TFT LCD液晶显示器的驱动原理(三)

谢崇凯

上次跟大家介绍液晶显示器的二阶驱动原理,以及因为 feed through 电压所造成的影响. 为了解决这些现象, 于是有了三阶驱动甚至于四阶驱动的设计. 接下来我们先针对三阶驱动的原理作介绍.

三阶驱动的原理(Three level addressing method)

二阶驱动的原理中, 虽然有各种不同的 feed through 电压, 但是影响最大的仍是经由 Cgd 所产生的 feed through 电压. 也因此在二阶驱动时需要调整 common 电压, 以改进灰阶品质. 但是由于 Clc 并非是一个固定的参数, 让调整 common 电压以便改进影像品质目的不易达成. 因此便有了三阶驱动的设计, 期望在不必变动 common 电压的情形下, 将 feed through 电压给补偿回来.

三阶驱动的基本原理是这样的, 利用经由Cs的feed through电压, 来补偿经由Cgd所产生的feed though电压. 也就是因为需要利用Cs来补偿, 所以三阶驱动的方法只能使用在面板架构为Cs on gate的方式. 图1就是三阶驱动gate driver电压的波形, 从这个三阶驱动的波形中我们可以知道, 三阶驱动波形跟二阶驱动不一样的是, 它的gate driver驱动波形之中, 会有三种不一样的电压. 当gate driver关闭时, 会将电压拉到最低的电压, 等到下一条的gater driver走线也关闭后,再将电压拉回. 而这个拉回的电压, 就是为了去补偿下一条线的feed through电压. 也就是说, 每一条gate driver走线关闭时, 经由Cgd所产生的feed through电压, 是由上一条走线将电压拉回时,经由Cs所产生的feed through电压来补偿的. 既然是经由拉回的电压来补偿, 那拉回电压的大小要如何计算呢? 上次我们有提到feed through电压的计算方式, 我们可以依照上次的公式来计算所需的电压 :

经Cgd的Feed through电压 = (Vg_high – Vg_low) * Cgd / (Cgd + Clc + Cs) ;
Vg_high与Vg_low分别为gate driver走线打开与关闭的电压.

经Cs的Feed through电压 = (Vp2 – Vp1) * Cs / (Cgd + Clc + Cs) ; Vp2与Vp1分别为上一条gate走线拉回前与拉回后的电压.

如果需要两者互相抵消, 则经Cgd的Feed through电压需要等于经Cs的Feed through电压. 所以需拉回的电压为Ve=Vp2-Vp1=(Vg_high – Vg_low) * Cgd / Cs , 而从图1中我们知道Vg_high – Vg_low= Vg + Ve , 所以需拉回的电压Ve= (Vg + Ve) * Cgd / Cs ,也就是Ve= Vg * Cgd / [Cs – Cgd] .

从上述的公式推导中, 我们发现虽然 Clc 会影响 feed through 电压的大小, 但是藉由三阶驱动的方式, Clc 的影响就不见了. 因此当我们在面板制程与 gate drvier 的打开电压确定之后, 就可以精确的计算出所需要的拉回电压了.

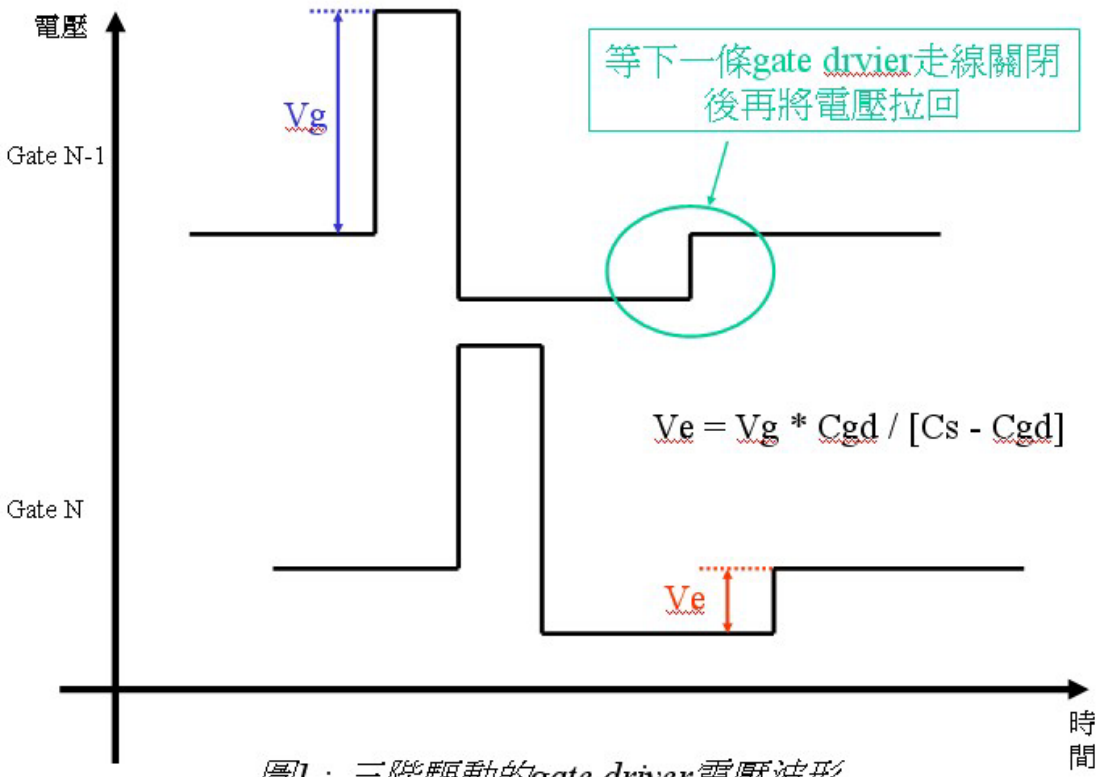

圖1：三階驅動的gate driver電壓波形

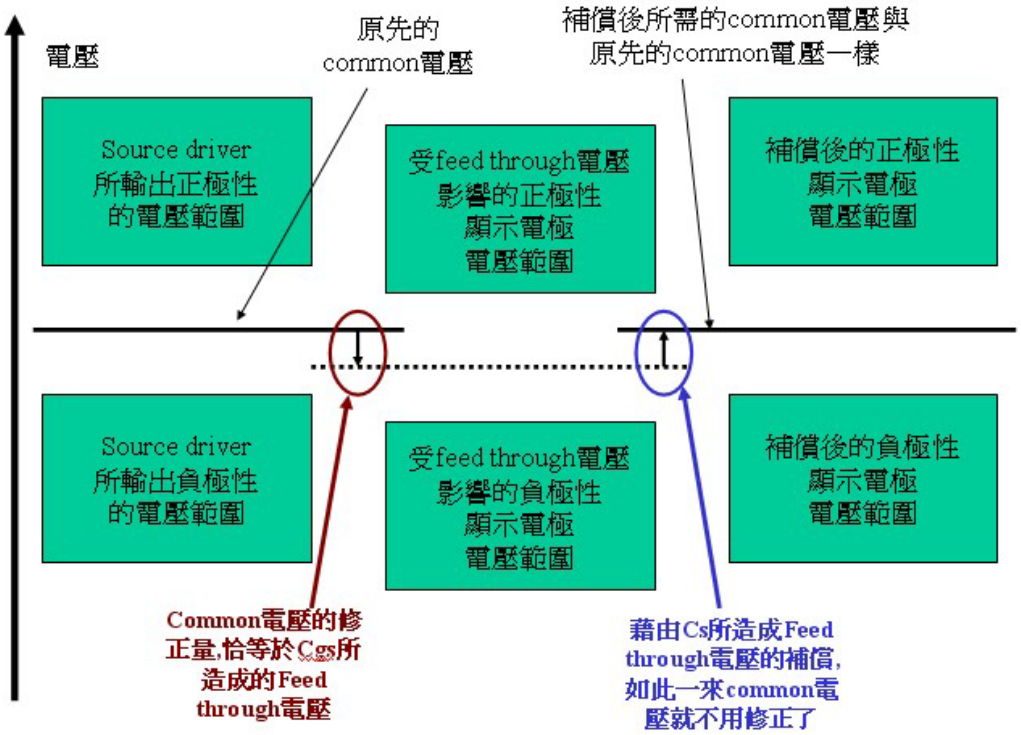

圖2:三階驅動的電壓分布示意圖

图 2 是三阶驱动的电压分布示意图. 我们可以看到最左边的是由 source driver 所输出的电压分布, 这是显示电极所充电电压的最原始状况. 而中间的电

压分布，就是显示电极受到经由 Cgd 的 feed through 电压影响的变化．一般二阶驱动就是只有到这里，所以需要修正 common 电压的大小，以便以少灰阶的失真程度．而三阶驱动藉由 Cs 的 feed through 电压影响的情形，则可以由最右边的电压分布来看出．在这时候，只要拿捏好拉回电压 Ve 的大小，便可以将原本受到经由 Cgd 的 feed through 电压影响的电压分布，补偿到跟最左边的电压分布一样，如此一来就不必再去修正 common 电压的大小了．

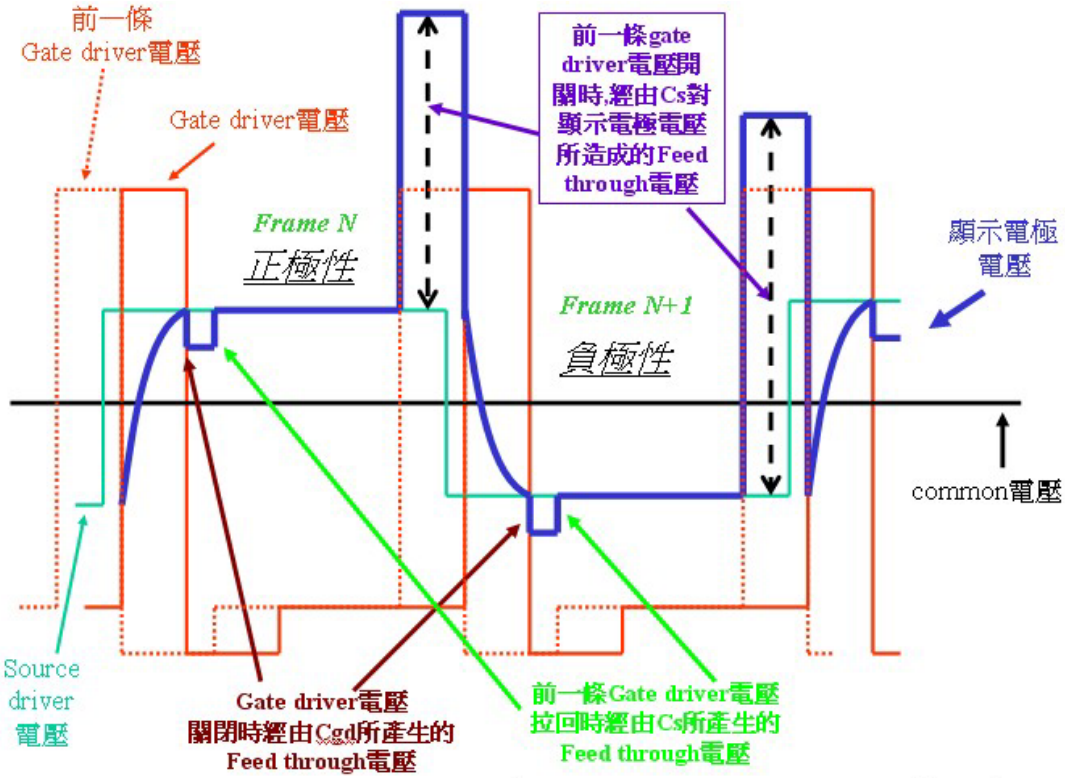

圖3:Cs on gate 且common電壓固定不動的三階驅動電壓波形

图 3 是三阶驱动的电压波形图．正如先前所说过的，由于三阶驱动需要利用前一条的 gate driver 走线来补偿，所以只能使用于 Cs on gate 的架构．而且由于有电压补偿的关系, common 电压就不必再做修正了．在图 3 中，属于 gate driver 电压有两种，一个是前一条 gate driver 的电压波形，用虚线来表示．而用实线表示的是属于打开我们要讨论的显示电极电压波形的 gate driver 走线电压．从此图形我们可以知道，实线的 gate driver 走线关闭时，会经由 Cgd 产生一个 feed through 电压，而这个向下的电压偏移量，在前一条 gate driver 走线的拉回电压经 Cs 所产生的 feed through 电压影响后，便可以让显示电极恢复到原先的电压准位．而前一条 gate driver 走线经由 Cs 的 Feed through 电压还有另一种状况，那就是在前一条 gate driver 走线打开时所产生的 feed through 电压，这个电压值虽然很大，不过由于其影响的时间，相对于整个 frame 来说，相当的短，因此对显示画面并不会有多大的影响．

图四是使用三阶驱动针对 gate driver 走线电压变动所形成的 feed through 电压更仔细的显示电极电压波形图．跟图三不一样的是，这个图形有考虑到当 gate

driver 走线电压拉回时经由 Cgd 所造成的 feed through 电压. 原本拉回电压是为了补偿下一条 gate driver 走在线的显示电极, 但是它的副作用就是也会对 gate driver 走线所在位置的显示电极产生影响. 所以拉回电压的设计考量, 并不是一次将所有电压补偿回来, 而是使用两次的 feed through 电压补偿. 一次是上一条 gate driver 走线经由 Cs 的 feed through 电压来补偿, 一次则藉由显示电极所在位置的 gate driver 走线,它的拉回电压经由 Cgd 的 feed through 电压来补偿.

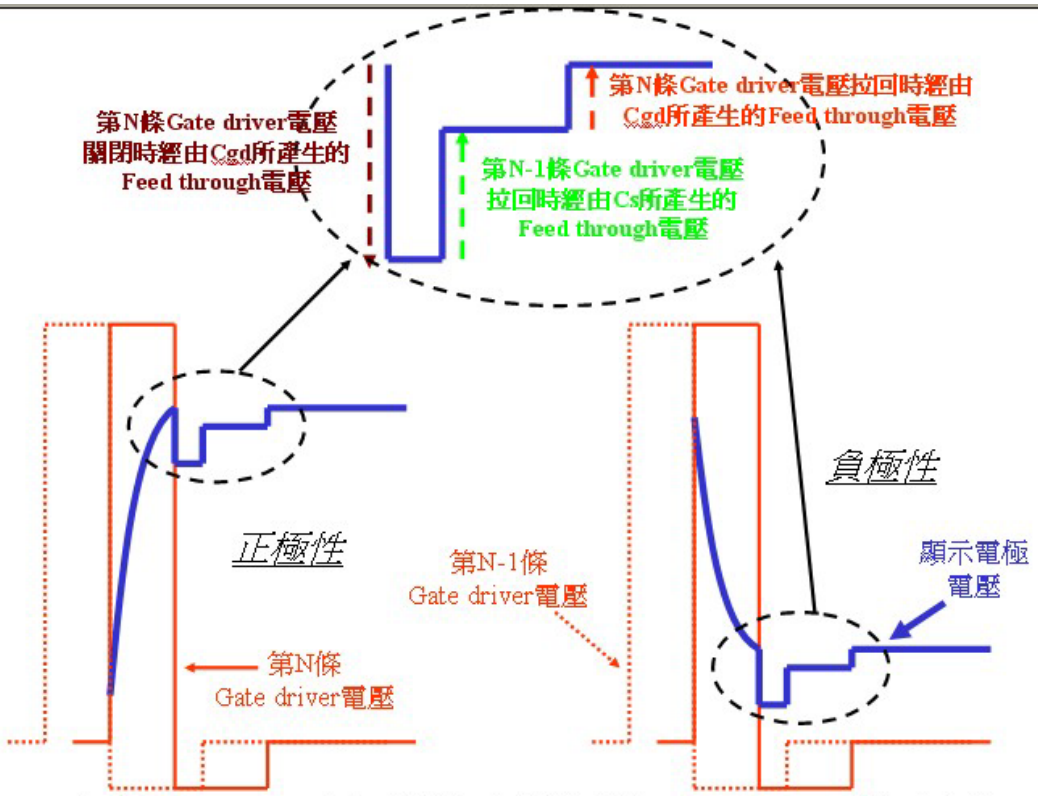

圖4:Gate driver電壓變動時所形成的feed through電壓波形

总括来说, 使用三阶驱动的方式比起二阶驱动的方式来说, 可以不用调整 common 电压就可以克服 feed through 电压的影响. 而且也可以避免由于 Clc 的非线性关系所造成的灰阶问题. 不过跟底下要介绍的四阶驱动比较起来, 它仍然需要使用较高输出电压的 source driver. 接下来要介绍的四阶驱动, 它在 common 电压固定不变的状况下, 并不需要使用高电压输出的 source driver,就可以达到分别出正负极性电压的结果了.

四阶驱动的原理(Four level addressing method)

图 5 是四阶驱动 gate driver 走线的电压基本波形. 我们可以看到负责正极性与负极性的 gate driver 走线电压是不一样的. 负责负极性的 gate driver 走线电压在电压关闭时, 会往下拉到一个比一般关闭时的电压更低的准位, 等到下一条走线的电压关闭后, 再将电压拉回到一般关闭电压的准位. 而负责正极性的 gate driver 走线电压则是在电压关闭时, 电压并没有一口气拉到一般关闭的电压位准, 而是等到下一条 gate driver 走线关闭后, 再将电压下拉到一般关闭的电压准位.

而这两种极性的电压位准总共有：打开的电压，关闭的电压，比关闭电压高的位准，以及比关闭电压更低的电压，总共四种．这是为什么叫做四阶驱动的原因．从图五来看，我们会发现，同样一条 gate driver 走在线的显示电极，都必须属于同一种显示的极性，不是正极性，就是负极性．因此采用四阶驱动就只能使用 line inversion 的显示方式．不过这样一来，跟使用 dot inversion 驱动方式的面板来说，显示画面的品质变会变的更差, flicker 与 cross talk 的效应会更明显．这也是为什么四阶驱动很少有人使用的缘故，虽然它可以使用驱动电压较低的 source driver，但是它的 gate driver 复杂度升高，而且画面品质下降,(当然啦，想要让四阶驱动的面板使用 dot inversion 并不是不可以，只是需要更改面板上的 TFT 薄膜晶体管的配置方式,以及加大显示控制器内的内存大小,来同时储存两条 gate driver 走在线的所有显示电极的数据，整个硬件的复杂度会更高，成本又会加大.)比较起来倒不如使用 line inversion 且 common 电压变动的面板极性显示方式.

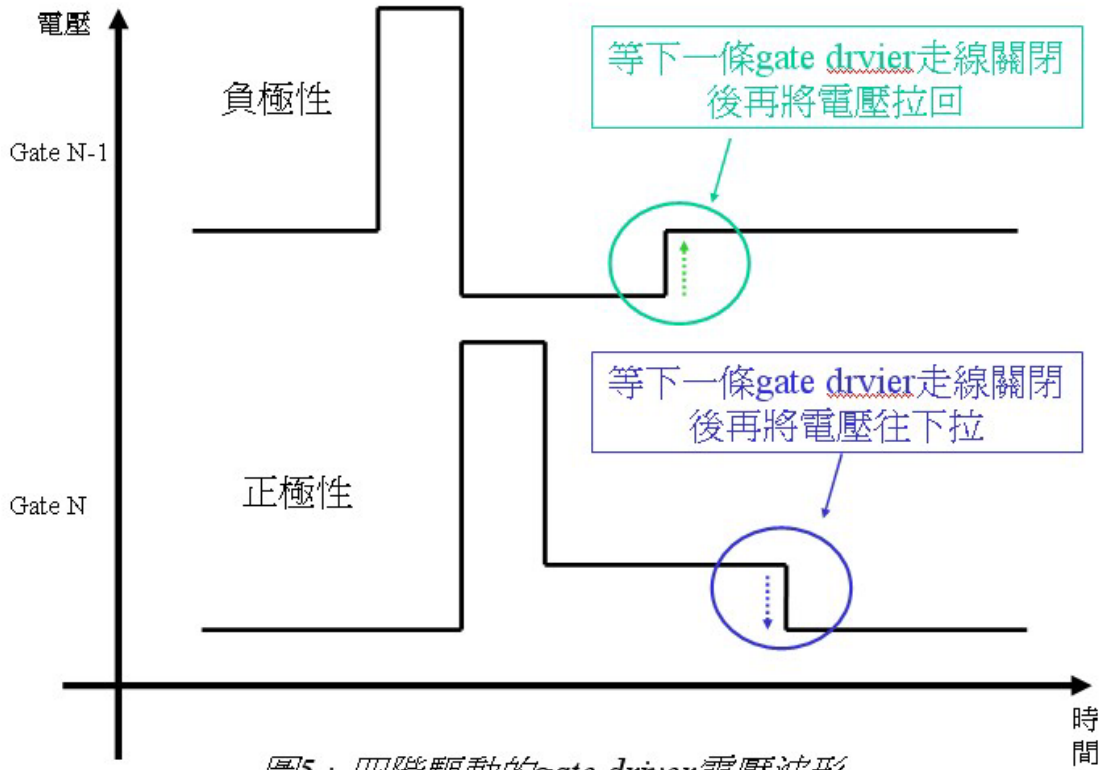

圖5：四階驅動的gate driver電壓波形

四阶驱动原理简单的来说，是利用前一个 gate driver 走线经由 Cs 的 feed through 电压，在正极性时将显示电极的电压提升到很高的电压，而在负极性时将显示电极的电压，下拉到很低的电压，以便将显示电极的电压分别出给正极性或是负极性的电压位准之用．如此一来, source driver 的驱动电压范围虽然不大，但是却可以同时给正极性以及负极性的显示电极电压来用．图 6 是四阶驱动的电压分布示意图，图中最左边的是 source driver 输出电压的范围．不管是正极性的画面，或是负极性的画面，都是使用相同的输出电压范围．因此使用于四阶驱动的 source driver，其输出电压范围比起一般的 source driver 要小的多．而图 6 中间

则是受到 gate driver 走线关闭时，经由 Cgd 的 feed through 电压影响的显示电极电压范围．而图 6 右边则是最后分别出正负极性的显示电压范围．从图中我们可以知道，因为受到经过 Cgd 的 feed through 电压影响，若是要将正负极性的电压范围分开的话，对于正极性的电压范围，往上提升的电压会比较大，而其往上提升的电压，是由上一条 gate drive 走线电压往上拉经由 Cs 的 feed through 电压来形成．因为其所需的电压比较大，所以上一条 gate driver 走在线的拉回电压 也会比较大．而对于负极性的显示电压范围的形成，也是利用上一条 gate driver 走在线的电压变化来完成．跟正极性的显示电极电压不一样的是，它需要的是下拉的 feed through 电压，以便形成负的显示电极电压范围．它所需要的下拉电压 跟正极性的上拉电压比较起来会比较小．不过对于调整后正负极性的显示电压范围来说，它们相对于 common 电压的距离要一样，这样对于同一个灰阶的正负极性电压，显示出来的画面才会一致．从整个图 6 来说，我们可以发现，对于 source driver 的输出电压，如同前面所说的，并不需要有正负两种不同极性的显示范围．只要利用上一条 gate driver 走线的电压变化来帮助形成正负极性的两种电压范围即可．

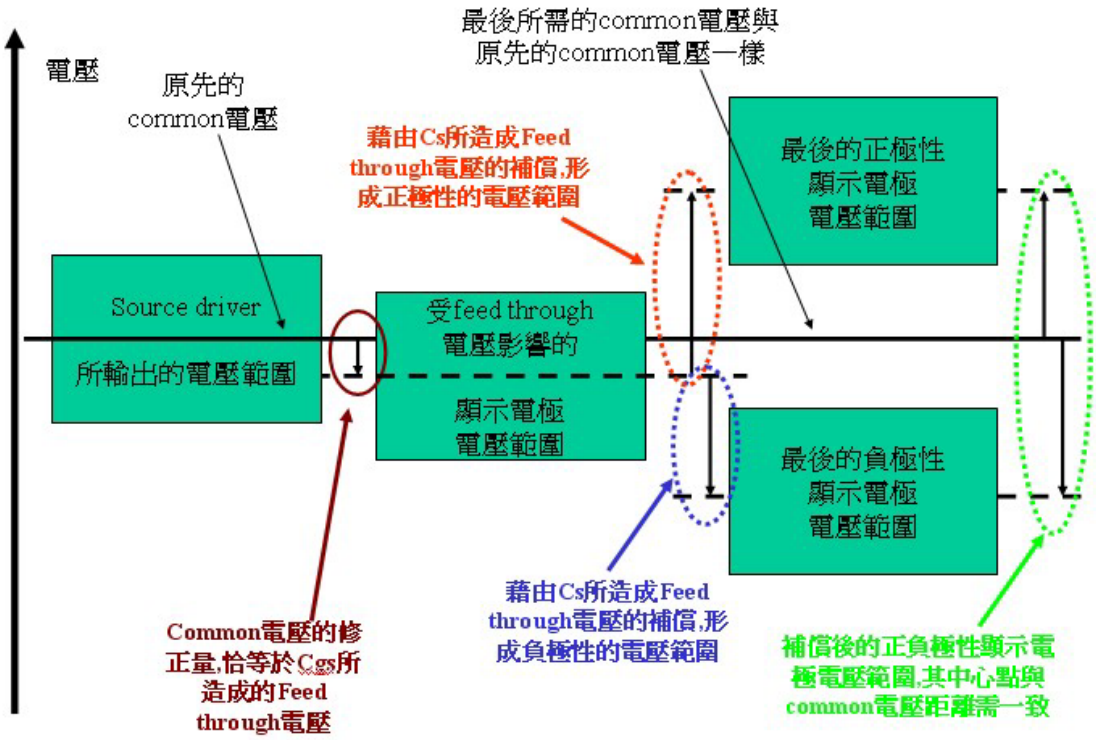

圖6: 四階驅動的電壓分布示意圖

至于在显示电极上的电压变化波形，我们则可以利用图 7 跟图 8 来解释其电压变化的原理．图 7 是负极性显示电极电压的波形变化，从图中我们可以知道显示电极电压从 source driver 充好电后，会再经过三次的电压变化．首先是本身 gate driver 走线电压关闭时，经由 Cgd 所产生的 feed through 电压影响，由于电压关闭的关系，会把显示电极的电压往下拉．其次是上一条 gate driver 走线下拉时，

经过 Cs 的 feed through 电压. 这个电压的影响很重要, 因为它是将电压调整成负极性电压的主要成分, 必须能够将整体的电压调整到所需要的准位. 最后是本身的 gate driver 走线电压拉回时, 经由 Cgd 的 feed through 电压的影响. 由于拉回电压的幅度比较小, 所以整体的影响也比较少. 而图 8 是正极性显示电极电压的波形变化, 跟负极性的电压变化一样, 它也有三阶段的电压变化. 首先是本身 gate driver 走线关闭时经由 Cgd 的 feed through 电压, 其次是由前一条 gate drive 走线电压拉回经由 Cs 的 feed through 电压, 这电压是扮演将显示电极电压推升到正极性电压范围的最重要角色. 而最后则是本身 gate driver 走线电压下拉时所产生的 feed through 电压, 这个电压由于是经由 Cgd 的关系,而且变化的幅度也不大, 所以影响也比较小.

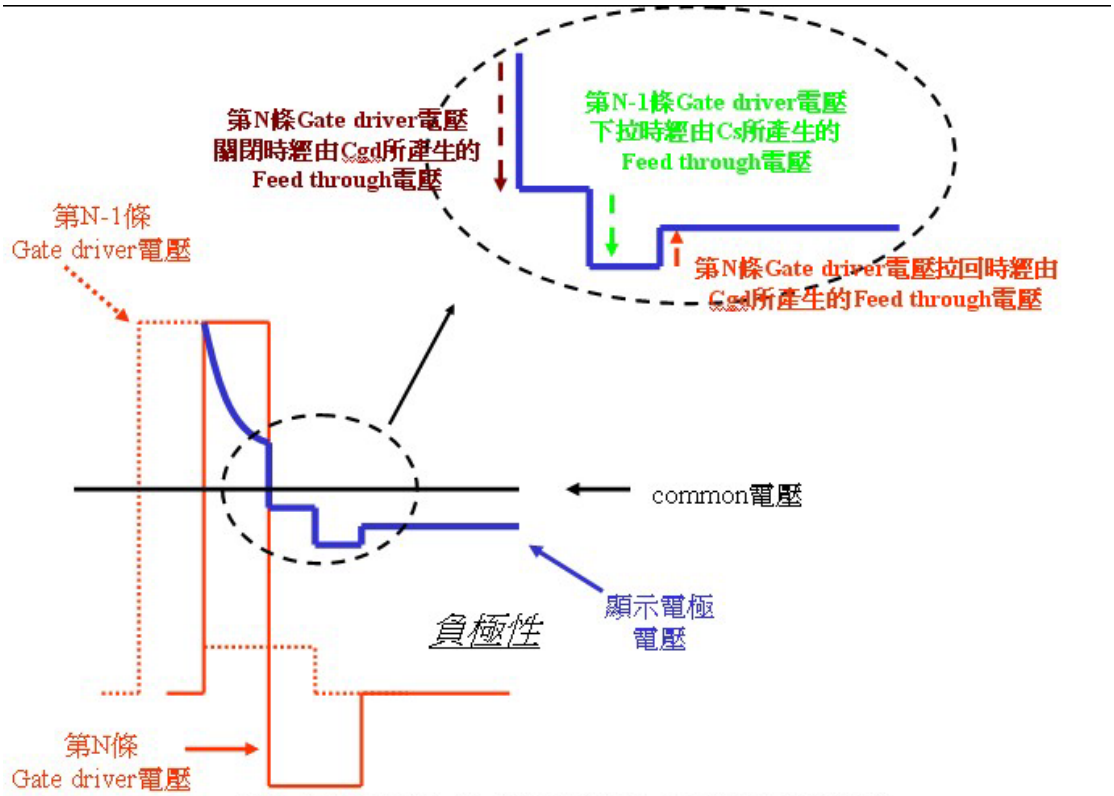

圖7:四階驅動的負極性顯示電極電壓波形

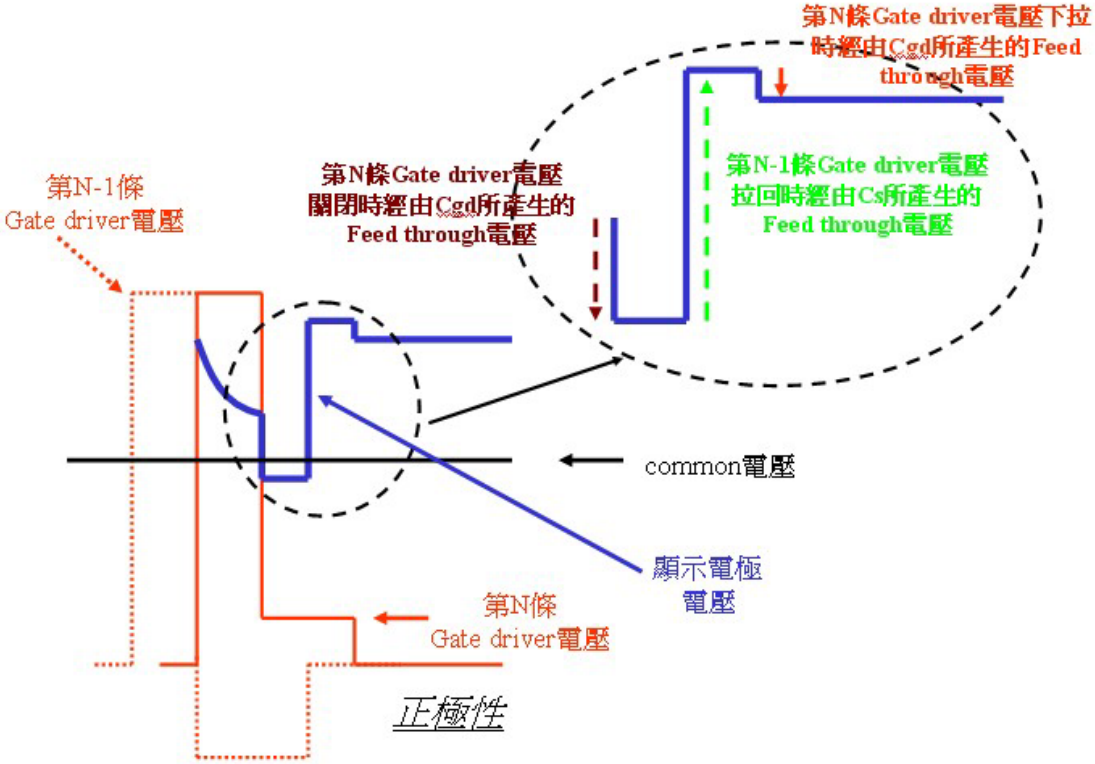

圖8: 四階驅動的正極性顯示電極電壓波形

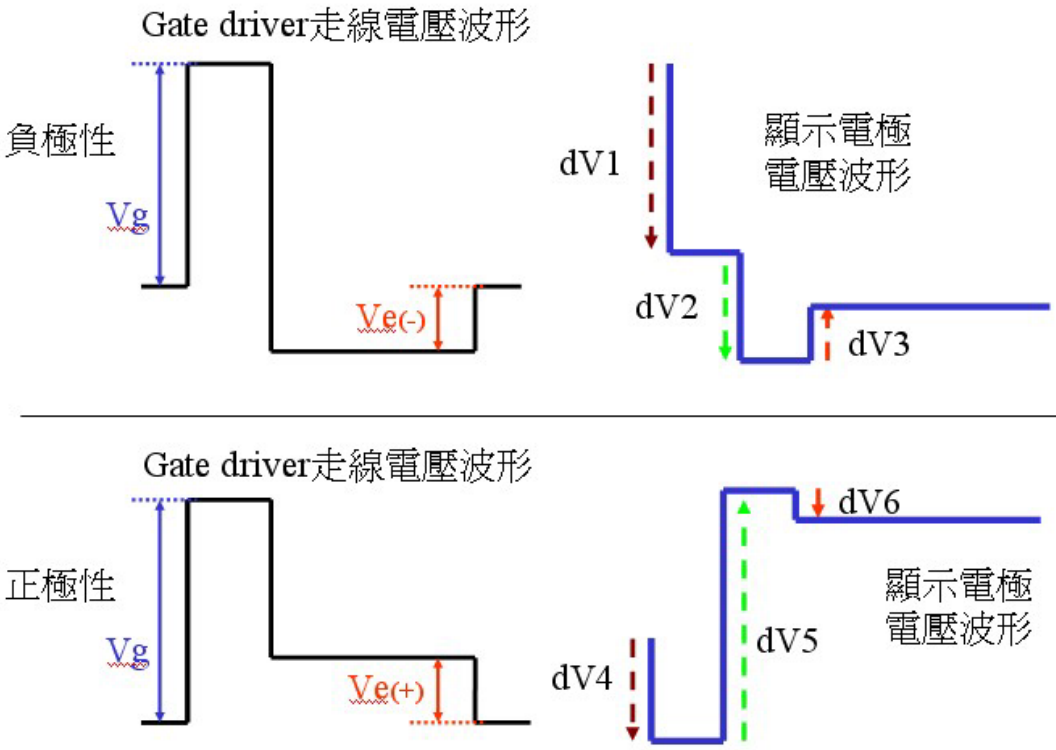

圖9: 四階驅動公式推導的電壓定義

既然这些电压的操作原理,都是藉由 feed through 电压的影响，我们就可以利用计算 feed through 电压的公式，依照图 9 的电压定义，来推导出各阶电压的大小.

其结果如下:

属于负极性电压的各个 feed through 电压:

dV1=[Vg+Ve(-)]*Cgd/[Cs+Clc+Cgd]

dV2= Ve(+) * Cs /[Cs+Clc+Cgd]

dV3= Ve(-) * Cgd /[Cs+Clc+Cgd]

属于正极性电压的各个 feed through 电压:

dV4=[Vg-Ve(+)]*Cgd/[Cs+Clc+Cgd]

dV5= Ve(-) * Cs /[Cs+Clc+Cgd]

dV6= Ve(+) * Cgd/[Cs+Clc+Cgd]

在图 6 中，我们提到补偿后的正负极性输出电压与 common 电压的距离应该一致，所以给正极性显示电压范围用的所有 feed through 电压总合应该和给所有负极性显示电压范围用的 feed through 电压总合应该一样．所以 dV1+dV2-dV3 应该等于 -dV4+dV5-dV6．合并化简后，我们可以得到 ：

Ve(-) – Ve(+) = 2Vg * Cgd / Cs

也就是说，只要 Ve(-)与 Ve(+)的差值，符合上述公式，就可以达到四阶驱动的效果了．而且上述公式也告诉我们一个现象，那就是公式化简后，已经没有了 Clc 的成分存在．因此它跟三阶驱动一样，不会受到 Clc 非线性的影响．至于 Ve(-)及 Ve(+)的大小如何决定呢？我们回过来观察 dV1+dV2-dV3 与-dV4+dV5-dV6 的化简结果 ：

dV1+dV2-dV3 = Vg*Cgd + Ve(+)*Cs = 向下的 feed through 总量

-dV4+dV5-dV6=-Vg*Cgd + Ve(-)*Cs = 向上的 feed through 总量

只要我们依照液晶的特性，便可得知需要向上或是向下的 feed through 电压总量需要多少才够(一般是液晶的 threshold 电压与最大工作电压加起来的一半)，再参考面板设计的参数 Vg, Cgd, Cs 的大小，就可以计算出所需的 Ve(+)与 Ve(-)了．在数学上来说，当你把向上与向下的 feed through 总量，都设为 0 时，就可以得到 Ve(+)=-Ve(-)，这时候四阶驱动就变成三阶驱动了．因此三阶驱动也可以说是四阶驱动的一个特例.

参考数据

・交通大学次微米人才培训课程，平面显示器原理讲义。

・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。

(本文作者现任职于科雅科技)