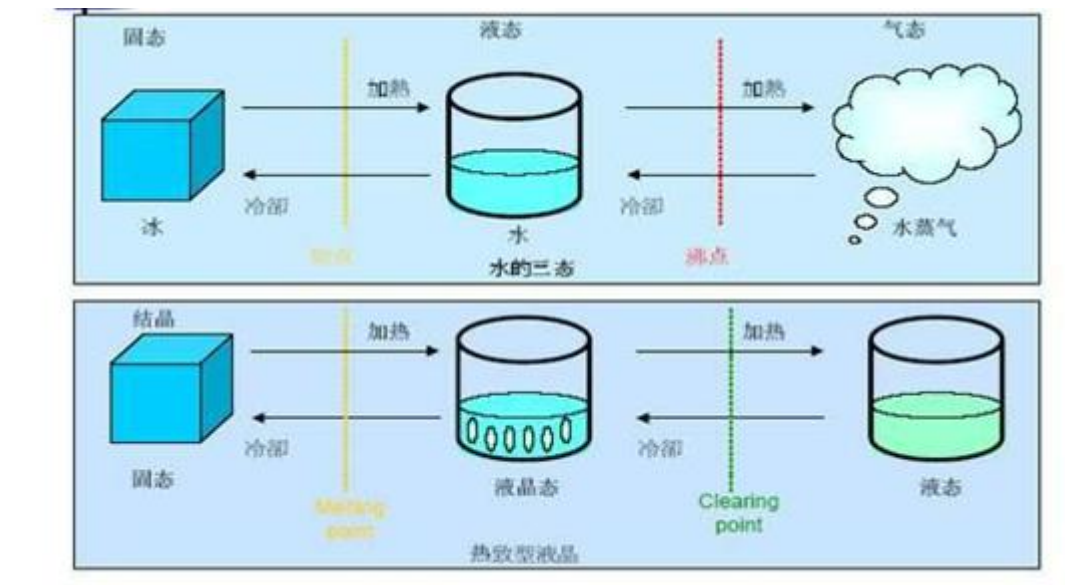


# TFT LCD 显示原理详解

<什么是液晶>

我们一般认为物体有三态：固态、液态、气态，其实这只是针对水而言，有一些有机化合物还有介于固态和液态中间的状态

就是液晶态，如下图（一）：



图（一）

<TFT LCD 显示原理>

a: 背景

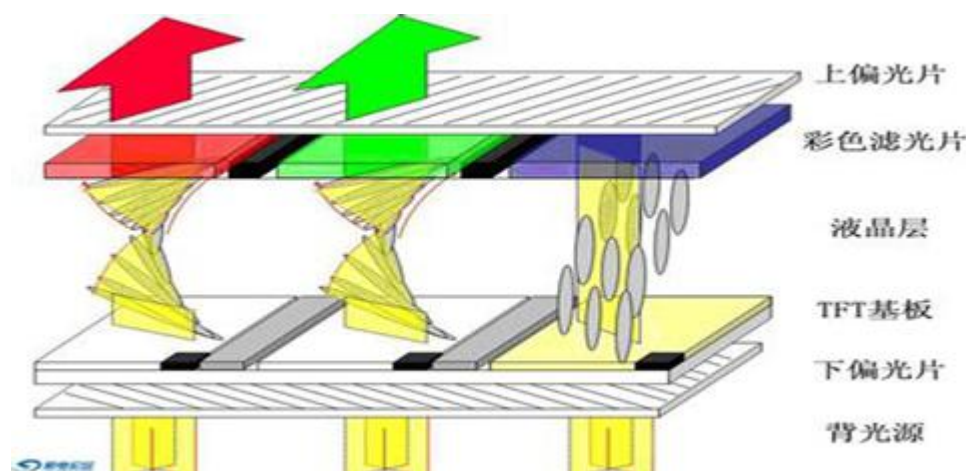
两块偏光的栅栏角度相互垂直时光线就完全无法通过，图（六）是用偏光太阳镜做的测试。



图（六）

## b: TFT LCD 显示原理

液晶显示器就是利用偏光板这个特性来完成的，利用上下两片栅栏之间互垂直的偏光板之间充满了液晶，在利用电场控制液晶分子的旋转，来改变光的行进方向，如此一来，不同的电场大小，就会形成不同颜色度了，如图（七）。



图（七）

b-1: 当在不加上电极的时候，当入射的光线经过下面的偏光板(起偏器)时，会剩下单方向的光波，通过液晶分子时，由于液晶分子总共旋转了90度，所以当光波到达上层偏光板时，光波的极化方向恰好转了90度。下层的偏光板与上层偏光板，角度也是恰好差异90度。所以光线便可以顺利的通过，如果光打在红色的滤光片上就显示为红色。效果如图（七）中前两个图所示。

b-2: 当在加上电极后(最大电极)，液晶分子在受到电场的帮助下，都站立着，光路没有改变，光就无法通过上偏光板，也就无法显示，如图（七）蓝色滤光片下面的液晶。

## c: TFT-LCD 驱动电路。

为了显示任意图形，TFT-LCD用  $m \times n$  点排列的逐行扫描矩阵显示。在设计驱动电路时，首先要考虑液晶电解会使液晶材料变质，为确保寿命一般都采用交流驱动方式。已经形成的驱动方式有：电压选择方式、斜坡方式、DAC方式和模拟方式等。由于TFT-LCD主要用于笔记本电脑，所以驱动电路大致分成：信号控制电路、电源电路、灰度电压电路、公用电极驱动电路、数据线驱动电路和寻址线驱动电路（栅极驱动IC）。上述驱动电路的主要功能是：信号控制电路将数字信号、控制信号以及时钟信号供给数字IC，并把控制信号和时钟信号供给栅极驱动IC；电源电路将需要的电源电压供给数字IC和栅极驱动IC；灰度电压电路将数字驱动电路产生的10个灰度电压各自供给数据驱动；公用电极驱动电路将公用电压供给相对于像素电极的共享电极；数据线驱动电路将信号控制电路送来的RGB信号的各6个比特显示数据以及时钟信号，定时顺序锁存并续进内部，然后此显示数据以6比特DA变换器转换成模拟信号，再由输出电路转换成阻抗，供给液晶屏的资料线；栅极驱动电路将信号控制电路送来的时钟信号，通过移位寄存器转换成动作，将输出电路转换成ON/OFF电压，并顺次加到液晶屏上。最后，将驱动电路装配在TAB（自动焊接柔性线路板）上，用ACF（各向异性导电胶膜）、TCP（驱动电路柔性引带）与液晶显示屏相连接。

## d: TFT-LCD 工作原理

首先介绍显示原理。液晶显示的原理基于液晶的透光率随其所施电压大小而变化的特性。当光通过上偏振片后，变成线性偏振光，偏振方向与偏振片振动方向一致，与上下玻璃基板上液晶分子排列顺序一致。当光通过液晶层时，由于受液晶折射，线性偏振光被分解为两束光。又由于这两束光传播速度不同（相位相同），因而当两束光合成后，必然使

振光的振动方向发生变化。通过液晶层的光，则被逐渐扭曲。当光达到下偏振片时，其光轴振动方向被扭曲了 90 度，且与下偏振片的振动方向保持一致。这样，光线通过下偏振片形成亮场。加上电压以后，液晶在电场作用下取向，扭曲消失。这时，通过上偏振片的线性偏振光，在液晶层不再旋转，无法通过下偏振片而形成暗场。可见液晶本身不发光，在外光源的调制下，才能显示，在整个显示过程中，液晶起到一个电压控制的光阀作用。TFT-LCD 的工作原理则可简述为：当栅极正向电压大于施加电压时，漏源电极导通，当栅极正向电压等于 0 或负电压时，漏源电极断开。漏电极与 ITO 像素电极连结，源电极与源线（列电极）连结，栅极与栅线（行电极）连结。这就是 TFT-LCD 的简单工作原理

c:常用的液晶结构

c-1: 所谓的 NW(Normally white)

NW 指当我们对液晶面板不施加电压时，我们所看到的面板是亮的画面，所以才叫做 normally white。另外一种，当对液晶面板不施加电压时，面板无法透光，看起来是黑色的，就称之为 NB(Normally black)

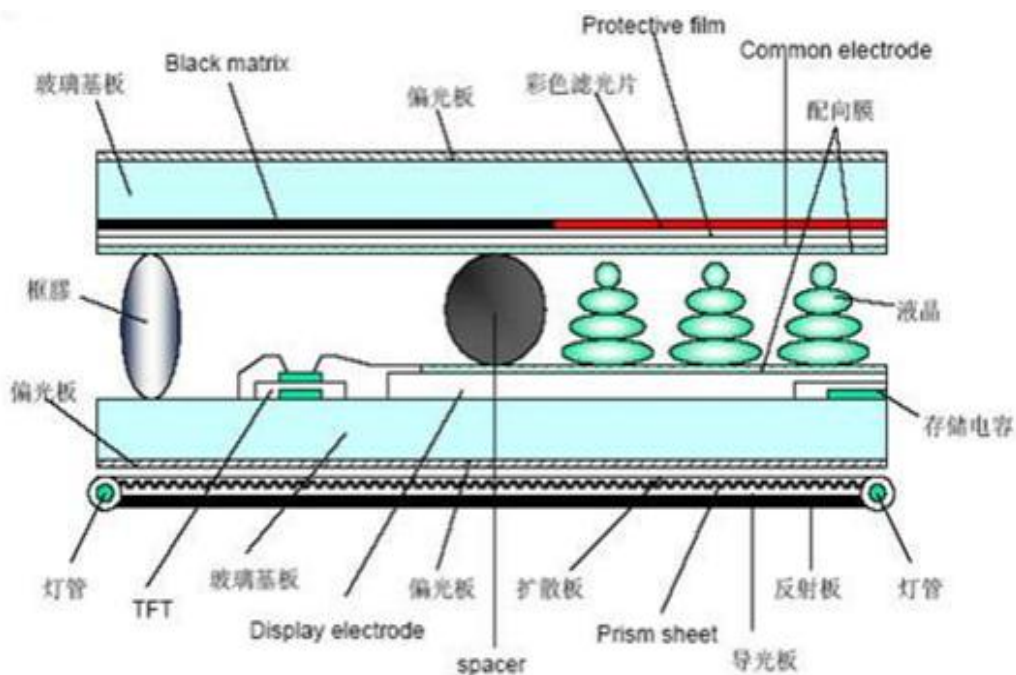
c-2:为什么要有这两种结构？

主要是为了不同的应用环境。一般桌上型计算机或是笔记型计算机,大多为 NW 的配置,那是因为一般计算机软件的使用环境,你会发现整个屏幕大多是亮点,也就是说计算机软件多为白底黑字的应用。既然亮着的点占大多数,使用 NW 当然比较方便,也因为 NW 的亮点不需要加电压,平均起来也会比较省电。

反过来,NB 的应用环境大多是属于显示屏为黑底的应用了。

<LCD 单个像素点的结构图>

a:lcd 切面的结构:



图（八）

#### b: 作用原理

TFT\_LCD (薄膜晶体管液晶显示器), 液晶显示器需要电压控制来产生灰阶. TFT 利用薄膜晶体管来产生电压, 以控制液晶转向的显示器. 从图 (八) 的切面结构图来看, 在上下两层玻璃间夹着液晶, 便会形成平行板电容器, 我们称之为 CLC (capacitor of liquid crystal). 它的大小约为  $0.1\text{pF}$ , 但是实际应用上, 这个电容并无法将电压保持到下一次再更新画面数据的时候. 也就是说当 TFT 对这个电容充好电时, 它并无法将电压保持住, 直到下一次 TFT 再对此点充电的时候. (以一般  $60\text{Hz}$  的画面更新频率, 需要保持约  $16\text{ms}$  的时间.) 这样一来, 电压有了变化, 所显示的灰阶就会不正确. 因此一般在面板的设计上, 会再加一个储存电容 CS (storage capacitor 大约为  $0.5\text{pF}$ ), 以便让充好电的电压能保持到下一次更新画面的时候. 不过正确的来说, 长在玻璃上的 TFT 本身, 只是一个使用晶体管制作的开关. 它主要的工作是决定 LCD source driver 上的电压是不是要充到这个点来. 至于这个点要充到多高的电压, 以便显示出怎样的灰阶. 都是由外面的 LCD source driver 来决定的.

#### c: 框胶与 spacer:

框胶与 spacer 两种结构成分. 其中框胶的用途, 就是要让液晶面板中的上下两层玻璃, 能够紧密黏住, 并且提供面板中的液晶分子与外界的阻隔, 所以框胶正如其名, 是围绕于面板四周, 将液晶分子框限于面板之内. 而 spacer 主要是提供上下两层玻璃的支撑, 它必须均匀的分布在玻璃基板上, 不然一但分布不均造成部分 spacer 聚集在一起, 反而会阻碍光线通过, 也无法维持上下两片玻璃的适当间隙 (gap), 会造成电场分布不均的现象, 进而影响液晶的灰阶表现.

#### <放大镜下的液晶>

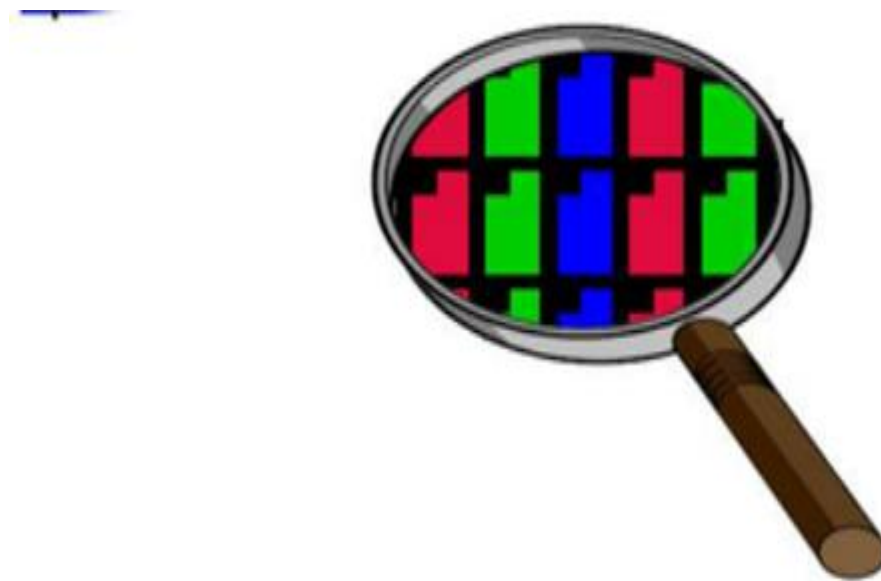


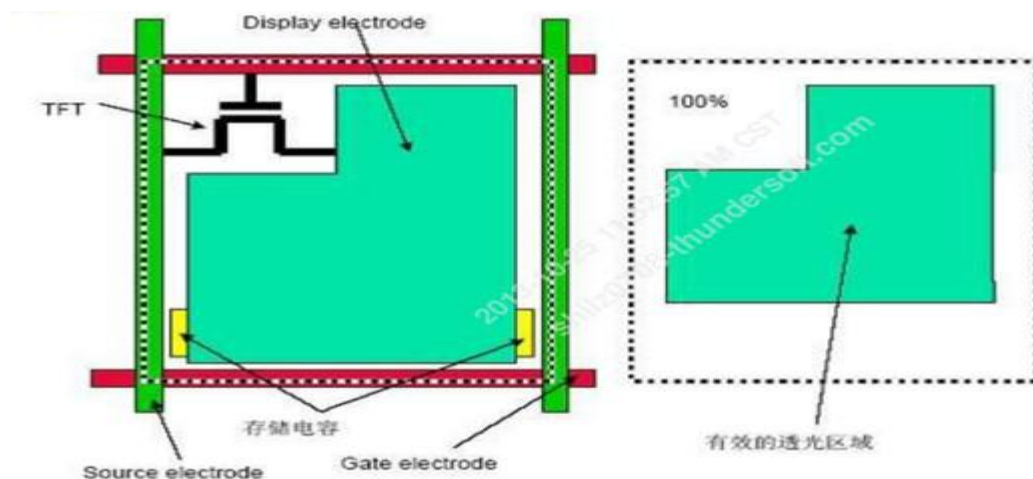
图 (九)

#### a: 每个像素点的结构

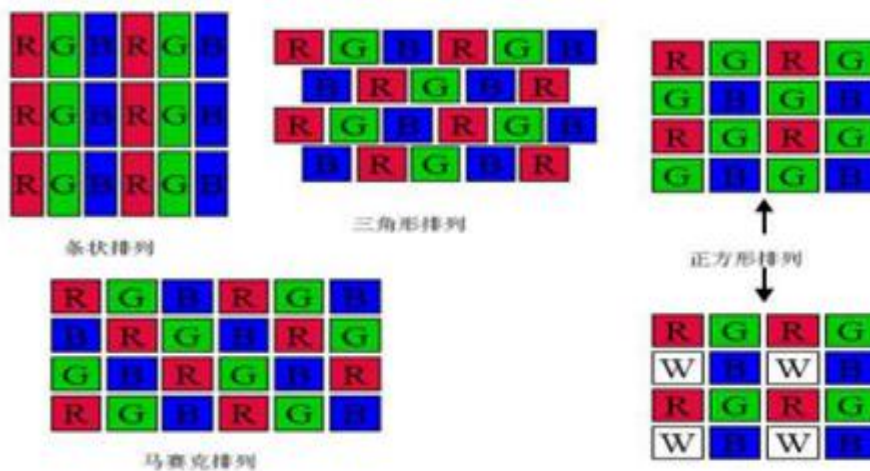
放大镜下面的液晶面板如图（九）中所显示的样子. 每一份像素点由“红色”, “蓝色”, “绿色”三个子基色构成（这就是所谓的三原色. 也就是说利用这三种颜色）。我们把 RGB 三种颜色, 分成独立的三个点, 各自拥有不同的灰阶变化, 然后把邻近的三个 RGB 显示的点, 当作一个显示的基本单位, 也就是 pixel. 那这一个 pixel, 就可以拥有不同的色彩变化了.（然后对于一个需要分辨率为 1024\*768 的显示画面, 我们只要让这个平面显示器的组成有 1024\*768 个 pixel,）便可以正确的显示这一个画面.

b: 开口率

液晶显示器中有一个很重要的参数就是亮度, 而决定亮度最重要的因素就是开口率. 开口率就是光线能透过的有效区域比例. 每一个 RGB 的点之间的黑色部分, 就叫做 Black matrix. 我们回过头来看图(九)就可以发现, black matrix 主要是用来遮住不打算透光的部分. 比如像是一些 ITO 的走线, 或是 Cr/Al 的走线, 或者是 TFT 的部分. 这也就是为什么我们在图（九）中, 每一个 RGB 的亮点看起来, 并不是矩形, 在其左上角也有一块被 black matrix 遮住的部分, 这一块黑色缺角的部份就是 TFT 的所在位置.



<常见的滤光片排列>

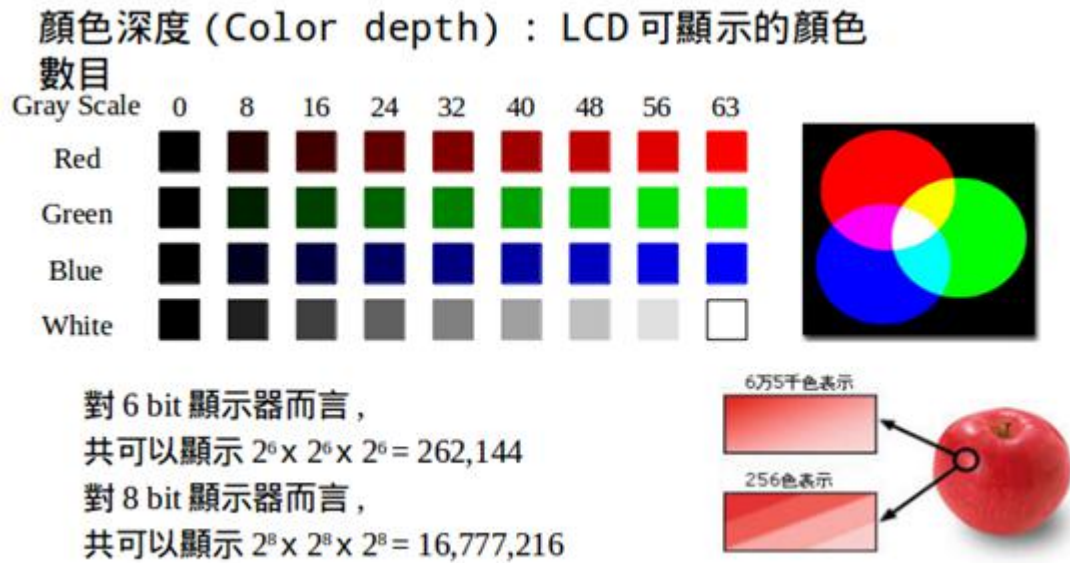


图（十）

a: 像素原理

液晶面板上每个像素都分成红、绿、蓝三种颜色，RGB 就是所谓的三原色，利用这三种颜色可以混合出各种不同的颜色，我们把 RGB 三种颜色分成独立的三个点，各自拥有不同的灰阶变化，然后把邻近的三个 RGB 显示的点当作一个显示的基本单元，就是像素，这个像素就可以拥有不同的色彩变化了。

b: 颜色深度



normal Color

256 Color 8 (R) \* 8 (G) \* 4 (B) = 256 Color

High Color

65536 Color 32 (R) \* 64 (G) \* 32 (B) = 65536 Color

Full Color

64 (R) \* 64 (G) \* 64 (B) = 262144 Color

True Color

256 (R) \* 256 (G) \* 256 (B) = 16777216 Color

<LCD 内部电路>

a: 结构图

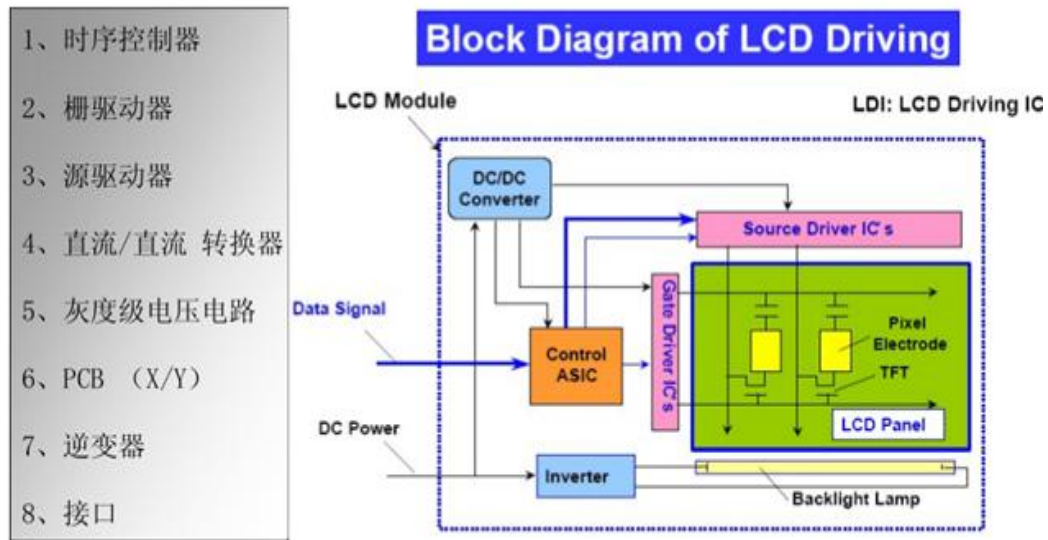


图 (十二)

b: 主要的驱动 TFT 工作的部分有以下几个

- 1、source driver 源驱动，负责供电。
- 2、gate driver 栅驱动，负责打开关闭。
- 3、时序控制电路，负责控制 gate driver
- 4、灰度、gamma 控制电路

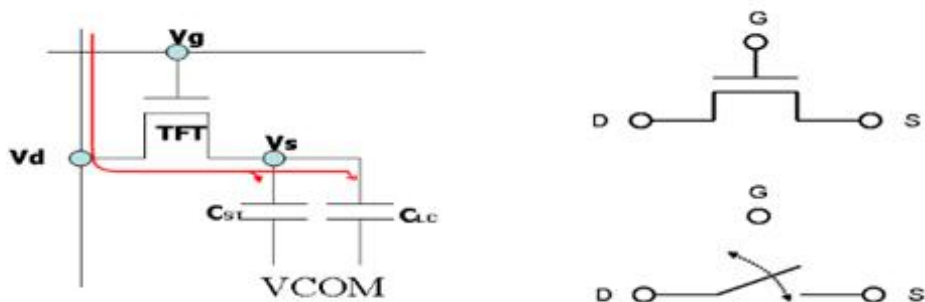


图 (十三)

a: 整片面板的大致结构

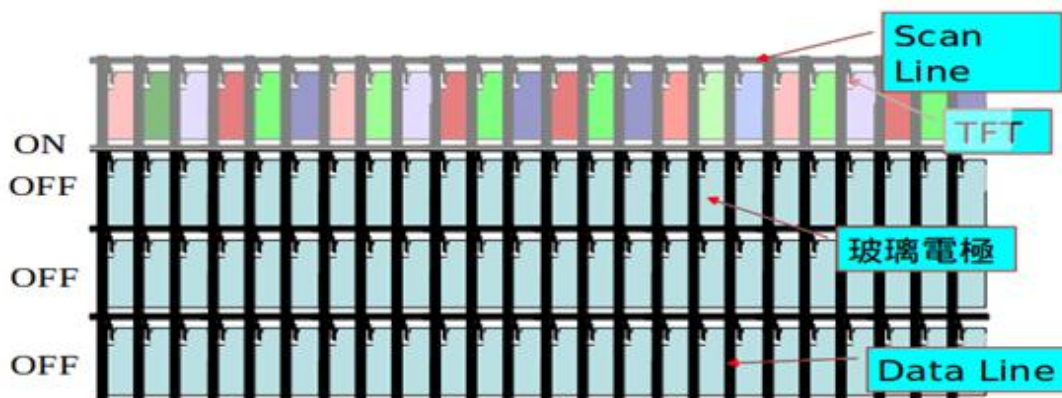
从图（十三）中我们可以看到**整片面板的等效电路**,其中**每一个 TFT 与两个电容所并联**(代表一个显示的点. 而一个基本的显示单元 pixel,则需要**三个这样显示的点**,分别来代表 RGB 三原色. 以一个 1024\*768 分辨率的 TFT\_LCD 来说,共需要 1024\*768\*3 个这样的点组合而成)

b: 显示步骤

如图中 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.

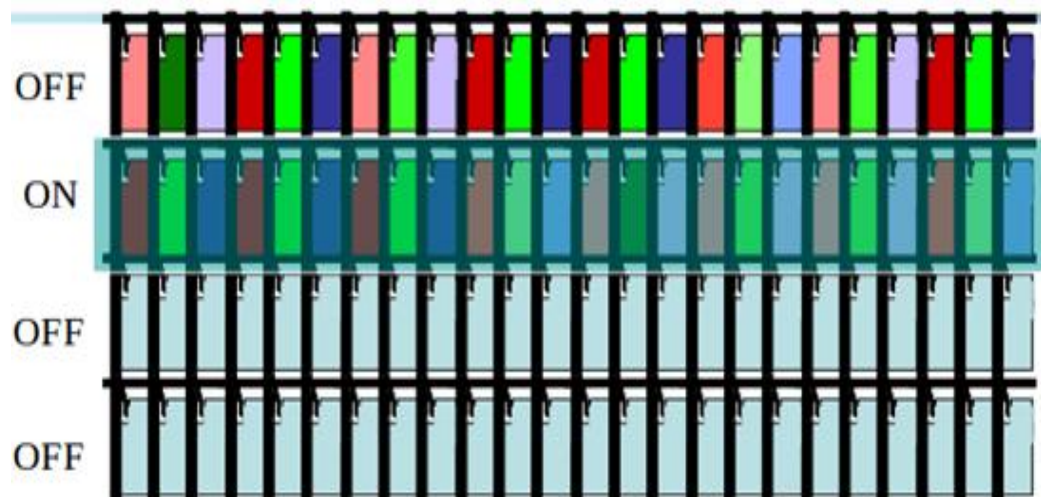
b-1: 图示

先开放第一行, 其他关闭。



图（十四）

接着关闭第一行, 电压已经固定, 固颜色也固定, 然后开放第二类, 其余关闭, 以此类推。

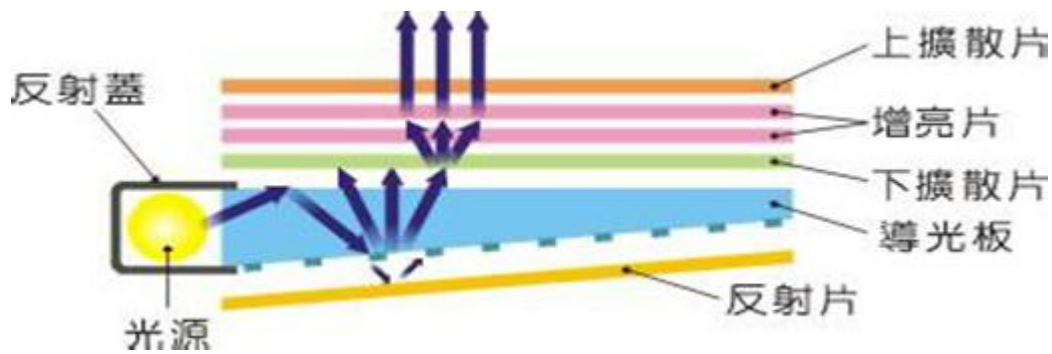




图（十五）

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.

<背光源>



图（十七）

手机上用的 TFT 类型的 LCD 大部分是用 LED 来作为光源的,现有高通手机上背光有三种方式:

- 1、PWM 方式, 根据输出方波的占空比来控制电流大小
- 2、一线脉冲方式, 根据输入方波的逻辑连控制输出电流大小
- 3、dcs 方式, 有 LCD 反馈给背光控制芯片来控制输出电流大小

一般手机上都会有个背光控制芯片来升压控制电流,以 8x25 上的背光芯片 TPS61161 为例 (其他的背光芯片也类似)

TPS61161 的连接方式:

CTRL 需要连接到平台上的 GPIO 或则 PMIC 上的 GPIO。

这款芯片是 pwm 方式和一线脉冲方式两用的芯片,工作模式如下:

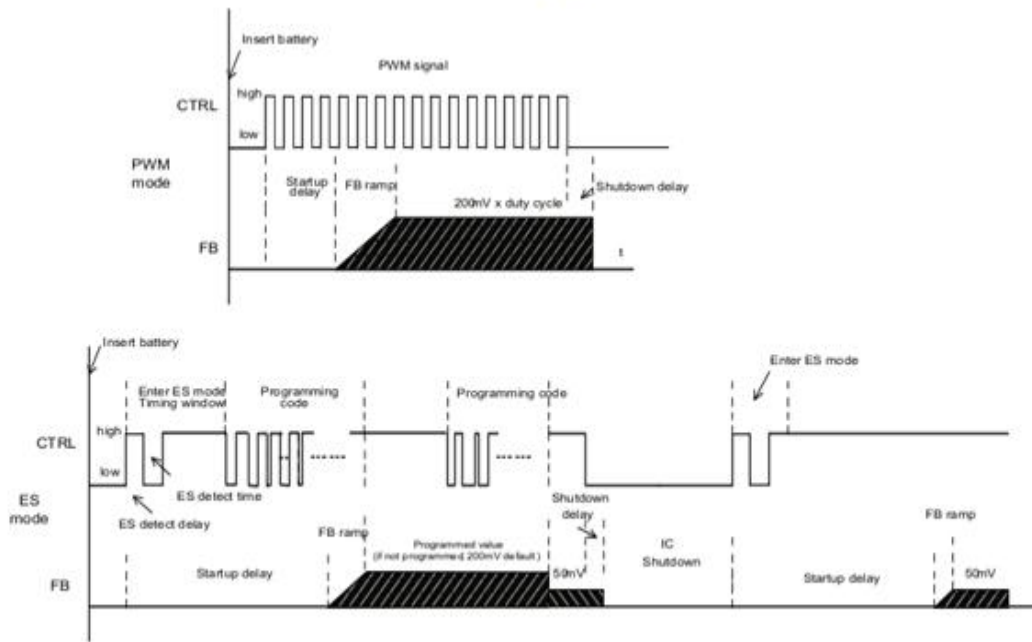
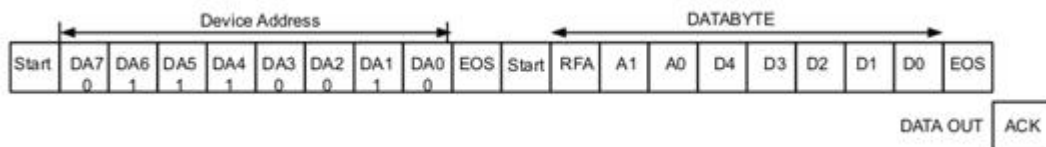


Figure 13. Dimming Mode Detection and Soft Start PWM Brightness Dimming

图（十八）

上图，上半部分就是 PWM 方式，控制就由 GPIO 直接连到背光芯片上即可，有一点需要注意，一般用 PWM 方式都是由 PMIC 直接控制的因为如果用 AP 控制在系统负载大的时候 PWM 波形会失真。下半部分为一线脉冲方式输入需要有一个逻辑来触发一线脉冲方式

数据格式如下：



图（十九）

数据对应的电流值如下（只给出部分电流值）

**Table 1. Selectable FB Voltage**

	FB voltage (mV)	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0
1	5	0	0	0	0	1
2	8	0	0	0	1	0
3	11	0	0	0	1	1
4	14	0	0	1	0	0
5	17	0	0	1	0	1
6	20	0	0	1	1	0
7	23	0	0	1	1	1

图（二十）

DCS 方式则是 LCD 本身可以支持 CABC 或则 LABC 功能

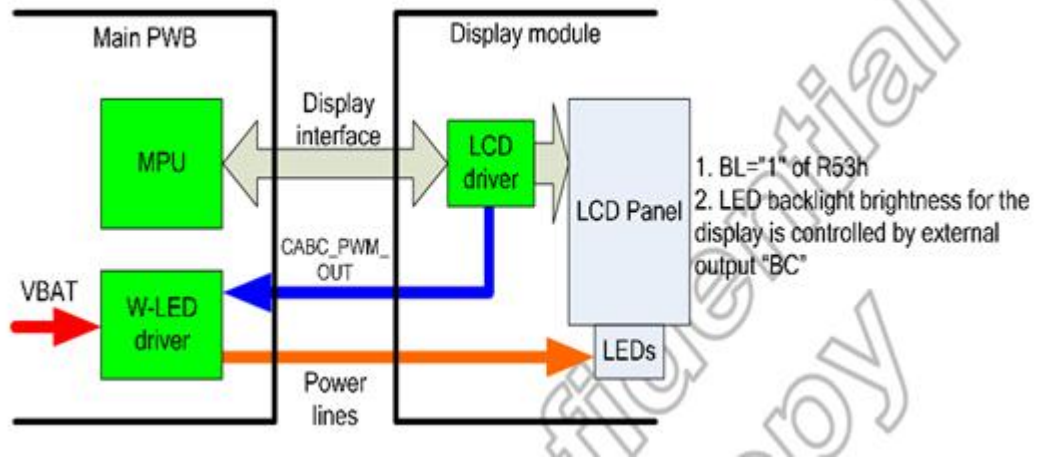


图 (二十一)

原理，如图，平台这边用 `mipi dcs` 命令控制 CABC 功能，LCD 的寄存器为

51H (默认背光亮度 0 ~ 255)

53 H (打开关闭)

55H (模式 不同厂家定义不同) 背光

平台通过 `mipi` 包把 51H 53H 55H 发到 LCD panel 上，LCD panel 根据自身的图像和平台发过来的背光值 计算出适合自己的背光值 在通过 LCD panel 上的 管脚以 PWM 方波的形式发给 平台， 平台上有对应的背光芯片接受 PWM 波，背光芯片在根据 PWM 的波形来控制 LCD panel 上 LED 两端的电压大小，来控制背光。

在 DCS 方式下有个 LCD 输出的 PWM 频率和背光芯片的输入频率是陪的问题在调试的时候需要注意，一般 LCD 端输出的 PWM 频率都可调。