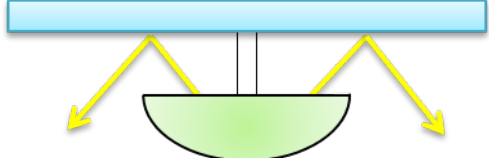
半直接照明方式	大部分的光線直接照射下來。少部分的光線透過燈罩漫射上去。	
漫射照明方式	懸吊可透光之燈罩，並將光源包覆其中，透過漫射將燈光照射出來，可調整眩光的產生。	
半間接照明方式	大部分的光線透過平頂的反射，將光照射下來。少部分的光源透過可透光燈罩漫射下來。	
間接照明方式	幾乎所有的光源透過平頂的反射照射下來	

表 3-2-2 照明光源分布[6]

燈具種類	向下光源(%)	向上光源(%)
直接	90~100	10~0
半直接	60~90	40~10
漫射	40~60	60~40
半間接	10~40	90~60
間接	0~10	100~90

二、居家不同場地的 LED 照明設計

(一)客廳及起居室燈光設計方法

客廳往往是住宅生活中，活動時間較長而且活動類型較多的場所，舉凡待客、看電視、玩桌遊、讀書、聽音樂或者是單純的讓自己放鬆休息，如此一來，客廳的燈光品質要很好，且還需要兼顧美觀，才可以待的長且久。

客廳的光源以自然採光的窗口或人工光源為主，客廳的主體照明宜來自高處，主要光源不宜太強，照度應均勻，一般以天花板吸頂燈的直接照明，或層板燈為基礎照明、加上輔助的裝飾照明(如水晶燈、美術燈)居多，符合自然的陽光印象[26]。利用反光燈槽或層板燈處理的散射光線有較好的裝飾效果和照明功能，使天花板面有均勻的反光，天花板有如亮度適宜的大面積擬日的間接光源，使客廳處於一片柔和的光明之中，營造出舒適宜人、生動活潑的客廳照明與感受氛圍[26]。

現在大城市的住宅空間通常很有限，客廳往往不單只是看電視或接待客人，可能還兼俱聊天、讀書、寫作業、玩桌遊等用途，有的時候用餐也會在客廳之中。客廳的使用功能這麼多，所需要照明品質與光學美感同樣要好，根據台灣 CNS 照明規範，客廳的照明光線應在 200~300 Lux 左右，所以天花板較低的客廳，可選用半直接照明方式的燈具，如吸頂燈或嵌燈，若天花板較高的客廳，則用藝術吊燈，皆具美感又不失光明。

在以前住宅內若有圖畫或藝術品需燈光投射，通常都使用低壓鹵素燈作重點照明，但隨著 LED 的不斷發展與創新，現在可以使用 LED 當作投射燈，不但可以省電，照明效果也比起以往來的更好；假如住宅裡面有放置展示櫃的話，也可以使用 LED 聚光投射燈，如此可加強被照射物的立體感和突顯物品的優雅。有些 LED 具備調光功能，可以依照個人的喜好來調整燈光的大小來強調自己想表達的重點。傳統的照明燈具體積太大，以至於使用上有所受限，如今的 LED 可以做到很小，自然對於使用上的受限就少很多，不

論是多麼細微的深處，可使用迷你型 LED 燈具來做重點照明，如此可依照個人的需求來設計燈光照明，讓客廳可以變得更多元。

主體照明和局部照明燈應分別用開關進行控制，而且開關應具備指示燈發光裝置[26]。

(二)餐廳燈光設計方法

餐廳主要是一個家庭用餐的地方，根據台灣 CNS 的照明標準規範，餐桌的燈光應在 500 Lux 左右，所以照明應以清晰明亮為主，清晰可以讓人們看清楚美味的料理；明亮則是可以讓每一道料理的特色顯現出來，這樣用餐起來心情會格外開心，也能多吃幾碗飯。餐廳照明要清晰明亮，這跟演色性有關，演色性越高越能看清事物的原貌、色調應柔和優美。照明燈光的重點應集中在餐桌上，讓人清楚地看到料理與用餐人的臉部表情，也能輕鬆愉快的聊天說話。燈具的造型、顏色要與餐廳的環境和餐桌、椅子、餐具等可以依照每一個家庭，餐廳所想要呈現什麼樣的樣貌來選購，創造出每一個家庭餐廳的獨特風貌。另外家具、餐桌與料理的擺設也可注意一下，擺設得宜能讓人視覺有另外一分的感受。

餐廳內的主燈通常是裝設在餐桌的正上方，且為餐廳主要的照明燈具，要可以提供桌面的功能照明和桌子中心的重點照明。當光線集中在餐桌上，能強調用餐的感覺。餐廳周圍的環境照明可選用壁燈，營造柔美溫和、明亮簡潔的感覺。有些餐廳的旁邊會有圖畫或裝飾物，這時可使用聚光燈作重點照明來強調。過去通常使用低壓鹵素燈嵌入式筒燈做為桌面上方做補光，提供桌面上餐具之重點照明，但是鹵素燈經過長時間的使用會有高溫與爆裂的危險，所以並不建議在餐廳內使用，應選用 LED 壁燈或 LED 投射燈做為餐廳投射燈尤佳。前面有提到鹵素燈經過長時間的使用會有高溫與爆裂的危險，在櫥窗或碗櫃內的小鹵素燈更是如此，同樣需要選用合適的 LED 燈來使用。且 LED 來提供豐富、溫暖的背景光與視覺需求，宜選用高演色性、暖色系

列之低色溫光源，再搭配調光器可使餐桌功能結束，變成休閒品茗喝咖啡休閒場景，讓空間發揮最高效能[26]。

(三)書房照明設計原則

書房通常是人們閱讀、寫作、寫報告或電腦辦公的地方，以上皆須長時間的使用眼睛，所以燈光須充足，這樣對眼睛來說負擔較小，另外要注意的是燈光也不能太過強烈，這樣會產生眩光的問題，造成眼睛看不清事物，因此，所選用的燈具須以柔和舒緩為主，必要時可以搭配檯燈，將燈光集中照射在所閱讀的書本或文章，這樣讀起書來很輕鬆，也不會過於疲勞。若書房中有擺放其他物品，可以添加一些簡單的燈光照明，如照片、獎狀等有回憶、紀念的物品再重點照明即可。

根據台灣 CNS 的照明標準規範，平常書房照度應在 75~100 Lux 左右，若在書房從事寫作與閱讀時，所需要的燈光應在 750~1000Lux 左右，故書房的燈光選用半直接照明方式的吸頂燈，並裝設在房頂的中間，這樣光線明亮均勻，也不會太強。其他的簡單的基本照明則是在 100Lux 左右。另外，閱讀時光源從後方高於頭部的角度照射過來最為合適，不可直接讓燈光照射到螢幕上，以避免產生反射眩光。

(四)臥室照明設計原則

臥室的重點在於需要能營造寧靜悠閒的氣氛，創造出可以讓人放鬆、自在舒服的感覺，讓人一進到臥室就可以感受到良好的舒適感與安全感，滿足梳妝、換衣服或睡前閱讀的需求。依照不同居住者的年紀與生活方式，臥室的燈光可依此來做變化，可以用一般照明與重點照明相結合的方式來做燈光的分配與佈置。在適當的配合調光控制，能讓臥室的光源變化，可以靈活的運用，來滿足居住者的各種心理需求和視覺的感受。

台灣傳統住宅的主臥室整體照明通常選用乳白色的磨砂玻璃吸頂燈，使用各種各樣的美術燈具、天花板吸頂燈、花燈、吊線燈、嵌入式筒燈或者是

壁燈，來提供足夠的人工光來供活動照明[26]。晚上就寢時，照度應在 20-30 Lux 左右;若是在看書、化妝，照度應在 500 Lux 左右，兩者所需的照度有所相差。因此，可以使用調光式 LED 燈具來做調整，或者是在需要閱讀時使用床頭燈提供足夠的光源。另外，梳粧檯、衣櫃和床周圍的閱讀照明需要明亮的光線，宜選用接近自然光色的光源[26]。兒童臥室的照明應為溫和明亮，可以使用一些彩色燈具作為裝飾照明，但光源不宜太亮或直射兒童的眼睛，否則會影響到兒童的視力。燈具的佈線與配電要以安全為第一考量，開關則式咬以方便實用為主。

(五)廚房照明設計原則

廚房為家庭煮飯、炒菜或製作小點心的地方，所以需要一個穩定且光亮的照明環境，要照亮廚房的水平作業區與垂直作業區，以方便水平面的切菜煮湯和垂直面的拿取廚房用品、餐具的整理與清潔。照明設計要同理到場地及使用者的感覺，以廚房來說，需考量烹煮調理作業的方便性及空間上的舒適度。天花板上的燈具，基本上要可以照亮整個廚房區域，若使用單一燈源則會造成上光源的不足而使廚房部分的料理空間無法看清，影響料理食材時的安全。因此，在料理台、瓦斯爐或洗碗槽的上方，可加裝其他燈具，作局部照明光源，方便餐具的準備與食物的烹煮，以補足光源的不足。同時也增加照明的效果，這樣在切菜或清洗碗盤時就不會感覺到太暗。

根據台灣 CNS 照明標準規範，廚房的照度應該在 500Lux 左右，燈具裝設應以簡單、清晰、明亮且方便料理製作為主。前面有提到若是在料理台、瓦斯爐和洗碗槽的位置，加裝獨立且附有透明玻璃的嵌入式筒燈或近距離 LED 投射燈，可以最高效率地提供充足的工作照明[26]。料理台面上的照度應為 500 Lux 以上。在炒菜活調製食材時，會產生大量的油煙，會影響到瓦斯爐上方的照明燈具，因此燈具的選用條件，要以簡單、方便拆裝、容易清洗為主。櫥房立櫃的內部和櫃子下的照明可以加裝迷你 LED 燈具來作重點

式的照明，可以增加櫥房溫暖舒適的氣氛。

(六)浴室照明設計原則

浴室因其使用目的，所以需要有明亮、清晰、柔和的照明，創造一個舒適且乾淨的環境。洗澡時，浴室環境常為潮濕狀態，因此天花板的燈具需要慎選，建議可選擇吸頂燈具來提供一般照明。除了天花板的照明燈具外，其他尚有浴室鏡子前燈和化妝燈，提供洗臉、刷牙和化妝時明亮而均勻的光線，這時可以選用輕巧、明亮又不佔空間的 LED 燈，裝在鏡子的兩旁，提供勻稱明亮的光源。

台灣家庭裡面的馬桶通常是跟浴室裝設在一起，日本的家庭則是分開為主。夜間起床上廁所時，急需要燈光的照明，因此可以選用柔和明亮的 LED 燈來作照明，符合高演色性、低色溫而不影響光源壽命的需求。另外前面提到浴室經常處於潮濕的狀態，所以需有防水功能，並且所有電器一定要加裝附有漏電斷路器的設備，以防止觸電的產生。

(七)門廊、樓梯間照明設計原則

台灣 CNS 的照明標準規範，門廊、樓梯間的照度應該在 100~150Lux 之間，當光線不足時容易發生意外事件，且需要因應不同的門廊或樓梯間而作不同的變化，因此需要仔細的評估與思考，創造符合該門廊或樓梯間正確、充足的照明，但燈光也不可過強，以免造成眩光的產生。門口或走廊處使用明亮、高演色性的 LED 光源，來營造出良好和諧的氣氛。門廊、樓梯間常採兩地(異地)控制照明，並不屬於長時間使用，但應優先考慮光源產品不受點滅頻繁時影響亮度及壽命[26]。因此，需選用具有上述功能的 LED 燈，尤其樓梯的燈光，需要良好充足且均勻的照明，以確保當人們在走每一階的臺階時都能看得清楚。不可將燈具光源過於集中，需平均分散，如此一來可避免陰影的產生。

第三節 辦公室照明設計

壹、大面積辦公場所均勻配光的燈具選用與照明設計

都市中的辦公大樓已成為現代化的指標，照明則是影響辦公大樓內上班氣氛與作業活力的關鍵，夜間的大樓景觀照明也成為共同營造城市夜景景觀的要角。辦公大樓上班工作時間長，因此大樓之照明規劃應考慮節約能源與照明品質的舒適性。重點在於選用高效率省電照明燈具，利用有效率的照明設計方法及控制系統，正確的使用照明習慣及定期維護燈具，才能確保舒適的照明光環境。因此選用舒適而高效率的光源、不閃爍且低眩光燈具的安裝、開關迴路的設計、日光的採光設計及自動調光控制等等，均攸關整體照明的品質。過去是以螢光燈為主力，近年來因 LED 的價格下降與效率提升，開始了均勻配光與優良 LED 燈具的需求，結合電子安定與 LED 光源體的優良高效能辦公室照明設備具有高演色性及均勻配光，容易加入微電腦控制，合理而高效率的照明品質兼顧環保與節能，值得長時間點燈的辦公照明設計重視[26]。

貳、辦公照明設計與照明品質考量

辦公室內的照明以提供桌面作業為主，舉凡一般文字書寫、電腦文書作業、會議諮詢、公務洽商等等，需要有良好的照明環境以保護視力健康。就心理方面而言，良好的辦公照明品質，可使上班族感到神清氣爽，心情愉快；所以營造一個優良的工作環境，使光線充足且柔和，可令人精神奕奕，而能提高工作效率與企業形象。優良的辦公場所照明，基本上應包括：

- (1) 充足而舒適照度與配光均勻的要求。
- (2) 眩光防制水準的特殊要求。
- (3) 光線需穩定與發光源應無閃爍的要求。
- (4) 合理節約能源與電費的支出。

參、辦公大樓 LED 照明燈具的要求

能源短缺與電價合理化提升將是未來台灣必須面對的真相，LED 光源及

LED 高效率節能燈具成為照明領域的節能新焦點，目前市面上已有通過節能標章認證的 LED 室內照明燈具，選擇上有所遵循，其效率甚至已超越 T5 螢光燈具效率，國內許多新建的辦公大樓已紛紛採用 T5 螢光燈具或直接裝設 T5 或 T8 的 LED 燈具了，但若以環保的永續經營概念來說，自然是直接採用 LED 燈具較為一勞永逸。而目前的辦公室用 LED 燈具主要是以 LED 燈管直接取代既有螢光燈具中的螢光燈管；或整個更換為 LED 燈管的新燈具；2011 年以來，也有業者開發平板 LED 燈盤，內部直接用模組化 LED 發光引擎裝置於燈具底板，外加燈罩而成，也是採整燈更換[26]。

辦公大樓在光源的選擇上，應以高演色性($R_a > 80$)與高光效為主，LED 燈管發光光譜分布在 5000K-6500K，是對人類肉眼色覺識別最佳而接近太陽光色，可以產生色澤鮮麗的視覺效果，光效達到 120 lm/W 以上，平均壽命超過 25,000 小時，因此採用高演色性、適當色溫的 LED 燈具已成為辦公照明的新選項[26]。

肆、辦公大樓的照明控制方法

大樓的照明控制方法大體上可分為(1)室內大面積辦公場所，(2)公共空間如走廊、洗手間等場所，(3)夜間景觀照明來設計。一般常用的控制方式不外有：

表 3-3-1 辦公大樓照明控制常用方式[26]

照明控制方式	說明
時序控制器(timer)	於預定的時間自動地對照明環境作模式切換明滅控制，可避免因忘記關燈而浪費電能，以上下班、午休時段、夜間景觀照明之自動點滅照明應用最多。
配合晝光感知器	當陽光充足明亮時，可自動調降靠窗 LED 燈具的輸出亮度或直接關閉燈具，但電路設計需採平行靠窗方向來配置，較適合於辦公場所靠窗側燈具、靠窗走廊、採光井、夜間室外景觀燈等的自動控制。
熱感開關裝置	在辦公大樓的小型會議室、會客室、廁所....等場所，由熱源感知器檢測空間內人體溫度，當室內沒人時自動關燈，可避免浪費能源，已廣泛使用於國內。
紅外線感知器	常態下較少人員之場所可使用附加感知器之自主控制型燈具，自動控制燈具之明滅，當感測到有人接近時，自動點

	亮燈具；於人員離開後，經過預設定時間而自動熄滅燈具。
整體群控式照明 控制系統	採照明中央監控系統、二線式或 DALI 照明控制系統等，可機動配合辦公大樓作息變動需求，來加以監控管理，而節約照明用電 30 % 以上。

第四節 結語

在本文的第三章第一節蒐集整理各國關於 LED 照明的各項規範，並分別介紹該國 LED 規範的源起及制訂該國規範的組織單位，有美、日、韓、中國大陸、台灣及國際組織 IEC 與 CIE，在閱讀各國關於照明的各項規範後，覺得各國的 LED 規範節能有學習的地方。每一個地方會因為其經濟背景、人文環境的影響其人們的思維模式，所看待同一件事物也會有不同的面相，而這點可以讓自己了解到自己的不足及看見自己所沒有注意到的地方，以達相互成長及補充不足。

以美國為例，美國為目前世界第一大國、經濟體，也是各國國際組織(IEC、CIE)的主要會員國之一，美國會招集國內的各家照明相關委員會等單位，檢測現階段 LED 量測標準與方法，期望能找出不足之處而後修改或訂定新標準規範之不足。其環保署也在 1992 年開始推動能源之星計劃，其目的是希望可以降低能源消耗及減少發電廠所排放的溫室效應氣體。早期此計劃的規範產品主要是電腦等相關資訊電器用品，之後逐漸擴展到電機、辦公室設備、照明、家電等等[28]。此計劃不只是在美國，鄰近的加拿大、日本、澳洲、紐西蘭和歐盟等均有參與，台灣是在 1999 年 7 月由我國環保署與美國環保署共同簽署「台美環境保護技術合作協定第四號執行辦法」後，獲美國環保署授權使用並管理台灣地區能源之星相關事宜。自 2001 年起每年會召開一次的國際能源之星計劃會議，以期規範能更加完善。

接著我以居家照明、辦公室照明為例來做說明。居家照明開頭介紹照明的方式，接著說明 LED 燈具在居家場地的運用。台灣 CNS 國家標準規範之中，明確的規範居家各場地照度應要有的標準，客廳照度為 200~300Lux、餐廳照度為 500 Lux 左右、書房閱讀時照度為 750~1000Lux、廚房照度為 500Lux 左右、臥

室則分晚上就寢時，照度為 20-30 Lux 左右;若是在看書、化妝，照度為 500 Lux 左右等，每一個如同臥室的照度規一樣，在該場地作不同事情時，其所需的規範會有所不同，除了臥室之外，向書房平常照度應為 75~100Lux，若看書或寫作時，則需要 750~1000Lux。

在辦公室照明的開頭說明燈具需考量照明的均勻配光、品質，因為良好的照明環境，能增加作業動力，減緩電腦辦公時的疲勞。台灣 CNS 國家標準規範之中，辦公室的照度應為 750~1000Lux，主管室、會議室應為 500Lux 左右，茶水間、樓梯、廁所應為 150Lux 左右。

居家、辦公室各場所因其使用目的的不同，會有不同的規範，知道規範及使用需求，再來做其設計，並結合後續第四章節的智慧照明電路，讓燈光照明能與太陽照射的光源作互補，當白天日照使室內光源充足，燈光可不必全部開啟，智慧照明電路會偵測日照光源的變化，在決定該亮起多少顆的 LED 燈，將有所不足的光源作補足，與本文智慧照明作結合。

第四章 LED 燈之智慧照明設計

本文中的 LED 智慧照明設計能結合室內燈光照明，以補足現有燈光至有開或關，它能感測試內光源的變化，來決定 LED 燈亮的多寡，及當光源慢慢減弱，LED 燈會慢慢亮起，使室內燈光皆能隨時保持充足，也不會因白天光源充足，而燈尚須全開，浪費能源。

第一節 電路架構及軟體流程方塊圖

圖 4-1-1 的電路圖是使用 Altium Designer 9 軟體做繪製，由左上方看起為一個 AC-DC 轉換電路，讓電路可直接連接市電，由交流 110V 轉換成直流 5V，提供主電路運作，主電路主要使用元件包含一個 AT89S51、一個 ADC0804 類比數位轉換器、一個光敏電阻、一個 7404 反向放大器，其它包含電阻、電容、電晶體和 LED 燈等。

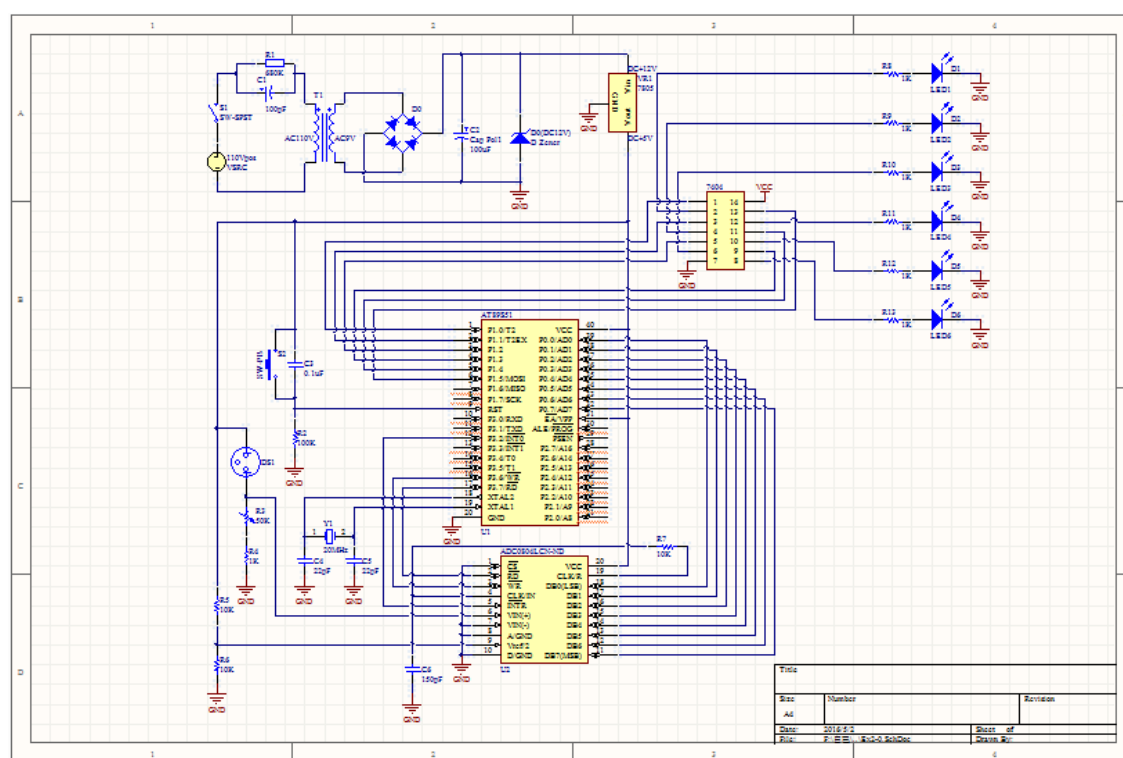


圖 4-1-1 電路架構圖

當電路透過 AC-DC 轉換電路送進電源後，主電路開始運作，光敏電阻感測周圍光源，因光敏電阻所收到的訊號為類比，故連接到 ADC0804 作類比-數位訊

號轉換，再將感測的數據送至 8051 做判斷，讓 LED 燈隨著外在光源漸漸變暗，逐一亮起 LED 燈。

圖 4-1-2 為電路的流程方塊圖，說明電路運作的流程及解釋各項動作的意義。

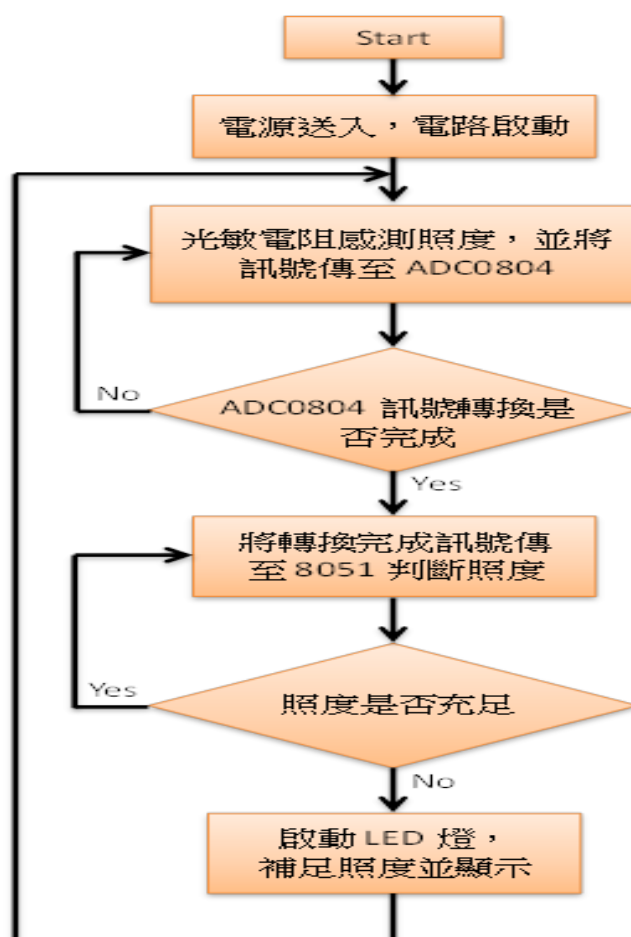


圖 4-1-2 流程方塊圖

開始(Start)後，電源送入，讓電路開始運作，光敏電阻感測照度並將類比訊號送至 ADC0804 轉換成數位訊號。轉換完成，則將訊號送至 8051 做照度判斷，若未轉換完成，則將訊號回傳至 ADC0804 重新轉換。接收到訊號，8051 開始判斷照度是否充足，若照度充足，則繼續等待訊號判讀，若照度不充足，則啟動 LED 燈補足燈光並顯示照度值。

第二節 照度實驗

壹、程式值的設定

在實驗開始前我先預設 8051 程式讀取到為 AD 轉換值達到 200 就亮第一顆燈、達到 170 就亮第二顆燈、達到 140 就亮第三顆燈、達到 110 就亮第四顆燈、達到 80 就亮第五顆燈、達到 50 就亮第六顆燈。同時量測電壓的變化,得知亮起第一個燈時,電壓約為 3.86V;亮起第二個燈時,電壓約為 3.33V;亮起第三個燈時,電壓約為 2.81V;亮起第四個燈時,電壓約為 2.18V;亮起第五個燈時,電壓約為 1.63V;亮起第六個燈時,電壓約為 1.05V。

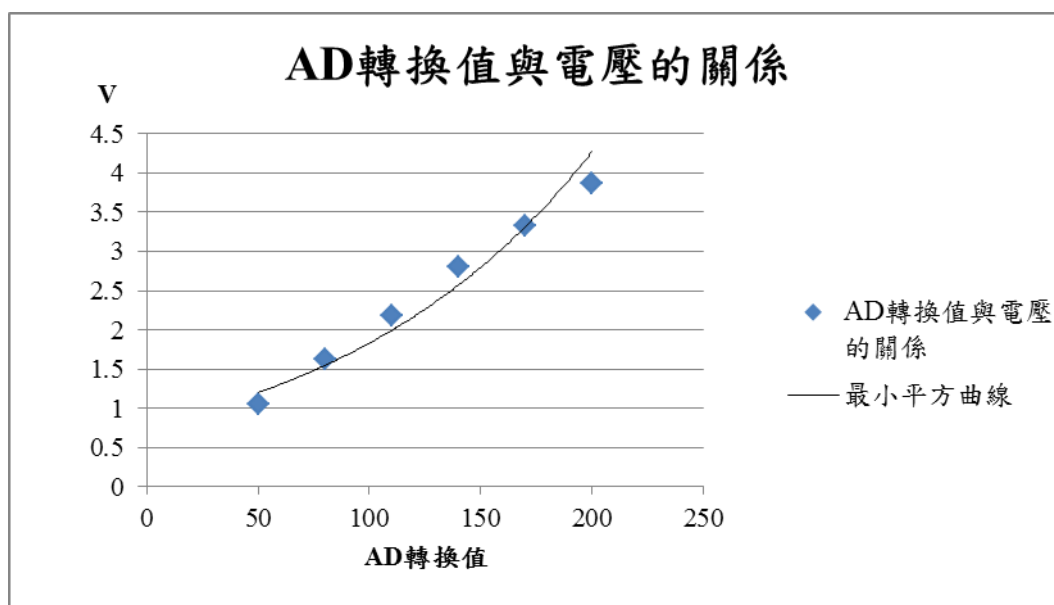


圖 4-2-1AD 轉換值與電壓的關係

圖 4-2-1 為上述實驗所得出的結果，由此圖我們可以知道程式值與電壓成正比關係。AD 轉換值越大，電壓也越大；電壓越大，代表光敏電阻阻值越小；光敏電阻阻值越小，代表外在的光源越大；外在的光源越大，代表越不須開啟 LED 燈光。

另外，再用電表量測電壓值時，我也將照度計寄放在光敏電阻旁，測試照度的變化。測試結果照度降為 210Lux 亮第一顆燈為、為 127 Lux 亮第二顆燈、為 74Lux 亮第三顆燈、為 24 Lux 亮第四顆燈、為 15 Lux 亮第五顆

燈、為 5 Lux 亮第六顆燈。如圖 4-2-2。

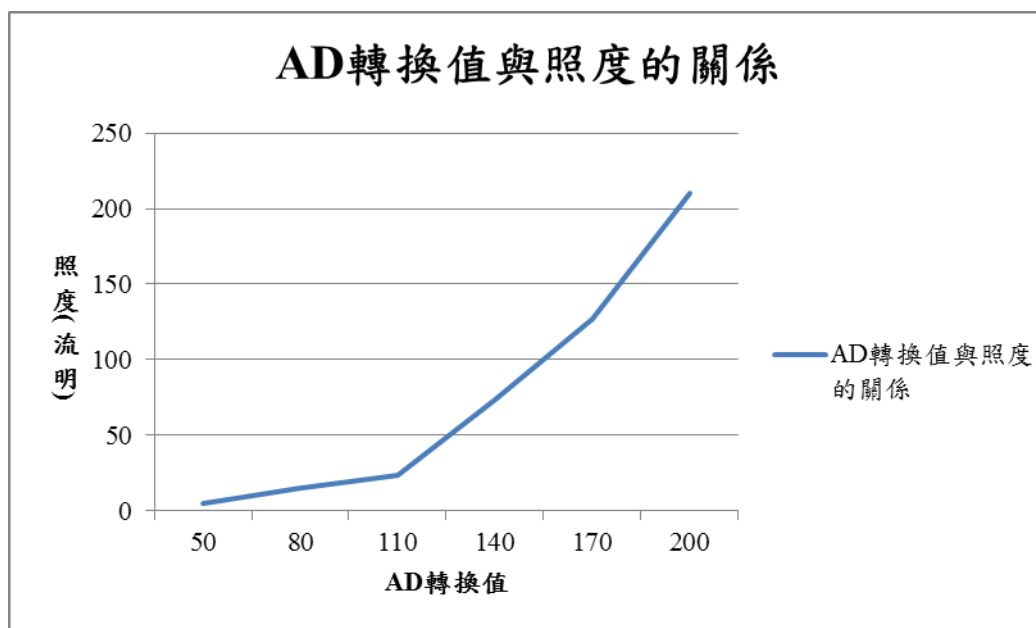


圖 4-2-2 AD 轉換值與照度的關係

圖 4-2-2 所示，兩者成正比關係，當 AD 轉換值越大，照度也越大；電壓越來越大，照度也越來越大。由圖 4-2-1、圖 4-2-2 可以知道 AD 轉換值與電壓、照度三者之間的關係，因此我藉由這些數據來決定我 AD 轉換值標準的設定，以方便 8051 程式值的設定。

貳、電路實驗流程與實驗場地

在前面已知 AD 轉換值與照度的關係，接下來我測試電路的實際效用，在選用四種不同的燈具，模擬室內不同光源的照射。將電路放在光源的下方，感測光源的變化，LED 依其不同的照度而有不同的結果，以檢測電路的功能。

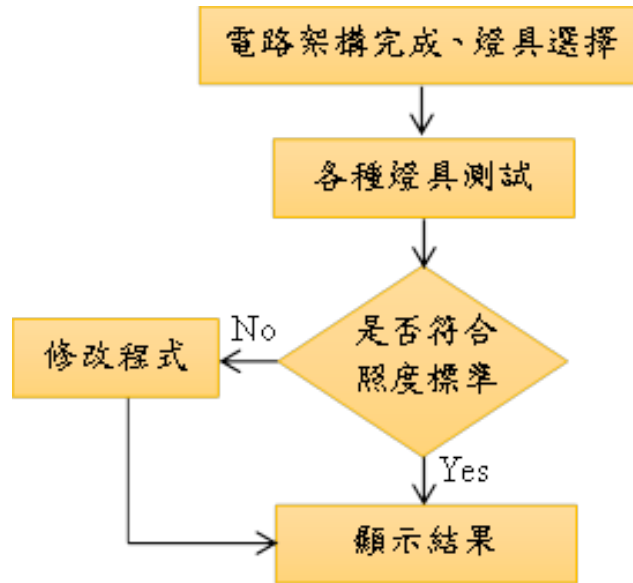


圖 4-2-3 實驗流程方塊圖

圖 4-2-3 為實驗流程的方塊圖，選擇測試燈具後，便可以開始實測，選用四種不同的燈具，以模擬居家不同場地的光源照明。實測燈具，當照度為 Yes，則顯示結果；當照度為 No，則修改程式值。以符合該場地的照明使用狀況。

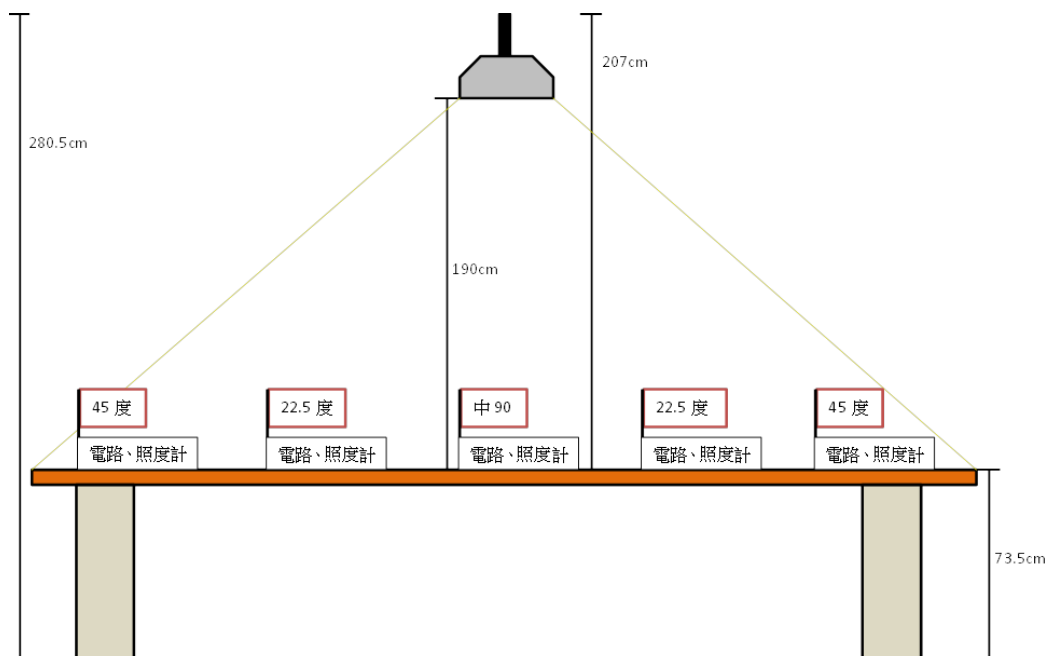


圖 4-2-4 實驗場地示意圖

圖 4-2-4 為實驗場地的示意圖，場地為暗房實驗室，將待測的燈具放在場地中間的上方位置，下方放置電路、照度計，並分別測試五個不同角度的

位置。取得同場地，但不同位置所照射到的光源，以了解在居家時，感測器能裝設的位置。

叁、實驗結果

因空間關係，表 4-2-1 僅附上三種角度結果，測驗燈具為四組。

表 4-2-1 照度與電壓的對照

單位：照度-流明、電壓-伏特

燈具	正中		右 22.5		左 22.5		右 45		左 45	
	照度	電壓	照度	電壓	照度	電壓	照度	電壓	照度	電壓
A 燈具	54	2.59	50	2.52	50	2.52	41	2.40	36	2.30
B 燈具	50	2.52	47	2.48	42	2.41	39	2.34	32	2.19
C 燈具	127	3.40	109	3.18	107	3.16	106	3.15	90	2.96
D 燈具	107	3.16	100	3.09	93	2.99	80	2.85	80	2.85

如表所示，當距離中心光源越遠，所能照射到的燈光越少，又因為光敏電阻的特性，當外在的光源越強，它的電阻值就越小，反之，外在的光源越弱，它的電阻值就越大。所以也電壓也越低。當電壓越低，LED 燈亮起的燈數就會越多，使房間能保持均勻的亮度。

表 4-2-2 為照度補光的說明，若選用照度為 50 的 LED 燈。隨著外在光源變化，LED 燈會逐漸亮起。

表 4-2-2 照度補光

外在光源	LED 光源	合計光源
210	50	260
127	100	227
74	150	224
24	200	224
15	250	265
5	300	305

表 4-2-2 所示，外在光源逐漸降低，LED 燈亮起，合起來的光源皆有達到 200 以上，能符合一般居家個場地的照明燈光。

第三節 8051 程式碼

8051 程式

;由 PORT 1 連接之 LED 燈

;PORT 0 連接 ADC0804 之 DB0-DB7

;8051 之 WR 連接 ADC0804 之 WR

;8051 之 RD 連接 ADC0804 之 RD

;P3.2 連接 ADC0804 之 INTR

;使用垂詢方式

;=====

```
                ORG    0                ;程式從 0 位址開始
START:          SETB   P1.0             ;關閉 LED1
                SETB   P1.1             ;關閉 LED2
                SETB   P1.2             ;關閉 LED3
                SETB   P1.3             ;關閉 LED4
                SETB   P1.4             ;關閉 LED5
                SETB   P1.5             ;關閉 LED6
```

;=====

```
LOOP:          MOVX   @R0, A            ;啟動 ADC0804
                JB     P3.2, $           ;ADC0804 是否轉換完畢?
                MOVX   A, @R0           ;讀取轉換結果
                CJNE   A, # 200, AOMP    ;若照度不等於 200 點;則跳至 AOMP
                CLRP1.0                  ;LED1 亮
                CJNE   A, # 220, GISP
```

;=====

```
AOMP:          CJNE   A, # 170, BOMP    ;若照度不等於 170 點;則跳至 BOMP
```

```

        CLR      P1.1          ;LED2 亮

        CJNE     A, # 220, GISP

;=====

BOMP:    CJNE     A, # 140, COMP ;若照度不等於 140 點;則跳至 COMP

        CLR      P1.2          ;LED3 亮

        CJNE     A, # 220, GISP

;=====

COMP:    CJNE     A, # 110, DOMP ;若照度不等於 110 點;則跳至 DOMP

        CLR      P1.3          ;LED4 亮

        CJNE     A, # 220, GISP

;=====

DOMP:    CJNE     A, # 80,  OISP ;若照度不等於 80 點;則跳至 EOMP

        CLR      P1.4          ;LED5 亮

        CJNE     A, # 220, GISP

;=====

EOMP:    CJNE     A, # 50,  AISP ;若照度不等於 50 點;則跳至 AISP

        CLR      P1.5          ;LED6 亮

        CJNE     A, # 220, GISP

;=====

AISP:    CJNE     A, #60,   BISP ;若照度等不於 60 點;則跳至 BISP

        SETB     P1.5          ;關閉 LED6

        CJNE     A, # 220, GISP

;=====

BISP:    CJNE     A, #90,   CISP ;若照度不等於 90 點;則跳至 CISP

        SETB     P1.4          ;關閉 LED5

```

```

CJNE    A, # 220, GISP

;=====

CISP:   CJNE    A, #120, DISP    ;若照度不等於 120 點;則跳至 DISP

        SETB    P1.3            ;關閉 LED4

        CJNE    A, # 220, GISP

;=====

DISP:   CJNE    A, #150, EISP    ;若照度不等於 150 點;則跳至 EISP

        SETB    P1.2            ;關閉 LED3

        CJNE    A, # 220, GISP

;=====

EISP:   CJNE    A, #180, FISP    ;若照度不等於 180 點;則跳至 FISP

        SETB    P1.1            ;關閉 LED2

        CJNE    A, # 220, GISP

;=====

FISP:   CJNE    A, #210, GISP    ;若照度不等於 210 點;則跳至 DISP

        SETB    P1.0            ;關閉 LED1

;=====

GISP:   CJNE    A, #240, AMSP    ;若照度不等於 240 點;則跳至 AMSP

        SETB    P1.0            ;關閉全部的 LED

        SETB    P1.1

        SETB    P1.2

        SETB    P1.3

        SETB    P1.4

        SETB    P1.5

;=====

```

AMSP: JMP LOOP ;跳至 LOOP 形成一個迴圈

;=====

 END ;結束

第四節 LED 智慧照明電路實驗與結果

以下圖片為實體電路圖，我選用六顆 LED 燈來作呈現，LED 為綠色光源。

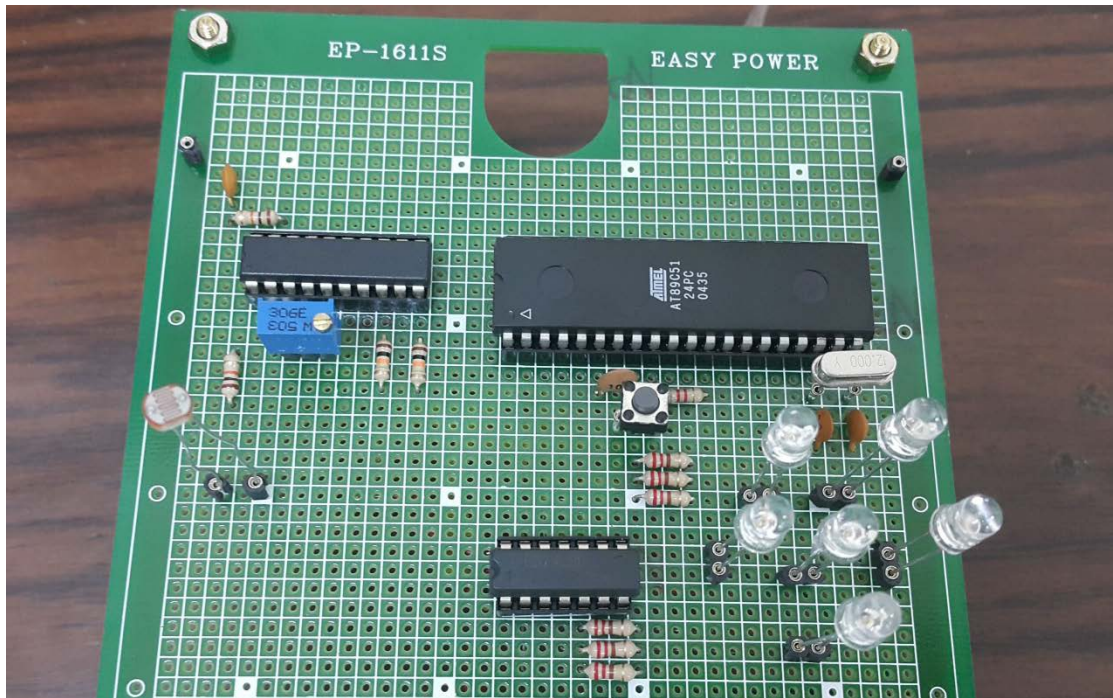


圖 4-4-1 實際接線圖

圖 4-3-1 為實際電路接線圖，此時光源充足，故 LED 燈皆暗。

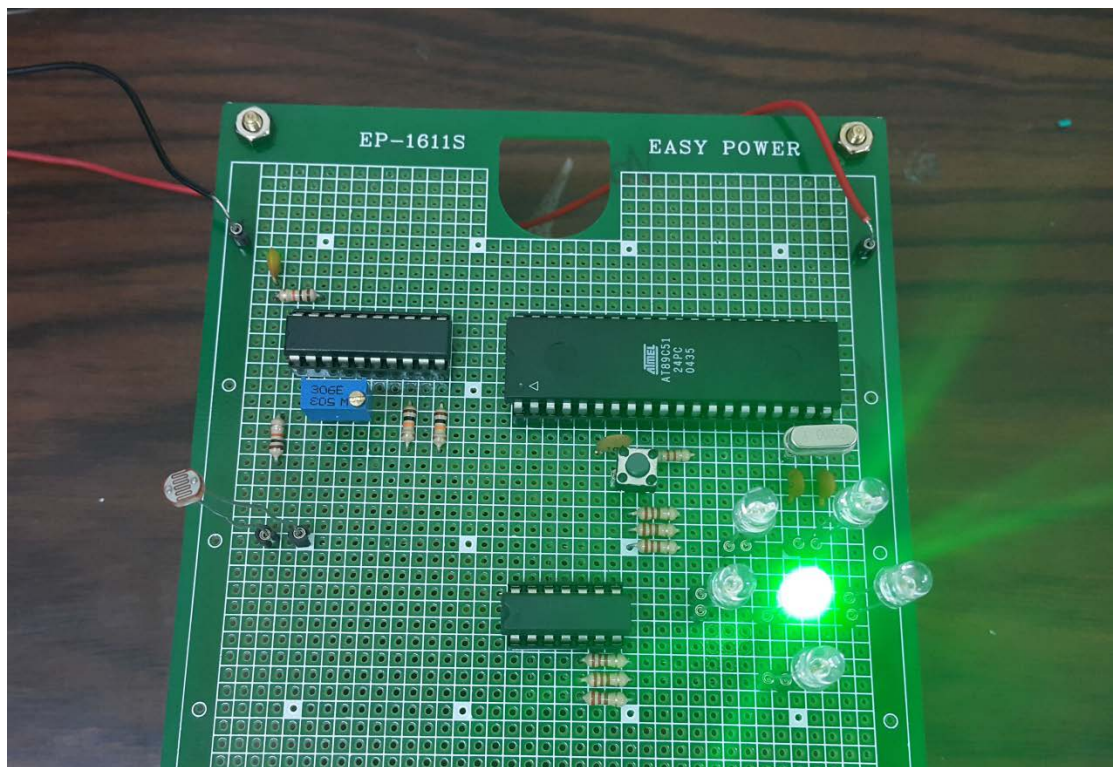


圖 4-4-2 亮一顆 LED 燈

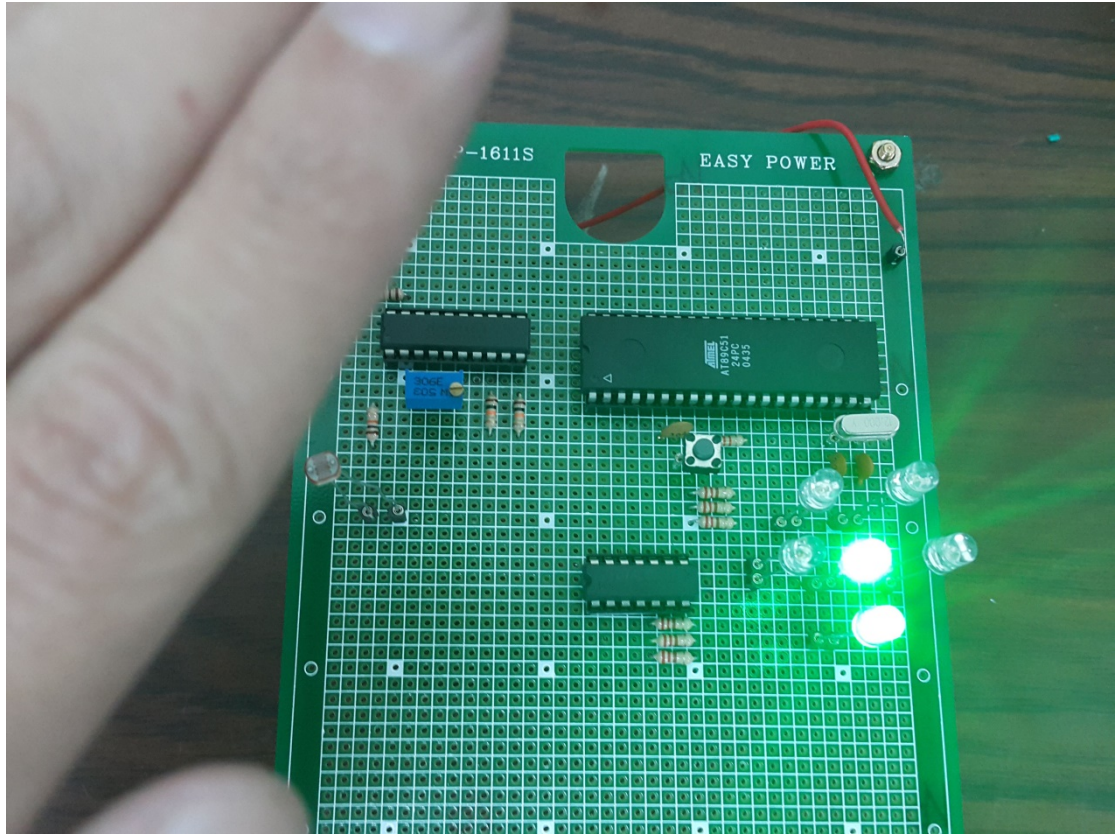


圖 4-4-3 亮二顆 LED 燈

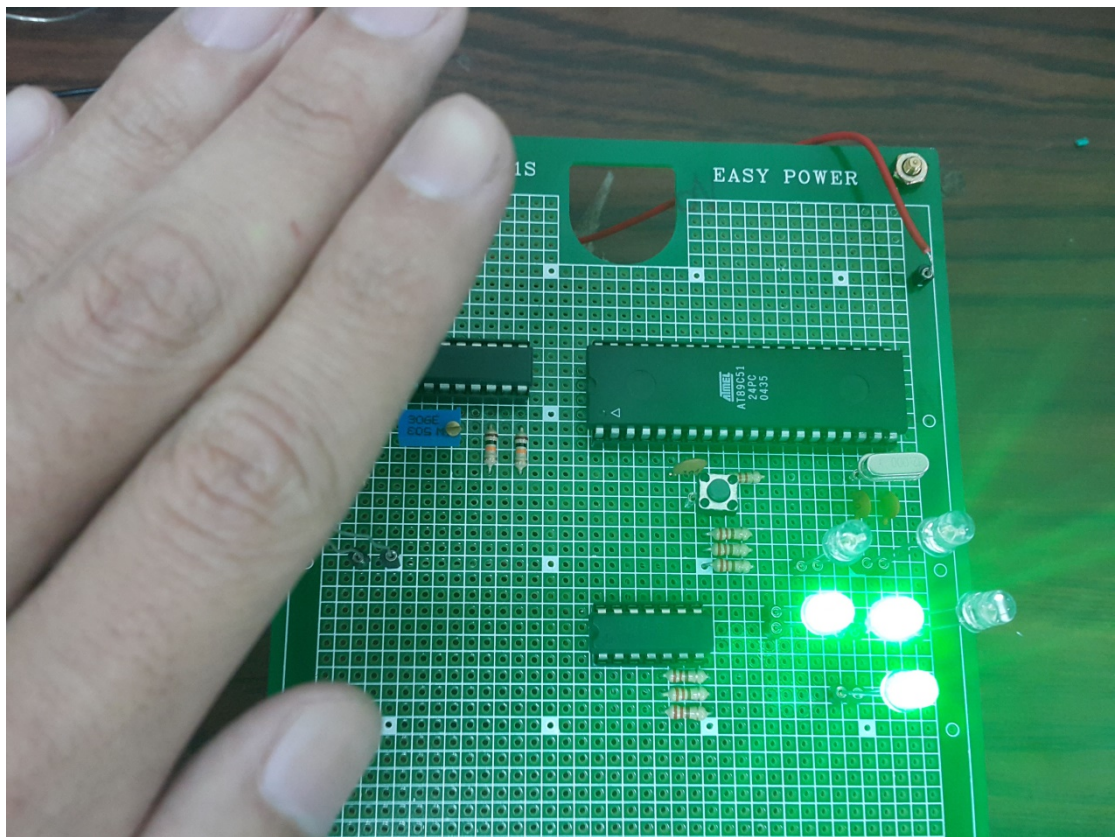


圖 4-4-4 亮三顆 LED 燈

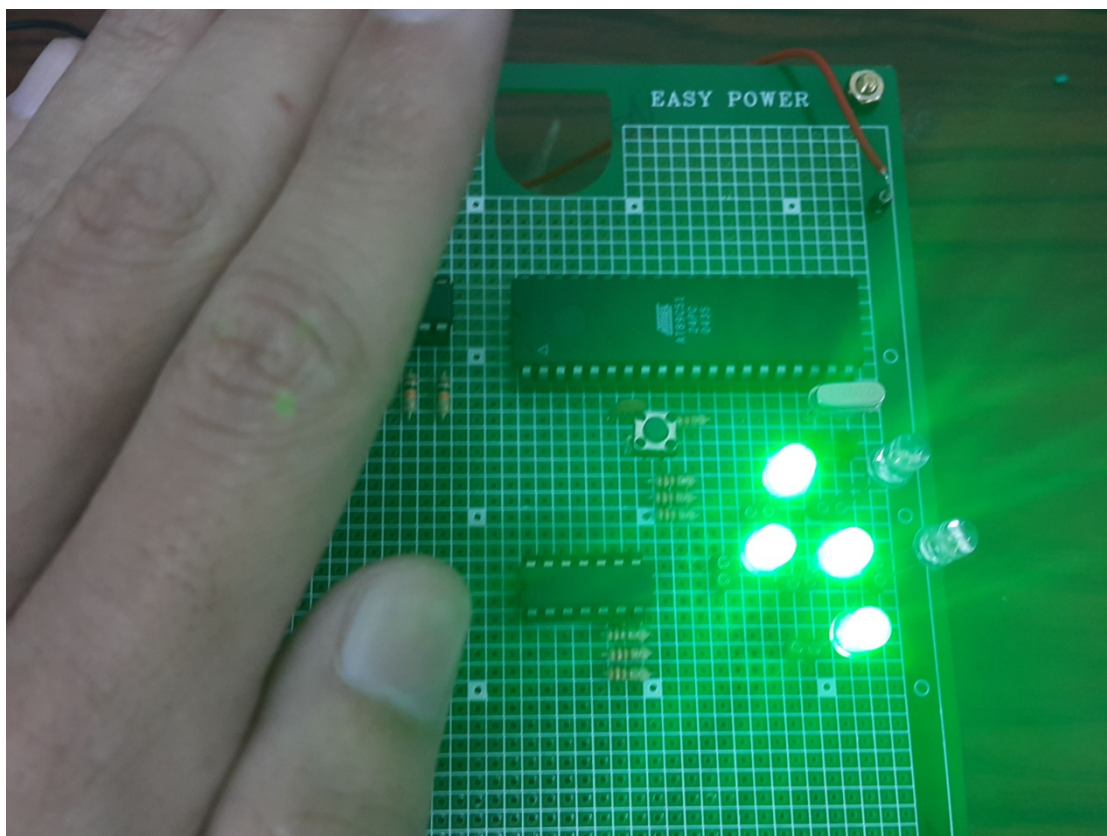


圖 4-4-5 亮四顆 LED 燈

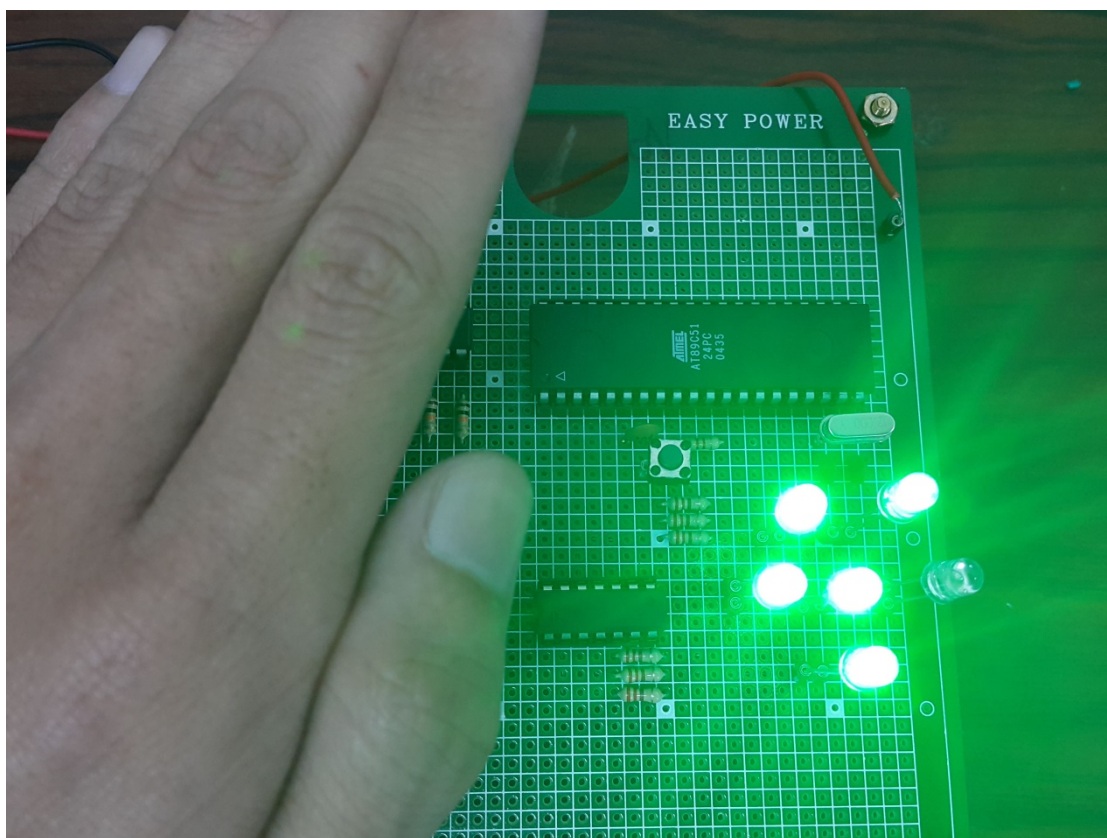


圖 4-4-6 亮五顆 LED 燈

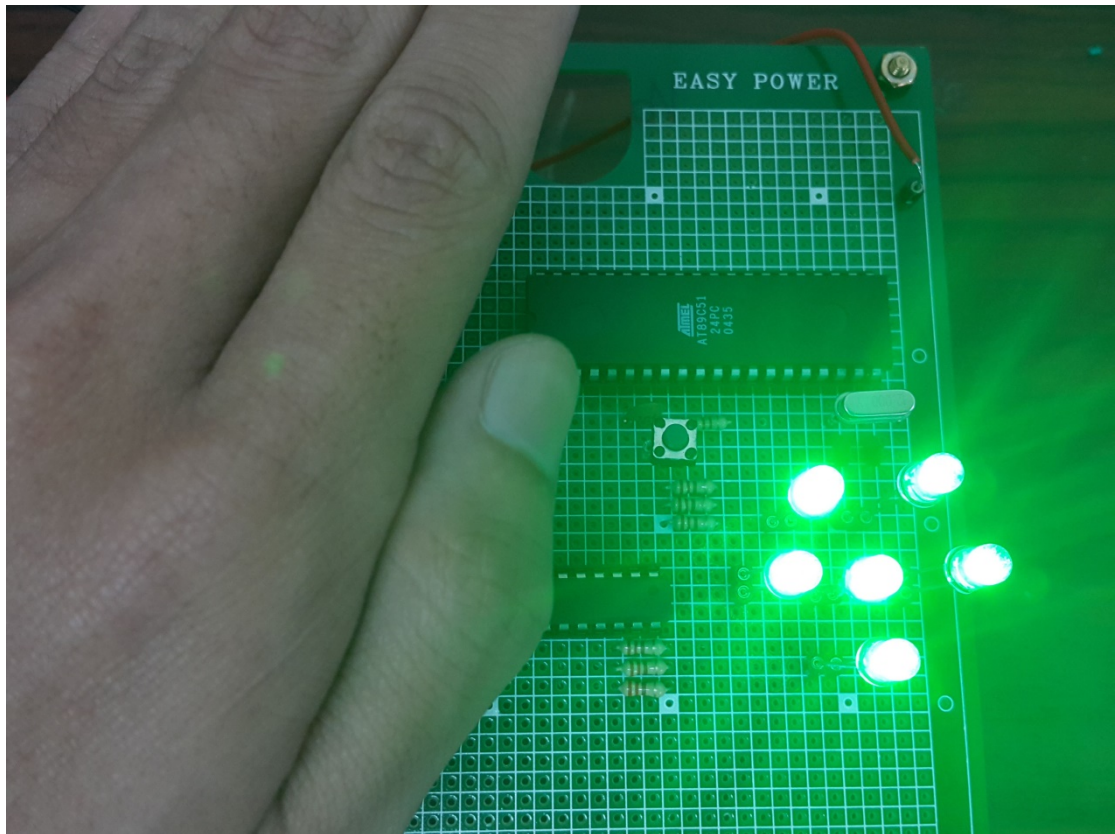


圖 4-4-7 亮六顆 LED 燈

第五章 結論

蒐集整理各國關於 LED 照明的各項規範，並分別介紹該國 LED 規範的源起及制訂該國規範的組織單位，有美、日、韓、中國大陸、台灣及國際組織 IEC 與 CIE，在閱讀各國關於 LED 照明的各項規範後，了解不同的場地環境，有不同的照度規範，因此，在作燈具設計時，能依此作為參考，創造出符合規範的照明燈具。

以居家照明、辦公室為例，說明智慧照明 LED 電路的實際功用，簡述各居家場所所規範的燈光照明狀況，在依其場地需求來做變化。

本研究已達成 LED 燈智慧照明電路的模擬實作，當光源減弱時，LED 燈會逐漸亮起，能配合光源做變化。使用高亮度，低耗能的 LED 燈，即使燈具減少，亦能符合照明的規範。與以往傳統的照明方式，有所不同，更能減少電能的浪費。完成預設目標，結論及建議如下：

1. 已完成 LED 燈智慧照明電路的模擬實作，接下來須運用在實際的燈光照明，已檢測電路的實用性，並量測照度值，與照明規範對照。若電路實際運作測試完成，可對電路做改良或更換元件，使電路更加完善。
2. 為了因應不同場所的用途，其 LED 燈的照明，可結合二次光學元件來作運用，如選用加裝不同的透鏡，增加照明的均勻度、減少炫光的產生。

參考文獻

- [1] 8051 入門：C 語言輕鬆學，基峰圖書股份有限公司，2013
- [2] 單晶片 C 程式設計實習，全華圖書股份有限公司，2013
- [3] 例說 8051：單片機程序設計案例教程，張義和，2013
- [4] 例說 8051，張義和、陳敵北，新文京圖書股份有限公司，2010
- [5] 曾柏榮，傳統照明與 LED 照明在道路上之差異性研究，逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文，2014
- [6] 王俊超，照明節能效益評估法之適應性分析，國立臺灣科技大學電機工程系碩士論文，2007
- [7] 張智鴻，人工智慧應用於室內照明最佳化設計之研究，國立臺灣科技大學電機工程系碩士論文，2006
- [8] 余文成，台灣 LED 產業發展和競爭策略之研究，國立臺灣科技大學工業管理系碩士論文，2006
- [9] 林蓋良、汪孝慈，「照明品質與眩光評估模式」，照明學刊，台灣照明學會，18 期第 2 卷，第 26~38 頁，民國九十年。
- [10] LED 燈泡易讀標示，取自 <http://www.ledlightmeter.org.tw/about>
- [11] CNS 照度標準，標準總號 12112，類號 Z1044，民國七十六年九月。
- [12] 台灣經濟部標準檢驗局制定 LED 照明相關標準。官網。取自 <http://www.ledinside.com.tw/news/20130322-25547.html>
- [13] 中華民國能源之心。取自 <http://energystar.epa.gov.tw/index.asp>
- [14] 電機電子環境發展協會。取自 <http://www.ced.org.tw/Default.aspx>
- [15] 技術壁壘資源網。取自 http://www.tbmap.cn/portal/Contents/Channel_2125/2009/0924/85545/content_85545.jsf?ztid=2161
- [16] U.S. Department of Energy, “ENERGY STAR® Program Requirements for

Solid State Lighting Luminaires” 2008。

[17] 經濟部能源局「照明節能產品應用手冊」

[18] 維基百科。取自

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%83%BD%E6%BA%90%E4%B9%8B%E6%98%9F>

[19] 中華民國國家標準 CNS14335「燈具安全通則」(民國 94 年)。取自

<http://www.energylabel.org.tw/applying/efficiency/upt.asp?cid=27>

[20] 中華民國國家標準 CNS15438「雙燈帽直管型 LED 光源－安全性要求」(民國 99 年)。取自

<http://www.energylabel.org.tw/applying/efficiency/upt.asp?cid=27>

[21] 自製照度計，取自

[http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/97\(306-315\)/311-PDF/04-97011-%E8%87%AA%E8%A3%BD%E7%85%A7%E5%BA%A6%E8%A8%88_%E6%9C%88%E5%88%8A_.pdf](http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/97(306-315)/311-PDF/04-97011-%E8%87%AA%E8%A3%BD%E7%85%A7%E5%BA%A6%E8%A8%88_%E6%9C%88%E5%88%8A_.pdf)

[22] LED 燈泡易讀標示，取自 <http://www.ledlightmeter.org.tw/about>

[23] 【產業資訊】151110_美、歐及中國照明產品能效標準，取自

<http://trinityitech.pixnet.net/blog/post/439755826>

[24] 一般財團法人日本照明工業協會網站(<http://www.jlma.or.jp>)，2016 年。

[25] 產品規格無所適從各國積極研擬 LED 照明標準，取自

http://www.mem.com.tw/article_content.asp?sn=0808040012

[26] 經濟部能源局「LED 照明節能應用技術手冊」，民國 101 年 12 月

[27] 經濟部能源局，財團法人台灣綠色生產力基金會「照明系統 Q&A 節能技術手冊」

[28] 維基百科能源之心網站，取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%83%BD%E6%BA%90%E4%B9%8B%E6%>

98%9F

- [29] 經濟部能源局照明推廣教育 95 年度照明基礎講座，照明節能與產品驗證-工業技術研究院能源與環境研究所，民國 95 年。
- [30] 標準檢驗局，國家標準檢索服務系統網站，2012 年。
- [31] CIE 國際照明委員會網站，取自 <http://www.cie.co.at/index.php/Publications>
- [32] 韓國國家綜合訊息系統標準認證網站，取自
<https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchList.do?menuId=919&topMenuId=502>
- [33] 韓國標準訊息網站，取自 http://www.kssn.net/StdKS/KS_inspect_category.asp
- [34] 中國國家標準文獻共用服務平臺，取自 <http://www.cssn.net.cn/>
- [35] IEC 國際電工委員會網站，取自 <http://www.iec.ch/index.htm>