



## TFT LCD 液晶显示器的驱动原理(一)

谢崇凯

前两次跟大家介绍有关液晶显示器操作的基本原理，那是针对液晶本身的特性，与TFT LCD本身结构上的操作原理来做介绍。这次我们针对TFT LCD的整体系统面来做介绍，也就是对其驱动原理来做介绍，而其驱动原理仍然因为一些架构上差异的关系，而有所不同。首先我们来介绍由于Cs(storage capacitor)储存电容架构不同，所形成不同驱动系统架构的原理。

### Cs(storage capacitor)储存电容的架构

一般最常见的储存电容架构有两种，分别是Cs on gate与Cs on common这两种。这两种顾名思义就可以知道，它的主要差别就在于储存电容是利用gate走线或是common走线来完成的。在上一篇文章中，我曾提到，储存电容主要是为了让充好电的电压，能保持到下一次更新画面的时候之用。所以我们就必须像在CMOS的制程之中，利用不同层的走线，来形成平行板电容。而在TFT LCD的制程之中，则是利用显示电极与gate走线或是common走线，所形成的平行板电容，来制作出储存电容Cs。

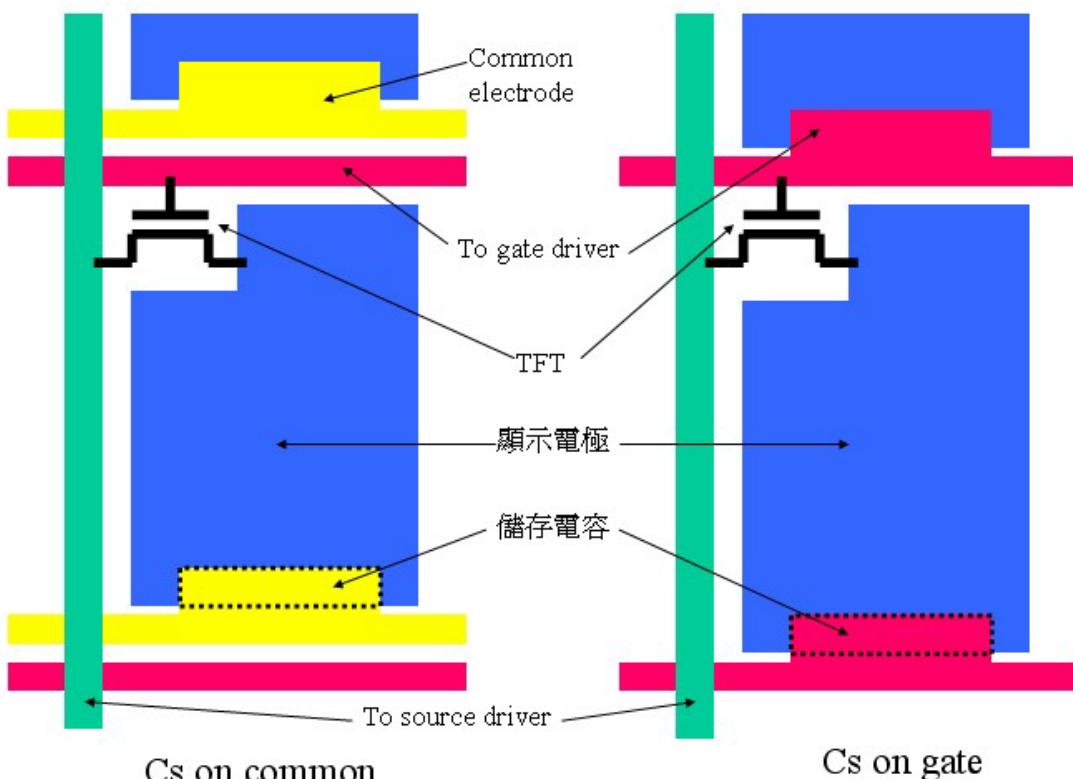


圖1:Cs on gate與Cs on common的架構



图1就是这两种储存电容架构，从图中我们可以很明显的知道，Cs on gate由于不必像Cs on common一样，需要增加一条额外的common走线，所以它的开口率(Aperture ratio)会比较大。而开口率的大小，是影响面板的亮度与设计的重要因素。所以现今面板的设计大多使用Cs on gate的方式。但是由于Cs on gate的方式，它的储存电容是由下一条的gate走线与显示电极之间形成的。(请见图2的Cs on gate与Cs on common的等效电路) 而gate走线，顾名思义就是接到每一个TFT的gate端的走线，主要就是作为gate driver送出信号，来打开TFT，好让TFT对显示电极作充放电的动作。所以当下一条gate走线，送出电压要打开下一个TFT时，便会影响到储存电容上储存电压的大小。不过由于下一条gate走线打开到关闭的时间很短，(以1024\*768分辨率，60Hz更新频率的面板来说，一条gate走线打开的时间约为20us，而显示画面更新的时间约为16ms，所以相对而言，影响有限。) 所以当下一条gate走线关闭，回复到原先的电压，则Cs储存电容的电压，也会随之恢复到正常。这也是为什么，大多数的储存电容设计都是采用Cs on gate的方式的原因。

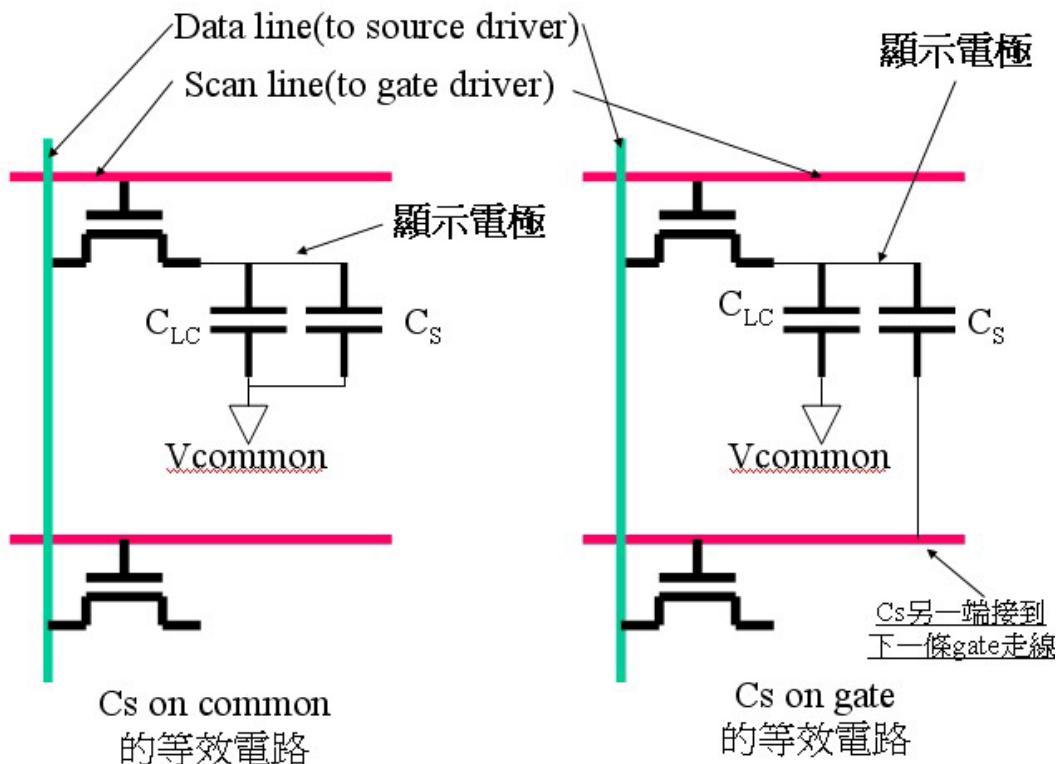


圖2:Cs on gate與Cs on common的等效電路

至于 common 走线，我们在这边也需要顺便介绍一下。从图 2 中我们可以发现，不管您采用怎样的储存电容架构， $C_{LC}$  的两端都是分别接到显示电极与 common。既然液晶是充满在上下两片玻璃之间，而显示电极与 TFT 都是位在同一片玻璃上，则 common 电极很明显的就是位在另一片玻璃之上。如此一来，由液晶所形成的平行板电容  $C_{LC}$ ，便是由上下两片玻璃的显示电极与 common 电极所形成。而位于 Cs 储存电容上的 common 电极，则是另外利用位于与显示电极同



一片玻璃上的走线, 这跟 Clc 上的 common 电极是不一样的, 只不过它们最后都是接到相同的电压就是了.

### 整块面板的电路架构

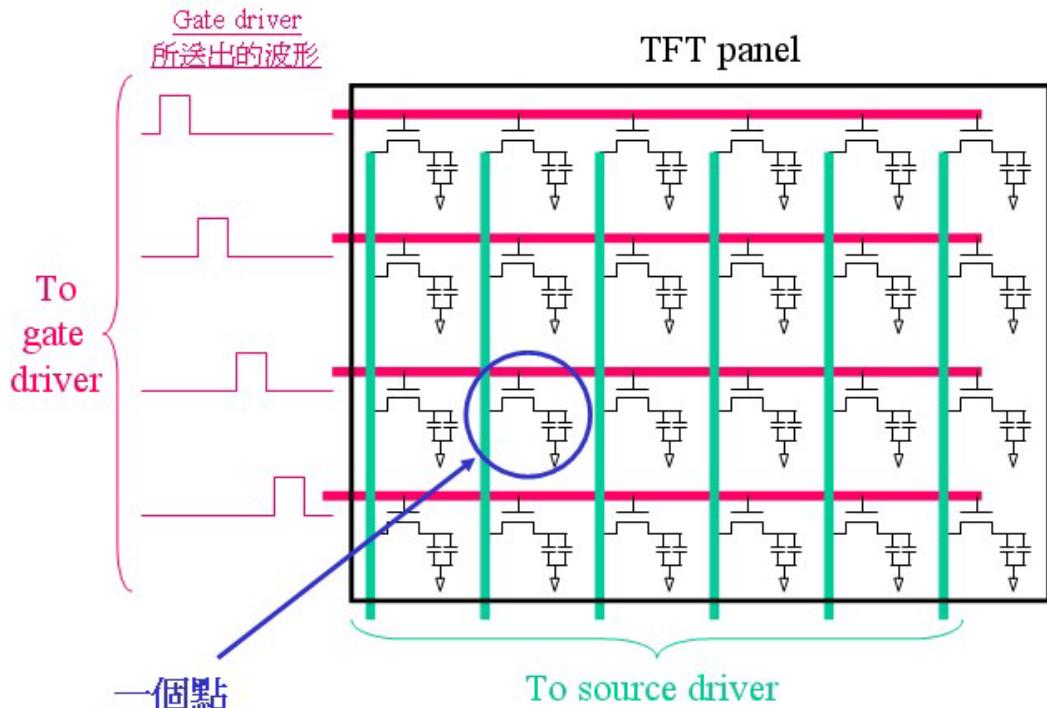


圖3:整塊液晶面板的等效電路

从图 3 中我们可以看到整片面板的等效电路, 其中每一个 TFT 与 Clc 跟 Cs 所并联的电容, 代表一个显示的点. 而一个基本的显示单元 pixel, 则需要三个这样显示的点, 分别来代表 RGB 三原色. 以一个 1024\*768 分辨率的 TFT LCD 来说, 共需要  $1024*768*3$  个这样的点组合而成. 整片面板的大致结构就是这样, 然后再藉由如图 3 中 gate driver 所送出的波形, 依序将每一行的 TFT 打开, 好让整排的 source driver 同时将一整行的显示点, 充电到各自所需的电压, 显示不同的灰阶. 当这一行充好电时, gate driver 便将电压关闭, 然后下一行的 gate driver 便将电压打开, 再由相同的一排 source driver 对下一行的显示点进行充放电. 如此依序下去, 当充好了最后一行的显示点, 便又反过来从头从第一行再开始充电. 以一个 1024\*768 SVGA 分辨率的液晶显示器来说, 总共会有 768 行的 gate 走线, 而 source 走线则共需要  $1024*3=3072$  条. 以一般的液晶显示器多为 60Hz 的更新频率来说, 每一个画面的显示时间约为  $1/60=16.67\text{ms}$ . 由于画面的组成为 768 行的 gate 走线, 所以分配给每一条 gate 走线的开关时间为  $16.67\text{ms}/768=21.7\mu\text{s}$ . 所以在图 3 gate driver 送出的波形中, 我们就可以看到, 这些波形为一个接着一个宽度为  $21.7\mu\text{s}$  的脉波, 依序打开每一行的 TFT. 而 source driver 则在这  $21.7\mu\text{s}$  的时间内, 经由 source 走线, 将显示电极充放电到所需的电压, 好显示出相对应的



灰阶.

### 面板的各种极性变换方式

由于液晶分子还有一种特性,就是不能够一直固定在某一个电压不变,不然时间久了,你即使将电压取消掉,液晶分子会因为特性的破坏,而无法再因应电场的变化来转动,以形成不同的灰阶.所以每隔一段时间,就必须将电压恢复原状,以避免液晶分子的特性遭到破坏.但是如果画面一直不动,也就是说画面一直显示同一个灰阶的时候怎么办?所以液晶显示器内的显示电压就分成了两种极性,一个是正极性,而另一个是负极性.当显示电极的电压高于 common 电极电压时,就称之为正极性.而当显示电极的电压低于 common 电极的电压时,就称之为负极性.不管是正极性或是负极性,都会有一组相同亮度的灰阶.所以当上下两层玻璃的压差绝对值是固定时,不管是显示电极的电压高,或是 common 电极的电压高,所表现出来的灰阶是一模一样的.不过这两种情况下,液晶分子的转向却是完全相反,也就可以避免掉上述当液晶分子转向一直固定在一个方向时,所造成的特性破坏.也就是说,当显示画面一直不动时,我们仍然可以藉由正负极性不停的交替,达到显示画面不动,同时液晶分子不被破坏掉特性的结果.所以当您所看到的液晶显示器画面虽然静止不动,其实里面的电压正在不停的作更换,而其中的液晶分子正不停的一次往这边转,另一次往反方向转呢!

Frame inversion				Row inversion			
Frame N	Frame N+1	Frame N	Frame N+1	Frame N	Frame N+1	Frame N	Frame N+1
+	+	-	-	-	-	+	+
+	+	-	-	-	-	+	+
+	+	-	-	-	-	+	+
+	+	-	-	-	-	+	+
+	+	-	-	-	-	+	+

Column inversion				Dot inversion			
Frame N	Frame N+1	Frame N	Frame N+1	Frame N	Frame N+1	Frame N	Frame N+1
+	-	+	-	-	+	-	+
+	-	+	-	-	+	-	+
+	-	+	-	-	+	-	+
+	-	+	-	-	+	-	+
+	-	+	-	-	+	-	+

Delta inversion			
Frame N	Frame N+1	Frame N	Frame N+1
RGBRGB	RGBRGB	BRGBRG	BRGBRG
BRGBRG	BRGBRG	RGBRGB	RGBRGB
RGBRGB	RGBRGB	BRGBRG	BRGBRG
BRGBRG	BRGBRG	BRGBRG	BRGBRG

圖4:面板的各種  
極性變換方式

图 4 就是面板各种不同极性的变换方式, 虽然有这么多种的转换方式, 它们有一个共通点, 都是在下一次更换画面数据的时候来改变极性. 以 60Hz 的更新



频率来说，也就是每 16ms，更改一次画面的极性。也就是说，对于同一点而言，它的极性是不停的变换的。而相邻的点是否拥有相同的极性，那就就依照不同的极性转换方式来决定了。首先是 frame inversion，它整个画面所有相邻的点，都是拥有相同的极性。而 row inversion 与 column inversion 则各自在相邻的行与列上拥有相同的极性。另外在 dot inversion 上，则是每个点与自己相邻的上下左右四个点，是不一样的极性。最后是 delta inversion，由于它的排列比较不一样，所以它是以 RGB 三个点所形成的 pixel 作为一个基本单位，当以 pixel 为单位时，它就与 dot inversion 很相似了，也就是每个 pixel 与自己上下左右相邻的 pixel，是使用不同的极性来显示的。

### Common 电极的驱动方式

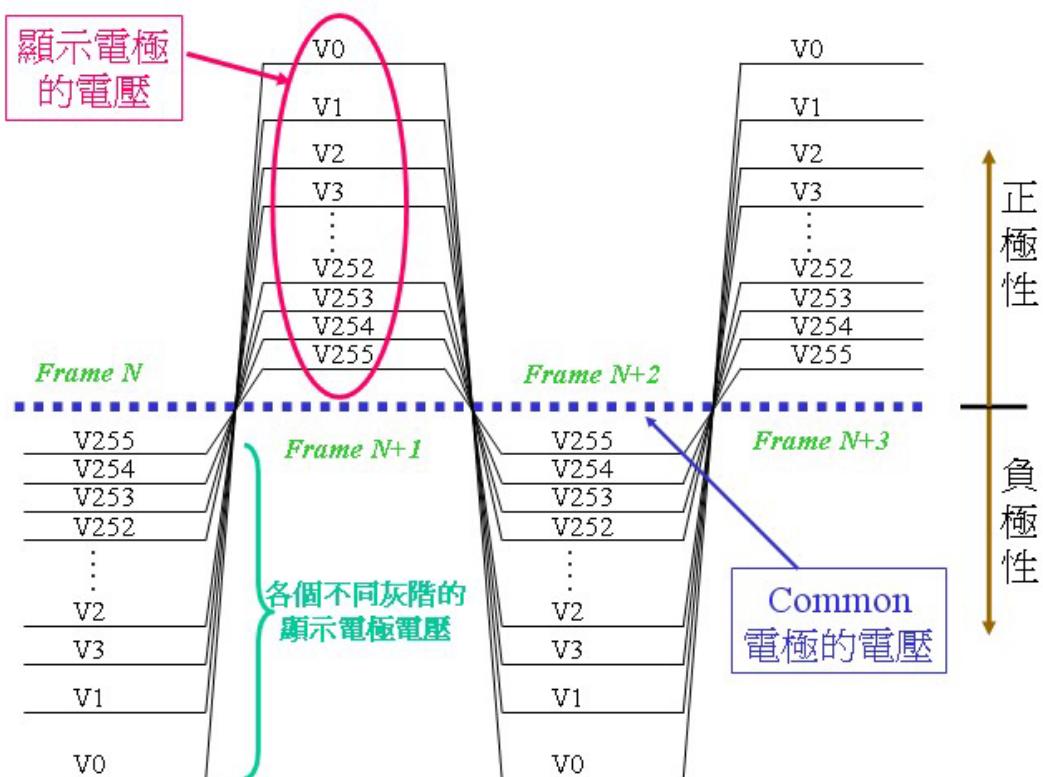


圖5:Common電壓固定不動的驅動方式

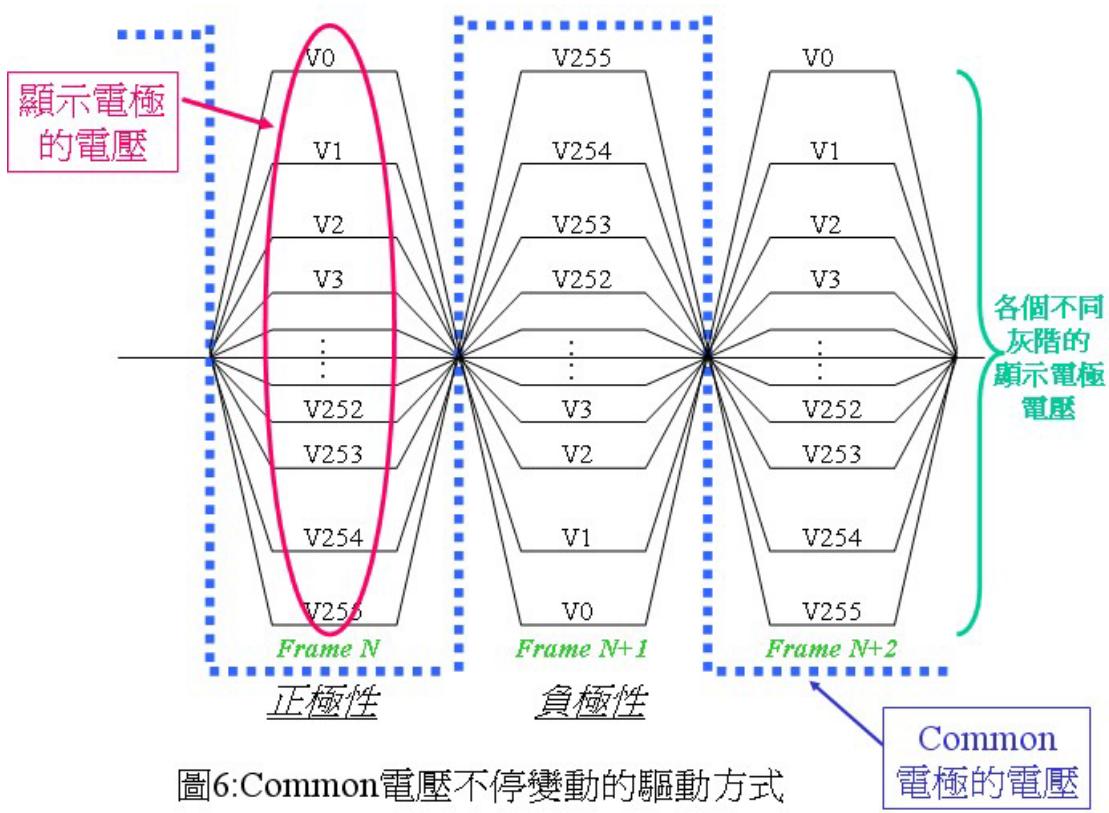


图 5 及图 6 为两种不同的 Common 电极的电压驱动方式, 图 5 中 Common 电极的电压是一直固定不动的, 而显示电极的电压却是依照其灰阶的不同, 不停的上下变动。图 5 中是 256 灰阶的显示电极波形变化, 以 V0 这个灰阶而言, 如果您要在面板上一直显示 V0 这个灰阶的话, 则显示电极的电压就必须一次很高, 但是另一次却很低的这种方式来变化。为什么要这么复杂呢? 就如同我们前面所提到的原因一样, 就是为了让液晶分子不会一直保持在同一个转向, 而导致物理特性的永久破坏。因此在不同的 frame 中, 以 V0 这个灰阶来说, 它的显示电极与 common 电极的压差绝对值是固定的, 所以它的灰阶也一直不曾更动。只不过位在 Clc 两端的电压, 一次是正的, 称之为正极性, 而另一次是负的, 称之为负极性。而为了达到极性不停变换这个目的, 我们也可以让 common 电压不停的变动, 同样也可以达到让 Clc 两端的压差绝对值固定不变, 而灰阶也不会变化的效果, 而这种方法, 就是图 6 所显示的波形变化。这个方法只是将 common 电压 一次很大, 一次很小的变化。当然啦, 它一定要比灰阶中最大的电压还大, 而电压小的时候则要比灰阶中最小的电压还要小才行。而各灰阶的电压与图 5 中的一样, 仍然要一次大一次小的变化。

这两种不同的 Common 驱动方式影响最大的就是 source driver 的使用。以图 7 中的不同 Common 电压驱动方式的穿透率来说, 我们可以看到, 当 common 电极的电压是固定不变的时候, 显示电极的最高电压, 需要到达 common 电极电压的两倍以上。而显示电极电压的提供, 则是来自于 source driver。以图七中 common 电极电压若是固定于 5 伏特的话, 则 source driver 所能提供的工作电压

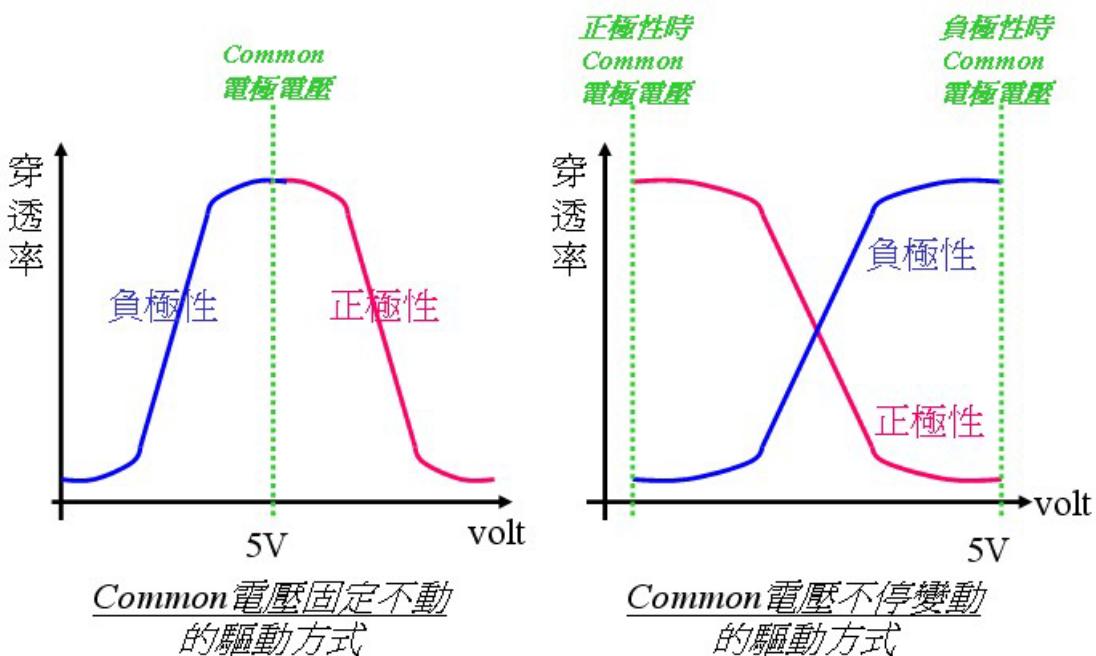


圖7:不同Common電壓驅動方式的穿透率

范围就要到 10 伏特以上. 但是如果 common 电极的电压是变动的话, 假使 common 电极电压最大为 5 伏特, 则 source driver 的最大工作电压只要为 5 伏特就可以了. 就 source driver 的设计制造来说, 需要越高电压的工作范围, 制程与电路的复杂度相对会提高, 成本也会因此而加高.

#### 面板极性变换与 common 电极驱动方式的选用

并不是所有的面板极性转换方式都可以搭配上述两种 common 电极的驱动方式. 当 common 电极电压固定不变时, 可以使用所有的面板极性转换. 但是如果 common 电压是变动的话, 则面板极性转换就只能选用 frame inversion 与 row inversion.(请见表 1) 也就是说, 如果你想使用 column inversion 或是 dot inversion 的话, 你就只能选用 common 电极电压固定不动的驱动方式. 为什么呢? 之前我们曾经提到 common 电极是位于跟显示电极不同的玻璃上, 在实际的制作上时, 其实这一整片玻璃都是 common 电极. 也就是说, 在面板上所有的显示点, 它们的 common 电压是全部接在一起的. 其次由于 gate driver 的操作方式是将同一行的所有 TFT 打开, 好让 source driver 去充电, 而这一行的所有显示点, 它的 common 电极都是接在一起的, 所以如果你是选用 common 电极电压是可变动的方式的话, 是无法在一行 TFT 上, 来同时做到显示正极性与负极性的. 而 column inversion 与 dot inversion 的极性变换方式, 在一行的显示点上, 是要求每个相邻的点拥有不同的正负极性的. 这也就是为什么 common 电极电压变动的方式仅能适用于 frame inversion 与 row inversion 的缘故. 而 common 电极电压固定的方



式，就没有这些限制。因为其 common 电压一直固定，只要 source driver 能将电压充到比 common 大就可以得到正极性，比 common 电压小就可以得到负极性，所以 common 电极电压固定的方式，可以适用于各种面板极性的变换方式。

表 1

面板极性变换方式	可使用的 common 电极驱动方式
Frame inversion	固定与变动
Row inversion	固定与变动
Column inversion	只能使用固定的 common 电极电压
Dot inversion	只能使用固定的 common 电极电压

### 各种面板极性变换的比较

现在常见使用在个人计算机上的液晶显示器，所使用的面板极性变换方式，大部分都是 dot inversion。为什么呢？原因无它，只因为 dot inversion 的显示品质相对于其它的面板极性变换方式，要来的好太多了。表 2 是各种面板极性变换方式的比较表。所谓 Flicker 的现象，就是当你看液晶显示器的画面上时，你会感觉到画面会有闪烁的感觉。它并不是故意让显示画面一亮一灭来做出闪烁的视觉效果，而是因为显示的画面灰阶在每次更新画面时，会有些微的变动，让人眼感受到画面在闪烁。这种情况最容易发生在使用 frame inversion 的极性变换方式，因为 frame inversion 整个画面都是同一极性，当这次画面是正极性时，下次整个画面就都变成了是负极性。假若你是使用 common 电压固定的方式来驱动，而 common 电压又有了一点误差(请见图 8)，

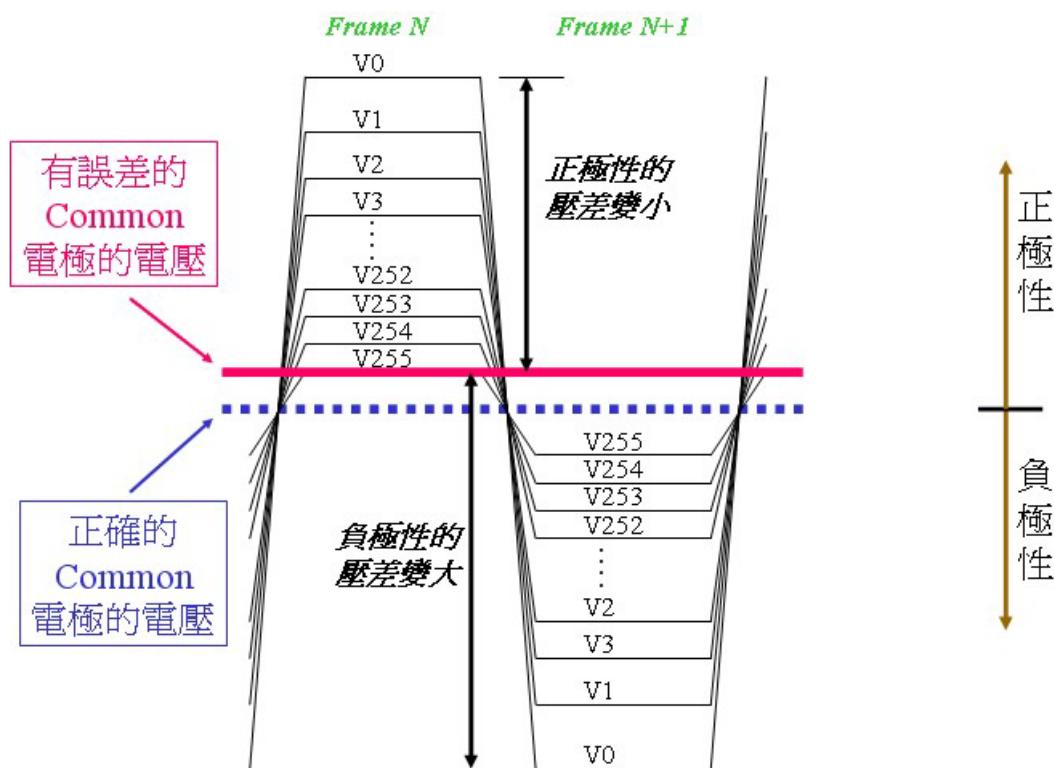


圖8:Flicker的成因



这时候正负极性的同一灰阶电压便会有差别，当然灰阶的感觉也就不一样。在不停切换画面的情况下，由于正负极性画面交替出现，你就会感觉到 Flicker 的存在。而其它面板的极性变换方式，虽然也会有此 flicker 的现象，但由于它不像 frame inversion 是同时整个画面一齐变换极性，只有一行或是一列，甚至于是一个点变化极性而已。以人眼的感觉来说，就会比较不明显。至于 crosstalk 的现象，它指的就是相邻的点之间，要显示的资料会影响到对方，以致于显示的画面会有不正确的状况。虽然 crosstalk 的现象成因有很多种，只要相邻点的极性不一样，便可以减低此一现象的发生。综合这些特性，我们就可以知道，为何大多数人都使用 dot inversion 了。

表 2

面板极性变换方式	Flicker 的现象	Crosstalk 的现象
Frame inversion	明显	垂直与水平方向都易发生
Row inversion	不明显	水平方向容易发生
Column inversion	不明显	垂直方向容易发生
Dot inversion	几乎没有	不易发生

面板极性变换方式，对于耗电也有不同的影响。不过它在耗电上需要考量其搭配的 common 电极驱动方式。一般来说 common 电极电压若是固定，其驱动 common 电极的耗电会比较小。但是由于搭配 common 电压固定方式的 source driver 其所需的电压比较高，反而在 source driver 的耗电会比较大。但是如果使用相同的 common 电极驱动方式，在 source driver 的耗电来说，就要考量其输出电压的变动频率与变动电压大小。一般来说，在此种情形下，source driver 的耗电，会有 dot inversion > row inversion > column inversion > frame inversion 的状况。不过现今由于 dot inversion 的 source driver 多是使用 PN 型的 OP，而不是像 row inversion 是使用 rail to rail OP，在 source driver 中 OP 的耗电就会比较小。也就是说由于 source driver 在结构及电路上的改进，虽然先天上它的输出电压变动频率最高也最大(变动电压最大接近 10 伏特，而 row inversion 面板由于多是使用 common 电极电压变动的方式，其 source driver 的变动电压最大只有 5 伏特，耗电上会比较小)，但 dot inversion 面板的整体耗电已经减低很多了。这也就是为什么大多数的液晶显示器都是使用 dot inversion 的方式。

#### 参考数据：

- 1.交通大学次微米人才培训课程，平面显示器原理讲义。
- 2.财团法人自强基金会电子工业人才培训课程，液晶显示器显示原理讲义。

## 射 频 和 天 线 设 计 培 训 课 程 推 荐

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>

---



### 射频工程师养成培训课程套装

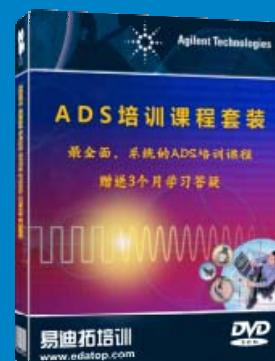
该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材；旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习，能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

---

### ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程，共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解，并多结合设计实例，由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS，迅速提升个人技术能力，把 ADS 真正应用到实际研发工作中去，成为 ADS 设计专家…



课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>

---



### HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

## CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出，是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装，所有课程都由经验丰富的专家授课，视频教学，可以帮助您从零开始，全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装，还可超值赠送 3 个月免费学习答疑…



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



## HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

## 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…



详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验，
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>