

國立交通大學

電機學院 電子與光電學程

碩士論文

小尺寸液晶顯示器閃動現象之改善



Reduction of LCD Flickering
for Small Size LCD

研究生：張德歡

指導教授：黃宇中 教授

中華民國九十七年七月

小尺寸液晶顯示器閃動現象之改善

Reduction of LCD Flickering
for Small Size LCD

研究生：張德歡

Student : Te-Huan Chang

指導教授：黃宇中

Advisor : Yu-Chung Huang

國立交通大學
電機學院 電子與光電學程
碩士論文



Submitted to College of Electrical and Computer Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Electronics and Electro-Optical Engineering

July 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年七月

小尺寸液晶顯示器閃動現象之改善

學生：張德歡

指導教授：黃宇中博士

國立交通大學 電機學院 電子與光電學程碩士班

摘 要

小尺寸液晶顯示器的應用非常廣泛，如手機、MP3 Player 及數位相機(DC)等，我們發現一些小尺寸液晶顯示器存在著閃動(Flicker)的問題，有些是很輕微的、有些則顯得比較嚴重，這是液晶顯示器的重要缺陷。

小尺寸液晶顯示器因面板上的寄生電容而產生穿通(Feed through)電壓的影響及液晶需要不斷的做正、負極性變換的關係，LCD 會產生閃動的現象，傳統減輕閃動的方法為利用相同一組 Common 電壓的設定，來補償 LCD 正、負極性的差異，以減輕閃動的現象。但是以此方式生產，液晶顯示器會因為製程的差異，導致液晶顯示器有各自不同的 Feed through 電壓，所以出現了有些閃動很輕微、有些卻顯得比較嚴重的情況。於是有些液晶面板廠會在 FPC 上設計可變電阻的元件，供出廠時讓生產人員可調整 Common 電壓來減輕閃動，但這會增加液晶顯示器的元件成本、體積，及額外增加手動 Common 電壓的調校作業。

本文的目的在開發一套成本低廉、操作容易的 LCD Flicker 自動測試系統，先用 CA-210 色彩分析儀量測閃動(Flicker)大小，讓系統調整 LCD Common 電壓設定，找到每片 LCD 閃動到最輕微時的 Common 電壓設定，然後將此 Common 電壓設定值燒錄到 LCD 的 OTP 記憶體中，做為該液晶顯示器出廠後的開機初始值。透過本 LCD Flicker 測試系統，LCD 模組廠可以快速且正確的管理整批生產之液晶顯示器，讓每片 LCD 的閃動現象降到最低。

Reduction of LCD Flickering for Small Size LCD

Student : Te-Huan Chang

Advisor : Dr. Yu-Chung Huang

Degree Program of Electrical and Computer Engineering

National Chiao Tung University

ABSTRACT

The application of the small size liquid crystal display is very extensive, such as the cell-phone, MP3 Player and digital camera (DC),... We find some of small size liquid crystal display flicker existing, some are very slight, some seem more serious, this is an important defect of a liquid crystal display.

The Feed-through of small size liquid crystal display is produced by parasitic capacity on the panel Influence. And the common voltage and liquid crystal need constant doing the positive and negative pole relation varying, LCD will produce the phenomenon flickered, and the tradition lightens the method of flickering as utilizing the same establishment of common voltage, to compensate the difference of LCD common positive and negative pole nature to come, in order to lighten the phenomenon flickered. But produce by this way, some liquid crystal display will make difference, cause liquid crystal display have difference of Feed through voltage, appear some flicker very slight, but some seem serious situation. Then some liquid crystal panel factories will design the component of the variable resistance on FPC, support when dispatching from the factory making producer adjustable Common voltage to lighten flicker to come, but this increase component cost and volume of liquid crystal display, and increase the operator loading at manual common voltage fine-tune.

The purpose of this text is to develop a set of cheap cost, to operate and test the LCD Flicker easy through the system automatically, examines the flickers with the analysis instrument of CA-210 color analyzer, the LCD Common voltage is adjusted and sets up by the system, then find each LCD is it get most slight Common voltage when set up, and it will be recorded at OTP memory of driver IC, so initial value of the LCDs common voltage were dispatched from the factory.

Pass this LCD flicker test systematically, liquid crystal display produced by the gross in management that LCD mould group's factory can be fast and correct, let the phenomenon of flickering of each one LCD lowest.

誌 謝

自從錄取交通大學電機學院在職專班之後，除了希望所學課程能充實本身專業技能外，另一個重要的目標就是學習撰寫一篇專業領域的論文。我很幸運地遇見了黃宇中博士，成為我的論文指導教授。在黃老師的指導之下，讓我提出與工作內容有密切關係的論文，並教導我論文寫作的方向及技巧，甚至到細節的修飾部份，其間不斷磨練與提升我對問題的分析與思考能力，促使我能夠完成這一篇論文，因此由衷的感激黃老師一直以來的指導與教誨。

此外，我也要謝謝口試委員魏兆煌博士與吳添祥博士在論文口試期間所提供的寶貴意見，使我的論文更臻完善。

最後，要謝謝我的妻子冬英，除了每天上班工作之外，晚上還要檢查兩個兒子的課業，連假日也不例外，必須照顧全家的生活，讓我可以專心求學與工作，不必為了家庭與小孩而分心。

再次真心的感謝所有幫助過我的人，包括實驗室的同學家志、仲強、喬育、育霖、家銘，因為有你們的鼓勵，我才能夠順利完成這一篇論文，讓我對專業知識的學習能夠更紮實，更精進，在 LCD 相關的專門領域裡可以更上一層樓。謝謝！

1. 目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iii
表目錄	vi
圖目錄	vii
一、 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 文獻探討	2
1.3 目標	4
二、 顯示器相關背景知識及閃動的定義	5
2.1 液晶面板的電路架構	5
2.2 液晶面板Common電極的驅動方式	7
2.3 何謂閃動	8
2.4 閃動的現象	9
2.5 因Common極性變換引起的Flicker	10
2.6 因Feed Through效應引起的Flicker	15
2.7 閃動的定義	20
三、 閃動測試系統的設計	20
3.1 閃動測試系統的功能需求	20
3.2 閃動測試系統的硬體架構	22
3.2.1 液晶顯示器的驅動系統	22
3.2.2 小尺寸液晶顯示器	26
3.2.3 LCD閃動量測儀器CA 210	28
3.3 閃動測試系統的界面連接方式	31
3.3.1 面板驅動系統與液晶面板的連接界面	32
3.3.2 個人電腦與面板驅動系統的連接界面	35
3.3.3 個人電腦與色彩分析儀CA-210 的連接界面	35
3.4 面板驅動系統的韌體架構	37
3.4.1 LCD的初始值設定	39
3.4.2 接收及儲存CA-210 的閃動資料	43
3.4.3 找出面板的最小Flicker時之Commond電壓VDV設定	45
3.4.4 面板驅動系統所提供的OTP燒錄程序	46
3.5 LCD閃動測試系統的軟體介面	48
四、 實驗結果	50
4.1 液晶顯示器電信操作需求	50

4.2	由Common調整以減輕閃動的方法	52
4.3	由Frame Rate電壓調整以減輕閃動的方法	57
五、	結論與展望	59
5.1	總結	59
5.2	小尺寸液晶面板生產時的考量	61
5.3	未來研究方向	62
參 考 文 獻	63



表 目 錄

表 1 各種面板極性變換方式的比較表	13
表 2 小尺寸液晶顯示器的主要項目規格	27
表 3 Flicker量測誤差範圍	30
表 4 液晶顯示器的讀、寫控制信號列表	33
表 5 Driver IC's OTP flow	45
表 6 液晶顯示器操作電壓	50
表 7 Driver IC操作電壓	50
表 8 整理Sample1 到 10 於不同VCOML電壓產生的閃動	55
表 9 Original and Correction的閃動大小比較表	56
表 10 以VDV暫存器查表設定VCOM amplitude	57
表 11 閃動及面板功耗與頻率的關係表	58



圖 目 錄

圖 1 液晶面板的簡化等效電路.....	5
圖 2 液晶面板的Source and Gate動作.....	6
圖 3 液晶面板不同的Common電極驅動方式及其穿透率.....	7
圖 4 液晶面板Common電極的驅動方式.....	7
圖 5 液晶顯示器出現閃動時之電壓與時間的關係.....	8
圖 6 由Frame-Inversion產生的閃動現象.....	9
圖 7 由Line-Inversion產生的閃動現象.....	9
圖 8 由Dot-Inversion產生的閃動現象.....	9
圖 9 液晶面板不同的極性變換方式.....	10
圖 10 使用Common電壓固定的驅動方式.....	11
圖 11 使用Common電壓變動的驅動方式.....	12
圖 12 液晶顯示器顯示單元等效電路.....	16
圖 13 液晶面板的二階驅動之電壓信號及Feed through效應.....	16
圖 14 閃動的取樣計算.....	19
圖 15 液晶顯示器驅動系統.....	22
圖 16 液晶顯示器驅動系統的方塊圖.....	23
圖 17 驅動系統對液晶顯示器的控制介面.....	24
圖 18 液晶顯示器驅動系統與PC透過RS-232的連接方式.....	25
圖 19 小尺寸液晶顯示面板及背光模組.....	26
圖 20 彩色顯示器分析儀CA-210.....	28
圖 21 CA-210 分析儀計算閃動數值的處理程序.....	29
圖 22 Flicker測量系統.....	31
圖 23 系統實際測量面板Flicker的情形.....	32
圖 24 液晶顯示器的暫存器讀、寫控制信號.....	33
圖 25 液晶顯示器的GRAM讀、寫控制信號.....	34
圖 26 液晶顯示器驅動系統與PC透過RS-232 的連接設計.....	35
圖 27 液晶顯示器驅動系統與PC透過RS-232 的連接方式.....	35
圖 28 個人電腦與色彩分析儀CA-210 的USB連接介面.....	36
圖 29 面板驅動系統的軟體流程圖.....	38
圖 30 Gamma register設定.....	39
圖 31 PC端對CA-210 控制的Flicker量測命令.....	43
圖 32 PC端讀取CA-210 的Flicker量測值之控制命令.....	44
圖 33 PC端傳送Flicker量測值到液晶驅動系統之控制命令.....	44
圖 34 液晶驅動系統端接受PC端的Flicker量測值之控制命令.....	44
圖 35 液晶顯示器之Flicker值比較程式.....	45
圖 36 液晶顯示器各個操作電壓的設定.....	46

圖 37 液晶顯示器驅動系統中的OTP燒錄程式	48
圖 38 PC上的使用者介面	49
圖 39 PC上顯示使用CA-210 量測的Flicker值	49
圖 40 Flicker測試畫面	51
圖 41 使用直流驅動的白光LED當背光源	51
圖 42 Sample1 於不同Common電壓產生的閃動	52
圖 43 Sample2 於不同Common電壓產生的閃動	52
圖 44 Sample3 於不同Common電壓產生的閃動	53
圖 45 Sample4 於不同Common電壓產生的閃動	53
圖 46 Sample5 於不同Common電壓產生的閃動	53
圖 47 Sample6 於不同Common電壓產生的閃動	54
圖 48 Sample7 於不同Common電壓產生的閃動	54
圖 49 Sample8 於不同Common電壓產生的閃動	54
圖 50 Sample9 於不同Common電壓產生的閃動	55
圖 51 Sample10 於不同Common電壓產生的閃動	55
圖 52 Original and Correction的閃動大小比較	56
圖 53 閃動及面板功耗與頻率的關係圖	58



一、緒論

1.1 動機

彩色液晶顯示器已經變成了生活必需品，一般來說，小尺寸液晶顯示器的設計是使用在手機(Mobile Phone)、MP3 Player及數位相機(DC)等可攜式的產品上，講求的是省電以及成本低廉，所以有別於大尺寸液晶顯示器的區別是在店員的供應以電池為主。另外小尺寸液晶顯示面板因人體工學的考量，為了減少體積，因此液晶驅動IC設計技術的發展必須高度整合，將Source Driver、Gate Driver、Timing Generator、各式介面(Interface)、DC-DC Converter、Graphic RAM，OTP等整合成單一顆SoC的晶片以求降低體積、功耗及成本。也就是在設計方面相較於大尺寸面板驅動IC的最大差異，在於小尺寸需要同時將數位與類比的設計環境共同整合起來，由此可知小尺寸面板驅動IC設計具備較高的複雜度、整合度的技術。再者，因為小尺寸面板的顯示區域較小、顯示效果要求不高，所以一般小尺寸LCD會選擇Common電壓變動的方式設計較省電(但僅能應用在Frame inversion及Line inversion的驅動方式)，而大尺寸面板的一般設計為Dot inversion方式，Flicker現象較不易被察覺[1]。

目前小尺寸液晶面板對Flicker的要求是：液晶面板顯示所有靜態畫面時，用肉眼要完全看不見Flicker的現象。有鑒於平面顯示器的閃動標準不斷提高，傳統以人工調整可變電阻(VR)同時檢驗品質的方式，會耗費較多的材料以及人工成本，而且不論是檢測精確度及速度較無法滿足較大規模的生產要求。因此，我們利用自動的色彩分析系統CA-210做為生產上的輔助工具，可具有測量準確、快速、平行展開等優點，能快速針對閃動等顯示效果的參數進行自動檢測，提高生產效率。再著，由於許多小尺寸面板的驅動IC已整合為單一顆IC且已經有提供OTP記憶體的設計，可供生產LCD的模組廠於液晶面板出廠時，根據個別LCD檢測到的最小Flicker參數，將此相對應的Common電壓設定，燒錄到驅動IC的OTP記憶體中，以便降低生產之液晶顯示器的Flicker現象。因為液晶面板出廠前就已經將Flicker設定完成，所以後續的系統廠就不須再做相關的Common電壓設定。

1.2 文獻探討

由於液晶顯示器之間 Feed through 的差異及液晶的極性反轉，加上 LCD 使用上如果採用相同的 Common 電壓補償，就會使一些液晶顯示器產生閃動的現象，液晶顯示器等效 Feed through 電壓為： $\Delta V_{gd} = (V_{g1} - V_{gh}) * C_{gd} / (C_{gd} + C_s + C_{lc})$ 。以下說明文獻中所提出的降低 Feed through 電壓差異的方法：

一、從 TFT LCD 製程上改良 Feed through 的影響有些是從降低液晶面板的寄生電容 C_{gd} ；但是此特性受到製程如面板的結構的限制、絕緣沉積的厚度、電阻不同，會造成儲存電容 C_{gd} 的不同，製程上不容易改善。

二、增加液晶電容 C_{lc} 和儲存電容 C_s 方式；由於液晶電容 C_{lc} 是由畫素面積(會因為液晶顯示器規格而限定)及液晶介電常數(會因為光學特性所決定)，一般不會因為增加液晶電容而改變。另外就是增加儲存電容 C_s 的設計，但此作法會減少開口率，所以實務上 C_s 也不容易被更動。

三、有些是減少面板的 Gate 打開到 Gate 關閉的絕對電壓值，但此電壓設定與 TFT 閘極絕緣層設計及製程有關，也會受到限制無法降低太多。

四、另外是使用 Gate 三階驅動補償及 Gate 四階驅動補償的方式，此種 C_s on Gate 的補償方式在電路設計上 Gate 需要三階或四階的電壓，因驅動波形較為複雜，電路設計也相對的較為困難。因此現有小尺寸的液晶顯示器大都為 C_s on Common 的結構。於是要從面板製程上或電路設計上來改善 Feed through 的影響效果有限，且成本也相對會提高許多。

至於傳統補償 LCD 正、負極性的方法為調整 Common 電壓，以補償液晶顯示器當中的 Feed through 電壓，讓 LCD 於正、負極性時都得到相同之 Source and Common 的電壓，電壓差異越少就可使閃動減到最低。

但是由於液晶面板之間仍會因為製程上的漂移，使得液晶面板間的負載出現差異，造成液晶面板跟面板間會出現不同的 Feed through 電壓，若使用相同的 Common 電壓調整，補償就會很容易出現 Flicker 不均的現象。如果設計採用可變電阻(VR)調整 Common 電壓的方式，則需要依賴操作人員的目視來調整 Flicker。

因此造成閃動不均的問題，像是人員對閃動敏感度並不相同，造成判斷閃動品管標準不同，而人工仔細調整則會花費很多工時，造成效能與品質不均勻。另外人員檢驗容易受現場環境照明的影響形成判斷偏差，而且人員調整後無法提供每片 Panel 的閃動數據做後續分析等，都是目前液晶面板廠使用電阻(VR)調整 Common 電壓的方式出現的困擾。

大尺寸液晶顯示面板則是使用 Dot inversion(以 Common 電壓固定的方式驅動)來避免 Flicker；雖然每一種極性變換方式均可能出現 Flicker 現象，但是 Dot inversion 的方式只是在面積很小的相鄰點做極性變化而已，以人眼的感覺來說，比起小尺寸的 LCD 使用 Line inversion 是整條 Line 做極性變化、或是 Frame inversion 是整個 Frame 做極性變化，大尺寸液晶顯示器 Flicker 的現象會比較不明顯。所以本文會針對小尺寸的液晶面板，以及具有 OTP 功能之液晶顯示器來設計 LCD Flicker 測試系統，來減少小尺寸液晶面板的 Flicker 現象。



1.3 目標

本論文的目標是減低小尺寸液晶顯示器的閃動現象；利用所設計的 LCD Flicker 測試系統，針對小尺寸液晶面板進行 Flicker 測試，液晶面板用驅動系統板點亮之後，因每片液晶面板的 Feed through 電壓未必一致，所以用儀器量測的閃動(Flicker)大小也會不同，然後利用 Common 偏移電壓的補償的方式依序由低到高(-2.0V~-0.5V)設定暫存器 VDV，輸出不同的 Common 電壓，使用自動測試儀器量測 Flicker，並儲存於量測系統中。

Flicker 值儲存完成之後，系統會經由比較的方式找到該片液晶顯示器具有最小 Flicker 值時的 Common 電壓設定值。然後藉由燒錄 Driver IC 的 OTP 記憶體的方式，把該 Common 電壓的設定儲存於液晶顯示器之中，做為該液晶顯示器出廠後的開機初始值，因此每片的 Common 電壓設定會隨 Feed through 電壓不同而有差異，如此便可以把每批液晶顯示器的閃動現象很平均的降到最低甚至完全消失。如果將來的小尺寸液晶面板，於生產時使用此量身訂做的 Common 電壓調整方式，一定可以全面降低 Flicker 的問題，提高液晶面板的顯示效果。

二、顯示器相關背景知識及閃動的定義

2.1 液晶面板的電路架構

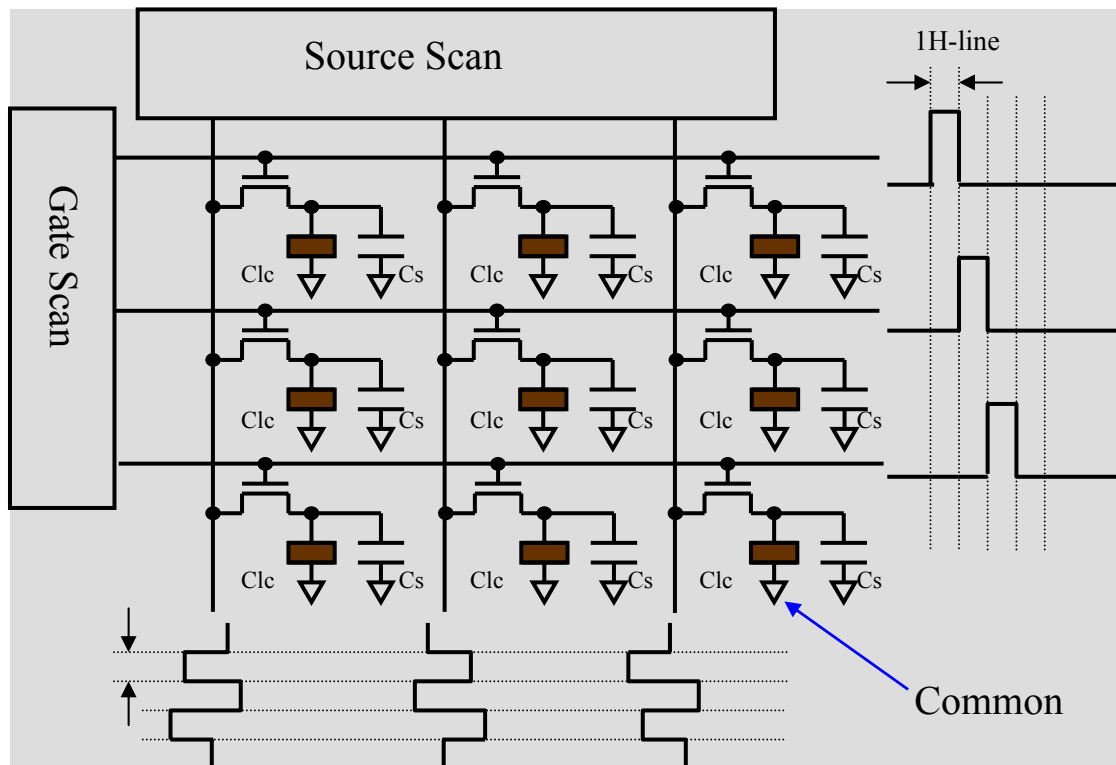


圖 1 液晶面板的簡化等效電路

資料來源:[1]

從圖 1 中可以看到部份液晶顯示器的簡化等效電路，其中每一個 TFT 與 Clc 跟 Cs 所並連的電容代表一個顯示的點 (Sub-pixel)。而一個基本的顯示單元 Pixel 則需要三個這樣顯示的點，分別代表 RGB 三原色。以一個 QVGA 240 x 320 解析度的小尺寸 LCD 來說，共需要 240 x RGB x 320 個這樣的點組合而成。整片面板的大致結構[2]就是如上所述。

而驅動 IC(Driver IC)是液晶顯示器重要的零件，主要包含了兩個部份：Source 及 Gate Driver，如圖 1 中 Gate driver 所送出的波形，依序將每一行的 TFT 打開，好讓整列的 Source driver 同時將一整行的顯示點充電到各自所需的電壓，以供一整行 LCD 顯示各自的灰階。當這一行 Gate 充好電時，Gate driver 便將電壓關閉，然後下一行的 Gate driver 便將電壓打開，再由相同的一列 Source driver 對下一行的顯示點進行充放電。如此依序下去，當驅動 IC 設定

好了最後一行的所有顯示點，便又重新到第一行再開始設定整行的顯示點[2]。

再者，一個小尺寸 QVGA 240 x 320 解析度的液晶顯示器，總共會有 320 行的 Gate 走線，而 Source 走線則共需要 $240 \times 3 = 720$ 條。以一般的液晶顯示器多為 60Hz 的更新頻率來說，每一個畫面的顯示時間約為 $1/60=16.67\text{ms}$ 。由於畫面的組成為 320 行的 Gate 走線，所以分配給每一條 Gate 走線的開關時間約為 $16.67\text{ms} / 320 = 52.1 \mu\text{s}$ 。所以在圖 2 Gate driver 送出的波形中，就可以看到這些波形為一個接著一個寬度為 $52.1 \mu\text{s}$ 的脈波，依序打開每一行的 TFT。而 Source driver 則在這 $52.1 \mu\text{s}$ 的時間內，經由 Source 走線，將 720 條 Source 顯示電極同時充放電到所需的電壓，好讓整條水平線顯示相對的灰階亮度。

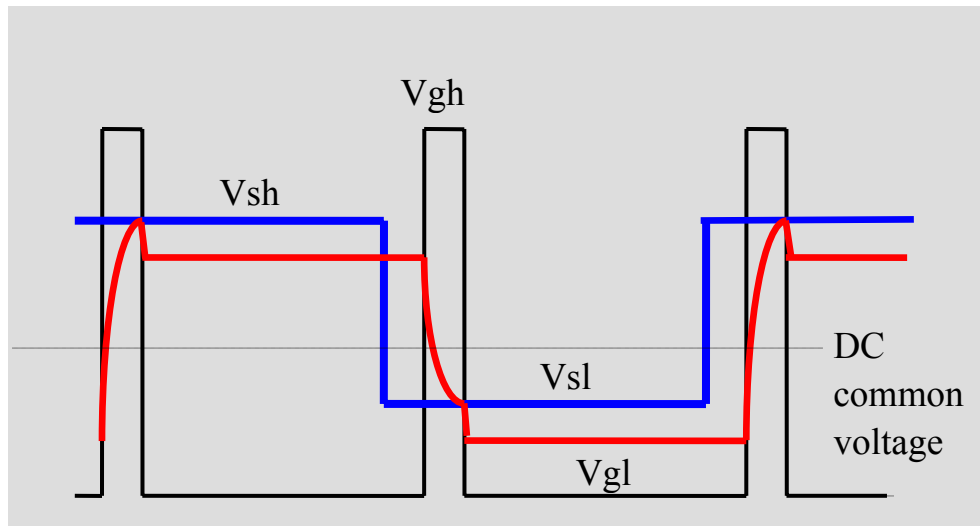


圖 2 液晶面板的 Source and Gate 動作

2.2 液晶面板 Common 電極的驅動方式

液晶的旋轉若固定在一個方向，液晶分子會容易劣化，並且產生殘影(關機後影像殘留一段時間才消失)，於是施加於液晶上的電壓必須不斷改變極性使液晶轉向，來保護液晶顯示器的使用壽命。

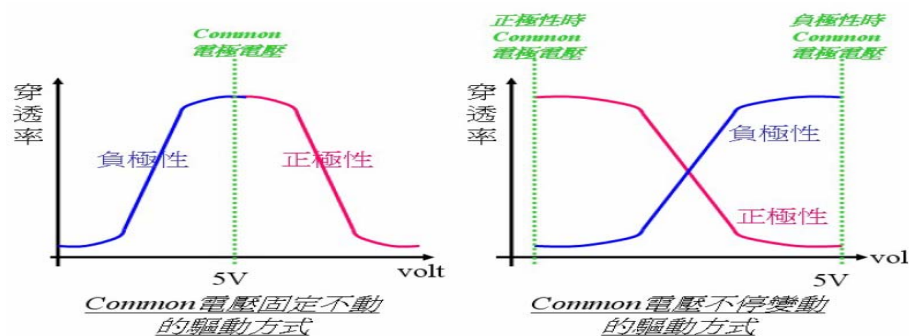


圖 3 液晶面板不同的 Common 電極驅動方式及其穿透率

資料來源:[3]

一般液晶面板 Common 電極的驅動方式有兩種方式：DC(Common 電壓固定，Source 電壓改變)與 AC(Common 電壓與 Source 電壓均改變)，如圖 3 所示。

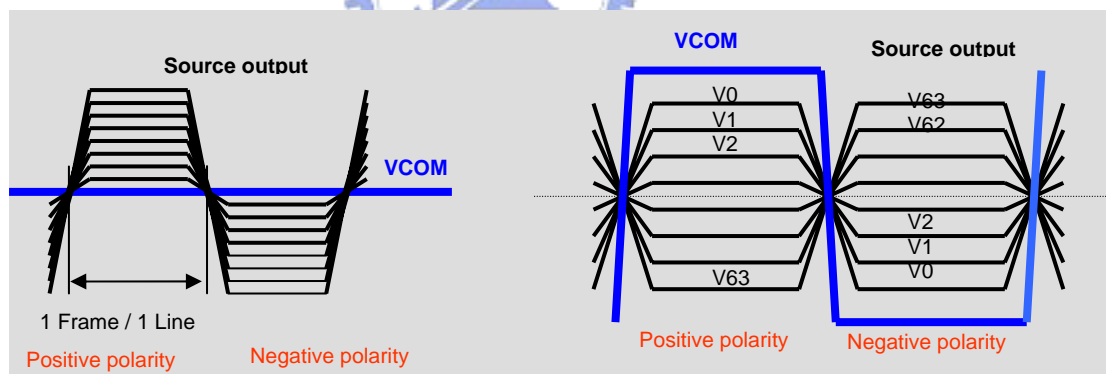


圖 4 液晶面板 Common 電極的驅動方式

當 Common 電極電壓是固定不變時，顯示電極的最高電壓需要到達 Common 電極電壓的兩倍以上。若 Common 電極電壓固定於 5 伏特的話，則 Source Driver 所能提供的工作電壓範圍就要到 10 伏特。但是如果 Common 電極的電壓是變動的話，假使 Common 電極電壓最大為 5 伏特，則 Source Driver 的最大工作電壓也只要為 5 伏特就可以了。越高電壓的工作範圍，電路的複雜度相對會提高，電源的消耗也會因此而提高。

2.3 何謂閃動

因為液晶顯示器在某些畫面下，會因為 Common 電壓的正、負極變動的關係，而感覺到畫面會有閃爍的情形。這是因為顯示的畫面灰階每次更新畫面時，因為正、負極性不對稱，讓人眼感覺到畫面像是在閃動，就是所謂 Flicker 的現象。這種情況最容易發生在使用 Frame inversion 的極性變換方式，因為 Frame inversion 整個畫面都是同一極性，當這次畫面是正極性時，下次整個畫面就都變成了是負極性，當正、負極性的亮度不同時畫面便會出現 Flicker 的現象，這種現象會很容易使眼睛覺得疲勞。

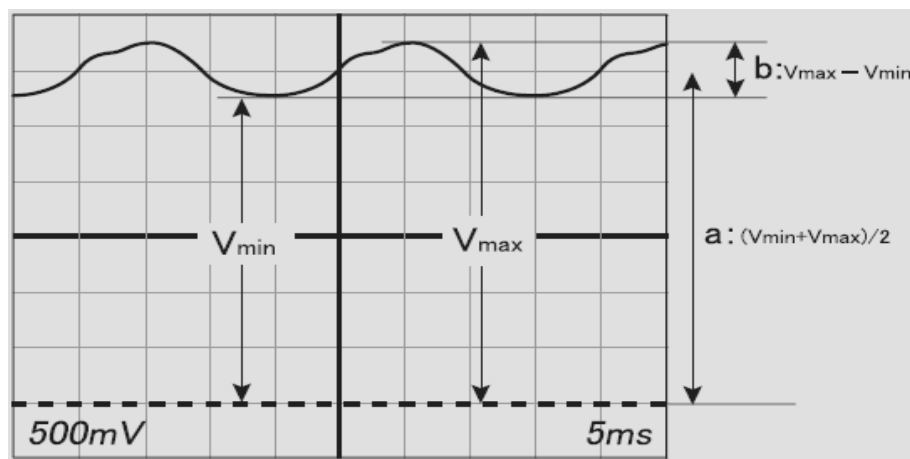


圖 5 液晶顯示器出現閃動時之電壓與時間的關係

資料來源:[4]

至於如果是使用 Line inversion 的極性變換方式時，整條水平線都是同一極性，當上一條水平線是正極性時，下一條水平線是就都變成了是負極性，也會因為畫面上的正、負極有些差異時，出現類似水平淡線的閃動現象。這種現象會造成畫面顯示品質的降低，同樣容易使眼睛覺得疲勞。

2.4 閃動的現象

以下列出液晶顯示器中，分別列出由Frame, Line and Dot Inversion產生比較嚴重的閃動現象。



Frame inversion.avi

圖 6 由 Frame-Inversion 產生的閃動現象



圖 7 由 Line-Inversion 產生的閃動現象

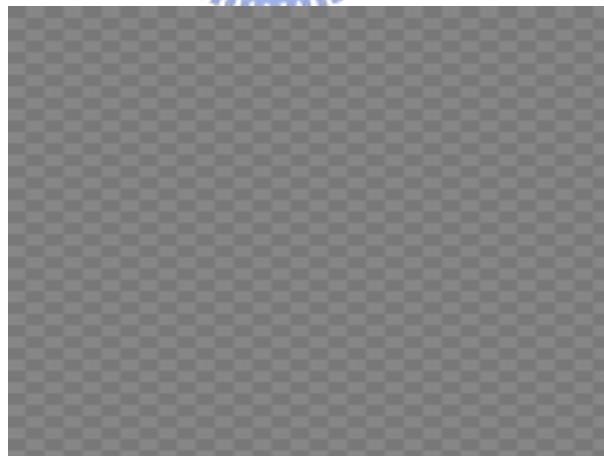


圖 8 由 Dot-Inversion 產生的閃動現象

圖 9 是液晶面板設計成的四種極性變換方式。雖然有這四種的轉換方式，但它們有一個共通的地方，就是會在切換為下一個圖框 (Frame) 時來改變極性。以 60Hz 的更新頻率來說，亦即每 16.67ms 更改一次畫面的極性。也就是說，對於同一點 (Sub-pixel) 而言，不論是否顯示相同的灰階，該點的液晶極性是會依圖框的切換而不停的變換的。而畫面相鄰的點是否擁有相同的極性，那可就得依照液晶面板採用何種的極性變換方式來決定了：如果是 Frame inversion，其整個畫面所有相鄰的點，都是擁有相同的極性；若是 Row inversion 與 Column inversion，則各自在相鄰的列與行上擁有相同的極性；而在 Dot inversion 上，則是每個點與自己相鄰的上下左右四個點，是不一樣的極性。

顯示的畫面灰階在每次更新畫面時，若有些微的變動，讓人眼感受到畫面在閃爍，這種情況最容易發生在使用 Frame inversion 的極性變換方式，因為 Frame inversion 整個畫面都是同一極性，當這次畫面是正極性時，下次整個畫面就都變成了是負極性，但是可經由調整 Common(共地)電壓來補償液晶面板的 Feed through 效應，將畫面的 Flicker 減到最低。

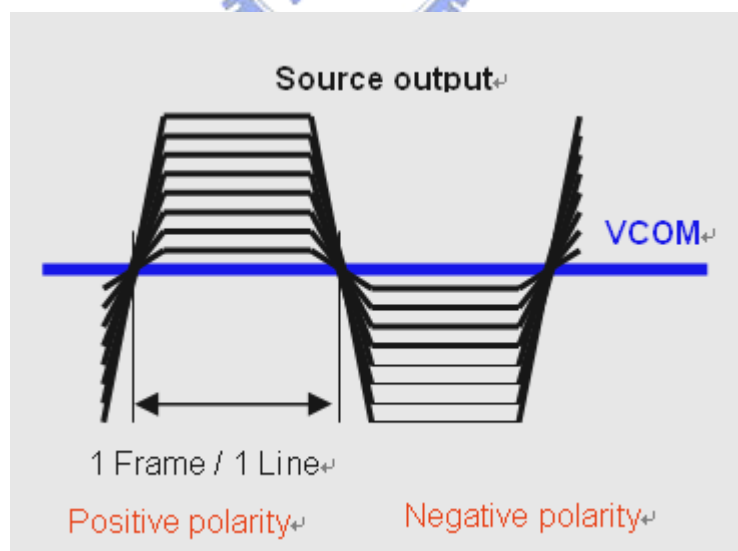


圖 10 使用 Common 電壓固定的驅動方式

假若使用圖 10 的 Common 電壓固定的方式來驅動，而 Common 電壓又有了一點誤差，這時候正負極性的同一灰階電壓便會有差別，當然灰階的感覺也就不一樣。在不停切換畫面的情況下，由於正負極性畫面交替出現，造成液晶顯示電壓

造成變動，同一階的正極性電壓與負極性電壓有差異，導致在畫面上實際有兩個灰階在交錯出現，就會感覺到 Flicker 的存在。而其它面板的極性變換方式雖然也會有此 Flicker 的現象，但由於不像 Frame inversion 是同時整個畫面一齊變換極性，只有一行或是一列，甚至是一個點變化極性而已，以人眼的感覺來說，只有一條亮、一條暗的線，非常細比較不明顯。

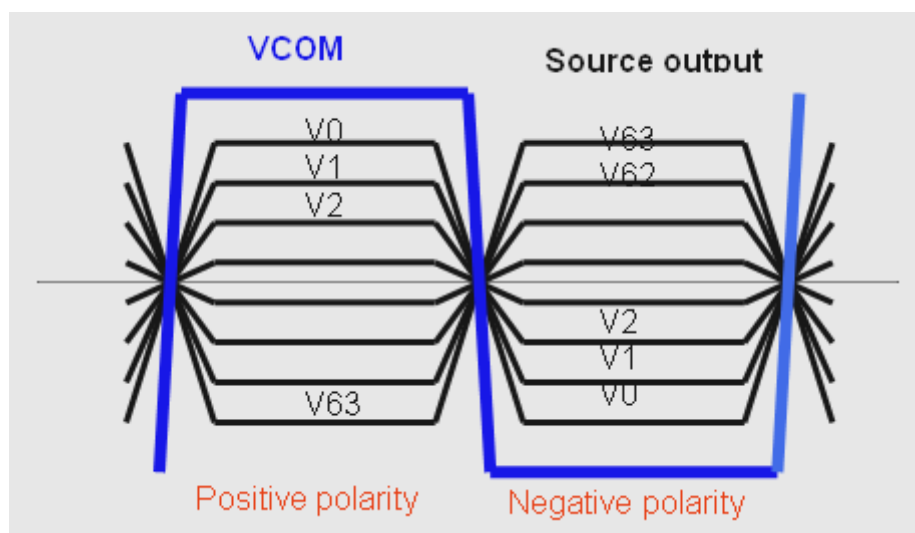


圖 11 使用 Common 電壓變動的驅動方式

同樣的道理，若使用如圖 11 Common 電壓變動的方式來驅動，而 Common 電壓正、負極性有些微的差異(絕對值 $>15\text{mV}$)，這時候正負極性的同一灰階電壓也會有差別，當然灰階的感覺也就會不一樣。在不停切換畫面的情況下，由於正、負極性畫面交替出現，就同樣會讓人眼感受到畫面在閃爍。如果是點一般圖片時，則可輕輕晃動 LCD，看是否間隔出現的水平淡線，來判斷是否有 Flicker。

面板極性變換方式，對於耗電也有不同的影響。小尺寸面板的系統電源供應通常為電池，必須注意 LCD 的耗電量。因此需要考量 LCD 的 Common 電極驅動方式，一般來說 Common 電極電壓若是固定，其驅動 Common 電極的耗電會比較小。但是由於搭配 Common 電壓固定方式的 Source driver 其所需的電壓比較高，所以整體驅動 IC(Driver IC)的耗電會比較大。比較 Source driver 的耗電量還要參考其輸出電壓的變動頻率與變動電壓大小。在一般情形下，Source driver 的耗電為 Dot inversion $>$ Row inversion $>$ Column inversion $>$ Frame inversion

的狀況。

由於 Dot inversion 的 Source driver 大部分是使用 PN 型的 OP 輸出較精確，而不是像 Line(Row) inversion 是使用軌到軌 OP(Rail to rail OP)，在 Source driver 中軌到軌 OP 的耗電會比較小。不過現今由於 Source driver 在結構及電路上的改進，耗電方面也獲得相當的改善。雖然先天上它的輸出電壓變動頻率最高也最大，Source 變動電壓最大接近 10 伏特，而 Line(Row) inversion 面板由於多是使用 Common 電極電壓變動的方式，其 Source driver 的變動電壓最大只有 5 伏特，耗電上會比較小，由於 Dot inversion 的顯示品質相對於其他的面板極性變換方式好很多，因此大尺寸的液晶顯示器都是使用 Dot inversion。而手持式的產品如手機、MP3、DC 等等，因考慮到電路設計的複雜度，大多還是使用 Line(Row) inversion 液晶顯示器。

表 1 各種面板極性變換方式的比較表

Inversion	Flicker	Common Voltage	Driving Power
Frame	Poor	DC/AC	Low
Line(Row)	Better	DC/AC	Middle
Column	Better	DC	Low
Dot	Best	DC	High

面板極性變換的方式與 Common 電極驅動的設計，並不是所有的面板極性轉換方式都可以搭配上上述兩種 DC/AC Common 電極的驅動方式[3]。當 Common 電極電壓固定(DC)不變時，可以使用所有的面板極性轉換。但如果 Common 電極是變動(AC)的話，則面板極性轉換就只能選用 Frame inversion 與 Row inversion(請見表 1)。也就是說，如果想使用 Column inversion 或是 Dot inversion 的話，就只能選用 common 電極電壓固定不動的驅動方式。因為之前曾經提到 Common 電極是位於跟顯示電極不同的玻璃上，在實際的製作上時，其實這一整片玻璃都

是 Common 電極。也就是說，在面板上所有顯示點的 Common 電壓是全部接在一起的。其次由於 Gate driver 的操作方式是將同一行的所有 TFT 打開，好讓 Source driver 去充電，而這一行的所有顯示點，它的 Common 電極都是接在一起的，所以如果選用 Common 電極電壓是可變動的方式，是無法在一行 TFT 上同時做到顯示正極性與負極性的。而 Column inversion 與 Dot inversion 的極性變換方式，在一行的顯示點上要求每個相鄰的點擁有不同的正負極性。這也就是為什麼 Common 電極電壓變動的方式僅能適用於 Frame inversion 與 Line inversion 的緣故。而 Common 電極電壓固定的方式就沒有這些限制，因為其 Common 電壓一直固定，只要 Source driver 能將電壓充到比 Common 大就可以得到正極性，比 Common 電壓小就可以得到負極性，所以 Common 電極電壓固定的方式，可以適用於各種面板極性的變換方式。



2.6 因 Feed Through 效應引起的 Flicker

LCD 會閃動(Flicker)的另一原因是 Feed through 電壓的物理現象，使 LCD 產生閃動的現象。液晶顯示器中 Gate 開啟電壓(VGH)為 10~20V 之間，Gate 關閉電壓(VGL)為-10~-15V 之間，當 Gate 電壓由 VGH 切換到 VGL 時，因液晶面板的電容效應會在 Source 上造成壓降。一般 Feed through 電壓約在 0.5~2.0V 之間，重點是因為面板液晶及面板電路不同而有不同，所以如果所有 LCD 使用相同的 Common 電壓設定，則 LCD 會出現 Flicker 不一的情形。以下式說明 LCD 中的等效 Feed through 電壓為： $\Delta V_{gd} = (V_{gl}-V_{gh}) * C_{gd} / (C_{gd}+C_s+C_{lc})$ 。

假如 $V_{gh}=+13V$, $V_{gl}=-12V$, $C_{gd}=0.05pF$, $C_{lc}=0.1pF$, $C_s=0.5pF$

Gate Feed through 電壓= $(-12-13) * (0.05) / (0.05+0.1+0.5)=-1.92V$

由上式的結果我們拿來跟一般每階灰階的電壓差 $(V_{sh}-V_{sl})/64 = (5V-1V)/64=63.5mV$ 來比的話，我們可以知道 Feed through 電壓的影響確實很大。

接下來說明 Feed through 效應產生的原因，參考圖 12 液晶顯示器顯示單元之等效電路及圖 13 液晶面板的二階驅動之電壓信號及 Feed through 效應，當液晶面板第一條 Gate 打開時，Driver IC 的 Source 輸出對顯示電極 C_s and C_{lc} 開始充電，直到 Gate 關閉的時候，Gate 電極約有 25~30V 的負電壓差，於是會經由寄生電容 C_{gd} 耦合到顯示電極上，使得顯示電極產生 ΔV_{gd} 的電壓壓降，進而影響到畫面的灰階，並且這個 ΔV_{gd} 的電壓壓降影響不論 Common 電壓是正、負極性，每一條 Gate 關閉均會出現，影響整體面板顯示電極的電壓，所以顯示電極的所有有效電壓，會比 Source 輸出的電壓來得低一個 ΔV_{gd} 的電壓降，就叫做 Feed through 電壓。

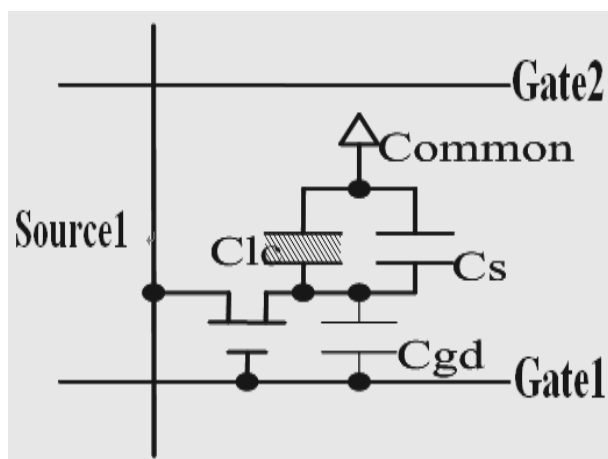


圖 12 液晶顯示器顯示單元等效電路

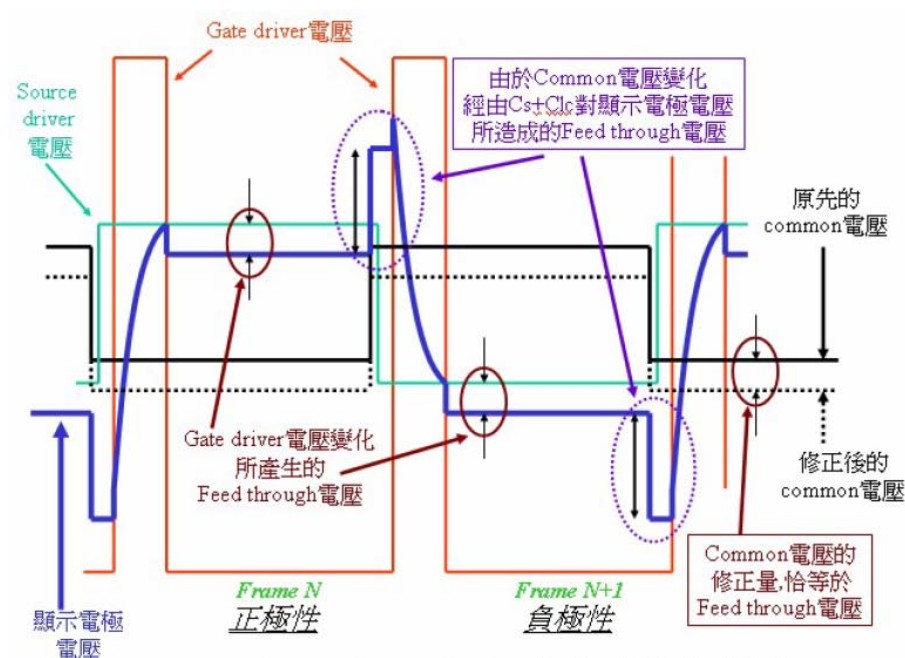


圖 13 液晶面板的二階驅動之電壓信號及 Feed through 效應

資料來源:[3]

除了 Gate 關閉的 Feed through 電壓對於畫面的灰階影響之外，Gate 打開時，同樣會有 25~30V 的正電壓差產生，但這樣的影響只是 Gate 打開時的瞬間出現而已，之後就因為 Gate 打開 Driver IC 的 Source 輸出開始對顯示電極 Cs and C1c 充電，使畫面顯示正確的灰階。

另外，由於其 Common 電壓是隨著每一個 Frame 而變動的，因此跟 Common 電壓固定的波形比較起來，產生的 Feed through 電壓來源會再多增加一個，那

就是 Common 電壓的變化。Common 電壓的改變也會影響畫面的灰階，Common 電壓的切換產生的 Feed through 電壓為：

$$\Delta V_{com} = (V_{coml} - V_{comh}) * (C_s + C_{lc}) / (C_{gd} + C_s + C_{lc})$$

假如 $V_{comh} = +4V$, $V_{coml} = -1V$, $C_{gd} = 0.05pF$, $C_s = 0.5pF$, $C_{lc} = 0.1pF$

Common Feed through 電壓 $= (-1 - 4) * (0.5 + 0.1) / (0.05 + 0.5 + 0.1) = -4.62V$ ，但此時 Common 電壓也從 $-1V$ 到 $+4V$ ，增加了 $5V$ ，所以 $5 - 4.62 = 0.38V$ 。由以上的結果我們拿來跟 Gate Feed through 電壓 $= -1.92V$ 來比的話，我們可以知道 Common Feed through 電壓的影響較不明顯，而且一般 Driver IC 設計時均會將 Common 極性變化到 Gate 打開的時間縮短來減低因 Common 電壓切換造成之 Feed through 效應產生對畫面的影響。

Common 跟之前 Gate 電壓變化所產生的 Feed through 電壓比較起來要小的很多，所以對灰階的影響也小很多。且由於 Common 電壓所產生的 Feed through 效應有對稱性，不像 Gate 走線所產生的 Feed through 電壓是一律往下，所以就同一個顯示點來說，在視覺對灰階的表現影響會比較小。但是由於對整個 LCD 面板的橫向的 320 行來說，Common 電壓變化所發生的時間點，跟 Gate 走線打開的時間並不相同，所以對整個畫面的灰階影響是有限的。但是在小尺寸液晶顯示器中，不容易消除因 Common 電壓變化產生對畫面的影響，這也是為什麼大尺寸液晶顯示器很少人使用 Common 電壓變動的驅動方式。

於第一章，第二節中說明為了減少 Feed through 電壓通常有幾個方式：首先可以考慮減少 $|Gate\ On - Gate\ Off|$ 的方向著手，但此電壓設定與 TFT 閘極絕緣層設計及製程有關無法降低太多。其次是由電容耦合效應造成的效應，可設法降低 TFT 的寄生電容 C_{gd} ，但是液晶顯示器會因為製程的差異，如絕緣沉積的厚度、電阻不同，會造成儲存電容 C_{gd} 的不同。最後是增加液晶電容 C_{lc} 和儲存電容 C_s ，但是液晶電容是由畫素面積（會因為液晶顯示器規格而限定）及液晶介電常數（會因為光學特性所決定），一般不會因為增加液晶電容而改變，另外就是增加儲存電容，但此作法減少開口率，通常也不容易被更動。

另外關於 Feed through 補償的方式，在 LCD 設計上還有 Gate 三階驅動補償及 Gate 四階驅動補償，此種 Cs on Gate 的補償方式在電路設計上 Gate 需要三階或四階的電壓，因驅動波形較為複雜、電路設計也相對的較為困難。

因此現有小尺寸的液晶顯示器大都為 Cs on Common 的結構，並且如果以相同的 Common 偏移電壓的補償，來改善因 Feed through 效應，所引起的畫面閃動問題時，會無法克服整批液晶顯示器間，因 Feed through 效應不同而出現的閃動問題。



2.7 閃動的定義

顯示畫面會有閃爍的現象，特別是電壓驅動波形操作在低頻率的情況下更明顯，即 LCD 的顯示畫面會有閃爍的現象發生。Flicker 在 LCD 中，又有分成 DC-Flicker 和 AC-Flicker：

在驅動信號之正負半週不對稱，或有 DC off set 電壓存在，使得 LCD 於正、負半週期之驅動信號有不同的穿透率，此畫面閃爍歸類於 DC-Flicker。

若驅動電壓的波形中不含直流成分，但驅動信號頻率太低，驅動信號正、負半週的時間過長，具有足夠之時間使液晶盒內產生離子分離與飄移，吸附聚集在 LC(液晶)和 AL(配像膜)的接面上，形成 LCD 內部之反向電場，使得液晶實際獲得的有效電壓降低，於是 LCD 穿透率也隨之改變形成閃爍，此類畫面閃爍則歸屬於 AC-Flicker。

至於液晶面板閃動(Flicker)量測有兩種閃爍的量測規範；一種是 VESA 規範=(AC/DC)*100% 看亮度的變化 (AC) 與基本量 (DC) 的比值關係 (AC/DC)，量測結果我們稱為 FMA(Flicker modulation amplitude)；另一種方式是日本 JIS 定義之量測方式 $1\text{Hz}\sim 60\text{Hz}(\text{dB}) = 10\text{Log}(\text{AC}/\text{DC})$ 統計出每一頻率的變化量，我們稱為 JEITA method 規範。一般 FMA 超過 5%，或者 JEITA method 大於 -13dB 的 Flicker 值，就代表液晶顯示器的 Flicker 過大。

$$\text{AC component} = V_{\max} - V_{\min}$$

$$\text{DC component} = (V_{\max} + V_{\min}) / 2$$

$$\text{Flicker value} = (\text{AC component} / \text{DC component}) * 100\%$$

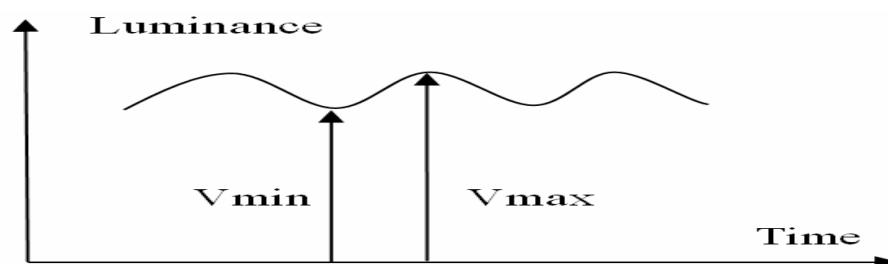


圖 14 閃動的取樣計算

三、閃動測試系統的設計

3.1 閃動測試系統的功能需求

根據 1.3 節中所提到的 LCD Flicker 測試系統應具有的功能，我們設計的測試系統應具有的細部功能為：

1. 使用者操作介面須以 PC Window 視窗的方式呈現，以方便人員操作。
2. PC 透過 USB 介面具有控制色彩分析儀 CA-210 的能力。
3. PC 透過 RS-232 介面可以控制面板驅動系統，並讀、寫位於顯示面板上之驅動 IC 的暫存器。
4. 面板驅動系統，必須可以點亮各種小尺寸的液晶顯示器。
5. 面板驅動系統，必須可以提供 LED 背光電源。
6. 面板驅動系統，必須可以依面板的實際應用需求，而改變面板的操作電壓。
7. 面板驅動系統，可以將 Common 電壓設定，燒錄到顯示面板上之驅動 IC 的 OTP 中。
8. 使用者操作介面，必須可以顯示、記錄所有面板的 Flicker 值。



在 LCD Flicker 測試系統的開發過程中，我們依據實際的狀況與功能劃分，將 LCD Flicker 測試系統的製作規劃如下：

1. 硬體的規劃
 - (1) LCD Flicker 測試系統與量測儀器 CA-210 的連接方式
 - (2) LCD Flicker 測試系統與面板驅動系統的連接方式
 - (3) 面板驅動系統與待測液晶待測的連接方式
 - (4) 面板驅動系統供給待測液晶顯示器操作電壓的設計
 - (5) 使用 FPGA 以加速面板驅動系統與待測液晶顯示器之間的資料傳送
 - (6) OTP 燒錄器整合於面板驅動系統中
 - (7) 提供傳統 MPU 介面於於面板驅動系統中
 - (8) 提供 SPI+RGB 介面於於面板驅動系統中

2. 軟體的規劃

- (1) LCD Flicker 測試系統與量測儀器 CA-210 之間傳送資料的格式規劃
- (2) LCD Flicker 測試系統與面板驅動系統之間傳送資料的格式規劃
- (3) 面板驅動系統與待測液晶面板之間傳送資料的格式規劃
- (4) OTP 燒錄程序整合於面板驅動系統中的程式規劃
- (5) 面板驅動系統的軟體介面規劃
- (6) 面板驅動系統內部的各功能區塊傳送資料的格式規劃
- (7) 待測液晶面板的初始程式規劃
- (8) LCD Flicker 測試系統測試流程規劃



3.2 閃動測試系統的硬體架構

本文規劃的 LCD Flicker 測試系統包含了四大部分：第一是液晶顯示器的驅動系統，第二是小尺寸液晶顯示器(包含液晶驅動 IC)，第三是 LCD Flicker 量測儀器 CA 210，最後是軟體控制介面，也就是 PC 的使用者操作介面。

3.2.1 液晶顯示器的驅動系統

液晶顯示器的驅動系統(LCD Driving Board)的主要功能是用來點亮小尺寸液晶顯示器，在設計驅動系統時必須要注意兩點，首先是提供液晶顯示器的直流操作電壓的操作範圍，通常分為輸出入邏輯電壓(I0VCC:1.65~3.3V)和類比驅動電壓(VCI:2.3~3.3V);然後是要注意提供液晶顯示器的輸出入介面控制信號，通常分為 MPU mode 8/9/16/18，及 SPI+RGB mode 16/18 位元輸出入控制介面，其主要功用是提供小尺寸液晶顯示器的暫存器之設定值，及顯示 R、G、B 之數位資料。

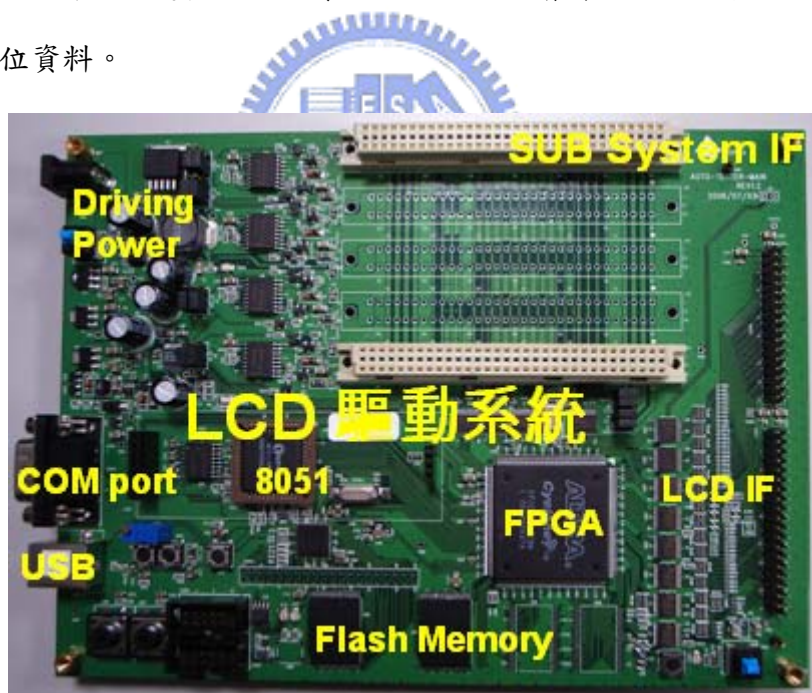


圖 15 液晶顯示器驅動系統

小尺寸液晶顯示器與大尺寸比較，特別的地方是：需要由驅動系統透過液晶面板的控制介面，將 Initial code 寫入到驅動 IC 內部的暫存器中，且只要透過一部份暫存器的變更，就可以改變液晶面板的工作電壓條件及 Gamma 曲線。然後再將 LCD 畫面顯示資料寫入驅動 IC 內部的 GRAM 當中，以上的訊號來

源完全仰賴驅動系統提供，如此液晶顯示器才可以正常的顯示資料。以下介紹小尺寸液晶顯示器的驅動系統方塊功能：

首先是 Power Generator 的部份；因為系統的電源供應使用了一般的+12V Adaptor，經過電源開關(SW)，之後使用 LM7805 產生穩定的+5V 電源供整個系統及 LCD 背光電源產生電路使用，之後使用兩顆 AT1117 個別產生+3.3V 即 +1.5V 電源供 8051 及 FPGA 使用，至於 LCD 面板所使用的電源 VCI 及 VCC 是由 AD5316 D/A converter 所輸出。

RS 232 的目的有兩種：一為透過 8051 ISP 的功能 Download 8051 firmware code，二為提供 8051 與 PC 連結使用，讓我們可以透過 PC 的使用介面作讀、寫 LCD 中的暫存器。

本系統使用的 USB 控制器是 PHILIPS ISP1583，使用的目的為高速的將所需的顯示圖形資料 Download 到 Intel 的 128M/B Flash Memory 中。

至於 FPGA 則是提供驅動系統對 LCD 的各種控制介面，如 MPU 8/16/18bit 及 SPI+RGB16/18Bit，中間的 Level Shifter 則是因應不同的 LCD 操作電壓所設計的，可讓 LCD 在不同的工作電壓中測試其 Flicker。

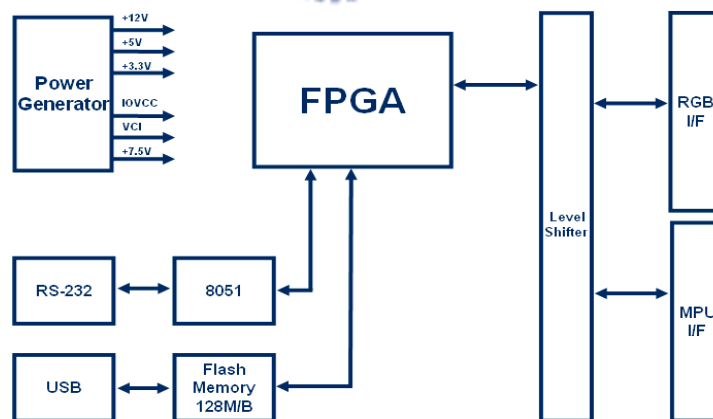


圖 16 液晶顯示器驅動系統的方塊圖

以下說明液晶顯示器的驅動系統需要達到的需求規格為：

1. 提供面板的各種電壓工作範圍：

- ✓ 類此電壓 VCI: 0~5.0V
- ✓ 數位電壓 IOVCC: 0~5.0V

2. 可選擇各種的操作介面：

- ✓ 8-bit system interface(LCD_DB7~LCD_DB0)
- ✓ 16-bit system interface(LCD_DB15~LCD_DB0)
- ✓ 18-bit system interface(LCD_DB17~LCD_DB0)
- ✓ SPI interface and 16-bit RGB interface(LCD_PD15~LCD_PD0)
- ✓ SPI interface and 18-bit RGB interface(LCD_PD17~LCD_PD0)

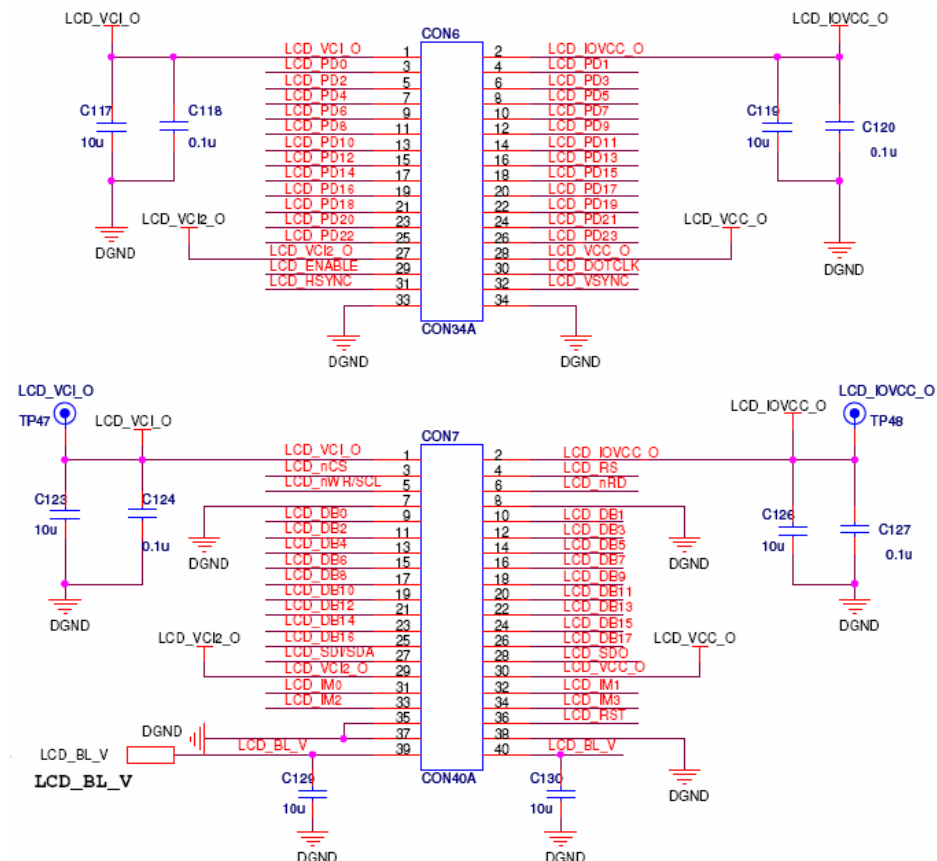


圖 17 驅動系統對液晶顯示器的控制介面

3. 透過 RS-232 的連結來變更驅動 IC 的暫存器：

- ✓ PC 可以透過 MAX232(RS-232)跟驅動系統的微處理器 8051 連結
- ✓ RS-232 採用的是全雙工，非同步串列的通訊方法
- ✓ 最大的傳輸速率為 20KB/S
- ✓ 訊號傳送僅使用三條通訊線(傳輸線 TxD、接收線 RxD、接地線 GND)
- ✓ MAX232 連接到驅動系統中的 8051 的 P3.0/RxD 級 P3.1/TxD

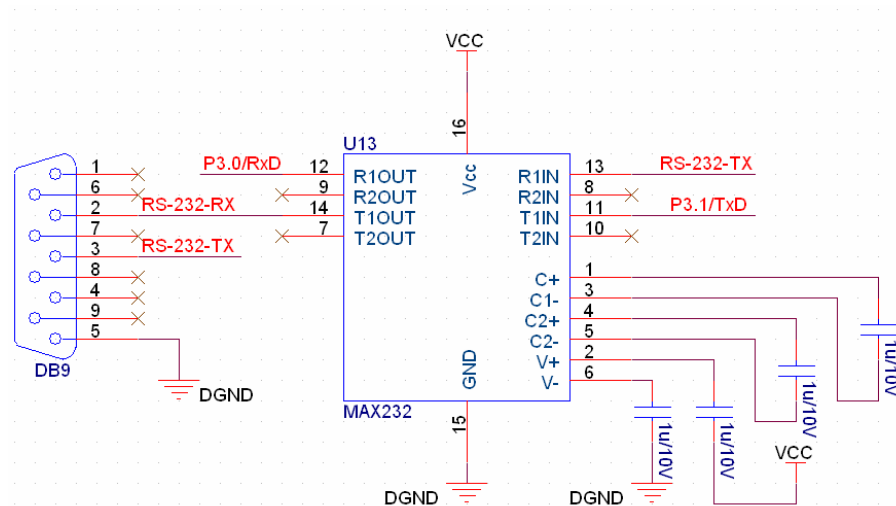


圖 18 液晶顯示器驅動系統與 PC 透過 RS-232 的連接方式

4. 可驅動各種解析度的液晶面板：
 - ✓ 驅動 HX8345-A 搭配 QQVGA(128*RGB*160)的面板
 - ✓ 驅動 HX8340-B 搭配 QQVGA(176*RGB*220)的面板
 - ✓ 驅動 HX8347-A 搭配 QQVGA(240*RGB*320)的面板
 - ✓ 驅動 HX8352-A 搭配 WQVGA(240*RGB*480)的面板
5. 可選擇各種的顯示圖形、動畫及 Flicker 測試畫面：
 - ✓ 儲存 QQVGA(128*RGB*160)顯示畫面
 - ✓ 儲存 QCIF+(176*RGB*220)顯示畫面
 - ✓ 儲存 QVGA(240*RGB*320)顯示畫面
 - ✓ 儲存 WQVGA(240*RGB*480)顯示畫面
6. 可提供的顯示器背光源種類：
 - ✓ 串聯式 LED 背光源：3.0V
 - ✓ 並聯式 LED 背光源：12.0V

3.2.2 小尺寸液晶顯示器

小尺寸驅動 IC 已經將 Source driver、Gate driver、DC/DC converter、以及 Graphic RAM 整合在一起，成為 Signal chip，大大降 Chip size 及成本。

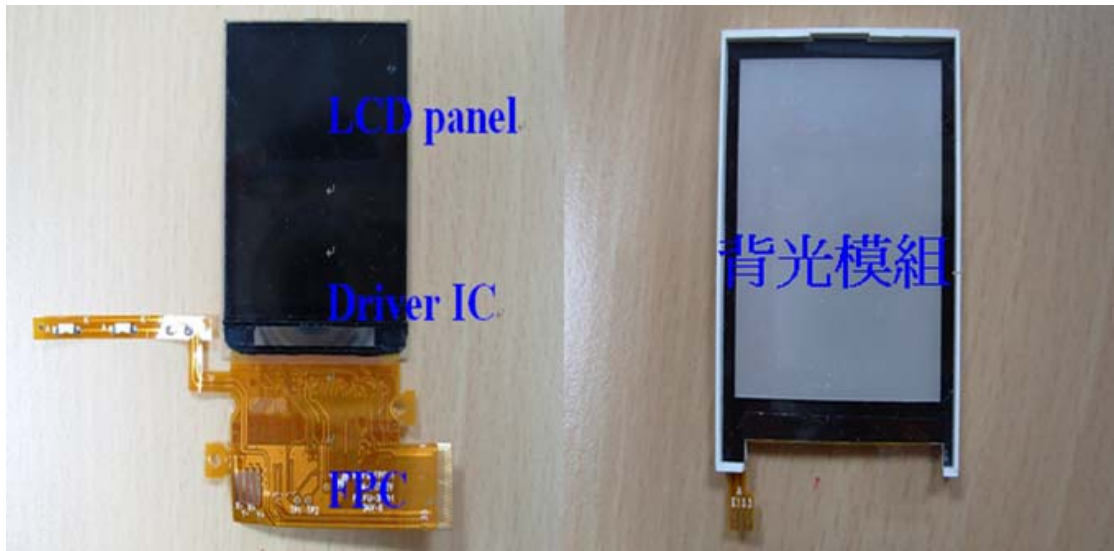


圖 19 小尺寸液晶顯示面板及背光模組

上圖是小尺寸液晶顯示面板的外觀，組上背光模組就成為液晶顯示器。小尺寸液晶顯示器是由液晶面板、液晶驅動 IC、背光、軟性電路板(FPC)及有些含有觸控面板所組成。小尺寸液晶顯示器的主要規格為：

1. 顯示面板的尺寸：2.8" LCD panel
2. 顯示面板的型式：穿透式及 Normally White 式
3. 驅動 IC 的種類：HX8347
4. 驅動 IC 的資料傳輸界面：8/16/18 位元資料寬度
5. 顯示面板的解析度：240*(RGB)*320
6. 顯示面板的最佳視角：12 點鐘方向
7. 顯示面板的亮度：200cd/m²
8. 顯示面板的對比：300
9. 顯示面板的穿透率：65%
10. 顯示面板的反應時間：Tr=10mS and Tf=15mS

表 2 小尺寸液晶顯示器的主要項目規格

項目	規格
Panel Size	2.8" inch
Number of Pixels(dot)	240x3(RGB)x320
Pixel Pitch(mm)	0.18(W)x0.18(H)
Color Pixel Arrangement	RGB vertical stripe
Display Mode	Normal white TN
Number of Colors	262K
Driving method	TFT active matrix
Viewing Direction	12 o' clock
Suggest IC	HX8347
Transmittance (%)	5.8
Luminance(cd/m2)	200 TYP.
Contrast Ratio	300
NTSC ratio (%)	65
Response time	Tr=10mS and Tf=15mS

3.2.3 LCD 閃動量測儀器 CA 210



圖 20 彩色顯示器分析儀 CA-210

資料來源:[4]

CA-210 LCD 色彩析儀 Color Analyzer 是由 Minolta 公司所生產，其用途為對 LCD、TV 等平面顯示器進行色彩灰度調整檢查和品質管理、白平衡檢查調整、Gamma 調整、對比度調整、以及閃爍(Flicker) 測量。

本實驗使用彩色顯示器分析儀 CA-210 最主要的目的是做 FMA 或 JEITA 模式的閃動(Flicker)量測。以下為兩種為 CA-210 中液晶面板閃爍 Flicker 功能的量測規範：一為 FMA：VESA 規範= $(AC/DC)*100\%$ ；二為 JEITA：日本 JIS 定義之量測方式 $1\text{Hz}\sim 60\text{Hz}(\text{dB})=10\text{Log}(AC/DC)$ 。

在液晶顯示器中顯示 Flicker 量測畫面，量測結果有兩種：一種是看亮度的變化 (AC) 與基本量 (DC) 的比值關係 (AC/DC)，量測結果我們稱為 FMA；另一種方式是統計出每一頻率的變化量，我們稱為 JEITA 量側。一般 FMA 超過 10%，或者 JEITA 有大於 -30dB 的數值，就代表液晶顯示器的 Flicker 過大。

下圖表示為 CA-210 分析儀計算閃動數值的處理程序：

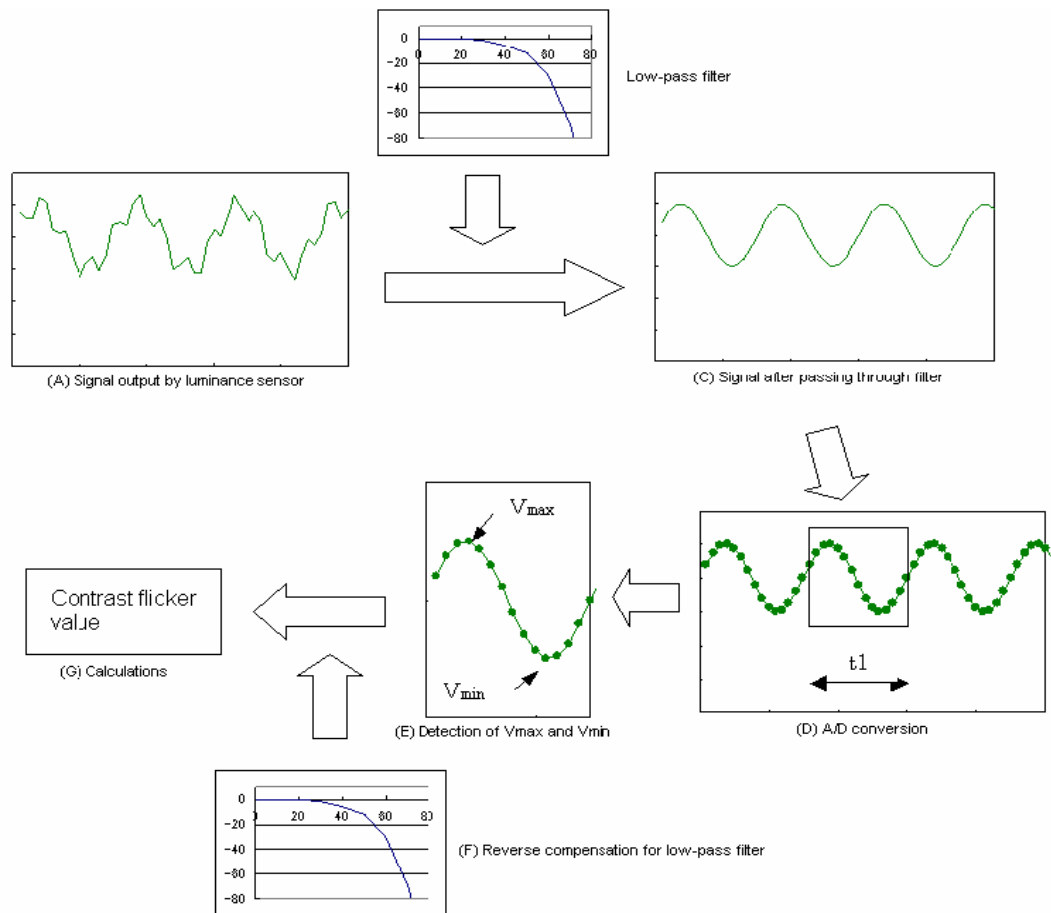


圖 21 CA-210 分析儀計算閃動數值的處理程序

資料來源:[4]

(A) to (C): 去除將 CA-210 Luminance sensor 收集到的高頻訊號，得到可供計算 Flicker 的 Analog 訊號輸出。

(C) to (D): 訊號輸出並做 Analog to Digital 轉換。

(D) to (E): 偵測出訊號輸出最大和最小的電壓，最後計算出該次閃動大小。

以下說明量測 Flicker 的誤差範圍：根據 CA-210 使用手冊的說明，使用 CA-210 Flicker 量測的最大誤差範圍會隨著量測的 Frame rate 的增加而增加，以 Frame rate 為 60Hz 時之最大誤差約為 $\pm 2\%$ 以內。

表 3 Flicker 量測誤差範圍

Flicker (Contrast Method)	Measurement range	5cd/m ² or higher (LCD Flicker Measuring Probe); 15cd/m ² or higher (Small LCD Flicker Measuring Probe)	
	Display range	0.0 to 100%	
	Accuracy	±1%	(30Hz, AC/DC 10% sine wave)
		±2%	(60Hz, AC/DC 10% sine wave)
Repeatability	1% (2s)	(AC/DC 10% sine wave)	

資料來源:[5]

CA-210 的基本規格為：

1. 亮度測量範圍：可從 0.10~1000cd/m²
2. 可用來測量及校正顯示器 Gamma 值，對白色的準確度：±0.002cd/m²
3. 檢測 RGB 三原色的準確度：±0.004 cd/m²
4. 使用近似 CIE 1931 配色函數的 XYZ 濾波器、色度可精準至：Δx, Δy
0.002cd/m²
5. 可檢測顯示多種色彩座標：xyLv, XYZ, u' v' Lv, RGB



3.3 閃動測試系統的界面連接方式

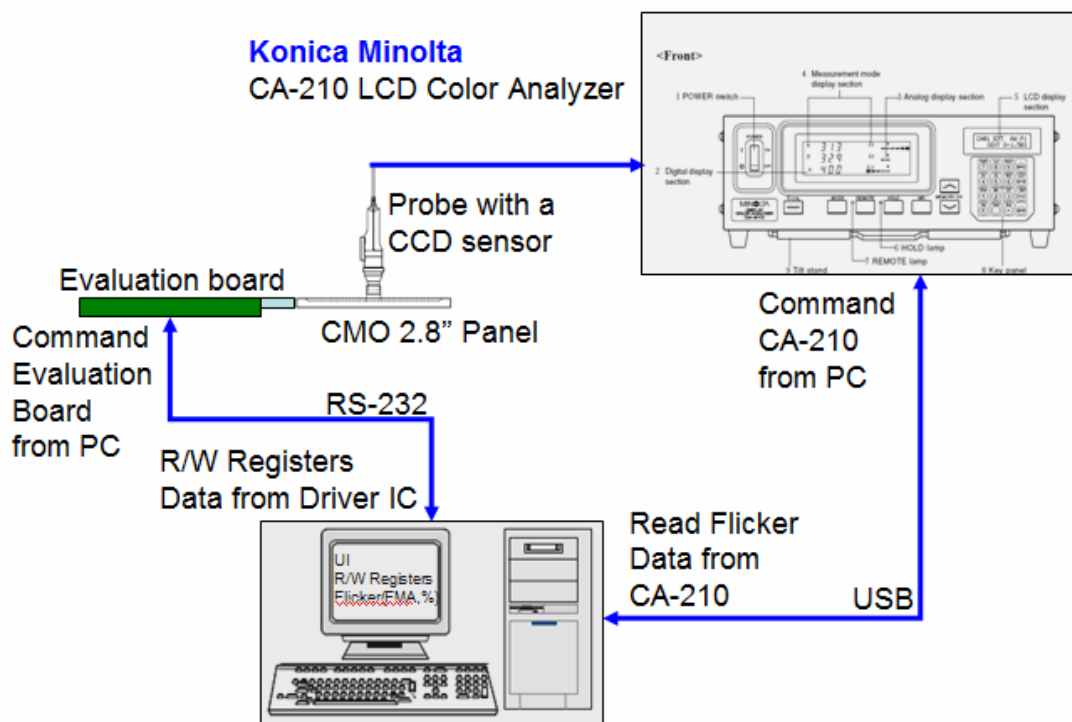


圖 22 Flicker 測量系統

上圖所示是 Flicker 測量系統的連接方式，整體系統選擇是以彩色顯示器分析儀 CA-210(Konica Minolta)配合液晶顯示器驅動系統(Mobile PC base Evaluation Board)、個人電腦(PC)、以及 Visual Basic 6.0 軟體建置之使用者介面(UI)量測系統，硬體部分的連接將彩色顯示器分析儀 CA-210 透過 USB 與個人電腦連接，個人電腦再透過 RS-232 與面板驅動系統(Evaluation board)連接，面板驅動系統再透過軟性電路板與液晶面板連接。

開始時液晶顯示器驅動系統點亮液晶顯示器，然後個人電腦透過 RS-232 連接對顯示器驅動系統下控制訊號，驅動系統則透過 Driver IC 控制介面對 Panel 下控制訊號及傳輸資料設定暫存器，即將初始值(Initial code)寫入 Driver IC 的 Registers 中及將顯示資料寫入 GRAM 中，來設定液晶顯示器中的 Common 電壓及改變 Panel 的顯示畫面。另外 PC 透過 USB 與連接，將彩色顯示器分析儀 CA-210 所量得的閃動資料傳輸回 PC 以供分析記錄，經比較找出最小 Flicker 的 Common 電壓設定(即第二章所描述之 VCM and VDV 暫存器設定)，最後透過高壓燒錄的方

式將此 Common 電壓設定寫到 Driver IC 的 OTP 中。

使用者只需經由PC的使用者介面即可操作，包含對Driver IC的暫存器控制，以及對CA-210 之控制等。此外，如果要做到自動量測目的，驅動系統在CA-210 量測完一個閃爍畫面時PC會收到CA-210 所發出量測完畢訊號，進而切換下一個 VCOML¹電壓，直到量測完畢，並顯示其量測結果(Flicker曲線)於PC端。

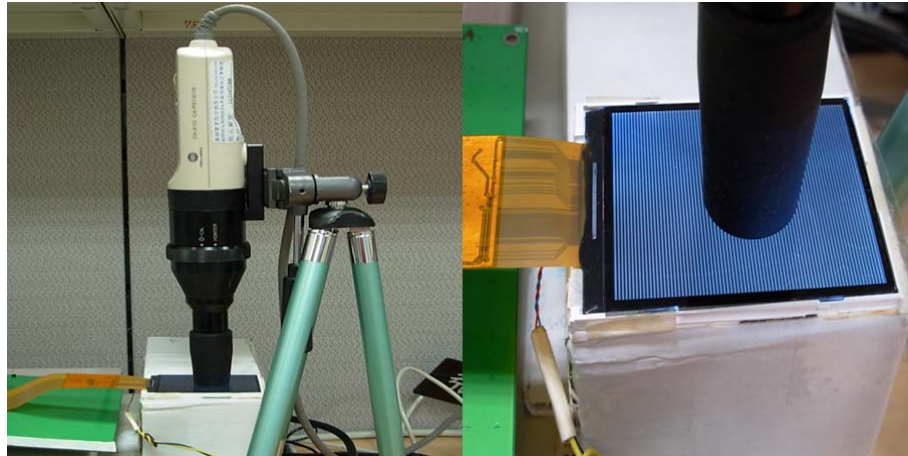


圖 23 系統實際測量面板 Flicker 的情形

為求量測系統之精確性及避免遭周圍可見光影響而造成量測上的偏差，一般會建置一暗房裝置與之配合，不過由於小尺寸的液晶顯示器 Panel 尺寸較小，通常只需對量測探棒(Probe)與 Panel 周圍加以連貼覆蓋，避免周圍光影響即可。

3.3.1 面板驅動系統與液晶面板的連接界面

面板驅動系統與液晶面板的連接界面是使用 Parallel bus 中的 16-bit system interface (LCD_DB15~LCD_DB0)，及使用 Parallel bus 需要搭配以下三條信號線(NWR_RNW、NRD_E&DNC_SCL)，做為液晶顯示器的暫存器及 GRAM 讀、寫控制信號線

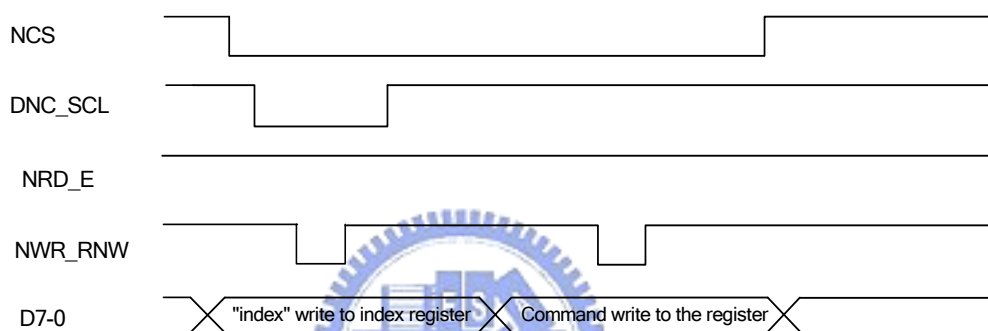
¹：藉由切換不同VCOML的電壓來找出最小閃動(面板正、負極性電壓差異最小時)的VCOML的電壓設定。有些是藉由調整Common電壓的直流準位來降低面板正、負極性電壓差異，以減小閃動。調整閃動的方式會依Driver IC不同而改變。

表 4 液晶顯示器的讀、寫控制信號列表

Operations	NWR_RNW	NRD_E	DNC_SCL
Writes Indexes into IR	0	1	0
Reads internal status	1	0	0
Writes command into register or data into GRAM	0	1	1
Reads command from register or data from GRAM	1	0	1

資料來源:[6]

Write to the register



Read the register

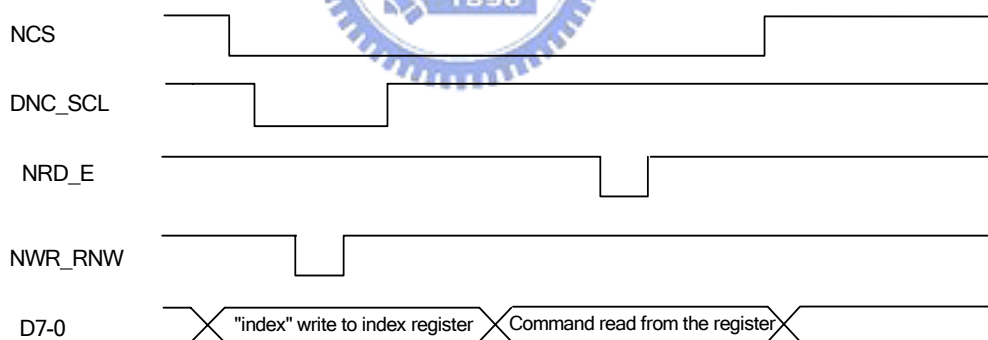


圖 24 液晶顯示器的暫存器讀、寫控制信號

資料來源:[6]

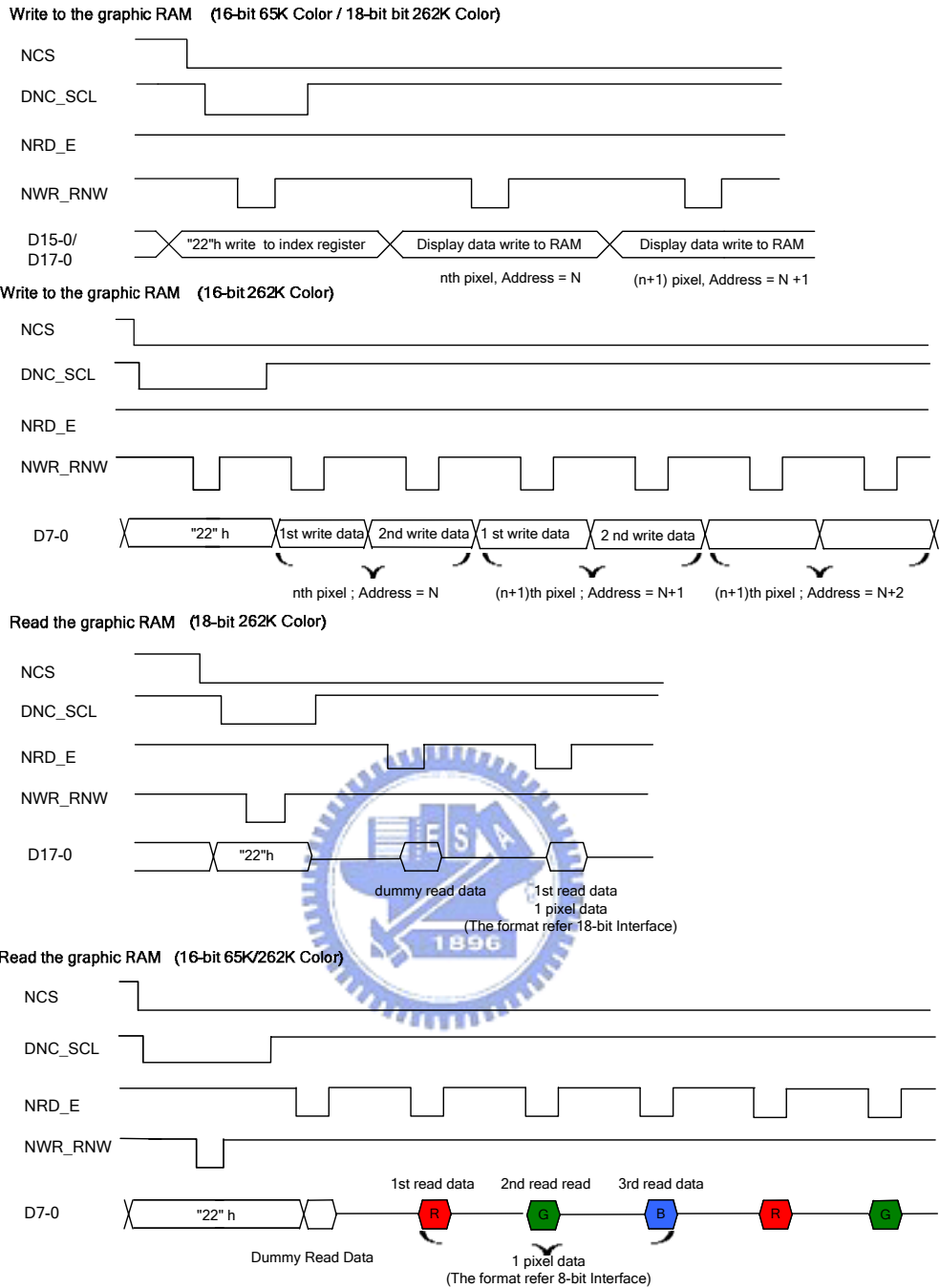


圖 25 液晶顯示器的GRAM讀、寫控制信號

資料來源:[6]

3.3.2 個人電腦與面板驅動系統的連接界面

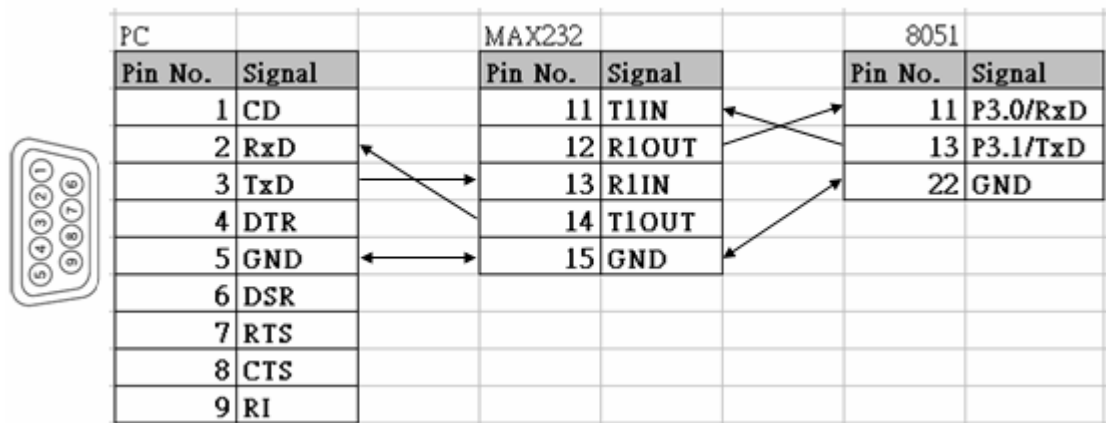


圖 26 液晶顯示器驅動系統與 PC 透過 RS-232 的連接設計

個人電腦與面板驅動系統的連接界面是使用 RS-232 非同步串列傳輸界面，主要是將個人電腦的控制命令，透過 MAX232 晶片傳送到面板驅動系統的微處理機 8051 中，以提供個人電腦可以讀、寫面板驅動 IC 的暫存器，其中 RS-232 傳輸的鮑率(Baud rate)，在系統中設定為 57600bps。

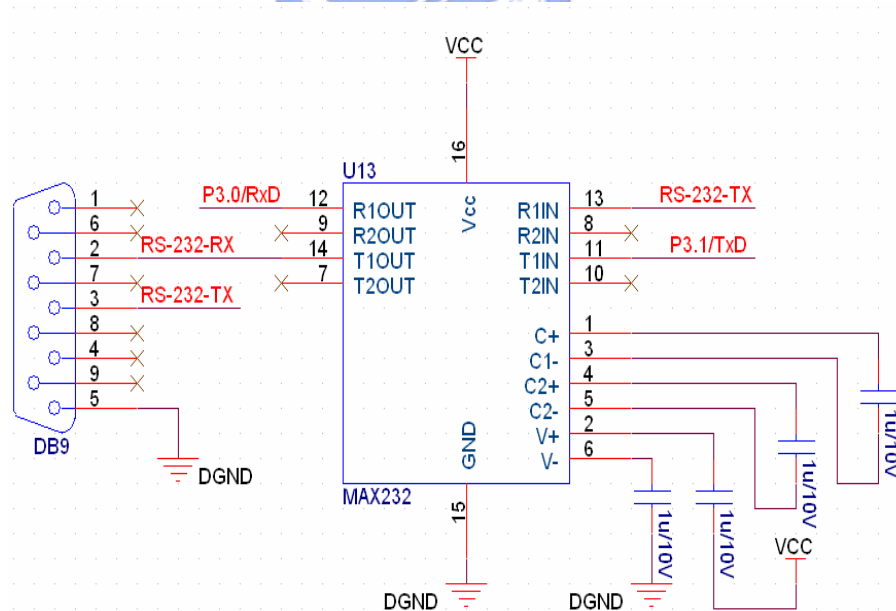


圖 27 液晶顯示器驅動系統與 PC 透過 RS-232 的連接方式

3.3.3 個人電腦與色彩分析儀 CA-210 的連接界面

色彩分析儀 CA-210 支援兩種與個人電腦的連接方式：一是 RS-232；二是 USB。我們選擇以 USB 方式和個人電腦溝通，原因是個人電腦的 RS-232

界面已經被使用在面板驅動系統中，個人電腦與傳統 8051 的連接透過 RS-232 的界面非常簡單容易操作。

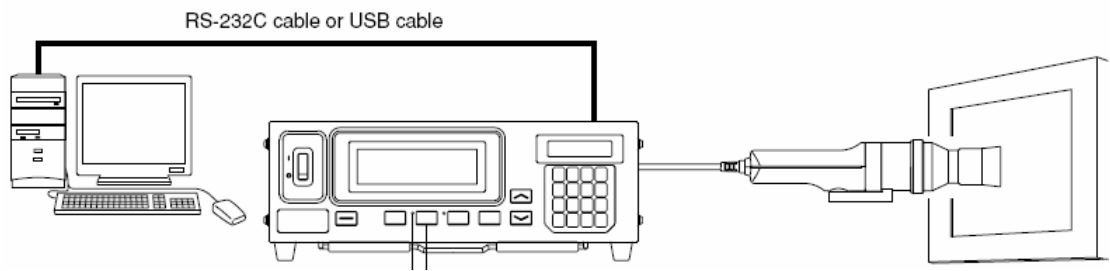


圖 28 個人電腦與色彩分析儀 CA-210 的 USB 連接界面

資料來源:[5]



3.4 面板驅動系統的韌體架構

面板驅動系統的軟體動作流程：首先是透過 Driver IC 的 MPU 16-bit system interface(LCD_DB15~LCD_DB0) 將液晶顯示器的初始值設定好，並且送出液晶面板的背光電源，點亮液晶顯示器。然後分 14 次送出不同 Common 電壓設定 (VDV=0Ah~17h)到 Driver IC 的暫存器 VDV 中，再讀取色彩分析儀 CA-210 量測 Flicker 值大小，紀錄在面板驅動系統的記憶體中。等這一片液晶顯示器的 14 次 Flicker 都量測完成後，面板驅動系統會比較這 14 次量測紀錄，找出到最小 Flicker 所對應的 Common 電壓設定 VDV 值，最後將這組 VDV 值燒錄到 Driver IC 的 OPT 記憶體中。



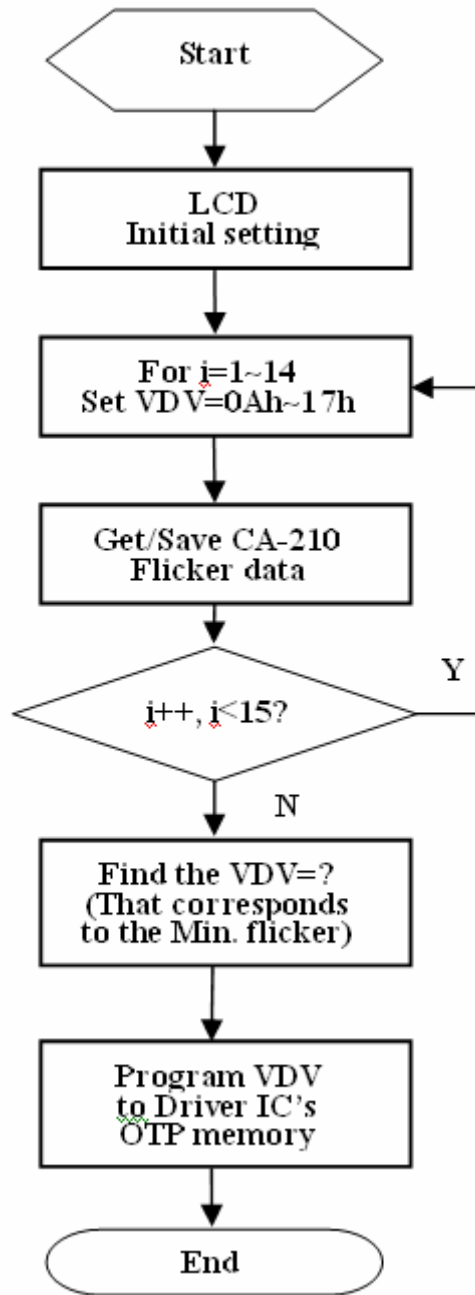


圖 29 面板驅動系統的軟體流程圖

3.4.1 LCD 的初始值設定

設定液晶顯示器初始值的目的是在建立液晶顯示器的操作電壓，初始化的步驟分成以下五個工作項目：

1. Gamma setting: 將 Gamma register 設定好，使 Source 的灰階電壓輸出符合 Gamma2.2 的要求。

Register No.	Register	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
R46h	r_Control 1	GSEL	CP12	CP11	CP10		CP02	CP01	CP00
		0	0	0	0	0	0	0	0
R47h	r_Control 2		CN12	CN11	CN10		CN02	CN01	CN00
		0	0	0	0	0	0	0	0
R48h	r_Control 3		MP12	MP11	MP10		MP02	MP01	MP00
		0	0	0	0	0	0	0	0
R49h	r_Control 4		MP32	MP31	MP30		MP22	MP21	MP20
		0	0	0	0	0	0	0	0
R4Ah	r_Control 5		MP52	MP51	MP50		MP42	MP41	MP40
		0	0	0	0	0	0	0	0
R4Bh	r_Control 6		MN12	MN11	MN10		MN02	MN01	MN00
		0	0	0	0	0	0	0	0
R4Ch	r_Control 7		MN32	MN31	MN30		MN22	MN21	MN20
		0	0	0	0	0	0	0	0
R4Dh	r_Control 8		MN52	MN51	MN50		MN42	MN41	MN40
		0	0	0	0	0	0	0	0
R4Eh	r_Control 9	CGMP1[1:0]	CGMP0[1:0]			OP03	OP02	OP01	OP00
		0	0	0	0	0	0	0	0
R4Fh	r_Control 10	CGMP3	CGMP2		OP14	OP13	OP12	OP11	OP10
		0	0	0	0	0	0	0	0
R50h	r_Control 11	CGMN1[1:0]	CGMN0[1:0]			ON03	ON02	ON01	ON00
		0	0	0	0	0	0	0	0
R51h	r_Control 12	CGMN3	CGMN2		ON14	ON13	ON12	ON11	ON10
		0	0	0	0	0	0	0	0

圖 30 Gamma register 設定

2. 240*320 Window setting: 設定 Source、Gate 的起始及終止範圍，即定義 LCD 顯示視窗的大小。
3. Display Setting: 設定 LCD 中的 Driver IC 之 Source、Gate 的掃描方向及顯示顯示頻率(Frame rate)。
4. Power Supply Setting: 設定並使 Driver IC 建立液晶顯示器所需要的 Source 輸出電壓(VSH & VSL)、Gate 輸出電壓(VGH & VGL)、及 Common

電壓(VCOMH & VCOML)。

5. Display ON Setting: 設定液晶顯示器開始顯示

整體 LCD 的初始值，設定如以下所示[10]：

```
void INITIAL_HX8347_LCD(void)
{
//#####

// Gamma setting
    Set_LCD_8B_REG(0x46, 0xa5); //
    Set_LCD_8B_REG(0x47, 0x52); //
    Set_LCD_8B_REG(0x48, 0x00); //
    Set_LCD_8B_REG(0x49, 0x36); //
    Set_LCD_8B_REG(0x4A, 0x01); //
    Set_LCD_8B_REG(0x4B, 0x67); //
    Set_LCD_8B_REG(0x4C, 0x14); //
    Set_LCD_8B_REG(0x4D, 0x77); //
    Set_LCD_8B_REG(0x4E, 0x13); //
    Set_LCD_8B_REG(0x4F, 0x4C); //
    Set_LCD_8B_REG(0x50, 0x46); //
    Set_LCD_8B_REG(0x51, 0x46); //

//#####

//240x320 Window setting
    Set_LCD_8B_REG(0x02, 0x00); // Column address start2
    Set_LCD_8B_REG(0x03, 0x00); // Column address start1
    Set_LCD_8B_REG(0x04, 0x00); // Column address end2
    Set_LCD_8B_REG(0x05, 0xEF); // Column address end1
    Set_LCD_8B_REG(0x06, 0x00); // Row address start2
```

```

Set_LCD_8B_REG(0x07, 0x00); // Row address start1
Set_LCD_8B_REG(0x08, 0x01); // Row address end2
Set_LCD_8B_REG(0x09, 0x3F); // Row address end1
Set_LCD_8B_REG(0x90, 0x7F); // SAP=0111 1111

//#####

// Display Setting

Set_LCD_8B_REG(0x01, 0x06); // IDMON=0, INVON=NORON=1, PTLON=0
Set_LCD_8B_REG(0x16, 0x48); // MY=MX=MV=0, ML=1, BGR=TEON=0
Set_LCD_8B_REG(0x23, 0x95); // N_DC=1001 0101
Set_LCD_8B_REG(0x24, 0x95); // P_DC=1001 0101
Set_LCD_8B_REG(0x25, 0xFF); // I_DC=1111 1111
Set_LCD_8B_REG(0x27, 0x06); // N_BP=0000 0110
Set_LCD_8B_REG(0x28, 0x06); // N_FP=0000 0110
Set_LCD_8B_REG(0x29, 0x06); // P_BP=0000 0110
Set_LCD_8B_REG(0x2A, 0x06); // P_FP=0000 0110
Set_LCD_8B_REG(0x2C, 0x06); // I_BP=0000 0110
Set_LCD_8B_REG(0x2D, 0x06); // I_FP=0000 0110
Set_LCD_8B_REG(0x3A, 0x01); // N_RTN=0000, N_NW=001
Set_LCD_8B_REG(0x3B, 0x01); // P_RTN=0000, P_NW=001
Set_LCD_8B_REG(0x3C, 0xF0); // I_RTN=1111, I_NW=000
Set_LCD_8B_REG(0x3D, 0x00); // DIV=00

DelayX1ms(20);

Set_LCD_8B_REG(0x10, 0xA6); // SS=0, GS=0 CSEL=110

//#####

// Power Supply Setting

Set_LCD_8B_REG(0x19, 0x49); // OSCADJ=10 0000, OSD_EN=1 //60Hz

```

```

Set_LCD_8B_REG(0x93, 0x0C); // RADJ=1100,
DelayX1ms(10);

Set_LCD_8B_REG(0x20, 0x40); // BT=0100
Set_LCD_8B_REG(0x1D, 0x07); // VC1=111
Set_LCD_8B_REG(0x1E, 0x00); // VC3=000
Set_LCD_8B_REG(0x1F, 0x04); // VRH=0100=4.12V
Set_LCD_8B_REG(0x44, 0x4D); // VCM=101 0000=3.21V
Set_LCD_8B_REG(0x45, 0x11); // VDV=1 0001=-1.19V

DelayX1ms(10);

Set_LCD_8B_REG(0x1C, 0x04); // AP=100

DelayX1ms(20);

Set_LCD_8B_REG(0x43, 0x80); // Set VCOMG=1

DelayX1ms(5);

Set_LCD_8B_REG(0x1B, 0x18); // GASENB=0, PON=1, DK=1, XDK=0,
DDVDH_TRI=0, STB=0

DelayX1ms(40);

Set_LCD_8B_REG(0x1B, 0x10); // GASENB=0, PON=1, DK=0, XDK=0,
DDVDH_TRI=0, STB=0

DelayX1ms(40);

//#####

// Display ON Setting

Set_LCD_8B_REG(0x26, 0x04); //GON=0, DTE=0, D=01

DelayX1ms(40);

Set_LCD_8B_REG(0x26, 0x24); //GON=1, DTE=0, D=01

Set_LCD_8B_REG(0x26, 0x2C); //GON=1, DTE=0, D=11

DelayX1ms(40);

```

```

Set_LCD_8B_REG(0x26, 0x3C); //GON=1, DTE=1, D=11
Set_LCD_8B_REG(0x35, 0x38); // EQS=38h
Set_LCD_8B_REG(0x36, 0x78); // EQP=78h
Set_LCD_8B_REG(0x3E, 0x38); // SON=38h
Set_LCD_8B_REG(0x40, 0x0F); // GDON=0Fh
Set_LCD_8B_REG(0x41, 0xF0); // GDOFF
}

```

3.4.2 接收及儲存 CA-210 的閃動資料

液晶顯示器經由液晶顯示驅動系統點亮之後，會立即顯示測試 Flicker 的圖片，這時液晶驅動系統會分 14 次，逐一送出不同 VDV 設定的 Common 電壓，然後系統會通知 PC 透過 USB 介面將 CA-210 量測的 Flicker 值讀入並儲存於 PC 中，液晶驅動系統再透過 RS-232 讀取此 Flicker 值，供系統比較同一片液晶顯示器於不同 VDV 設定時的 Flicker 大小用。以下所示為使用 Visual Basic 在 PC 端對 CA-210 控制的 Flicker 量測命令：

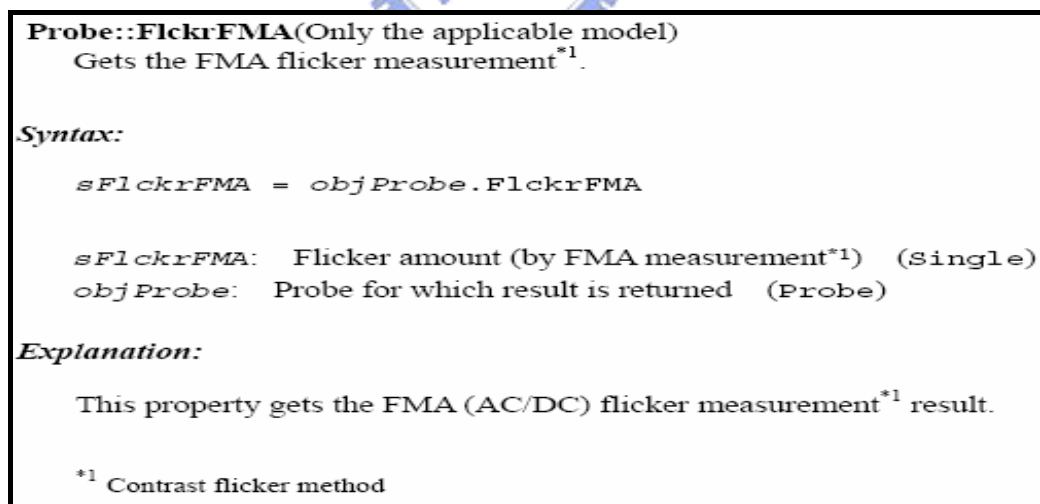


圖 31 PC 端對 CA-210 控制的 Flicker 量測命令

```

1295 Private Sub Get_FlickerFMA_from_CA-210()
1296     objCa.DisplayMode=6 'CA-210 argument 6 is for FMA mode
1297     objCa.Measure       'To execute measurement
1298     Text_Flicker_FMA.Text = Format(objprobe.FlckrFMA, "##.00")
1299                         'Get the Flicker FMA data
1300 End Sub

```

圖 32 PC 端讀取 CA-210 的 Flicker 量測值之控制命令

```

1302 Private Sub Send_FlickerFMA_to_8051()
1303     MSComm_8051UART.PortOpen = True
1304     MSComm_8051UART.Output = Text_Flicker_FMA.Text
1305     TimeDelay (10)
1306     MSComm_8051UART.PortOpen = False
1307 End Sub

```

圖 33 PC 端傳送 Flicker 量測值到液晶驅動系統之控制命令

液晶顯示驅動系統會透過 RS-232 界面，讀取 PC 傳來的 Flicker 值。以下所示為使用 Keil C 在液晶顯示驅動系統對 PC2 端的控制命令來讀取 Flicker 量測值：

```

unsigned char Flicker_data;

void Initial_UART(void)
{
    SCON = 0x52;        // mode 1 ,TI="0" can't interrupt
    TMOD = 0x20;        // Set Timer1 Mode2 (8-bit timer with reload)
    TMOD |= 0x01;       // Set T/C0 Mode
    PCON |= 0x80;       // For 57600bps. SMOD => PCON's bit7
    TH1 = 256 - 3;     // For 33MHz Xtal
    TR1 = 1;
}

unsigned char UART_In_Char(void)
{
    do
    {
        while(!RI);
        RI = 0;
        return(SBUF);
    }
}

Flicker_data = UART_In_Char();

```

圖 34 液晶驅動系統端接受 PC 端的 Flicker 量測值之控制命令

3.4.3 找出面板的最小 Flicker 時之 Common 電壓 VDV 設定

等某一片液晶顯示器的 14 次 Flicker 都量測完成後，面板驅動系統會逐一的比較這 14 次量測紀錄，找出其中最小 Flicker 所對應的 Common 電壓設定 VDV 值，供後續的 OTP 燒錄使用，如此才可將具有最小 Flicker 值的 Common 電壓設定儲存於每一片液晶顯示器之記憶體中。下表所示是液晶顯示器的 Common 電壓設定、VCOML 電壓以及其對應之 Flicker 量測值：

表 5 面板驅動系統的 14 次量測紀錄表

Flciker(FMA)	Flciker(FMA)
VCOML	Golden Sample
17h(-1.971V)	9.7
16h(-1.846V)	5.2
15h(-1.721V)	4.1
14h(-1.595V)	5.6
13h(-1.470V)	6.9
12h(-1.344V)	6.4
11h(-1.220V)	4.4
10h(-1.095V)	1.7
0Fh(-1.114V)	2
0Eh(-0.970V)	4.4
0Dh(-0.845V)	10.1
0Ch(-0.719V)	16.7
0Bh(-0.594V)	22.4
0Ah(-0.469V)	26.8

下圖所示是在液晶顯示器驅動系統中的 Flicker 值比較程式，可以找出液晶顯示器具有最小 Flicker 時的 Common VCOML 電壓設定：

```
unsigned int Compare_Flicker_FMA_data(void)
{
    unsigned int Common_VDV;
    unsigned float Min_Flicker_FMA=99.99;
    for(i=0;i<15;i++)
    {
        if FMA[i]<Min_Flicker_FMA // Compare the Flicker FMA
        {
            Min_Flicker_FMA=FMA[i]; // Save the Min. Flicker Value
            Common_VDV=0x0A+i; // Save Common VDV vs. the Min. Flicker
        }
    }
    return(Common_VDV);
}
```

圖 35 液晶顯示器之 Flicker 值比較程式

3.4.4 面板驅動系統所提供的 OTP 燒錄程序

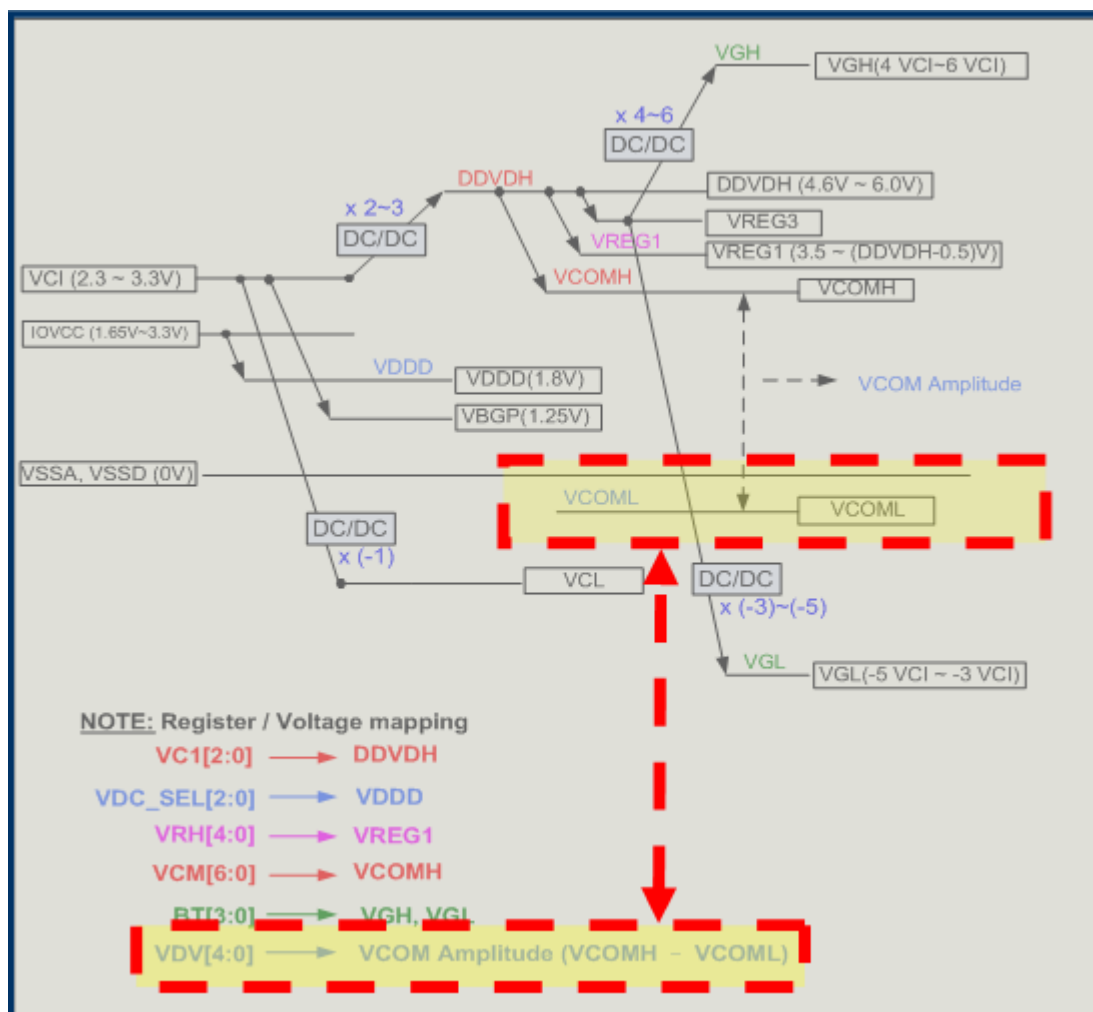


圖 36 液晶顯示器各個操作電壓的設定

資料來源:[6]

圖 36 為奇景光電小尺寸驅動 IC 的工作電壓之相關暫存器(Registers)設定，其中 VCM[6:0]表示是設定 Common high(VCOMH)電壓的暫存器，而 VDV[4:0]表示是設定 Common low(VCOML)電壓的暫存器。藉由以上的暫存器設定，可以使 LCD 顯示一組具有最低 Flicker 值的 Common 電壓設定，然後將它燒錄到驅動 IC 的 OTP 記憶體中。此方式可讓 LCD 模組廠於液晶面板出廠前就設定、儲存好每一片面板的 Common 電壓，做為液晶顯示器的開機初始值設定(Initial setting)之 Common 電壓。後續手機系統廠就不須擔心 Flicker 的問題，因為液晶面板出廠前就已經單獨量測過 Flicker，個別的將 Common 電壓設定，燒錄到 LCD 的驅動

IC 中，於是手機生產程序的軟體載入共用同一套軟體碼即可。

下圖所示是在液晶顯示器驅動系統中的 OTP 燒錄程序，燒錄程序共分成 11 個步驟，可將 Common 電壓儲存在 Driver IC 的 ROM 中：

表 5 Driver IC' s OTP flow

Step	Driver IC's OTP flow		
1	LCD module power on and LCD initial setting		
2	Find the VDV and VCM with the Min. Flicker		
3	Write the VDV and VCM value to registers		
	Command	Register	Description
	VCOM Control2 (44h)	VCM[6:0]	VcomH voltage (High level voltage of VCOM)
VCOM Control3 (45h)	VDV[4:0]	Vcom amplitude (VcomL = VcomH – Vcom amplitude, VcomL ≥ VCL+0.5V)	
4	Set OTP_DCCLK_DISABLE=1, disable internal pumping clock. Wait 500ms for VGH power down.		
5	Connect external power supply 7.5V to VGH pin. Wait 500ms for external power 7.5V to stabilize.		
6	Specify OTP index		
	OTP_index	Parameter	
	0x09h	VDV[3:0]	
0x0Ah	VCM[6:0], VDV[4]		
7	Set OTP_Mask for programming the VDV and VCM related parameter.		
8	Set OTP_PROG=1, Internal register begin write to OTP according to the OTP_index.		
9	Wait 1 ms		
10	Complete programming one parameter to OTP. step (6)~(9) for another OTP_index for programming.		
11	Power off the LCD module and disconnect the external power on VGH pin.		

資料來源:[6]

下圖所示是在液晶顯示器驅動系統中的 OTP 燒錄程式：

```

void OTP_program(void)
{
    INITIAL_HX8347_LCD();           //Step1. Initial setting
    Display_Flicker_pattern();     //Step1. Display Flicker picture
    Read_Flicker_FMA();
    Compare_Flicker_FMA_data();    //Step2. Find the VDV with Min. Flicker

    LCD_WR_REG(0x44, 0x4D);        //Step3. Set VDV and VCM
    LCD_WR_REG(0x45, Common_VDV);

    LCD_WR_REG(0x54, 0xC0);        //Step4. Set OTP_DCCLK_DISABLE=1(R54h bit6=1)
    DelayXlms(250);                //Step4. Delay 500mS
    DelayXlms(250);

    External_VGH_CTRL = 1;        //Step5. Connect external power 7.5V to VGH pin
    DelayXlms(250);                //Step5. Delay 500mS
    DelayXlms(250);

    LCD_WR_REG(OTP_INDEX_R53h, 0x09); //Step6. Specify OPT_INDEX R53h = 0x09
    LCD_WR_REG(OTP_MASK_R52h, 0x0F); //Step7. OTP_MASK=0x0F for VDV[3:0]
    LCD_WR_REG(OTP_CTRL_ADDER, 0xC1); //Step8. OTP_PROG=1 (R54h bit5=1)
    DelayXlms(1);                  //Step9. Wait 1mS

    LCD_WR_REG(OTP_INDEX_R53h, 0x0A); //Step6. Specify OPT_INDEX R53h = 0x0A
    LCD_WR_REG(OTP_MASK_R52h, 0x00); //Step7. OTP_MASK=00h for VCM[6:0], VDV[4]
    LCD_WR_REG(OTP_CTRL_ADDER, 0xC1); //Step8. OTP_PROG=1 (R54h bit5=1)
    DelayXlms(1);                  //Step9. Wait 1mS

    VGH_CTRL = 0;                  //Step11. Remove the external VGH power
    DelayXlms(250);                //Step11. Delay 500mS
    DelayXlms(250);
}

```

圖 37 液晶顯示器驅動系統中的 OTP 燒錄程式

3.5 LCD 閃動測試系統的軟體介面

PC 上的使用者介面可分為兩部分：第一部分是 Driver IC 暫存器設定介面，此部分依 Driver IC 的暫存器功能不同而分成不同的區塊，使用者可以透過該介面來讀、寫液晶顯示器中的暫存器內容；第二部分是顯示所量到的 LCD Flicker 值，此部份的功能是將 CA-210 所量到的量測的 Flicker 值(FMA, %)(JEITA, dB) 顯示在 PC 螢幕上。下圖所示是在 PC 上的使用者介面程式：

Register No.	Register	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0		
R19h	OSC Control 2	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R1Ah	OSC Control 1	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R18h	Power Control 1	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R1Ch	Power Control 2	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R1Dh	Power Control 3	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R1Eh	Power Control 4	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R1Fh	Power Control 5	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R20h	Power Control 6	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R21h	Power Control 7	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R42h	BGP Control	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R43h	VCOM Control 1	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R44h	VCOM Control 2	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR
R45h	VCOM Control 3	0	0	0	0	0	0	0	0	RD	WR

圖 38 PC 上的使用者介面

FlickerJEITA	-40.9dB
FlickerFMA	2.7%
Single Level	Gray Level : 00

圖 39 PC 上顯示使用 CA-210 量測的 Flicker 值

量測結果有兩種：一種是看亮度的變化（AC）與基本量（DC）的比值關係（AC/DC），量測結果我們稱為 FMA；另一種方式是統計出每一頻率的變化量，我們稱為 JEITA 量測。一般 FMA 超過 10%，或者 JEITA 有大於-30db 的數值，就代表液晶顯示器的 Flicker 過大。

四、 實驗結果

4.1 液晶顯示器電信操作需求

參考 TFT LCD 液晶面板的電信驅動電壓參數設計範圍，及選用奇景公司之驅動 IC HX8347-A，我將驅動 IC 的工作電壓設計為 $V_{GH}=+13.0V$ 、 $V_{GL}=-12.0V$ ，Source 電壓範圍從 1.0~5.0V，Source 輸出為 Line(Row) inversion 的驅動方式，至於 Common 電壓輸出為交流(AC)的形式， $V_{COMH}=4.0V$ 、 $V_{COML}=-1.0V$ ，Frame Rate 設定為 66.67Hz。

表 6 液晶顯示器操作電壓

液晶顯示器操作電壓	說明	電壓
VGH	Gate 開啟電壓	+13.0V
VGL	Gate 關閉電壓	-12.0V
VCOMH	AC Common 電壓的高位準電壓	+4.0V
VCOML	AC Common 電壓的低位準電壓	-1.0V
Source output high	Source 输出的高位準電壓	+5.0V
Source output low	Source 输出的低位準電壓	+1.0V
Frame Rate	掃描一 Frame 的頻率	66.67Hz

表 7 Driver IC 操作電壓

Driver IC 操作電壓	說明	電壓
IOVCC	Driver IC 數位驅動電壓	2.8V
VCI	Driver IC 類比驅動電壓	2.8V

量測閃爍時，為了要讓 LCD 輸出 Flicker 比較明顯的畫面，需在液晶顯示器螢幕中顯示中間灰階量測畫面或灰-黑之 Flicker picture(如圖 40 所示)。採用亮度為 50%的中間灰階畫面是因為對 LCD 面板來說，從全黑變到全白及從全白變到全黑的反應時間其實是最快的，但是中間灰階的切換就會慢很多，於是 LCD

較容易出現Flicker現象。至於採用灰-黑交錯之Flicker測試畫面，則是因為該Flicker測試圖案可以很容易用肉眼或儀器判讀出閃動的現象。

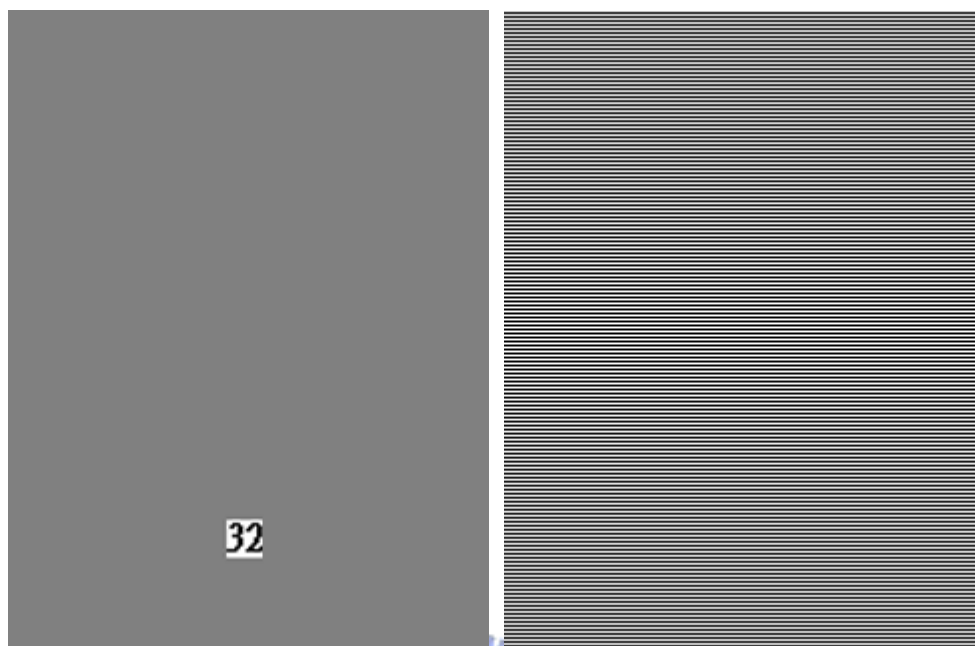


圖 40 Flicker 測試畫面

最後因為本實驗要量測Flicker的大小，所以使用直流驅動的白光LED背光源，避免因為背光的閃爍而影響實際量測Flicker的準確性。液晶面板量測sample是使用CMO的2.8” panel。



圖 41 使用直流驅動的白光LED當背光源

4.2 由 Common 電壓調整以減輕閃動的方法

因為液晶面板的 Feed through 效應，必須調整 Common 電壓來補償，使正、負極性的電壓相同[7]。本論文的實驗共提取了十片 CM02.8” 液晶面板，透過驅動 IC 的暫存器設定面板上的 VCOML 輸出電壓，VCOMH 不用改變，再使用 CA-210 色彩分析儀，將 Flicker 大小紀錄起來。然後調整暫存器設定新的 VCOML 輸出電壓，再將 Flicker 大小紀錄起來。

由實驗數據中可得知，每片 Sample 的 Flicker 大小會依 VCOML 不同而不同，而且在最小 Flicker 的 VCOML 也會隨面板而改變，以下列出不同 VCOML 電壓產生的閃動情形。

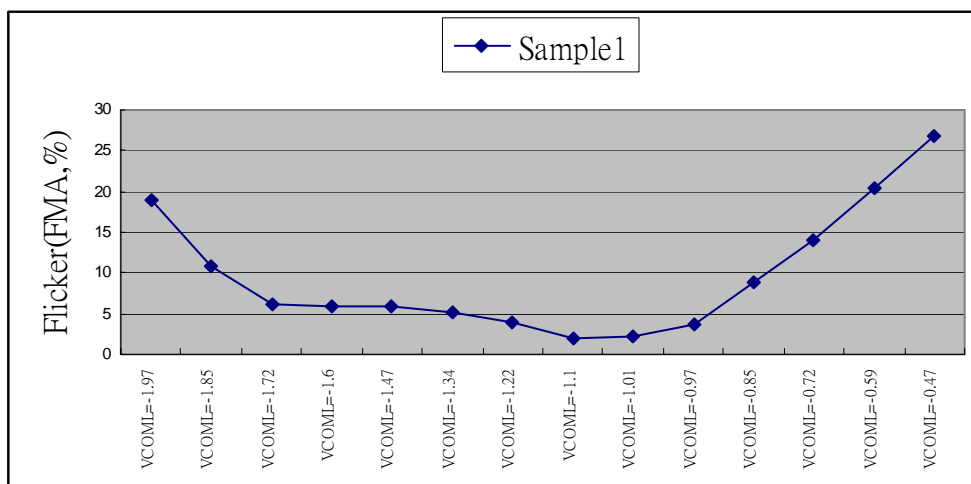


圖 42 Sample1 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

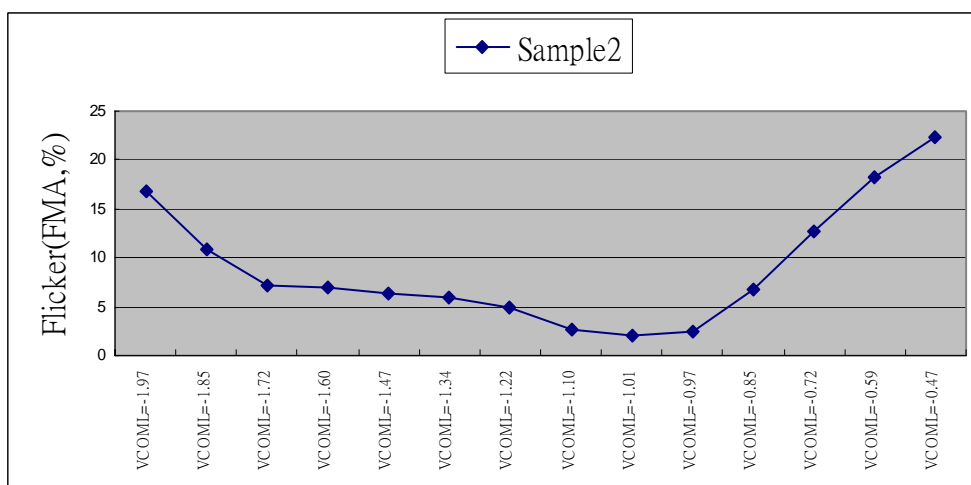


圖 43 Sample2 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

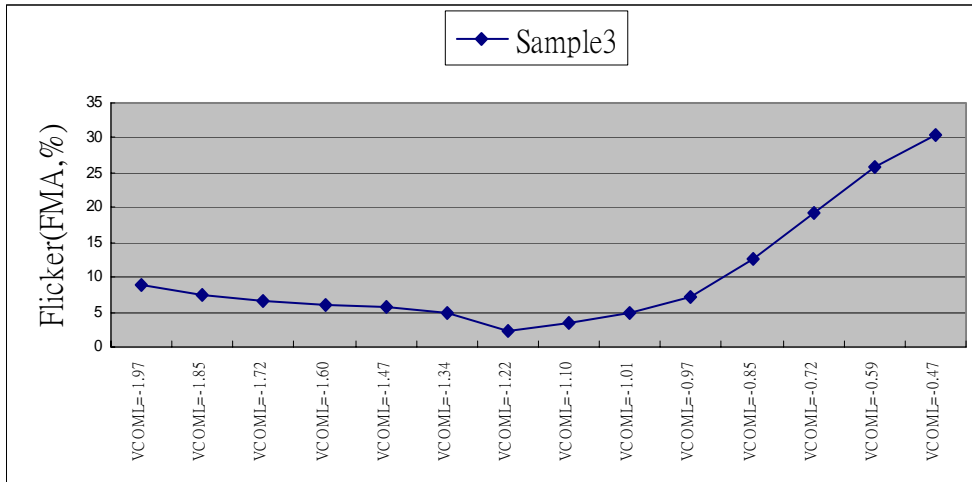


圖 44 Sample3 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

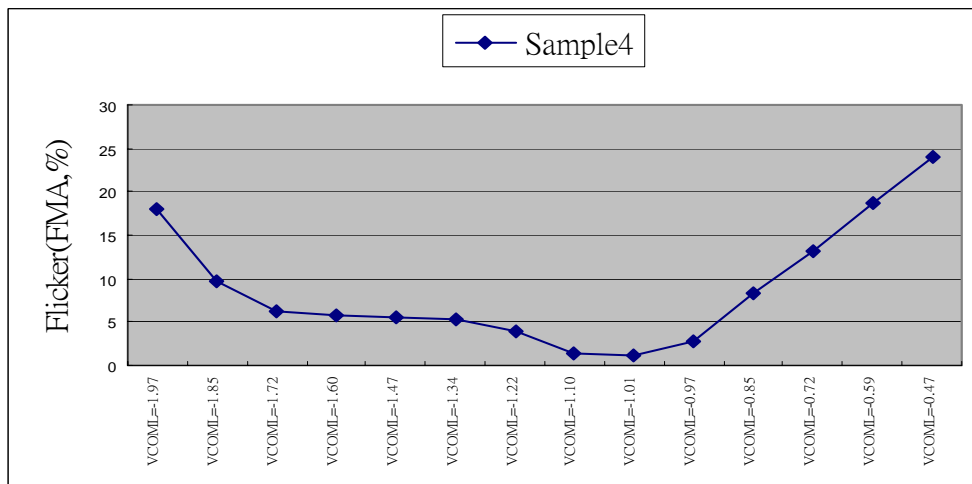


圖 45 Sample4 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

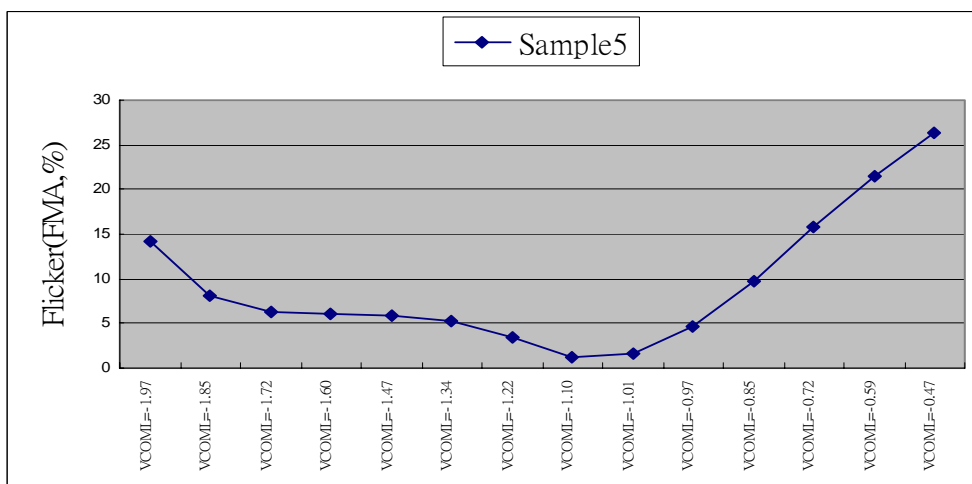


圖 46 Sample5 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

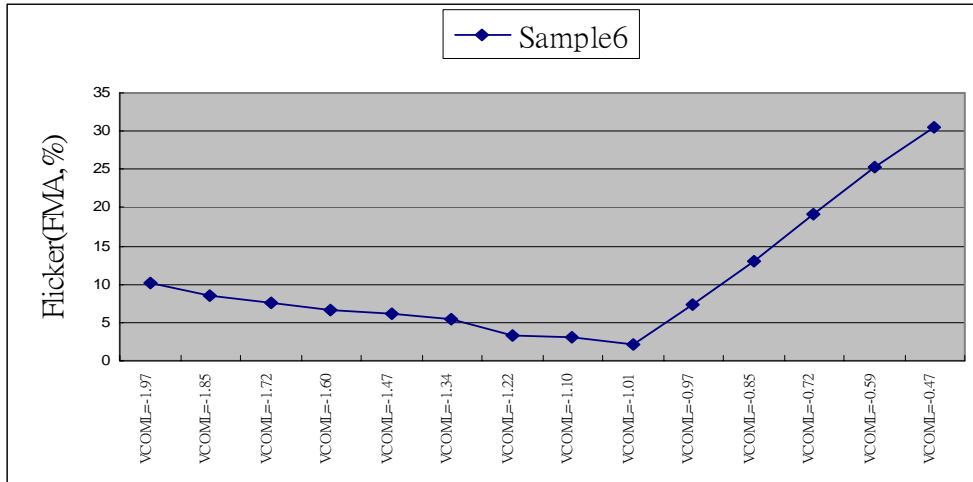


圖 47 Sample6 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

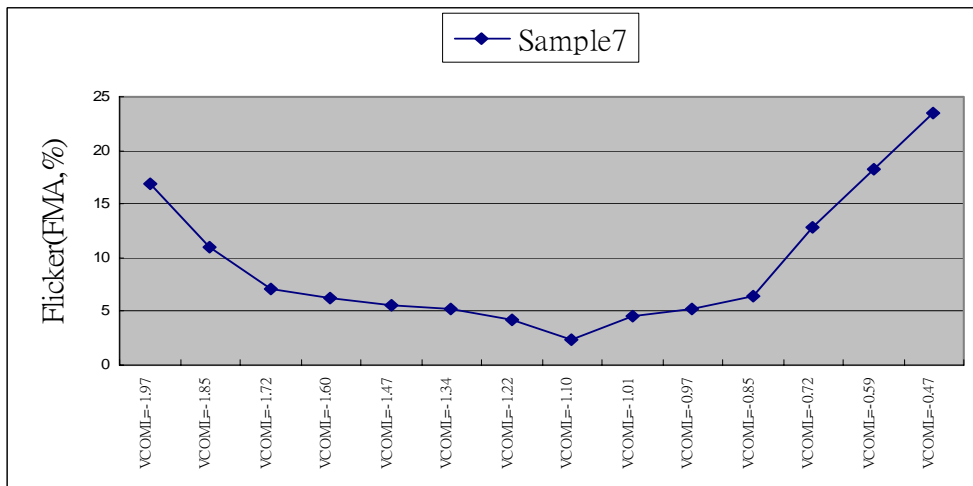


圖 48 Sample7 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

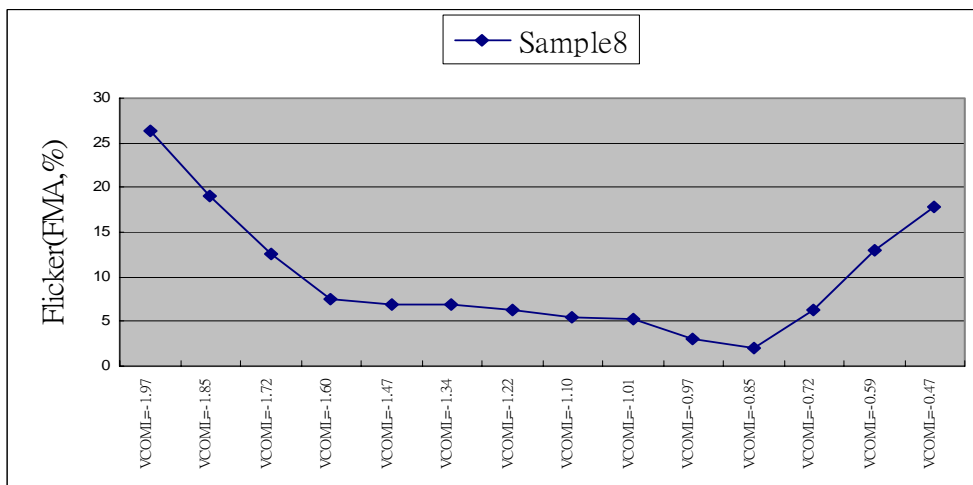


圖 49 Sample8 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

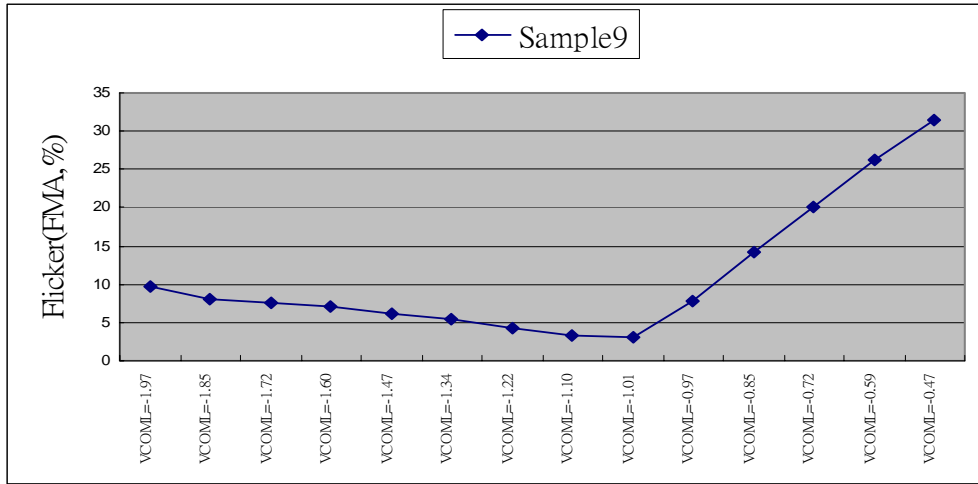


圖 50 Sample9 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

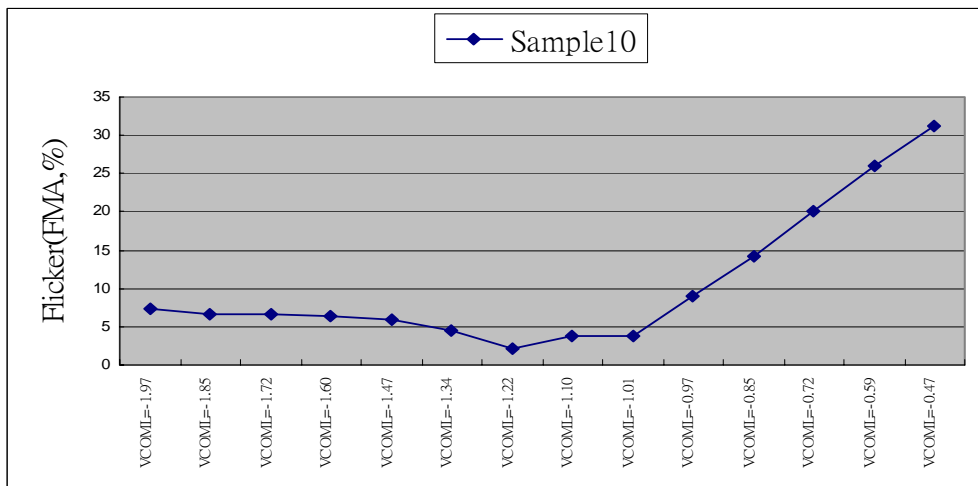


圖 51 Sample10 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

下表為整理 Sample1 到 10 於不同 VCOML 電壓產生的閃動情形：

表 8 整理 Sample1 到 10 於不同 VCOML 電壓產生的閃動

VCOML vs. Flicker	Flicker(FMA, %)									
VCOML	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5	Sample6	Sample7	Sample8	Sample9	Sample10
VCOML=-1.97	18.9	16.9	8.9	17.9	14.2	10.2	16.9	26.4	9.8	7.3
VCOML=-1.85	10.8	10.9	7.6	9.6	8.2	8.5	10.9	19	8.1	6.7
VCOML=-1.72	6.2	7.2	6.6	6.2	6.2	7.6	7.1	12.6	7.6	6.6
VCOML=-1.60	6	6.9	5.9	5.7	6	6.7	6.3	7.6	7.2	6.5
VCOML=-1.47	5.8	6.3	5.6	5.5	5.8	6.2	5.6	6.9	6.2	5.9
VCOML=-1.34	5.2	5.9	4.8	5.3	5.3	5.4	5.3	6.8	5.4	4.6
VCOML=-1.22	3.9	5	2.3	3.9	3.4	3.2	4.3	6.2	4.3	2.1
VCOML=-1.10	1.9	2.7	3.4	1.5	1.2	3.1	2.4	5.4	3.3	3.7
VCOML=-1.01	2.2	2.1	4.8	1.2	1.6	2.2	4.5	5.3	3	3.8
VCOML=-0.97	3.6	2.5	7.1	2.8	4.7	7.3	5.3	3	7.9	8.9
VCOML=-0.85	8.9	6.7	12.6	8.2	9.8	12.9	6.5	2	14.1	14.2
VCOML=-0.72	14	12.8	19.2	13.2	15.8	19.1	12.9	6.2	20.1	20.3
VCOML=-0.59	20.5	18.3	25.9	18.6	21.4	25.3	18.2	12.9	26.2	26.1
VCOML=-0.47	26.7	22.3	30.4	24	26.4	30.5	23.4	17.9	31.5	31.2

下表為 Original and Correction 的閃動大小比較表：

表 9 Original and Correction 的閃動大小比較表

VCOML	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5	Sample6	Sample7	Sample8	Sample9	Sample10
Original	3.9	5	2.3	3.9	3.4	3.2	4.3	6.2	4.3	2.1
Correction	1.9	2.1	2.3	1.2	1.2	2.2	2.4	2	3	2.1

由上表所示，Original 為採取固定的 VCOML 量到的 Flicker 值，而 Correction 為採取變動 VCOML 方式可得到最小的 Flicker 值，因此我們可以知道應用後者採取變動 VCOML 方式的方式確實可以大幅改善 Flicker，來提昇畫面的顯示品質。

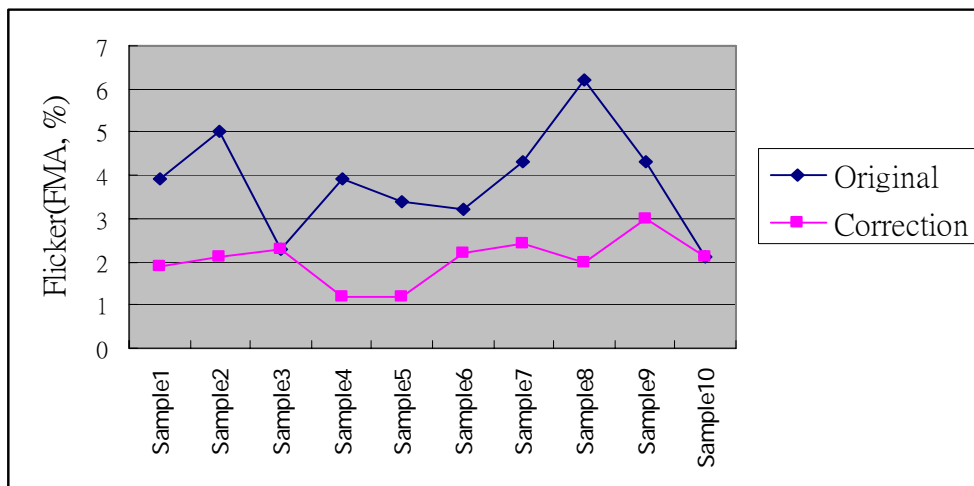


圖 52 Original and Correction 的閃動大小比較圖

4.3 由 Frame Rate 調整以減輕閃動的方法

電影動畫與電視都是利用人的視覺暫留，連續播映不同的圖片，以達到動畫之效果，為了讓動作流暢，電影每秒放映 24 格畫面，而電視則每秒秀出 30 個的圖框，即每秒鐘必需播映三十幅畫面，每一幅畫面稱為一個圖框。

人眼睛的視覺暫留約為每秒 16-24 次左右，因此只要以每秒 30 次或更快的 Frame rate 來更新液晶顯示器畫面，就可以騙過人的眼睛，讓我們以為畫面沒有變動過。雖然如此，實際上每秒 30~60 次的屏幕刷新率所產生的閃爍現象，我們的眼睛仍然能夠察覺從而產生疲勞的感覺。所以屏幕的 Frame rate 越高，畫面越穩定，使用者越感覺舒適。一般液晶顯示器的 Frame rate 在每秒 70 次以上，人眼就完全覺察不到了。

在設計小尺寸液晶顯示器時，同樣要考慮 Frame rate，顯示的速度必須要比視覺暫留的頻率高，否則便會造成閃動的現象。但是實務上 Frame Rate 越高，電源消耗相對提高，所以對講究電源消耗的產品來說，Frame rate 通常範圍在 70Hz~80Hz 之間，這足以滿足一般使用者的需求了。

通常液晶顯示器的 Common 電壓設定間隔受限於 Driver IC 的 Common 電壓分壓限制，參考以下表格所列 VDV[4:0] 的每個電壓間隔，假設 Source 電壓為 4V 時約為 120mV，此電壓調整間隔比起 Source 輸出灰階電壓間隔約 60mV 大一倍，因此調整 Common 電壓 VDV 若無法將閃動現象調整到所需的規格時，於是小尺寸液晶顯示器必須同時搭配 Frame Rate 頻率調整的方式，將 Frame Rate 提高使閃動的現象降到更輕微。

表 10 以 VDV 暫存器查表設定 VCOM amplitude

VDV4	VDV3	VDV2	VDV1	VDV0	VCOM Amplitude
0	0	0	0	0	Vreg1*0.6
0	0	0	0	1	Vreg1*0.63
0	0	0	1	0	Vreg1*0.66

...
-----	-----	-----	-----	-----	-----

下表所示為針對 CMO 2.8” 液晶面版所量測到的閃動及面板功耗與頻率的關係表：

表 11 閃動及面板功耗與頻率的關係表

CADJ[3:1]	Frame Rate(Hz)	Flicker FMA(%)	Ivci(mA)
111	76.57Hz	4.4	3.62
110	72.89Hz	4.8	3.5
101	69.64Hz	5.2	3.37
100	66.67Hz	5.6	3.28
011	63.94Hz	5.9	3.2
010	61.43Hz	6.3	3.11
001	59.03Hz	6.6	3.01
000	56.95Hz	7	2.95

下圖所示為針對 CMO 2.8” 液晶面版所量測到的閃動及面板功耗與頻率的關係圖：

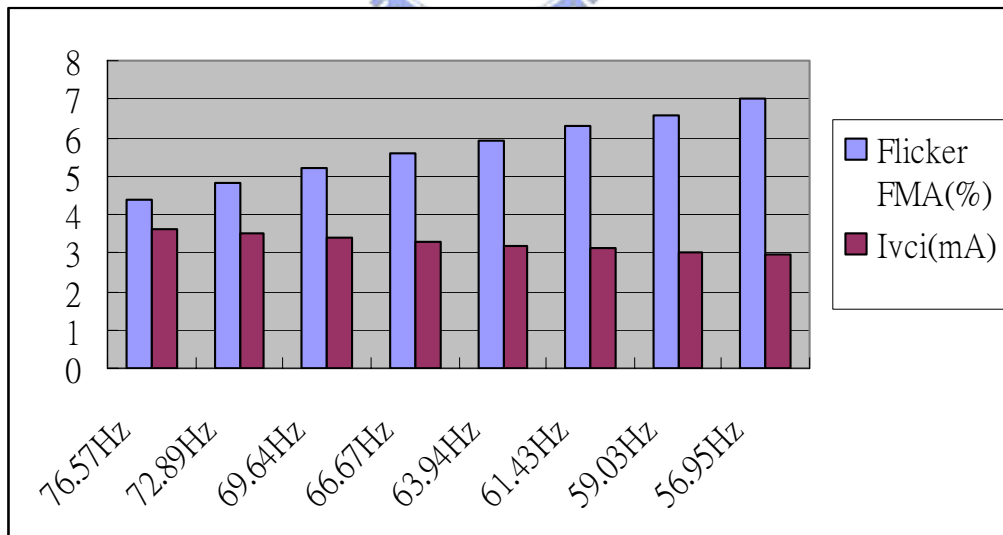


圖 53 閃動及面板功耗與頻率的關係圖

從以上的實驗中我們可以知道調整液晶顯示器的 Frame Rate 頻率調整，可以改善閃動使現象降到更輕微。

五、 結論與展望

5.1 總結

本論文研究目標旨在改善液晶面板閃動的缺點。因為不同的液晶顯示器，其 Feed through 也各自不同，於是本論文採用色彩分析儀 CA-210 先量測 Flicker 大小，然後個別調整 Common 電壓，以補償正、負極性的電壓，找到最低的 Flicker，最後藉由 OTP 燒錄的方式，把不同的 Common(VCOMH and VCOML)電壓，寫入小尺寸驅動 IC 的 OTP 中，以當做該液晶顯示器於 LCD 模組廠出廠後的暫存器開機初始值。

由本論文的實驗結果證明，針對小尺寸的面板產品所出現的閃動現象，提出實際改善閃動的的方法，並設計一套可應用於量產使用之測試系統。由測試前、後的數據得知，使用閃動測試系統確實可以有效降低液晶顯示器的閃動現象，增加液晶顯示器的顯示效果。以下總結本論文之貢獻；

1. 主要為 Flicker 測試系統的整合；將 Flicker 量測儀器、LCD 驅動系統及 OTP 燒錄工具整合成為一套閃動測試系統。因為考慮到 Flicker 測試系統的功能流暢性，所以將 LCD 面板點亮、Flicker 測試及 OPT 的燒錄的流程合而為一，作為 LCD 生產時之 Flicker 測試系統。
2. 實驗結果證明，利用此 Flicker 量測系統來測試 LCD 的閃動，並個別的調整 LCD 的 Common 電壓來補償 LCD 的 Feed through 效應及因液晶反轉造成的 Flicker 現象，會比起傳統一體適用的 Common 電壓調整，可以更精確的減輕每個液晶顯示器閃動的程度，提高整批液晶顯示器的畫面顯示效果。
3. 調整 Frame rate 可以大幅降低 Flicker(FMA, 7%→4.4%)，但是整體液晶面板的功耗並不會因此而增加太多(Ivci, 2.95mA→3.62mA)，對小尺寸 LCD 的應用來說，使用 Common 電壓調整來補償 Feed through 效應搭配使用調整 Frame rate 的方式，由實驗結果證明可有效的減少 Flicker。

4. 可以比傳統使用可變電阻(VR)方式調校 Common 電壓的方式來得更能控制品管標準及收集數據供生產之統計與分析。
5. 雖然減少由寄生電容 Cgd 造成的 Feed through 效應有許多種方法，如設計液晶面板時加大 Cs、液晶面板改為 Cs on gate 及驅動 IC 改為三階驅動的方式、Common 電壓使用可變電阻(VR)的方式調校，減少液晶面板的 |Gate On-Gate Off| 方向著手等等。若以生產成本考量的話，採用本文論述的方式可以達到使 Flicker 減到最低且 cost 增加最少的目的。

實驗過程中，也曾遭遇阻礙的困難，像是為了儘量減少液晶面板之間的工作電壓差異，在液晶面板的規格要求上力求一致，材料製作上花了比較多的時間，最後取得 10 組實驗用的液晶面板，包含 CM02.8" panel 及對應於該面板的驅動 IC、FPC，並且設定成相同的 16 位元 I/O 介面，才可搭配液晶顯示器驅動系統的使用。至於液晶顯示器驅動系統的硬體最初由奇景公司的應用工程師所設計，但是後來因為要達到量測自動化的要求，所以吾人決定改良原本的驅動系統，將 OTP 燒錄驅動 IC 的功能整合到液晶顯示器驅動系統中，當中比較困難的地方，在於需要深入瞭解原本韌體的所有部份，學習韌體部份要如何跟 PC 的使用者介面體做連結，並改寫新的韌體程式，幸好公司內部的應用工程師提供了相當的協助，使我能順利改良完成實驗所需的液晶顯示器驅動系統。最後就是 Flicker 測試系統的整合，PC 使用者介面也是由公司的應用工程師使用 Visual Basic 撰寫的 Driver IC 暫存器設定程式及 Flicker，量測介面則是修改原廠提供的應用程式。經由以上軟、硬體的配合及實驗材料收集，終於能夠順利的完成本次的實驗，感謝實驗其間所有協助幫助過我的人。

5.2 小尺寸液晶面板生產時的考量

如果液晶面板生產時，增加設定不同的 Common 電壓和 OTP 燒錄的生產作業來減低 Flicker，會使生產成本增加，因為如果一般液晶顯示器的生產線要新增此作業流程，並且利用自動機台來生產，則需要增加約 30~60 秒鐘的測試及燒錄時間。

若要增加 Frame rate 來減低 Flicker，則會使液晶面板的耗電會增加一到兩成，所以增加 Frame rate 需要考量小尺寸液晶面板的功耗限制，一般為小於 15~30mW，這通常要在液晶顯示器公司於設計階段時，就要先注意到 Frame rate、功耗與 Flicker 的規格是否能夠達到客戶的需求。這些都是液晶面板生產上很重要的課題。



5.3 未來研究方向

液晶面板是結合了光學、電子、化學等技術的產品，將來的小尺寸液晶面板一定是往減少耗電、減少閃動、增加解析度、增加顯示效果的方向來發展[8][9]。

我們以電子為專業背景來對小尺寸的液晶顯示器做研究，發現可以調整驅動 IC 之 Common 電壓，然後使用 OTP 燒錄的方式以及增加 Frame rate 來改善 Flicker 現象，以上程序會增加液晶面板生產作業程序或是增加後續的 LCD 的整體工作電流。

調整驅動電壓 Common 電壓 VCOML 然後使用 OTP 燒錄的兩大動作程序，對於液晶面板廠來說需要新建置自動生產流程，以達到自動量測、調校 Flicker 及 OTP 燒錄的一貫化生產作業流程，於是當液晶顯示器於 LCD 模組廠出廠時均可將 Flicker 調整到最低，提昇每片液晶面板的顯示品質。至於增加 Frame rate 來降低 Flicker 現象，會使得 LCD 的整體工作電流增加，這部份則仰賴驅動 IC 的電路設計及 LCD 面板的製程方面去改良，二者互相搭配可以降低整體 LCD 電流的消耗。

此外，色彩分析儀 CA-210 的功能非常多，但我們只應用到其中 Flicker 量測的功能，而目前 CCD sensor 的使用也越來越普及，將來的 Flicker 測試系統或許能夠採用 CCD sensor 來取代色彩分析儀 CA-210 的 Flicker 量測功能，使系統簡單化。以上想法的實現則是下一階段的研究目標。

參考文獻

- [1] 戴亞翔 教授 “TFTLCD 面板設計實務 Practice of TFT LCD Panel Design” 國立交通大學顯示科技研究所 補充講義，2004
- [2] 戴亞翔 教授 “TFT-LCD 面板的驅動與設計 Design and Operation of TFT-LCD panels” 2006
- [3] 謝崇凱 “TFT LCD 液晶顯示器的驅動原理” 新電子科技雜誌 199~201 期 2002
- [4] KONICA MINOLTA SENSING INC “Display Color Analyzer CA-210 Instruction Manual” 2007
- [5] KONICA MINOLTA SENSING INC “Display Color Analyzer CA-210 Technical Note” 2007
- [6] 奇景光電(Himax Technologies, Inc.)，HX8347 Data Sheet，2007
- [7] 楊士明 “液晶顯示器畫面產生抖動閃爍成因探討及解決方法之研究” 成功大學電機工程學系碩士論文 2004
- [8] Shug June Hwang “LCD and their technologies” 2006
- [9] 劉舜逢 “中小尺寸面板驅動 IC 未來趨勢” 2007
- [10] 奇景光電(Himax Technologies, Inc.)，HX8347 AP Note，2007