



孙莹 编著

液晶显示器维修教程

清华大学出版社

内容简介

本书共分12章，主要介绍液晶显示器的结构、工作原理、故障诊断与维修。全书共分12章，第1章介绍液晶显示器的基本知识，第2章介绍液晶显示器的结构，第3章介绍液晶显示器的驱动原理，第4章介绍液晶显示器的故障诊断，第5章介绍液晶显示器的维修，第6章介绍液晶显示器的检测，第7章介绍液晶显示器的维修案例，第8章介绍液晶显示器的维修案例，第9章介绍液晶显示器的维修案例，第10章介绍液晶显示器的维修案例，第11章介绍液晶显示器的维修案例，第12章介绍液晶显示器的维修案例。

液晶显示器维修教程

孙莹 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

这是一本液晶显示器维修教材,详细地介绍了液晶显示器(液晶屏本身除外)的各个组成部分及常见故障的维修。书中的电路均以高清实物照片的形式出现,配合翔实的电路工作过程文字说明,将理论与实践相结合,便于读者阅读和理解。

本书非常适合初步接触开关电源维修、具有基本电学知识的业余爱好者阅读,也可作为硬件培训机构的教材,对于从业维修人员也具有较高的参考价值。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

液晶显示器维修教程/孙莹编著.--北京:清华大学出版社,2016

ISBN 978-7-302-42311-9

I. ①液… II. ①孙… III. ①液晶显示器—维修—教材 IV. ①TN141.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 287046 号

责任编辑:刘士平

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘 静

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:12 插 页:4 字 数:283千字

版 次:2016年6月第1版 印 次:2016年6月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:28.00元

产品编号:064539-01

目 录

第 1 章 液晶显示器综述	1
1.1 液晶是什么	1
1.2 TFT 是什么	3
1.3 液晶显示器的组成部分	4
1.4 LCM 的组成部分	6
1.5 TFT 液晶屏的层状结构	8
第 2 章 认识液晶显示器及维修仪器	11
2.1 通过电路板上的标识认识液晶显示器	12
2.2 通过跑线认识液晶显示器	12
2.3 跑线的工具和基本方法	13
2.4 认识要求	14
2.5 万用表在液晶显示器维修中的用途	15
2.5.1 数字万用表二极管挡的功能及对地阻值	15
2.5.2 用万用表测量的对地阻值	16
2.5.3 关于反向对地阻值伪概念的辨析	17
2.5.4 万用表表笔的改装	17
2.6 示波器	18
2.7 假负载	18
第 3 章 液晶显示器元件的深入分析	21
3.1 电阻	21
3.1.1 贴片电阻及其阻值	21
3.1.2 精密贴片电阻及其阻值	22
3.1.3 可调电阻及其阻值	23
3.1.4 直插(色环)电阻及其阻值	23
3.1.5 电阻阻值的测量	23
3.1.6 上拉电阻和下拉电阻	24
3.2 电容	28

3.2.1	电容的分类及作用	28
3.2.2	液晶显示器中的电容	30
3.2.3	电容的测量	30
3.2.4	电容充电与放电	31
3.3	二极管	32
3.3.1	齐纳二极管与稳压二极管的关系	32
3.3.2	齐纳二极管的测量	34
3.3.3	二极管的钳位	35
3.3.4	全桥	35
3.3.5	整流二极管的型号识别	36
3.4	三极管	37
3.4.1	三极管的结构和符号	37
3.4.2	三极管 E 极 C 极间的电流方向与其工作状态	37
3.4.3	三极管的开关原理与基极感应电压	38
3.4.4	三极管传递信号的原理及作用	41
3.4.5	三极管的测量	42
3.4.6	三极管与门的关系	44
3.5	场效应管	45
3.5.1	场管通识——增强型绝缘栅场效应管的结构及图例	45
3.5.2	场管通识——场管 DS 间的电流方向与工作状态	46
3.5.3	场管通识——场管触发及导通的开关原理	46
3.5.4	场管通识——沟道类型已知的正常场管的测量顺序	48
3.5.5	场管通识——对坏场管的定义	49
3.5.6	场管通识——一个坏场管的测量过程	49
3.5.7	场管的极性顺序及用万用表判断沟道和极性	49
3.5.8	场管的具体测量过程	50
3.5.9	场管的型号识别	51
3.6	电感和变压器的结构	51
3.6.1	电感的绕制	52
3.6.2	电感的自感	53
3.6.3	电感的互感与同名端、异名端	55
3.6.4	变压器的结构	59
3.6.5	实际变压器同名端、异名端的判断	59
3.7	运算放大器	63
3.7.1	运算放大器的工作原理	64
3.7.2	作为门使用的运算放大器	66
3.8	光耦	67
3.9	精密稳压器 431	70

第 4 章 液晶显示器中的电源	73
4.1 电源使用的元件	74
4.2 手工抄绘电源的电路图	76
4.3 用对地阻值跑线法来认识电源	77
4.4 电源的主要工作原理	77
4.4.1 基于电磁感应的换能原理	78
4.4.2 基于 PWM 的开关控制技术	79
4.4.3 基于肖特基二极管的整流技术	80
4.4.4 基于光耦及 431 的稳压技术	80
4.4.5 OZ2269 电源板的工作原理	81
4.4.6 其他 PWM 芯片电源板的比较	83
4.5 两种特别重要的 PWM 芯片	85
4.5.1 电源 PWM 之 384X	85
4.5.2 逆变器 PWM 之 TL494/KA7500	87
第 5 章 LCD 液晶显示器中的逆变器	93
5.1 逆变器的分类	93
5.1.1 Royer 逆变器	93
5.1.2 推挽逆变器	94
5.1.3 半桥逆变器	95
5.1.4 全桥逆变器	96
5.2 逆变器类型的判断及升压变压器	97
5.2.1 推挽逆变器	97
5.2.2 全桥逆变器	99
5.2.3 半桥逆变器	101
5.2.4 一种特殊的半桥逆变器及其升压变压器	102
5.3 如何用可调电源和代换用高压板点亮灯管	104
5.4 TL494 驱动的推挽逆变器(双灯)	108
5.5 OZ9938 驱动的全桥逆变器(四灯)	117
5.6 BIT3193G 驱动的半桥逆变器(四灯)	124
第 6 章 液晶显示器中的驱动板	130
6.1 驱动板功能概述	130
6.2 深入认识驱动板(HP 驱动板)	131
6.2.1 HP 驱动板上的芯片	132
6.2.2 HP 驱动板的供电	135
6.2.3 HP 驱动板的视频数据输入与输出	140

6.2.4	HP 驱动板的 MCU	145
6.3	通用驱动板(乐华 B.RTMC1B1)	147
6.4	排查驱动板故障的一般过程	151
6.5	孤立驱动板接口定义的判断和按键板的改线	153
6.6	驱动板的编程	155
第 7 章	LCM 中的屏电路	156
7.1	屏电路的功能	156
7.2	深入认识一个屏电路(奇美 M215HGE-L21-X+C)	159
7.3	奇美 M215HGE-L21-X+C 中的 DC—DC	172
7.4	排查屏电路故障的一般过程	179
7.5	屏电路的常见故障	181
参考文献	182

液晶显示器综述

“液晶”作为一种重要的显示设备,早已渗透现代人类生活的方方面面。

在我国改革开放之初,如果谁能够拥有一块日本进口的卡西欧电子表,那绝对是一件值得炫耀的事情。如图 1.1 所示,位于电子表中央的灰色屏幕,就是“液晶”。



图 1.1 卡西欧电子表

能够在—块平面区域上随心所欲地显示需要的文字或图像,是一件具有“魔力”和激动人心的事情。目前,液晶早已成为各种家用电器和工业设备中不可或缺的部分。

在计算机中,液晶是最重要的显示设备。在智能手机中,具有“触控”功能的液晶屏几乎就是用户体验的全部。

与传统的 CRT 显示设备相比,液晶具有两个显著的优点,即体积小(液晶面板的厚度以毫米计)、耗电量低。随着液晶显示技术的发展,其显示效果逐步接近,甚至超越 CRT。除了在某些专业或极端应用领域,传统 CRT 显示设备将被液晶显示设备全面取代。

1.1 液晶是什么

作为 CRT 显示技术的“终结者”,“液晶”究竟是什么呢?

液晶是指一种具有棒状(饼状、碟状)结构的—端带电的分子。有意思的是,液晶并不是由化学家发现的,它是在 1888 年由—位奥地利植物学家(Reinitzer)发现的。

在此之前,人们已经发现纯净物以三种形态(物态)存在:气态、液态和固态。例如,水在熔点以下,以冰的形式固态存在;在熔点与沸点之间,水以液态形式存在;在沸点以上,水以水蒸气的形式存在。换句话说,在 1888 年之前,人们对于物质世界中纯净物的存在处于“三态两点”的认识水平,即“—切纯净物都只以气态、液态、固态中的—种形态存在。—切纯净物只会有—个固定的熔点和—个固定的沸点。低于熔点为固态,高于熔点低于沸点为液态,高于沸点为气态”。人们甚至根据纯净物的这种特性,想出了通过测量

某种未知纯净物熔点的方法,来鉴定该未知纯净物。

Reinitzer 在研究一种纯净物时,发现这种纯净物竟然有两个熔点。他将这种纯净物的固体加热到 145°C 时,固体熔化了,但得到的液体是浑浊的;如果继续加热到 175°C ,浑浊的液体“似乎再次熔化”,变成了清澈透明的液体。

Reinitzer 敏锐地意识到,他正在研究的这种纯净物是多么与众不同。经过反复确定(他怀疑其双熔点的存在是因为制备不纯造成的)观察到的现象之后,他求助于另一位德国物理学家 Lehmann。这种与众不同的纯净物究竟引发了两位科学家的何种思考,这不是我们所关心的事情。总之,他们开创了一个全新的研究领域——液晶的世界。

液晶(LC, Liquid Crystal),指“液态的晶体”(实际上,是因为液态的液晶具有晶体的某些性质而得名)。随着科学家的研究,终于搞清楚液晶实际上是一种特殊的分子形状。换句话说,只要具有这种分子形状的物质,都会表现出 Reinitzer 所观察到的实验现象。

这是一种什么样的分子形状呢?很简单,可以把单个的液晶分子看作一根“火柴棒”,如图 1.2 所示。

我们没有必要关心液晶的具体成分及性质,但需要知道这种“棒状”的液晶分子具有较强的极化性,即液晶分子的一端带有正电,另一端带有负电。

这种两端带有异种电荷的“棒状”液晶分子拥有一种非常可贵的性质:如果将其放置在一个固定的电场中,这些“棒状”液晶分子的轴向将受该固定电场的影响,原本呈杂乱无章排列的液晶分子都将沿着统一的、确定的方向(轴向)平行排列。换句话说,“棒状”液晶分子的排列方向是电场可控的。更为可贵的是,“棒状”液晶分子还具有晶体的光学性质(千万不要忘记,液晶是液态的晶体),当光线通过这些定向排列的“棒状”液晶分子后,光的传播方向将发生改变(折射)。

液晶的上述两个性质使其在平面显示领域具备极高价值的实际用途:控制光的传播(以显示图像),如图 1.3 所示。



图 1.2 单个的液晶分子假想图

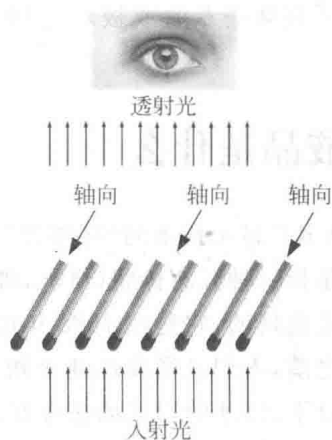


图 1.3 光线通过液晶发生折射现象

一切眼睛看到的图像,都是光线射入眼睛后在视网膜上成像,刺激感光细胞引发生物电信号的过程。液晶,就是这样一种物质,能让我们随心所欲地控制光线的传播。当液晶

分子的轴向处于某个特定的极端角度时,入射光被折射到完全无法射入眼睛的程度(意味着光线被液晶遮挡住了),眼睛会认为看到的是黑色。当液晶分子的轴向处于另外某个特定的极端角度时,液晶将失去对入射光的影响(此时,液晶相当于不存在),入射光毫无变化地直接射入眼睛(意味着光线完全没有被液晶遮挡)。如果入射光是白光,眼睛会认为看到的就是白色。当液晶分子的轴向处于这两个极端角度之间的某个角度时,入射光被折射到只有一部分能够射入眼睛的程度(意味着光线被液晶部分地遮挡了)。如果入射光还是白光,眼睛会认为看到的是灰色(介于黑白之间)。

不难想象,要将液晶实用化,必须令液晶分子排列的轴向角度可控。

控制液晶轴向角度涉及两个问题。第一个问题:如何控制液晶分子的轴向,按照期望的角度排列。答案是使用不同强度的电场。换句话说,正常工作的液晶分子实际上处于一个特定的电场中,电场的强度将直接决定其间液晶分子的轴向角度。第二个问题:如何获得这个控制液晶的电场,并令其处于所期望的强度。答案是运用 TFT。换句话说,人们首先通过 TFT 的导通/截止来生成一个强度可控的工作电场,再利用电场间接控制液晶分子的轴向排列角度,最终起到控制光线是否被遮挡及部分遮挡,从而实现对透射光线(穿过液晶的光线)的强度控制。

综上所述,TFT 实际上是一种可控光栅,作为场管的 TFT 本身不具有发光功能。一个有意义的问题是:液晶显示器发出的光是从哪里来的呢?

1.2 TFT 是什么

TFT 是 Thin Film Transistor 的首字母缩写,即薄膜晶体管。广义的晶体管泛指三极管、场管、晶闸管等。TFT 特指 LCD 液晶显示器中用于驱动像素液晶的 N 沟道场效应管。

当使用 TFT 这个术语时,往往指代使用 TFT 技术的液晶显示器或液晶屏。

说起 TFT,不得不提起液晶显示器的分辨率。如果用放大镜或显微镜仔细观察液晶显示器的面板局部,会观察到图 1.4 所示的情况。

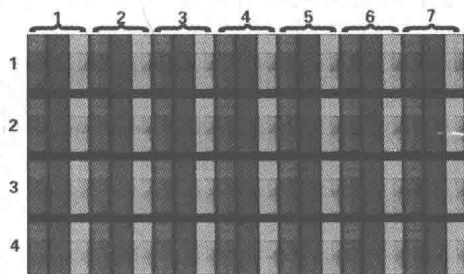


图 1.4 用放大镜或显微镜观察到的液晶显示器面板

图 1.4 中只截取了 4 行 7 列共 28 像素(pixel)。从像素的微观实物照片不难发现:每个像素实际上是由 3 个小像素组合而成的(这种小像素称为 dot)。

在物理学中,红色、蓝色、绿色这 3 种颜色称为物理三原色(RGB, Red Green Blue)。

眼睛可以看到的一切颜色都可以通过这 3 种颜色的混搭得到。这是一切彩色显示设备的物理光学基础。

任何一个(红色/蓝色/绿色)小像素都由一个 TFT 场效应管来控制,眼睛看到的红色/蓝色/绿色色块下面都对应一个 TFT 场效应管。因此,液晶显示器中的每个像素实际上是通过 3 个独立的 TFT 场效应管来控制的。

对于一块分辨率为 1024×768 的液晶屏来说,每平方英寸具有 $1024 \times 768 = 786432$ 个彼此独立的像素,同时具有 $1024 \times 768 \times 3 = 2359296$ 个 TFT 场效应管。其他物理分辨率均可以此类推。

对于维修人员来说,实际上并不关心 TFT 场效应管在液晶显示器中的具体存在,他们更关心的是作为 N 沟道场效应管的 TFT 究竟是如何驱动液晶分子定向排列的。TFT 场效应管驱动液晶分子有三种情况,正好对应液晶分子影响光线传播的三种情况,即无影响、将光线全部遮挡和将光线部分遮挡,其具体实现过程,将在后面介绍。

在图 1.4 中,我们看到的红色、蓝色、绿色是三种滤光片(Color Filter)的颜色,看到的黑色是遮光层(Black matrix)的颜色。

滤光片是一种选择性光线透过材料,它只允许特定颜色(波长)的光线透过,同时阻止其他颜色(波长)的光线透过。红色/蓝色/绿色滤光片分别只允许红色/蓝色/绿色透过其自身。

当单个像素的颜色确定之后,驱动电路将颜色信息转化为控制该像素的三个 dot 的 TFT 场效应管打开/截止的控制信号,控制这三个 dot 下方平行排列的液晶分子的轴向倾向角度,令这三个 dot 按照期望的程度透光,经滤光片后分别发出期望强度的红色、蓝色、绿色三种颜色。这三种颜色在进入眼睛之前自然混色,最终被眼睛识别为某种特定的颜色。

1.3 液晶显示器的组成部分

亲手拆解液晶显示器是掌握其组成部分的重要方法。请读者拆解若干液晶显示器,归纳液晶显示器的组成部分。

在拆解液晶显示器的过程中,需要注意以下几个要点:①要记录拆下的螺丝的原始位置、种类,并集中存放;②拆解塑料外壳时,要用力均匀,避免塑料卡扣断裂;③要充分利用拆解工具。

常用的拆解工具如图 1.5 所示。

这里不再通过实物图一步一步展示拆解过程,仅归纳最后的结果。

通过拆解一台完整的液晶显示器,不难发现,液晶显示器中主要有 3 块电路板及 3 根连接排线,如图 1.6 所示。

其中,体积最大的电路板上有一个交流 220V 插座,液晶显示器通过该接口从电源获得工作的电能,它是一块电源板,负责为整个液晶显示器供电。体积较小的方形电路板上有一个 VGA 接口,VGA 及 DVI、HDMI 等视频接口从主板获得视频数据,它用来处理计

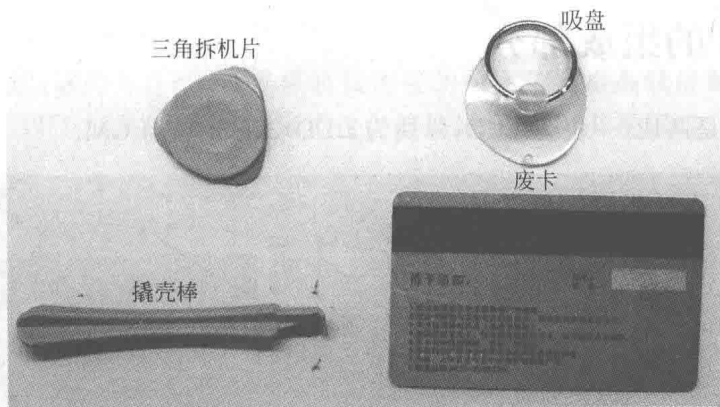


图 1.5 常用拆解工具

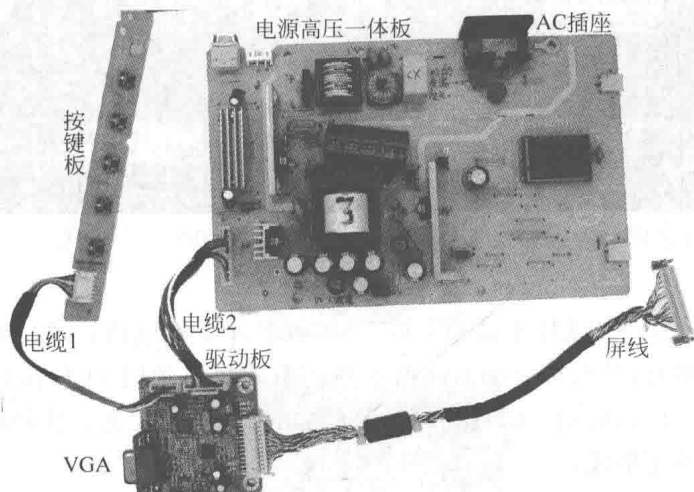


图 1.6 液晶显示器中的 3 块主要电路板及 3 根连接排线

计算机主板送来的视频信号,并通过屏线将处理后的视频信号送至液晶屏,常称其为驱动板。长条状电路板上若有若干按键和一个 LED 指示灯,通过操作这些按键来调节液晶显示器的显示参数,常称其为按键板。

不难观察出,驱动板在液晶显示器中具有核心地位:其他部分都是通过排线连接到驱动板,为其提供工作条件(电源板供电,按键板用于参数调节)或受其驱动控制(通过屏线直接驱动液晶屏)。

最后,观察液晶屏本身。

液晶显示器的液晶屏常称为 LCM(LCD Module, Module 为“模组”之意),即液晶模组。如果液晶为 TFT 控制,称其为 TFT 液晶模组(通常见到的都是这种模组)。

1.4 LCM 的组成部分

图 1.7 所示是两块(一块为 LCD,一块为 LED)22 英寸的 LCM。

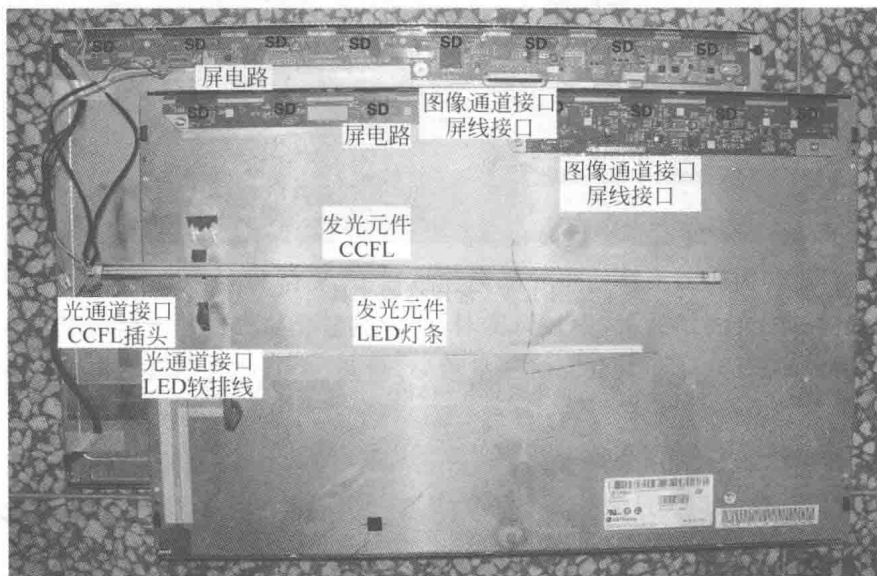


图 1.7 两块 22 英寸 LCM

这里要说明,LCD 和 LED 不是同类概念,二者实际上不应该并举。前者指液晶显示器,后者指发光二极管,是两种完全不同的东西。但人们通常用 LCD 指代使用 CCFL 作为发光元件的液晶显示器,用 LED 指代使用发光二极管作为发光元件的液晶显示器。这虽然不科学,但已约定俗成。

通过观察不难发现:LCM 被封装在金属外壳中,并且 LCD 显示器的左下角和左上角分别用引线引出若干插头;LED 显示器在左下角引出一根软排线。这些插头是 CCFL 的灯管引线插头,这根软排线是 LED 灯条的引出线。还可以看到,在屏电路上都有一个供屏线插入的接口。

实际上,任何台式机或笔记本使用的 LCM 都具有这两类接口:背光通道接口和数据通道接口。这是很容易理解的,因为无论是 LCD 液晶显示器还是 LED 液晶显示器,都应该有且只有两个功能:首先是发光,其次是在控制之下发出我们想要的强度光。但 TFT 本身不发光,意味着液晶显示器中必有某种发光元件(CCFL 或 LED)。如果是 LCD 液晶显示器,其背光通道接口就是 CCLF 灯管的引出插头(外接逆变器);如果是 LED 液晶显示器,其背光通道接口就是软排线(外接恒流板)。数据通道接口就是屏线接口,其输入信号将直接决定 TFT 的导通/截止及液晶的轴向角度。

总之,LCM 内部实际上封装了液晶屏、发光元件(CCFL 或 LED)、屏电路三种器件。最后介绍屏驱动芯片。

将 LCM 的金属外壳拆开,取出屏电路及 TFT 液晶屏,会发现两者是通过一种中间

带有扁条状芯片(屏驱动芯片)的软排线连接起来的,TFT液晶屏的一侧也具有几个类似的元件。

常识告诉我们,这种与TFT液晶屏直接连接的中间带有扁条状屏驱动芯片的软排线才是直接驱动TFT液晶屏的元件,只不过它们被封装为TAB的形式,如图1.8所示。



图 1.8 屏驱动芯片

图 1.9 所示为一个 SD(Source Drive)和一个 GD(Gate Drive)的实物图。

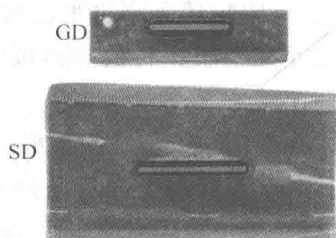


图 1.9 SD 和 GD 的实物图

TAB实际上是一种柔性电路板(FPC)。请读者仔细观察TAB上密密麻麻的走线的数量。不难想象,如果使用通常的焊锡焊接的方法来实现这个数量级的连接,将是一件恐怖的事情。因此,TAB封装的一大优点就是可高密度布线。

可以将TAB从TFT液晶屏上撕下,从侧面说明TAB不是被焊接到TFT液晶屏及屏电路上的。实际上,TAB是用一种特殊的“胶水”粘到屏电路及TFT液晶屏上的。这种特殊的胶水叫作各向异性导电膜(ACF, Anisotropic Conductive Film)。

从结构上看,ACF是一种“可导电粒子均匀分布在其中的黏性薄膜”。TAB与TFT液晶屏通过ACF互连的示意图如图1.10所示。

经过热压工艺后,ACF同时起到了将TAB与屏电路粘接起来,以及在TAB布线与屏电路布线之间建立导体通道(互连)的作用。

其“各向异性导电”可以这样理解:经过热压工艺,可导电粒子较多地分布于上、下布

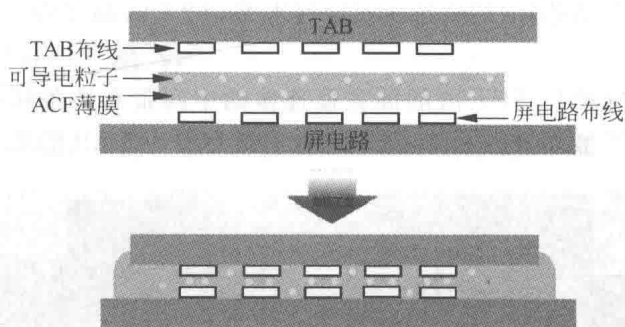


图 1.10 TAB与TFT液晶屏通过ACF互连的示意图

线中间；较少地分布于上、下布线的左、右，其直接结果是 ACF 在 Z 轴（垂直于纸面的）方向的电阻（也就是布线延伸方向的电阻）和 XY 平面（纸面）内的电阻有显著差异。实际上，前者称为 ACF 的“导通电阻”，后者称为 ACF 的“绝缘电阻”。

1.5 TFT 液晶屏的层状结构

前面比较详细地介绍了液晶显示器的组成，下面介绍 TFT 液晶屏的层状结构。

首先思考以下问题：既然 TFT 是通过其导通/截止生成一个可控电场来影响液晶分子的轴向排列的，那么，在 TFT 液晶屏中，这个可控电场究竟是如何获得的呢？

回顾物理课程知识，我们发现，高中物理介绍过平行板电容器生成均匀电场的知识。平行板电容器的结构极其简单，就是在两块平行的导体板中间夹一层绝缘体，如图 1.11 所示。

当用电源为该平行板充电后，会在两块平板之间形成一个均匀的电场。不难想象，如果用液晶充当其中的“绝缘体”，不就正好满足了为液晶分子提供可控电场的需要吗？事实的确如此。在 TFT 液晶屏中，每个 dot 除了对应一个 N 沟道的场效应管之外，还对应一个平行板电容器（该电容称为 C_{LC} ），只不过这个平行板电容器有点特殊，如图 1.12 所示。

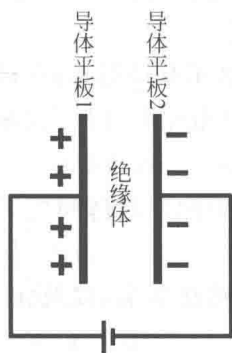


图 1.11 平行板电容器的结构

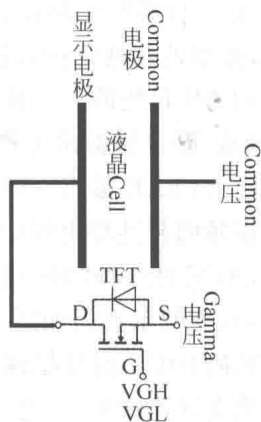


图 1.12 TFT 液晶屏中的平行板电容器

在图 1.12 中出现了不少英文专业术语。其中,Cell 为“细胞”“单元”之意,指 TFT 液晶屏中液晶的物理存在形式就像细胞一样,每个 dot 中的液晶 Cell 成分和结构完全相同,但各自独立存在。

第 6 章将深入介绍其他英文专业术语。

图 1.13 是一个比较完整的 TFT 液晶屏层状结构图。

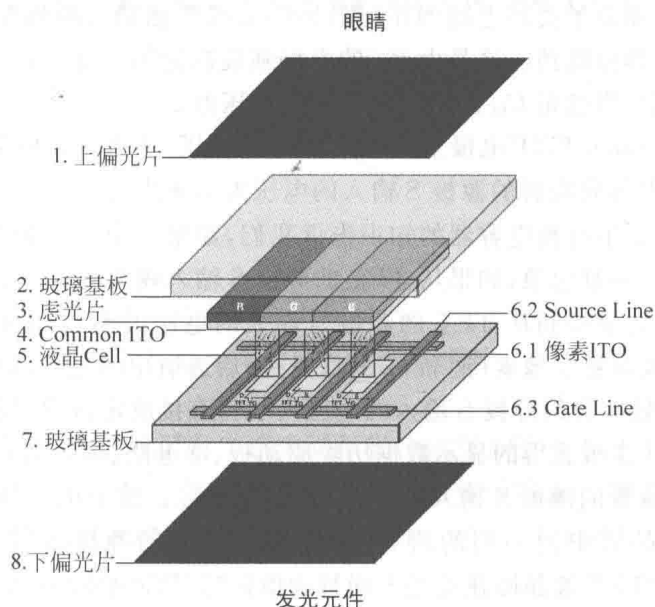


图 1.13 TFT 液晶屏层状结构图

图中出现了 ITO、Source、Gate 等专业术语。

ITO 是一种透明的导电材料,在 TFT 液晶显示器中用于在不影响光线传播(既不吸收光线,也不改变其传播方向)的情况下制作透明电极。Source 和 Gate 分别是 TFT 场效应管的源极和栅极。

对于 TFT 液晶显示器而言,其中的 TFT 只有一个作用,就是为 C_{LC} 充电,以建立令液晶有序排列的电场。这意味着,当电流流过 TFT 之后,必然要流到 C_{LC} 的某个电极上。换句话说,TFT 的输出脚所接的电极,一定具有 C_{LC} 两个电极中的一个。

在图 1.13 中,TFT 的 D 极接“像素 ITO”(也就是用 ITO 制作的电极),同一列的 TFT 的 S 极并联后汇集成“Source Line”。只要判断出 TFT 的 D 极、S 极中哪一个是输入,就能够间接地判断出究竟“像素 ITO”还是“Source Line”是 C_{LC} 的一个电极。显然,“Source Line”只能是输入,TFT 的 D 极才是输出。因此,“像素 ITO”是 C_{LC} 的一个电极,也称为“像素电极”。

接下来,继续明确 C_{LC} 两个电极中的另一个电极,即“Common ITO”。不难看出,Common ITO 是一个位于滤光片下方的整片的电极。感兴趣的读者可以将 TFT 液晶屏从中间拆开,得到两块玻璃板。可以用万用表测量 Common ITO 层的阻值:当测量距离为 25cm 时,还不到 100Ω 。

综上所述,“Common ITO”和“像素 ITO”是直接驱动液晶分子工作电容 C_{LC} 的两个

电极。

通过观察还发现,除了同列的 TFT 的 S 极并联后汇集成“Source Line”之外,同行的 TFT 的 G 极也并联后汇集成“Gate Line”,于是得到一个结论:在 TFT 液晶屏中,同一行的像素一定是同时显示图像的。这是因为同一行的 TFT 都受同一条“Gate Line”的控制,同时导通或同时截止。

前面介绍了液晶分子受到电场的作用后影响光线传播的三种情况:无影响、将光线全部遮挡和将光线部分遮挡。这是由 C_{LC} 的电场强度决定的。那么, C_{LC} 的电场强度是由什么因素决定的呢?当然是 C_{LC} 的两个电极之间的压差。

首先假设“Common ITO”电极上是一个固定的电压,那么, C_{LC} 的两个电极之间的压差将唯一地由 TFT 场效应管的源极 S 输入的电压大小来决定。

高中物理中有关平行板电容器的知识告诉我们,如果一个平行板电容器两极的电压差越高,电场越强。不难想象,如果从 TFT 的源极 S 输入较大的电压,会在 C_{LC} 上生成较大强度的电场。只需要控制从 TFT 的源极 S 输入的电压大小,就能控制液晶分子的排列轴向,并最终实现对穿过像素(液晶 Cell、滤光片)后透射出的光线的控制。从这个工作原理来看,TFT 场效应管的源极 S 输入的电压大小将直接决定该像素的最终颜色。

总之,显示器从主板获得的显示数据历经驱动板、屏电路、屏驱动芯片的层级处理后,最终以 TFT 场效应管的源极 S 输入电压的形式写入 C_{LC} 。这个电压称为“像素电压”。

由于 TFT 液晶屏中同一列的所有 TFT 场效应管的源极 S 并联汇集为“Source Line”,还能推断出 TFT 液晶屏在点亮不同行的像素时,即使是同一列的 TFT 场效应管,也将获得不同的“Source Line”电压。这不正是并行数据传输方式吗?

对于分辨率为 1024×768 的 TFT 液晶屏而言,它将具有 768 条“Gate Line”,同时具有 1024×3 条“Source Line”。

当需要点亮第一行像素时,第一条“Gate Line”为高电平(令该行 TFT 全部同时导通),剩余 767 条“Gate Line”保持低电平, 1024×3 条“Source Line”为行像素中的 1024×3 个 TFT 写入“像素电压”。

当需要点亮第二行像素时,第二条“Gate Line”为高电平(令该行 TFT 全部同时导通),剩余 767 条“Gate Line”保持低电平, 1024×3 条“Source Line”为行像素中的 1024×3 个 TFT 写入新的“像素电压”。

以此类推,直到将 768 行像素全部点亮。

读者可能会问,当写入“像素电压”后,“像素电压”能一直保持到下次再次写入新的“像素电压”吗?这是一个既合理又非常容易被忽视的问题。常识告诉我们,电场的维持都需要能量, C_{LC} 当然也不例外。实际上,每个 dot 除了对应一个 C_{LC} 之外,还对应一个用来维持 C_{LC} 通过“Source Line”获得的“像素电压”的电源。这个电源也以电容的形式存在,称为 C_s (储能电容)。

至此,本章将 TFT 液晶显示器的工作原理介绍到满足芯片级维修的需要。