

★创维用户服务部版权所有，禁止外传！

第四章 液晶显示的基本原理

简介：

液晶显示（Liquid Crystal Display）简称 LCD。

LCD 是个大家族，TFT（薄膜晶体管）LCD 类型仅仅是其中的一种，它是在两片玻璃板之间封入液晶，在下玻璃板上配制上扫描线与寻址线（即行、列线）将其组成一个矩阵，在其交点上再制作 TFT 有源器件和像素电极。如果是彩色显示，还要在微细加工方式制作上与下面矩阵像素对应的 R（红）、G（绿）、B（蓝）三种颜色的滤色膜，最后将其上与下玻璃基板对齐、封盒、灌注、堵孔等一系列工艺制成液晶片。因为液晶本身不发光，必须要靠调制外界光才能达到显示目的，所以在 LCD 显示屏模块中就有了发光的装置--冷阴极荧光灯 CCF，这是一种依靠冷阴极气体放电，激发荧光粉而发光的光源。掺有少量水银的稀薄气体在高电压下会产生电离，被电离的气体的二次电子发射轰击水银蒸汽，使水银蒸气激发，发射出紫外线，紫外线激发涂布于管壁的荧光粉层，使其发光。发光的 CCF 灯管通过特殊的导光板和匀光板，使其与液晶片大小一致，紧贴于液晶显示面板，用作背景光，从而达到显示图像的目的。通过调节背光灯亮度或者调节液晶片中的薄膜晶体管的导光度从而达到调节图像亮度、对比度的目的。

液晶电视主要由显示屏、信号处理电路、背光灯电路构成。其显示屏是一个模块，信号处理主要由高频电路图象处理 A/D 电路、伴音电路、控制电路等构成。背光灯电路是一个逆变电路，用于点亮显示屏内灯管的作用。

一、液晶显示的发展过程

液晶起源于 1888 年，是奥地利植物学家莱尼兹发现的一种特殊的混合物质，此物质在常态下处于固态和液态之间，不仅如此，其还兼具固态物质和液态物质的双重特性，因此就称之为 Liquid Crystal（液态的晶体）。而液晶的组成物质是一种有机化合物，是以碳为中心所构成的化合物。1963 年时，美国 RCA 公司的威廉发现液晶受到电场的影响会产生偏转的现象，也发现光线射入到液晶中会产生折射现象。在 1968 年，也就是威廉发现光会因液晶产生折射后的 5 年，RCA 的 Heil 震荡器开发部门发表了全球首台利用液晶特性来显示画面的屏幕。在莱尼兹发现液晶物质整整 80 年后，“液晶”和“显示器”两个专有名词才连结在一起，“液晶显示器（LCD）”才成为行业的专业名词。当然，1968 年首次亮相的液晶显示器还不稳定，和日常生活的实际应用还有一段距离。直到 1973 年，英国大学教授葛雷先生发现了可以利用联苯来制作液晶显示器，才使液晶显示器的产品正式量产出货，此产品为日本 SHARP 公司的 EL-8025 电子计算机提供了屏幕。从此以后，开启了液晶多方面的应用，也逐渐促成 LCD 产业的兴起。

★创维用户服务部版权所有，禁止外传！

二、液晶显示的特点

1. 在各类显示器件特性比较中，液晶具有下列优点

(1) 低压，低功耗， 极低的工作电压，只要 2~3V，工作电流只有几个微安，即功耗只有 $10^{-6}\sim 10^{-5}$ 瓦/cm²。

(2) 平板结构

液晶显示器的基本结构是两片导电玻璃，中间灌有液晶的薄型盒。这种结构的优点是：

开口率高，最有利于作显示窗口；

显示面积做大、做小都比较容易；

便于自动化大量生产，生产成本低；

器件很薄，只有几个毫米厚。

(3) 被动显示型

液晶本身不发光，靠调制外界光达到显示目的，即依靠对外界光的不同反射和透射形成不同对比度来达到显示目的。

(4) 显示信息量大

液晶显示中，各像素之间不用采取隔离措施，所以在同样显示窗口面积可容纳更多的像素，利于制成高清晰度电视。

(5) 易于彩色化

一般液晶为无色，所以可采用滤色膜很容易实现彩色。

(6) 长寿命

液晶本身由于电压低，工作电流小，所以几乎不会劣化，寿命很长。

(7) 无辐射，无污染

CRT 显示中有 X 射线辐射，PDP 显示中有高频电磁辐射，而液晶不会出现这类问题。

2、液晶显示也具有下列缺点

(1) 显示视角小

由于大部分液晶显示的原理依靠液晶分子的向异性，对不同方向的入射光，反射率不一样的以视角较小，只有 30~40 度，随着视角的变大，对比度迅速变坏。

(2) 响应速度慢

液晶显示大多是依靠在外电场作用下，液晶分子的排列发生变化，所以响应速度受材料的粘滞度影大，一般均为 100~200ms。所以一般液晶在显示快速移动的画面时质量不好。

1.2 常见的液晶显示器件

目前的液晶显示器可分成扭曲向列型 (Twisted Nematic; 简称 TN)、超扭曲向列型 (Super Twisted Nematic 简称 STN) 和彩色薄膜型 (Thin Film Transistors—薄膜晶体管; 简称 TFT) 三大种类。

一、 扭曲向列液晶显示器 (TN-LCD)

TN 是继 DSM 型的液晶材料后所发展的新液晶材料，TN-LCD 的最大特点就如同其名称“扭转向列”一般，其液晶分子从最上层到最下层的排列方向恰好是呈 90 度的 3D 螺旋状。TN-LCD 的出现奠定了现今 LCD 发展的主要方式，但是由於 TN-LCD 具有两个重大

★创维用户服务部版权所有，禁止外传！

缺点，那就是无法呈现黑、白两色以外色调，以及当液晶显示器越做越大时其对比会越来越差，使得各种新的技术陆续出现。

二、超扭曲向列液晶显示器件（STN-LCD）

STN-LCD 的出现是为了改善 TN-LCD 对比不佳的问题，最大差别点在于液晶分子扭转角度不同以及在玻璃基板的配合层有预倾角度，其液晶分子从最上层到最下层的排列方向恰好是 180 度至 260 度的 3D 螺旋状。但是，STN-LCD 虽然改善了 TN-LCD 的对比问题，其颜色的表现依然无法获得较好的解决，STN-LCD 的颜色除了黑、白两个色调外，就只有橘色和黄绿色等少数颜色，对于色彩的表达仍然无法达到全彩的要求，因此仍然不是一个完善的解决方式。

三、彩色薄膜型液晶显示器件（TFT-LCD）

为了改善对于色彩的要求，又发明了 TSTN (Triple Super Twisted Nematic) 和 FSTN (Film Super Twisted Nematic) 两种新技术。TSTN 和 FSTN 的基本构造原理与 STN 相同，差别在于 TSTN 在两片玻璃上加上两片色补偿用薄膜，而 FSTN 则是加上一片色补偿用薄膜。TSTN 和 FSTN 具有高解析度和全彩的优点，完全改善 TN 的对比度差问题和 STN 的色彩问题。但可惜的是，TSTN 和 FSTN 却有液晶分子的反应较慢的问题，在放映数量较大的资料时，会造成无法负荷的缺点，因此也不是完善的解决方式。因此，为了解决此问题，接下来液晶显示器的研发方向，焦点放在驱动方式的改良。从最早的静态驱动方式、接下来的动态驱动方式、单纯 Matrix 驱动方式到 Active Matrix 驱动方式，发展出许多驱动方式。而其中以 Active Matrix 驱动方式和目前液晶显示器的发展关系最大，Active Matrix 驱动方式的中文名称为主动矩阵型驱动方式，这种驱动方式是在原本配置画素的电极交叉处加上一个 Active 素子，产生了崭新的点控制模式。而主动矩阵型的驱动方式中又可分为两种方式，一是 MIM (Metal Insulator Metal) 方式，利用两边金属中间夹绝缘层做为简单的 Active 素子；另一就是 TFT (Thin Film Transistor) 方式，TFT 方式是在原本配置画素的电极交叉处，再加上一个对向电极，并且在此三个电极的交叉处放置薄膜状的 Active 素子。从 TN-LCD、STN-LCD 到 TFT-LCD，液晶显示器在对比度、解析度和色彩等方面越做越好，产品也越来越普及。而在这三大类的液晶显示器中，是以 TFT-LCD 的市场最大，原因是笔记型电脑的热卖和 TFT-LCD 显示器销售量越来越好的带动，不仅如此，TFT-LCD 还有日渐取代传统阴极射线管 (Cathode Ray Tube; 简称 CRT) 屏幕的趋势，是最有可能登上显示器霸主宝座的明日之星。

1.3 LCD 显示器的显像原理

液晶显示器(LCD/Liquid Crystal Display)的显像原理，是将液晶置于两片导电玻璃之间，靠两个电极间电场的驱动，引起液晶分子扭曲向列的电场效应，以控制光源透射或遮蔽功能，在电源开关之间产生明暗变化，从而将影像显示出来。若加上彩色滤光片，则可显示彩色影像。在两片玻璃基板上装有配向膜，所以液晶会沿着沟槽配向，由于玻璃基板配向膜沟槽偏离 90 度，所以液晶分子成为扭转型，当玻璃基板没有加入电场时，光线透过偏光板跟着液晶做 90 度扭转，通过下方偏光板，液晶面板显示白色（如图 1-3-1 左）；当玻璃基板加入电场时，液晶分子产生配列变化，光线通过液晶分子空隙维持原方向，被下方偏光板遮蔽，光线被吸收无法透出，液晶面板显示黑色（如图 1-3-1 右）。液晶显示器便是根据此电压有无，使面板达到显示效果。

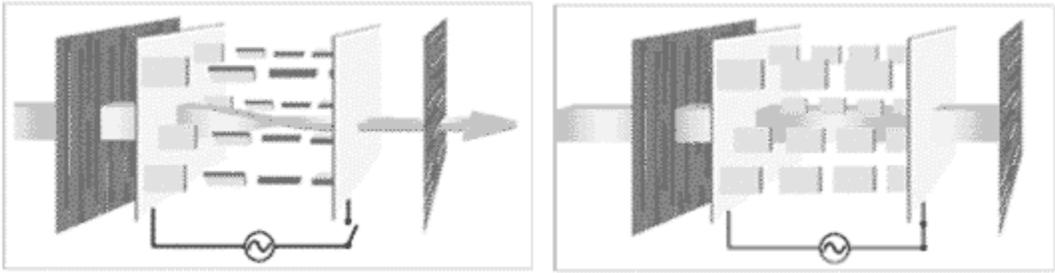


图 1-3-1

TFT 就是“Thin Film Transistor”的简称，一般代指薄膜液晶显示器，而实际上指的是薄膜晶体管（矩阵）——可以“主动的”对屏幕上的各个独立的像素进行控制，这也就是所谓的主动矩阵 TFT（active matrix TFT）的来历。那么图像究竟是怎么产生的呢？基本原理很简单：显示屏由许多可以发出任意颜色的光线的像素组成，只要控制各个像素显示相应的颜色就能达到目的了。在 TFT LCD 中一般采用背光技术，为了能精确地控制每一个像素的颜色和亮度就需要在每一个像素之后安装一个类似百叶窗的开关，当“百叶窗”打开时光线可以透过来，而“百叶窗”关上后光线就无法透过来。当然，在技术上实际上实现起来就不像刚才说的那么简单，如图 1-3-2 所示：一个成品 TFT 显示屏，一般由一个夹层组成，组成这个夹层的每一层大致是偏光板、玻璃基板、彩色滤光片、ITO 电极等组成。这两层之间就是液晶层，偏光板、彩色滤光片决定了多少光可以通过以及生成何种颜色的光。液晶层位于两层玻璃基板之间。在上层玻璃基板上还有 FED 晶体管，而下层是共同电极，他们共同作用可以生成能精确控制的电场，电场决定了液晶的排列方式。大家知道三原色，所以构成显示屏上的每个象素需上面介绍的三个类似的基本组件来构成，分别控制红、绿、蓝三种颜色。

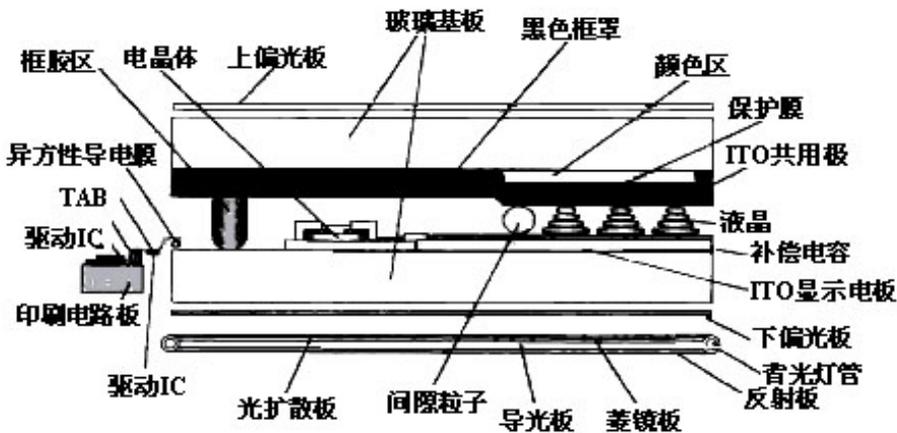


图 1-3-2

目前使用的最普遍的是扭曲向列 TFT 液晶显示器（Twisted Nematic TFT LCD），下图就是解释的此类 TFT 显示器的基本工作原理。

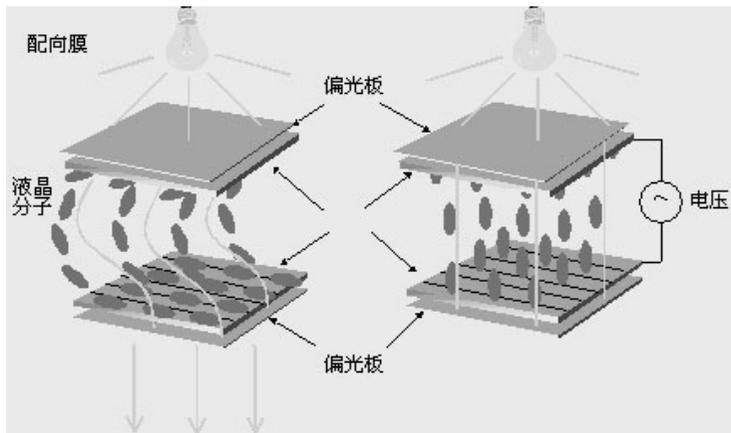


图 1-3-3

在上、下两层上都有沟槽，其中上层的沟槽是纵向排列，而下层是横向排列的。当不加电压液晶处于自然状态，从发光图（图 1-3-3 左）扭曲向列 TFT 显示器工作原理示意图层发散过来的光线通过夹层之后，会发生 90 度的扭曲，从而能在下层顺利透过。

当两层之间加上电压之后，就会生成一个电场，这时液晶都会垂直排列，所以光线不会发生扭转——结果就是光线无法通过下层（见图 1-3-3 右）。

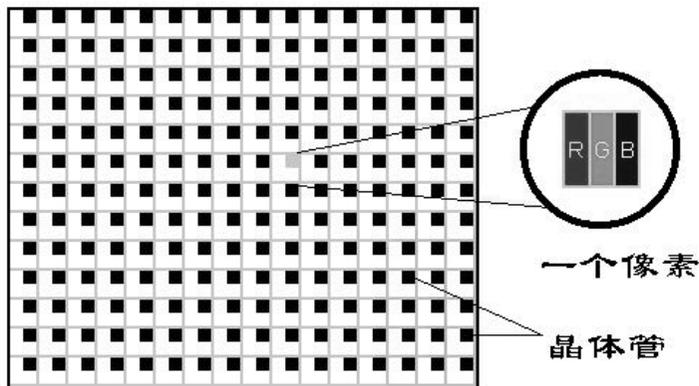


图 1-3-4 彩色滤膜

TFT 像素架构如图 1-3-4 所示，彩色滤光镜依据颜色分为红、绿、蓝三种，依次排列在玻璃基板上组成一组（dot pitch）对应一个像素每一个单色滤光镜称之为子像素（sub-pixel）。也就是说，如果一个 TFT 显示器最大支持 1280×1024 分辨率的话，那么至少需要 $1280 \times 3 \times 1024$ 个子像素和晶体管。对于一个 15 英寸的 TFT 显示器（ 1024×768 ）那么一个像素大约是 0.0188 英寸（相当于 0.30mm），对于 18.1 英寸的 TFT 显示器而言（ 1280×1024 ），就是 0.011 英寸（相当于 0.28mm）