

YEJINGCAISEXIANSHIQI YIXIU JINGYAO

# 液晶彩色显示器

## 易修精要

● 刘午平 刘建清 主编



# 液晶彩色显示器易修精要

刘午平 刘建清 主编

人 民 邮 电 出 版 社  
北 京

## 图书在版编目(CIP)数据

液晶彩色显示器易修精要 / 刘午平, 刘建清主编. —北京:  
人民邮电出版社, 2008.10  
ISBN 978-7-115-18225-8

I. 液… II. ①刘…②刘… III. 液晶显示器—维修  
IV. TN141.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 078049 号

## 内 容 提 要

本书在对液晶彩色显示器基本工作原理进行简要介绍的基础上, 以液晶彩色显示器的各部分单元电路为主线, 对单元电路、整机电路进行了详细的分析, 给出常见故障的维修方法, 并且对维修要点进行了注解和总结, 以帮助维修人员快速掌握液晶彩色显示器的维修技术, 力求使读者既知其然, 又知其所以然。

本书可供广大家电维修人员和电子技术爱好者阅读。

### 液晶彩色显示器易修精要

- 
- ◆ 主 编 刘午平 刘建清  
责任编辑 姚予疆  
执行编辑 付方明
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京鸿佳印刷厂印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 28.5  
字数: 696 千字  
印数: 1~4 000 册
  - 2008 年 10 月第 1 版  
2008 年 10 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-18225-8/TN

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010) 67129258 印装质量热线: (010) 67129223  
反盗版热线: (010) 67171154

# 前 言

近几年来，液晶彩色显示器主流机型已经从 15 英寸发展到 17 英寸、19 英寸，液晶显示器正逐渐取代 CRT 彩色显示器。随之而来的是液晶显示器的修理问题日渐突出，但是，现在图书市场上有关液晶显示器维修的图书还很少，很多维修人员、电子技术爱好者对液晶显示器的维修深感困惑，迫切希望学习和掌握这方面的技能。本书就是针对读者了解新型液晶显示器知识，解决液晶显示器维修问题的迫切需求而编写的。

本书共分 10 章，全面而详细地介绍了液晶显示器的基本知识、各部分电路组成、典型机型电路分析以及常见故障的维修等内容，以指导初学者快速入门、步步提高、逐渐精通，成为液晶显示器维修的行家里手。

本书第一章主要介绍了液晶显示屏的结构、原理及主要技术指标，并对液晶显示技术的发展进行了简要介绍。第二章介绍了液晶显示器的基本组成和拆装技巧，使读者对液晶显示器的结构有一个基本的认识。第三章至第八章用了较大篇幅，全面而详细地介绍了液晶显示器输入接口电路、主板电路、面板及输出接口电路、电源与节能电路、背光源电路、驱动与时序控制电路等主要组成部分的电路结构与工作原理。第九章以冠捷 Envision、三星、LG、飞利浦等品牌的典型液晶显示器机型为例，全面剖析了其电路的工作过程、原理和故障维修流程。第十章系统地介绍了液晶显示器故障的产生机理、处理程序、维修技巧、注意事项及常见故障的维修，并列举了大量极具参考价值的维修实例，可供日常维修时参考和查阅。

本书在结构安排上由易至难、由浅入深，力求做到简单实用、通俗易懂，以期达到拿来就用、一用就灵的效果。

参加本书编写工作的还有孙保书、李凤伟等同志，在此一并表示衷心的感谢。由于时间仓促，作者水平有限，书中疏漏和不当之处在所难免，敬请广大读者提出宝贵意见。

编 者

# 目 录

|                                |    |                                  |    |
|--------------------------------|----|----------------------------------|----|
| 第一章 液晶显示器基础知识 .....            | 1  | 第二章 液晶显示器的组成与拆卸技巧 .....          | 32 |
| 第一节 液晶显示器基本工作原理 .....          | 1  | 第一节 液晶显示器的组成 .....               | 32 |
| 一、什么是液晶 .....                  | 1  | 一、液晶显示器的基本组成 .....               | 32 |
| 二、什么是液晶显示器 .....               | 1  | 二、典型液晶显示器电路的组成及<br>工作流程 .....    | 35 |
| 三、液晶显示屏的分类 .....               | 2  | 第二节 液晶显示器与 CRT 显示器的<br>区别 .....  | 37 |
| 四、液晶显示器的显示方式 .....             | 2  | 一、电路组成的不同点 .....                 | 37 |
| 五、液晶显示器的采光技术 .....             | 3  | 二、阴极射线管与 TFT 液晶屏结构的<br>不同点 ..... | 38 |
| 第二节 TFT 液晶显示屏的结构与<br>原理 .....  | 3  | 三、性能参数的不同点 .....                 | 39 |
| 一、TN 型液晶显示器的原理 .....           | 3  | 四、其他不同点 .....                    | 39 |
| 二、TFT 液晶显示屏介绍 .....            | 5  | 第三节 液晶显示器的拆卸 .....               | 40 |
| 三、TFT 液晶显示屏的结构 .....           | 5  | 一、三星 940BF 液晶显示器的<br>拆卸 .....    | 40 |
| 四、TFT 液晶显示器显示图像的<br>工作原理 ..... | 12 | 二、LG L1780Q 液晶显示器的拆卸 .....       | 42 |
| 五、液晶显示器极性变换方式 .....            | 16 |                                  |    |
| 第三节 液晶显示模块(液晶板)的<br>组成 .....   | 21 | 第三章 液晶显示器输入接口电路分析<br>与维修 .....   | 45 |
| 第四节 液晶显示器的技术指标 .....           | 23 | 第一节 液晶显示器输入信号及常见<br>接口介绍 .....   | 45 |
| 一、像素点距 .....                   | 23 | 一、VGA 接口 .....                   | 45 |
| 二、分辨率 .....                    | 24 | 二、DVI 接口 .....                   | 47 |
| 三、刷新率 .....                    | 25 | 三、P&D 接口和 DFP 接口 .....           | 53 |
| 四、像素 .....                     | 25 | 四、扩展接口 .....                     | 54 |
| 五、对比度 .....                    | 26 | 五、新型接口介绍 .....                   | 56 |
| 六、亮度 .....                     | 27 | 第二节 液晶显示器输入接口电路<br>分析 .....      | 61 |
| 七、响应时间 .....                   | 27 | 一、输入接口单元电路介绍 .....               | 61 |
| 八、最大显示色彩数 .....                | 27 | 二、典型液晶显示器输入接口电路<br>分析 .....      | 67 |
| 九、可视角度 .....                   | 28 |                                  |    |
| 十、显示尺寸 .....                   | 28 |                                  |    |
| 第五节 液晶显示器新技术介绍 .....           | 28 |                                  |    |
| 一、LCD 的缺陷与技术突破口 .....          | 29 |                                  |    |
| 二、LCD 最新动向与进展 .....            | 29 |                                  |    |

|                                         |                                   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| 第三节 液晶显示器输入接口电路<br>维修.....72            | 第七节 液晶显示器主板电路维修..... 132          |
| 第四章 液晶显示器主板电路分析与<br>维修.....74           | 一、主板硬件故障的维修..... 132              |
| 第一节 液晶显示器主板电路概述.....74                  | 二、主板软件故障的维修..... 133              |
| 第二节 液晶显示器 A/D 转换电路<br>分析.....75         | 三、主板的更换技术..... 140                |
| 一、A/D 转换的过程.....75                      | 第五章 液晶面板及其接口电路分析<br>与维修..... 145  |
| 二、液晶显示器常用 A/D 转换芯片<br>介绍.....78         | 第一节 液晶显示器面板及接口电路<br>概述..... 145   |
| 三、典型液晶显示器 A/D 转换电路<br>分析.....83         | 一、液晶面板类型..... 145                 |
| 第三节 液晶显示器主控电路<br>SCALER 分析.....85       | 二、液晶面板的接口类型..... 147              |
| 一、主控电路概述.....85                         | 三、液晶面板接口数据信号传输<br>方式..... 148     |
| 二、主控芯片 GM5110/5120 及其应用<br>电路分析.....87  | 第二节 TTL 接口液晶面板..... 151           |
| 三、主控芯片 GM2221/5221 及其应用<br>电路分析.....104 | 一、TTL 接口概述..... 151               |
| 第四节 液晶显示器微控制器电路<br>分析.....107           | 二、TTL 接口的分类..... 152              |
| 一、微控制器的作用和基本组成.....107                  | 三、TTL 接口中的信号..... 152             |
| 二、微控制器的工作条件.....108                     | 第三节 LVDS 接口液晶面板..... 154          |
| 三、微控制器基本电路介绍.....109                    | 一、LVDS 接口概述..... 154              |
| 四、典型液晶显示器微控制器电路<br>分析.....114           | 二、LVDS 接口工作原理..... 154            |
| 第五节 液晶显示器中的信号与定时.....117                | 三、LVDS 接口的优点..... 155             |
| 一、CRT 显示器输入的模拟视频信号<br>与同步信号.....117     | 四、LVDS 接口电路类型..... 156            |
| 二、数字显示器中的同步与定时<br>信号.....119            | 五、主板侧 LVDS 接口电路的配置.....157        |
| 三、液晶板的同步信号模式与定时.....125                 | 六、LVDS 接口电路的基本组成.....158          |
| 第六节 液晶显示器调整电路分析.....126                 | 七、LVDS 发送芯片的信号.....160            |
| 一、亮度和对比度调整电路.....126                    | 八、LVDS 接口液晶面板的信号.....165          |
| 二、视频杂波与单键自动调整.....127                   | 九、实际 LVDS 接口电路(主板侧)<br>分析.....166 |
| 三、图像中心自动调整.....128                      | 第四节 TMDS 接口液晶面板.....168           |
| 四、SCALER 显示窗口与图像行/场<br>中心手动调整.....130   | 一、TMDS 接口概述.....168               |
|                                         | 二、TMDS 接口电路分析.....168             |
|                                         | 第五节 RSDS 接口液晶面板.....171           |
|                                         | 一、RSDS 接口概述.....171               |
|                                         | 二、RSDS 接口电路分析.....171             |
|                                         | 第六节 TCON 接口液晶面板.....172           |
|                                         | 一、TCON 接口概述.....172               |
|                                         | 二、TCON 接口电路分析.....172             |
|                                         | 第七节 液晶显示器面板接口电路的<br>维修.....174    |

**第六章 液晶显示器电源和节能电路****分析与维修 .....175****第一节 液晶显示器电源电路概述 .....175**

## 一、电源电路的基本组成 .....175

## 二、开关电源基本原理与组成 .....176

## 三、DC/DC 变换器的基本原理 .....183

**第二节 液晶显示器常用开关电源控制****芯片及其应用电路分析 .....191**一、开关电源控制芯片 KA5M0365R  
及其应用电路分析 .....191二、开关电源控制芯片 ICE2AS01  
及其应用电路分析 .....193三、开关电源控制芯片 L5991 及其  
应用电路分析 .....196四、开关电源控制芯片 SG6841 及其  
应用电路分析 .....200五、开关电源控制芯片 NCP1200  
AP40 及其应用电路分析 .....203**第三节 典型液晶显示器 DC/DC 变换  
器分析 .....206**一、三星 172B 液晶显示器 DC/DC  
变换器分析 .....206二、LG L1782Q 液晶显示器 DC/DC  
变换器分析 .....208**第四节 液晶显示器节能电路分析 .....211**

## 一、节能电路概述 .....211

二、液晶显示器节能和脱机检测  
电路分析 .....218**第五节 液晶显示器电源与节能电路  
维修 .....220**

## 一、开关电源的维修 .....220

## 二、DC/DC 变换器的维修 .....223

## 三、节能电路的维修 .....223

**第七章 液晶显示器背光源电路分析****与维修 .....224****第一节 液晶显示器背光源概述 .....224**

## 一、背光源简介 .....224

## 二、CCFL 背光源 .....224

## 三、白光 LED 背光源 .....232

## 四、EL 背光源 .....233

**第二节 背光源电路基本组成 .....234**

## 一、什么是背光源电路 .....234

## 二、背光源电路的基本组成 .....234

**第三节 液晶显示器典型背光源****电路分析 .....235**一、驱动电路采用 Royer 结构的背光  
源电路 .....236二、驱动电路采用推挽结构的背光源  
电路 .....241三、驱动电路采用全桥结构的背光源  
电路 .....245四、驱动电路采用半桥结构的背光源  
电路 .....250**第四节 背光源电路（高压板）的****维修 .....251**

## 一、高压板的维修 .....251

## 二、高压板的更换技术 .....253

## 三、灯管的更换技术 .....255

**第八章 液晶显示器驱动与时序控制****电路分析与维修 .....258****第一节 液晶显示器驱动技术概述 .....258****第二节 TFT 薄膜晶体管及像素****排布 .....258**

## 一、TFT 薄膜晶体管简介 .....258

## 二、TFT 液晶屏的结构 .....259

## 三、TFT 液晶屏的像素排布 .....260

**第三节 TFT 液晶屏驱动系统介绍 .....262**

## 一、驱动系统的组成 .....262

## 二、TFT 液晶显示器的信号 .....263

## 三、像素的驱动波形 .....264

**第四节 TFT 液晶显示器数据（源极）****驱动器和行驱动器 .....265**

## 一、TFT 液晶显示器数据（源极）

## 驱动器介绍 .....265

## 二、TFT 液晶显示器栅极驱动器

|                             |     |                            |     |
|-----------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 介绍.....                     | 270 | 三、视频信号处理电路分析.....          | 329 |
| 三、驱动 IC 与液晶屏的连接方式 .....     | 274 | 四、电源电路分析.....              | 336 |
| 第五节 TFT 液晶显示器时序控制           |     | 五、逆变电路分析.....              | 340 |
| 电路 (TCON) 介绍 .....          | 274 | 六、微控制器电路分析.....            | 343 |
| 第六节 TFT 液晶显示器实际驱动系统         |     | 七、冠捷 Envision EN9110 液晶显示器 |     |
| 电路分析 .....                  | 277 | 维修.....                    | 347 |
| 第七节 TFT 液晶显示器驱动与时序          |     | 第四节 LG 1750S 液晶显示器电路分析     |     |
| 控制电路的维修 .....               | 278 | 与维修.....                   | 352 |
| 第九章 典型液晶显示器电路分析与            |     | 一、LG 1750S 液晶显示器整机电路       |     |
| 维修.....                     | 279 | 组成.....                    | 352 |
| 第一节 冠捷 Envision LM700 液晶    |     | 二、DC/DC 变换器电路分析.....       | 353 |
| 显示器电路分析与维修 .....            | 279 | 三、VGA 输入接口电路分析.....        | 353 |
| 一、冠捷 Envision LM700 液晶显示器   |     | 四、主控电路 (SCALER 电路)         |     |
| 整机电路组成 .....                | 279 | 分析.....                    | 355 |
| 二、视频信号处理电路分析 .....          | 281 | 五、微控制器电路.....              | 357 |
| 三、电源电路分析 .....              | 289 | 六、LG 1750S 液晶显示器维修 .....   | 361 |
| 四、微控制器电路分析 .....            | 296 | 七、LG 1750S 液晶显示器的调整 .....  | 363 |
| 五、冠捷 Envision LM700 液晶显示器   |     | 第五节 三星 173B 液晶显示器电路        |     |
| 维修.....                     | 299 | 分析与维修.....                 | 365 |
| 六、冠捷 Envision LM700 液晶显示器   |     | 一、三星 173B 液晶显示器整机电路        |     |
| 的调整.....                    | 307 | 组成.....                    | 365 |
| 第二节 冠捷 Envision EN7220 液晶   |     | 二、电源电路分析.....              | 366 |
| 显示器电路分析与维修 .....            | 308 | 三、VGA 输入接口电路分析 .....       | 369 |
| 一、冠捷 Envision EN7220 液晶显示器  |     | 四、主控电路 (SCALER 电路)         |     |
| 整机电路组成 .....                | 308 | 分析.....                    | 369 |
| 二、VGA 输入接口电路分析.....         | 309 | 五、LVDS 接口电路分析.....         | 371 |
| 三、视频信号处理电路分析 .....          | 309 | 六、微控制器电路.....              | 374 |
| 四、电源电路分析 .....              | 312 | 七、三星 173B 液晶显示器故障检修        |     |
| 五、逆变电路分析 .....              | 315 | 流程 .....                   | 378 |
| 六、微控制器电路分析 .....            | 319 | 八、三星 173B 液晶显示器的调整 .....   | 379 |
| 七、冠捷 Envision EN7220 液晶显示器  |     | 第六节 飞利浦 170B4 液晶显示器电路      |     |
| 维修.....                     | 323 | 分析与维修.....                 | 382 |
| 第三节 冠捷 Envision EN9110 液晶显示 |     | 一、飞利浦 170B4 液晶显示器整机        |     |
| 器电路分析与维修 .....              | 325 | 电路组成.....                  | 382 |
| 一、冠捷 Envision EN9110 液晶显示器  |     | 二、开关电源电路分析.....            | 382 |
| 整机电路组成 .....                | 325 | 三、DC/DC 变换器电路分析.....       | 389 |
| 二、VGA 和 DVI 输入接口电路          |     | 四、输入接口电路分析.....            | 391 |
| 分析.....                     | 326 | 五、主控电路 (SCALER 电路)         |     |
|                             |     | 分析.....                    | 394 |

|                                   |     |                                              |     |
|-----------------------------------|-----|----------------------------------------------|-----|
| 六、飞利浦 170B4 液晶显示器<br>维修.....      | 401 | 四、亮线或暗线.....                                 | 411 |
| 七、飞利浦 170B4 液晶显示器的<br>调整.....     | 402 | 五、白屏或花屏.....                                 | 411 |
| <b>第十章 液晶显示器维修技术</b> .....        | 404 | 六、通电后不按开关按键即白屏、<br>出现背光, 按键后图像可正常<br>显示..... | 412 |
| 第一节 液晶显示器维修概述 .....               | 404 | 七、字符虚或拖尾.....                                | 412 |
| 一、液晶显示器的故障分类 .....                | 404 | 八、液晶屏亮度低.....                                | 412 |
| 二、故障产生的原因 .....                   | 405 | 九、错误提示“超出频率范围” .....                         | 412 |
| 三、液晶显示器的故障检修程序 .....              | 405 | 十、偏色故障.....                                  | 412 |
| 四、液晶显示器常用维修方法 .....               | 406 | 十一、屏幕有干扰.....                                | 412 |
| 五、液晶显示器维修注意事项 .....               | 410 | 第三节 液晶显示器维修实例.....                           | 412 |
| 第二节 液晶显示器常见故障的维修 .....            | 411 | <b>附录</b> .....                              | 428 |
| 一、整机无电.....                       | 411 | 附录 A CTX PV500T 液晶彩显实测<br>数据.....            | 428 |
| 二、显示屏亮一下就不亮了, 但是<br>电源指示灯常亮 ..... | 411 | 附录 B CTX S720 液晶彩显实测<br>数据.....              | 436 |
| 三、显示屏黑屏, 无背光, 电源灯绿<br>灯常亮.....    | 411 |                                              |     |

# 第一章 液晶显示器基础知识

液晶显示技术是一门应用广泛并具有广阔发展前景的显示技术，近年来发展十分迅猛。为便于读者对液晶显示技术有一个基本的认识，本章重点分析液晶的基本工作原理，液晶显示屏的结构、原理，液晶板的组成以及液晶显示器的技术指标，并对液晶显示技术的发展进行简要介绍。

## 第一节 液晶显示器基本工作原理

### 一、什么是液晶

液晶，英文译为 Liquid Crystal，简称 LC，用它制成的液晶显示器件称为 LCD。

液晶是一种在一定温度范围内呈现既不同于固态、液态，又不同于气态的特殊物质态，它既具有各向异性的晶体所特有的双折射性，又具有液体的流动性。

我们知道，对于水而言，当固体冰受热时，温度超过熔点便会溶解变成液体。而热致型液晶则不一样，当其固态受热后，并不会直接变成液态，而是先溶解成液晶态。当持续加热时，才会溶解成液态，这就是所谓的二次溶解现象。当超出一定温度范围时，液晶就不再呈现液晶态，温度低了，出现结晶现象，温度升高了，就变成液体；液晶显示器件标注的存储温度指的就是呈现液晶态的温度范围。

### 二、什么是液晶显示器

液晶显示器英文全称为 Liquid Crystal Display，简称 LCD，它是一种采用液晶控制透光度技术来实现显示的显示器。和 CRT（阴极射线管）显示器相比，LCD 的优点是很明显的。由于通过控制是否透光来控制亮和暗，因此，当色彩不变时，液晶也保持不变，这样就无须考虑刷新率的问题。对于画面稳定、无闪烁感的液晶显示器，刷新率不高但图像也很稳定。LCD 还通过液晶控制透光度的技术原理让底板整体发光，所以它做到了真正的完全平面。一些高档的数字 LCD 采用了数字方式传输数据、显示图像，这样就不会产生因显卡而造成的色彩偏差或损失。由于完全没有辐射，即使长时间观看 LCD 屏幕也不会对眼睛造成很大伤害。体积小、能耗低也是 CRT 显示器所无法比拟的，一般一台 15 英寸 LCD 的耗电量也就相当于 17 英寸纯平 CRT 显示器的 1/3。

目前，相比于 CRT 显示器，LCD 的图像质量仍不够完善，在色彩表现和饱和度方面，LCD 都在不同程度上输给了 CRT 显示器。但瑕不掩瑜，LCD 取代传统 CRT 显示器已是大势所趋。

三、液晶显示屏的分类

液晶显示屏是液晶显示器的关键部件，常见的液晶显示屏主要有扭转向列（Twisted Nematic, TN）型、超扭转向列（Super Twisted Nematic, STN）型及薄膜晶体管（Thin Film Transistor, TFT）型三种。从技术层次和价格水平上看，TN、STN、TFT 这三种显示屏的排列顺序依次递增。TN 型主要用于 3 英寸以下的黑白小屏幕，如电子表、计算器、掌上游戏机等；STN 型配合彩色滤光片可显示多种色彩，多用于文字、数字及绘图功能的显示，如低档的笔记本电脑、掌上电脑、手机和个人数字助理（PDA）等便携式产品；TFT 型显示屏具有反应速度快等优点，特别适用于动画及显像显示，因此，TFT 型在数码相机、液晶投影仪、高档笔记本电脑、桌上型液晶显示器中得到了广泛的应用。TN、STN 及 TFT 型液晶显示屏的比较见表 1-1。

表 1-1 TN、STN 及 TFT 型液晶显示屏的比较

| 类 别  | TN              | STN                     | TFT                       |
|------|-----------------|-------------------------|---------------------------|
| 原理   | 液晶分子，扭转 90°     | 液晶分子，扭转 240°~270°       | 液晶分子，扭转 90° 以上            |
| 特性   | 黑白、单色，低对比       | 黑白、彩色（26 万色），低对比，较 TN 佳 | 彩色（1 667 万色），高对比，较 STN 佳  |
| 全色彩化 | 否               | 否                       | 全彩色                       |
| 动画显示 | 否               | 否                       | 可以                        |
| 视角   | 狭窄（30° 以下）      | 狭窄（40° 以下）              | 较宽（80° 以下）                |
| 面板尺寸 | 1~3 英寸          | 1~12 英寸                 | 12 英寸以上                   |
| 应用范围 | 电子表、计算器、简单掌上游戏机 | 电子字典、移动电话、商务通、低档笔记本电脑   | 高档笔记本电脑、桌上型液晶显示器、投影机、液晶彩电 |

四、液晶显示器的显示方式

LCD 有三种显示方式：反射型、全透型和半透型，如图 1-1 所示。反射型液晶显示器利用外界光线进行显示，具有节能、省电的优点，TN 液晶显示器件一般工作在反射型，反射型 LCD 的底偏光片后面加了一块反射板，它一般在户外和光线良好的办公室使用。全透型 LCD 的底偏光片是全透偏光片，它需要连续使用背光源，一般在光线差的环境下使用。一般电脑显示器使用的 TFT 液晶屏均采用全透型显示方式。半透型 LCD 处于以上两者之间，底偏光片能部分反光，一般也带背光源，光线好时，可关掉背光源，光线差时，可点亮背光源以使用 LCD。

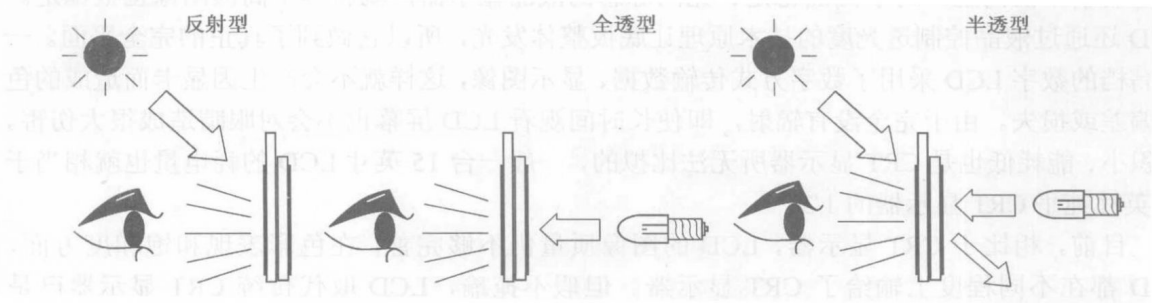


图 1-1 LCD 的显示方式

电脑显示器使用的 TFT 液晶屏的显示方式还分“常亮”和“常黑”两种。所谓“常亮”(NW)，是指当对液晶面板不施加电压时，所看到的面板是透光的画面，也就是亮的画面；而反过来，当对液晶面板不施加电压时，如果面板无法透光，看起来是黑色的话，就称之为“常黑”(NB)。

### 五、液晶显示器的采光技术

液晶显示器是被动型显示器件，它本身不会发光，而是靠调制外界光来实现显示的。外界光是液晶显示器进行显示的前提条件。一般液晶显示器的采光技术分为自然光采光技术和外光源设置技术。而外光源设置又有背光源、前光源和投影光源三类技术。平时使用的电脑液晶显示器，采用的均是背光源。背光源的任务主要有两点：一是使液晶显示器件在有无外界光的环境下都能使用；二是提高背景光亮度，改善显示效果。常用的背光源主要有 LED、EL 和 CCFL 三种，有关背光源的详细内容，将在以后的章节中进行介绍。

## 第二节 TFT 液晶显示屏的结构与原理

TFT 液晶显示屏，简称 TFT 液晶屏，它是在 TN 型液晶屏的基础上发展起来的。在介绍 TFT 液晶屏之前，有必要对 TN 型液晶显示器的原理有一个基本的认识。下面，从 TN 型液晶显示器的原理入手，逐步深入介绍 TFT 液晶显示屏的结构与原理。

### 一、TN 型液晶显示器的原理

光是一种横波，在横波中，振动方向总是垂直于波的传播方向，但不同的横波，振动方向可以不同。例如，一列横波沿水平方向传播，质点在竖直平面内可能沿着上下方向振动，也可能沿着左右方向振动，也可能沿着任何其他方向振动，当然，对于一个确定的横波，它的振动方向是确定的。

在显示屏的上下各有一个偏光片，这里记为 P、Q。偏光片由特定的材料制成，它上面有一个特殊的方向（叫做透振方向），只有振动方向与透振方向平行的光波才能通过偏光片。

让太阳光或灯光通过偏光片 P、Q，在 Q 的另一侧观察通过两块偏振片的透射光。当 Q 与 P 的透振方向平行时，透射光的强度最大，如图 1-2 (a) 所示；旋转两片偏光片的相对角度，会发现随着相对角度的增大，光线的亮度会越来越暗；当两片偏光片的栅栏角度互相垂直时，透射光的强度最弱，几乎为零，如图 1-2 (b) 所示。

TN 型液晶显示器（扭曲向列型液晶显示器）就是利用这个特性来完成的。在上下两片偏光片之间充满液晶，这两个偏光片平面上的槽互相垂直（相交成  $90^\circ$ ）。也就是说，若一个平面上的分子南北向排列，则另一平面上的分子东西向排列，而位于两个平面之间的分子则被强迫进入一种  $90^\circ$  扭转的状态。由于光线顺着分子的排列方向传播，因此光线经过液晶时也被扭转  $90^\circ$ 。

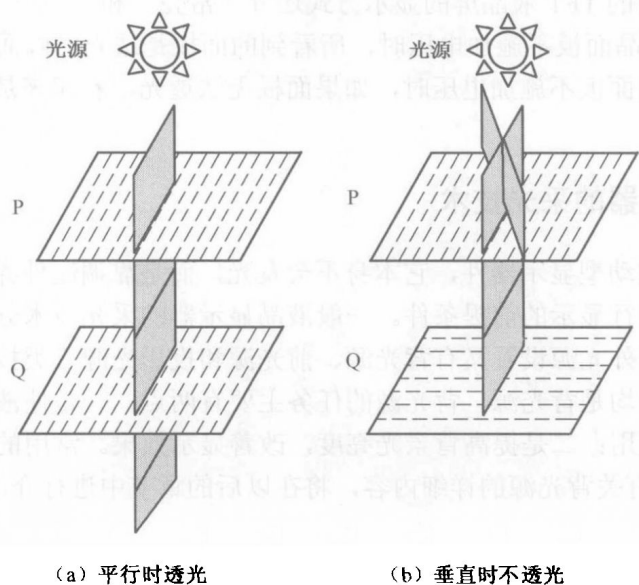


图 1-2 偏光片的透光图

在不加电场的情况下，入射光经过偏光片后通过液晶层，偏光被分子扭转排列的液晶层旋转  $90^\circ$ 。当离开液晶层时，其偏光方向恰与另一偏光板的方向一致，所以光线能顺利通过，在这种情况下，液晶盒相当于是透明的，可以看到反射板的电极；如图 1-3 (a) 所示，当液晶上加一个电压时，分子便会重新垂直排列，使光线能直射出去，而不发生任何扭转，使器件不能透光，如图 1-3 (b) 所示。在这种情况下，由于没有光反射回来，因此也就看不到反射板的电极，于是在电极部位出现黑色。

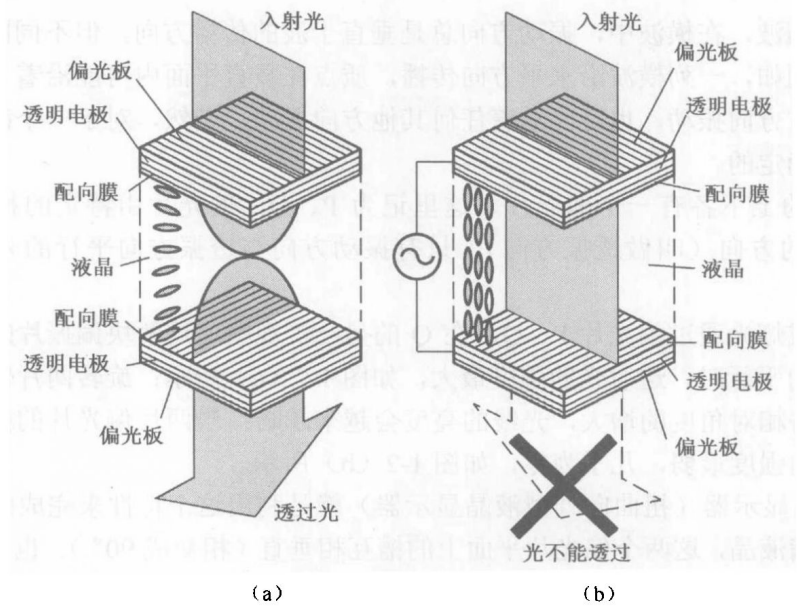


图 1-3 TN 分子排布与透光示意图

由此可见，加电将光线阻断（有显示），不加电则使光线射出（无显示）。只要将电极制

成不同的字的形状，就可以看到不同的黑色字。这种黑字，不是液晶变色形成的，而是光被遮挡或被穿透的结果。

综上所述，TN 型液晶显示器的显示原理是，液晶棒状分子在外加电场的作用下，其排列状态发生变化，使得穿过液晶显示器件的光被调制（即透过与不透过），从而呈现明与暗的显示效果。也就是说，通过控制电压的大小，改变液晶转动的角度和光的行进方向，从而达到改变字符亮度的目的。

## 二、TFT 液晶显示屏介绍

TFT（Thin Film Transistor），薄膜晶体管的英文缩写，属于主动式有源矩阵类型液晶屏，由于具有优良的性能，因此在电脑液晶显示器、液晶电视、手机等设备中得到了广泛的应用。

TFT 液晶显示屏，简称 TFT LCD（本书将 TFT 液晶显示器也称为 TFT LCD），根据薄膜晶体管材料的不同，可分为非晶硅 TFT（a-Si TFT）、多晶硅 TFT（p-Si TFT）和单晶硅 MOSLCD（c-Si MOSFET），单晶硅 MOSFET 形成的 LCD 被用于 LCOS（Liquid Crystal On Silicon）技术。

TFT LCD 技术是微电子与液晶显示巧妙结合的一种技术。人们将在硅片上进行微电子精细加工的技术，移植到在大面积玻璃上进行 TFT 阵列的加工，再与业已成熟的 LCD 技术相结合，以求不断提高产品品质，增强自动化大规模生产能力，提高合格率，降低成本，使其性能/价格比不断向 CRT 逼近。

有源矩阵驱动的概念应追溯到 1971 年，由 RCA 的 Lechner 等人为克服无源 LCD 器件（如 TN LCD、STN LCD）存在的对比度低、显示容量小等缺点而提出的设想。但真正的 TFT 开发工作则是在英国 Dundee 大学进行的。1981 年，Snell 等人在世界上首次试制成功了 5×7 点阵的 TFT LCD。随后，日本等国迅速开展研究工作，相继推出了 TFT LCD 产品并开始了商业化。1993 年，TFT LCD 开始进入大量生产的全盛时期。

## 三、TFT 液晶显示屏的结构

TFT 液晶显示屏是一种薄形的显示器件，它由上下两块相互平行的透明玻璃（基板）构成，玻璃衬底间充满了 TN 型液晶体，四周密封组成了一个扁平状的盒形密封体，其结构示意图如图 1-4 所示。

在下玻璃衬底上分布着许多横竖排列并互相绝缘的格状透明金属膜导线，这些导线将下玻璃衬底分隔成许多微小的格子，这些小格子称为像素基色单元（或称为子像素单元）；而每个格子中又有一片与周围导线绝缘的透明金属膜电极，该电极称为像素电极（显示电极）。该电极的一角，依靠一支用印刷法制作在玻璃衬底上的 TFT 场效应管，分别与两根纵横导线连接。TFT 场效应管的栅极与横线相接，横线称为栅极扫描线，因起到 TFT 选通作用，故又称为选通线；而 TFT 场效应管的源极与竖线连接，竖线称为源极列线。TFT 的漏极即与透明像素电极连为一体。TFT 场效应管的功能就是一个开关管。常用的 TFT 场效应管是三端器件。在玻璃衬底（基板）上制作半导体层，在两端有与之相连接的源极和漏极，并通过栅极绝缘膜，与半导体相对置，利用施加于栅极的电压来控制源、漏电极间的电流。

对于显示屏来说，每个像素单元从结构上都可以看作为像素电极和公共电极之间夹一层 TN 型液晶。实际的像素单元结构及其等效电路如图 1-5 所示。

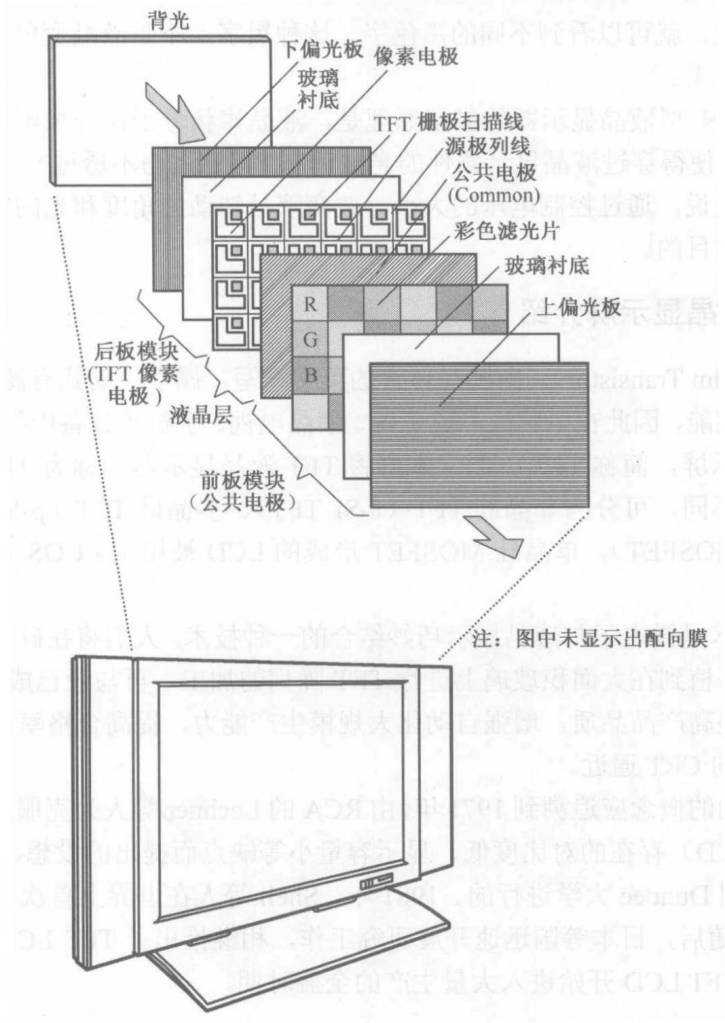


图 1-4 TFT 液晶显示屏的结构

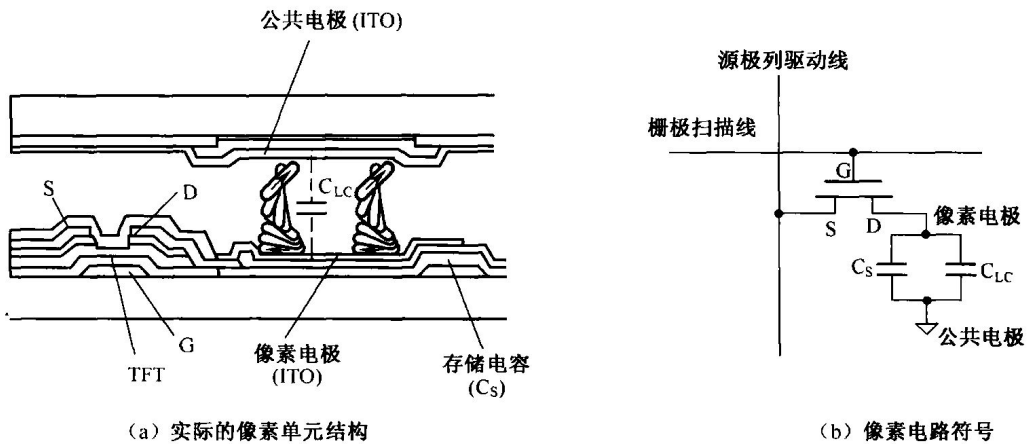
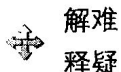


图 1-5 实际的像素单元结构及其等效电路

图 1-5 中的存储电容  $C_s$  是由像素电极与公共电极走线所形成的， $C_{LC}$  为液晶层电容，即液晶材料的等效电容。



## 疑难释疑

由 TFT 液晶屏的结构可知,在上下两层玻璃间夹着液晶,便会形成平行板电容器,称之为液晶电容  $C_{LC}$  (Capacitor of Liquid Crystal)。它大小约为  $0.1\text{pF}$ ,但是在实际应用中,这个电容并无法将电压保持到下一次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  $60\text{Hz}$  的画面刷新频率,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。因此在面板的设计上,一般会再加一个储存电容  $C_S$  (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。

在上玻璃衬底上也同样划分为许多小格子,每个格子均与下玻璃衬底的一个像素电极相对应,但其差别是,它没有独立的电极而只是覆盖着一小片 R (红)、G (蓝)、B (绿) 三基色的透明薄膜滤光片,该滤光片称为彩色滤光片(或称为 RGB 滤色膜),用以还原出正常的彩色。

整个上玻璃衬底还均匀覆盖着一层透明导电膜,该导电膜称为公共电极 (common)。公共电极与下玻璃衬底的每个像素电极之间即构成一个个小电容(称为存储电容),因此当在横、竖线上加电压而选中该薄膜晶体管时,TFT 管即导电,使该像素电极与公共电极的电容充电,形成作用于上下玻璃衬底间液晶分子的电场,从而使该像素电极区变为透光,透过光因覆盖的红、绿、蓝滤光片颜色不同而可显示出红、蓝、绿不同的颜色。

由以上分析可知,液晶上下两层玻璃主要是用来夹住液晶,下层玻璃装有薄膜晶体管 (TFT),而上层玻璃则贴有彩色滤光片。但是,需要说明的是,这两片玻璃在接触液晶的那一面并不是光滑的,而是有锯齿状的沟槽,如图 1-6 所示。设这个沟槽的主要目的是使长棒状的液晶分子沿着沟槽排列,如此一来,液晶分子的排列才会整齐。因为如果是光滑的平面,那么液晶分子的排列便会不整齐,从而造成光线的散射,甚至形成漏光的现象。其实这只是理论的说明,强调必须将玻璃与液晶的接触面做好处理,以便让液晶的排列有一定的顺序。在实际的制造过程中,并无法将玻璃做成如此的槽状分布,一般会先在玻璃表面涂布一层 PI (Polyimide),再用布做摩擦 (rubbing) 的动作,好让 PI 的表面分子不再杂散分布,依照固定而均一的方向排列。而这一层 PI 就叫做配向膜 (alignment film),它的功用就像玻璃的凹槽一样,提供液晶分子呈均匀排列的接口条件,使液晶依照预定的顺序排列。

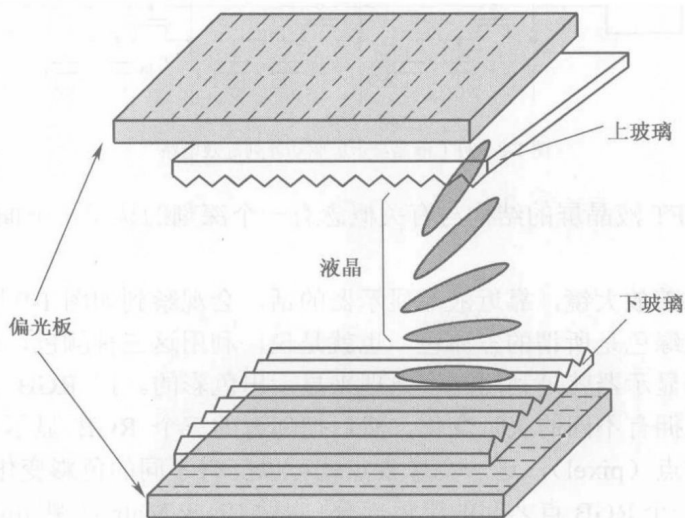


图 1-6 上下玻璃上的配向膜

从驱动方式上看，TFT 液晶屏将所有的行电极作为扫描行连接到栅极驱动器上，将所有列电极作为列信号端连接到源极驱动器上，从而形成驱动阵列，如图 1-7 所示，驱动阵列的等效电路如图 1-8 所示。

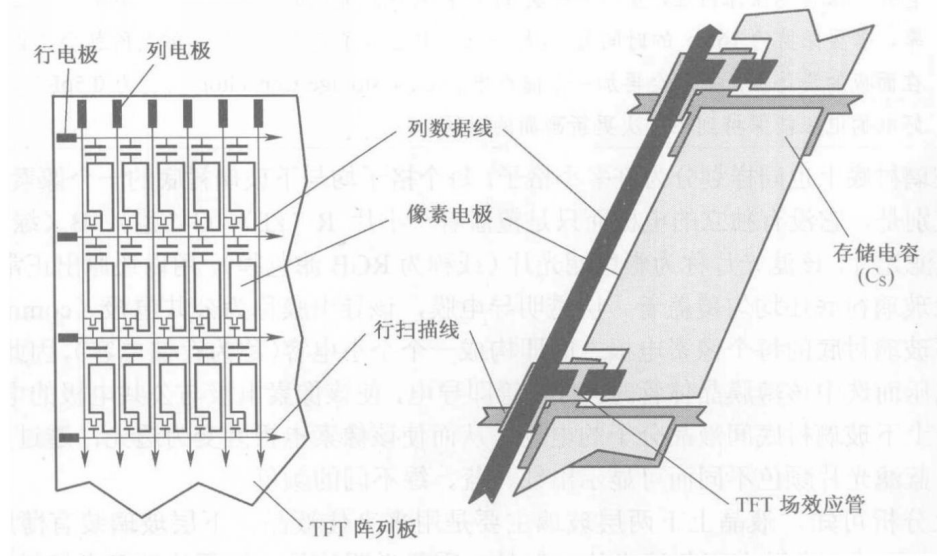


图 1-7 TFT 液晶显示屏驱动阵列示意图

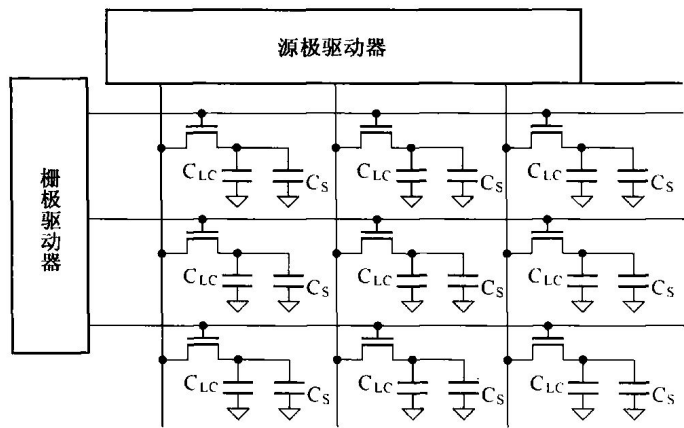


图 1-8 TFT 液晶显示屏驱动阵列等效电路

为便于读者对 TFT 液晶屏的结构与有关概念有一个深刻的认识，下面再作以下说明。

1. 彩色滤光片

如果有机会，拿着放大镜，靠近液晶显示器的话，会观察到如图 1-9 所示的样子。

红色、蓝色以及绿色是所谓的三原色，也就是说，利用这三种颜色，便可以混合出各种不同的颜色，电视和显示器就是利用这个原理来显示出色彩的。把 RGB 三种颜色，分成独立的三个单元，各自拥有不同的灰阶变化，然后把邻近的三个 RGB 显示单元当作一个显示的基本单位——像素点 (pixel)，这一个像素点就可以拥有不同的色彩变化了。

在图 1-9 中，每一个 RGB 点之间的黑色部分，叫做 Black Matrix (黑矩阵块)，Black Matrix 主要用来遮住不打算透光的部分，如一些 ITO 的走线，或者 TFT 的部分。