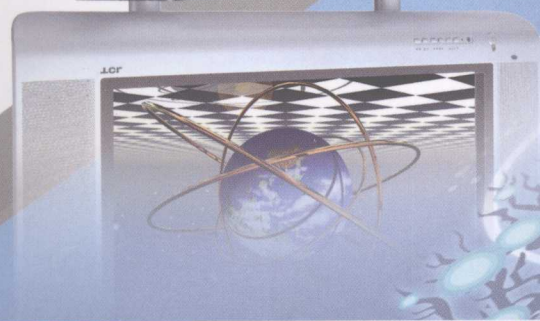


名优家电系列丛书

TCL

LCD平板彩色电视机 原理与分析

TCL多媒体科技控股有限公司 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

名优家电系列丛书

TCL LCD 平板彩色电视机 原理与分析

TCL 多媒体科技控股有限公司 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

TCL LCD 平板彩色电视机原理与分析/TCL 多媒体科技控股有限公司编著.

—北京:人民邮电出版社,2007.7

(名优家电系列丛书)

ISBN 978-7-115-16158-1

I. T... II. T... III. 液晶电视:彩色电视—电视接收机—理论 IV. TN949.192

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 059114 号

内 容 提 要

本书系统地介绍了 LCD(液晶显示)平板彩色电视机的性能特点、电路结构和工作原理,并以 TCL 王牌 GC32 机芯为例进行了细致的分析,详细论述了 LCD 平板彩色电视机音频/视频信号的数字处理技术及软件控制系统,体现了液晶平板电视机的最新技术成果。

本书内容新颖、全面、系统,叙述深入浅出,通俗易懂,适合于平板彩色电视机设计、生产、检测、维修人员及广大无线电爱好者阅读,也可作为大中专院校、职业院校消费电子类专业的教学参考书。

名优家电系列丛书

TCL LCD 平板彩色电视机原理与分析

- ◆ 编 著 TCL 多媒体科技控股有限公司
责任编辑 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>
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.75
字数: 495 千字
印数: 1—6 000 册
- 2007 年 7 月第 1 版
2007 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16158-1/TN

定价: 33.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

《名优家电系列丛书》

编委会

主 任： 季仲华

副 主 任： 吕晓春 顾 翀

编 委： （以姓氏笔画为序）

安永成 刘 朋 刘文铎 刘宪坤

孙景琪 宋东生 张 鹏 姚予疆

龚 克 黄良辅 程仁沛 韩华胜

《家电维修》 出版者的话

随着我国市场经济的发展，我们欣喜地看到，在电视机、空调器、电冰箱、洗衣机、微波炉等家电生产行业，经过激烈的市场竞争，优胜劣汰的市场选择，涌现了一批靠优质名牌产品取胜，实现产品规模化生产经营的家电名优企业，这些企业的产品占据了国内家电产品市场的绝大部分份额。对于广大消费者来说，他们希望购买使用优质的名牌产品，更希望获得优质的售后服务。为此我们组织出版了这套名优家电系列丛书，目的就是在这些名优家电企业和广大消费者之间，架起一座桥梁，协助企业做好售后服务。

这套丛书将选择在我国市场占有率名列前茅的家电名优企业产品，出版一系列图书，以该企业内专业人员为主编写，并提供线路图等维修数据资料，介绍其各类产品的功能特点、工作原理以及安装和维修方法。相信这套丛书的出版，会有助于提高广大家电维修人员的维修水平，解决维修难的问题。

现代电子技术发展迅速，新产品日新月异，我们衷心希望和全国名优家电企业共同努力，以精益求精、服务社会的精神，出版好这套丛书。我们也希望广大家电维修人员、专家、学者和电子技术爱好者，对这套丛书的编辑出版提出宝贵意见，给予帮助。

“TCL 王牌彩色电视机系列” 丛书编委会

主 任： 史万文

副 主 任： 陈晓春 韩 青

编 委：	杨福中	黄凯华	戴青松	李建新
	苏德谋	曾兴平	熊成义	冯洁华
	罗天平	李培仁	陈 强	毛明海
	李志强	罗维迁	蔺雅青	

前言

大屏幕平板液晶电视机是近几年国内外市场上的热销产品。由于液晶电视机具有屏幕大,清晰度高,图像对比度及亮度高,失真小,色彩鲜艳,重显画面清晰、细腻,结构薄、轻,功耗小等优点,深受广大消费者的喜爱。由于液晶电视机的寻址、激励方式最适合数字信号,因此它是数字电视时代优良的终端显示器件之一,属于新型高科技产品,近年来已迅猛发展成为彩色电视接收机的主流机型。

随着液晶电视机市场的不断发展,广大读者急需一本详细介绍液晶电视机的系统组成、工作原理和电路分析的参考书。为此,本书的作者们将自己在液晶电视机的研发、教学中积累的资料和心得整理、编撰成书,希望它能对本行业平板电视机的研发、生产、维修和教学有所帮助。

以“成为受人尊敬和最具创新能力的全球领先企业”为宗旨的 TCL 多媒体科技控股有限公司,不断追踪新技术的发展,它所研制生产的 LCD 平板彩色电视机融合了电视技术、计算机技术、液晶显示技术等门类科技的最新成果,代表了“大屏幕、高清晰、轻薄化”的彩色电视机发展潮流。

本书主要以 TCL 王牌 GC32 型液晶高清电视机芯为例,详细介绍了液晶电视的组成、基本工作原理以及该机芯所涉及的新器件、新技术等。其中,第 1 章介绍了液晶材料的电—光特性、彩色液晶显示器的结构与驱动原理、典型的电视机用液晶显示屏的特性、LCD 平板电视机的最新技术发展等。第 2 章通过对 PW181、FLI8532 集成芯片的分析,详细论述了视频信号的数字处理技术,包括多制式视频信号解调、扫描格式变换、图像噪波衰减、图像斜边平滑处理、多制式场消隐插入(VBI)数据处理、平板电视去 γ 校正技术、平板显示器中的彩色空间变换等理论及其在 TCL 液晶电视机中的应用。第 3 章是对 GC32 机芯电视信号接收与解调电路的系统分析,包括 GC32 机芯整机电路的结构、高频调谐电路和视频解调电路的组成与分析、视频信号数字化及其标准、高速数字视/音频传输(HDMI 和 DVI)接口电路结构与信号解调原理、ESD 保护及 EMI 干扰抑制技术、画中画子通道的电路分析等。第 4 章是伴音电路的分析,详细论述了单载频制及双载频制双伴音/立体声伴音系统、NICAM728 伴音系统、音频基带信号的处理、适用于平板类电视机的 D 类音频功放电路等。第 5 章是 GC32 机芯的软件系统分析,主要介绍了 MCU 的架构、系统主循环、主要程序(初始化、搜台、OSD 处理、定时处理、PIP、HDMI、逐行处理、程序升级与调试等)模块的处理流程。第 6 章的内容是开关稳压电源,主要介绍了交流进线滤波器、有源功率因数校正电路和准谐振 DC/DC 变换器、同步整流技术的应用等开关电源新技术。本书内容反映了目前国内液晶电视机先进的设计思想和技术水平。

在本书的编写过程中,我们得到了中国电子科技集团公司第三研究所、国家广播电视产品质量监督检验中心著名专家安永成教授的具体指导和帮助,并由他亲自编写了本书的第 2

章和第 1.7 节。本书第 1 章其余各节和第 3、4、6 章由李培仁教授编写；第 5 章由研发中心软件设计部陈强、毛明海及 GC32 组的工程师编写；全书由李培仁教授统稿。本书的编写工作得到了 TCL 多媒体研发中心陈晓春总裁、杨福军副总裁、总工程师黄凯华先生、副总工程师徐洪涛先生、软件设计部付遥远先生的关心和指导；多媒体研发中心的李志强、周栋超、罗维迁、蔺雅青、罗天平等工程师为本书的编写提供了大量资料和宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

本书内容新颖、全面、系统，叙述深入浅出，通俗易懂，图文并茂，实用性强，适合于平板电视机科研、设计、生产、检测及维修人员阅读使用，也可作为大中专院校、职业技术学院消费电子类专业的教学参考书。

由于作者水平有限，加之编写时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 液晶彩色显示器 (LCD) 的工作原理	1
1.1 电视机显示器件的特点简介	1
1.2 彩色液晶显示器的结构与工作原理	3
1.2.1 液晶及其电-光特性	3
1.2.2 液晶彩色显示器的结构	5
1.3 TFT-LCD 的驱动	9
1.3.1 驱动时序	9
1.3.2 驱动电压波形	10
1.3.3 TFT-LCD 像素矩阵的有源驱动电路	10
1.3.4 TFT-LCD 有源矩阵驱动的优点	11
1.4 液晶彩色显示器的技术指标	11
1.5 低压差分信号接口芯片	13
1.5.1 LVDS 的特点	13
1.5.2 LVDS 标准	15
1.5.3 LVDS 的应用	15
1.6 TFT-LCD 模块	16
1.6.1 LC300W01 液晶屏	16
1.6.2 V230W1-L01 液晶屏	23
1.6.3 LTA400W2-L01 液晶屏	29
1.7 LCD 平板电视机的最新技术发展	39
1.7.1 提升彩色色域呈现范围	39
1.7.2 采用广视角技术	40
1.7.3 加快响应速度技术	49
1.7.4 液晶显示器的其他性能改进	52
第 2 章 LCD 平板彩色电视机中的扫描格式变换电路	54
2.1 具有自适应视频信号处理的多媒体显示控制电路 ——PW181 图像处理集成电路简介	54
2.1.1 概述	54
2.1.2 PW181 图像处理电路的特性与功能	56
2.1.3 方框图和运行模式	58
2.1.4 同步信号处理	60
2.2 PW181 图像处理集成电路引脚信息	63

2.2.1	引脚图	63
2.2.2	引脚功能说明	63
2.3	FLI8532 数字视频处理电路和 LCD 液晶电视控制电路	74
2.3.1	概述	74
2.3.2	FLI8532 集成电路的整机设计方案	74
2.3.3	FLI8532 集成电路的特点	76
2.3.4	FLI8532 的引脚外形图和引脚功能	78
2.3.5	未来 BC 版引脚的变化	96
2.4	FLI8532 集成电路的功能说明	96
2.4.1	时钟信号生成	96
2.4.2	硬件复位	99
2.4.3	软件复位	100
2.4.4	模拟前端 (AFE)	100
2.4.5	多制式视频解码器	104
2.4.6	多制式场消隐期插入 (VBI) 数据处理	105
2.4.7	数字输入端口	105
2.4.8	测试图发生器	108
2.4.9	输入格式测试 (IFM)	108
2.4.10	图像噪声衰减和信号调整	111
2.4.11	Faroudja 视频信号处理的 DCDi®	112
2.4.12	先进的数字彩色控制	114
2.4.13	画中画混合器——画中画 (PIP) 通道信号处理	115
2.4.14	视频增强技术	116
2.4.15	帧存储接口	118
2.4.16	显示器输出接口	119
2.4.17	能量频谱管理™ (ESM)	122
2.4.18	屏显 (OSD)	122
2.4.19	片内微控制器 (OCM)	123
2.4.20	引导程序 (Bootstrap) 配制引脚	126
2.4.21	主寄存器接口	126
2.4.22	其他集成的系统功能	127
2.5	平板电视机中的去 γ 校正技术	128
2.5.1	γ 校正的必要性	129
2.5.2	γ 校正的原理	130
2.5.3	显示器中的数字去 γ 校正电路	131
2.6	平板显示器中的彩色空间变换	132
2.6.1	彩色空间变换的必要性	133
2.6.2	模拟电视中的亮度、色度方程式	133
2.6.3	数字电视中的亮度、色度方程式	133

2.6.4	显像三基色、基准白的色度坐标与亮度方程式的关系	135
2.6.5	亮度、色度信号码电平的分配	140
2.6.6	色度空间变换	142
2.7	平板彩色电视机中的数字信号接口和宽带数字内容保护	144
2.7.1	平板彩色电视机中数字信号接口的优点	144
2.7.2	DVI 接口	145
2.7.3	HDMI 接口	146
2.7.4	宽带数字内容保护 (HDCP)	147
第3章	GC32 高清机芯视频通道电路分析	153
3.1	GC32 机芯的特点与结构	153
3.1.1	GC32 机芯的特点	153
3.1.2	采用 GC32 机芯构成的电视机系列	154
3.1.3	GC32 机芯的电视信号处理流程及电路结构	155
3.2	高频调谐电路与视频检波电路	158
3.2.1	射频有源分配器	159
3.2.2	高频电视信号接收电路	160
3.2.3	视频检波电路	165
3.2.4	TMQZ6-429B 型高频调谐器电路分析	166
3.3	视频信号的数字化及其标准	169
3.3.1	彩色视频信号的数字编码	170
3.3.2	视频信号数字化编码标准	172
3.3.3	数字分量视频信号的接口标准 (主要参数)	173
3.3.4	数据传输速率	175
3.4	HDMI 接口电路分析	175
3.4.1	HDMI 接口	175
3.4.2	HDMI 接收器件——Sil 9021 芯片	186
3.4.3	Sil 9021 与 HDMI 接口电路的保护与抗干扰技术	199
3.4.4	GC32 机芯中 HDMI 接口的实际电路	205
3.5	GC32 机芯的 DVI 接口电路分析	207
3.5.1	DVI 工作原理	207
3.5.2	DVI 接口引脚功能描述	207
3.5.3	DVI 接口的电路连接	209
3.6	子画面电视信号的解调	209
3.6.1	SAA7117AH 介绍	209
3.6.2	EMI 噪声抑制措施及贴片式磁珠的特性	224
3.6.3	子画面信号解调电路的组成	226

第4章 伴音电路分析	228
4.1 GC32 机芯伴音系统的组成	228
4.1.1 伴音系统的组成	228
4.1.2 电视伴音接收方式	228
4.1.3 MSP3410G 的功能特点与结构	230
4.2 音频基带信号处理	231
4.2.1 音效处理注册商标	231
4.2.2 自动音量修正	231
4.2.3 辅助低音输出	232
4.2.4 MB 低频扩展系统	232
4.2.5 锁相时钟振荡器与晶振规格	233
4.2.6 I ² S 总线接口	233
4.3 伴音中频解调电路分析	234
4.3.1 MSP3410G 可解调的 TV 立体声	234
4.3.2 单载频制双伴音/立体声电视伴音系统	235
4.3.3 双载频制双伴音/立体声电视伴音系统	236
4.3.4 NICAM728 数字伴音系统	238
4.3.5 解调信号的预处理	240
4.3.6 自动伴音信号源选择	240
4.4 伴音功放电路	241
4.4.1 D 类功率放大器	242
4.4.2 TPA3004D2 的调制方案	243
4.4.3 TPA3004D2 的结构	245
4.4.4 对电源退耦电容及其排布位置的要求	246
4.4.5 输出滤波器	246
4.4.6 TPA3004D2 的性能特点	247
4.4.7 GC32 机芯中的音频功放电路	249
第5章 软件系统	252
5.1 电视信号的处理流程	252
5.1.1 信号流程	252
5.1.2 MCU 架构	252
5.1.3 系统主循环	255
5.2 系统模块	256
5.2.1 初始化	256
5.2.2 搜台	258
5.2.3 模式处理 (Mode Handler)	260
5.2.4 OSD (On Screen Display) 处理	261

5.2.5 定时处理	265
5.2.6 电源管理	266
5.2.7 程序在线升级和调试	268
5.3 应用技术	271
5.3.1 图像处理	271
5.3.2 声音处理	277
5.3.3 PIP 处理	279
5.3.4 HDMI 模块	285
第 6 章 开关稳压电源	291
6.1 GC32 机芯开关电源的组成	291
6.2 进线滤波器 (EMC 滤波器)	291
6.3 有源功率因数校正电路	292
6.3.1 AC-DC 电路输入功率因数与谐波的关系	293
6.3.2 功率因数校正电路的基本原理	293
6.3.3 NCP1650 功率因数校正集成控制器的结构与工作原理	295
6.3.4 GC32 机芯中的功率因数校正电路	298
6.4 DC-DC 变换器	300
6.4.1 准谐振 DC-DC 变换器 (12V/4A) 的组成	300
6.4.2 同步整流电路	303
6.4.3 DC-DC 变换器 (24V/6A)	304
6.4.4 DC-DC 变换器 (12V/5V)	305
附录 SJ/T 11343—2006 《数字电视液晶显示器通用规范》 摘录	310
主要参考资料	315

第 1 章 液晶彩色显示器 (LCD) 的工作原理

随着电子信息科学的发展和超大规模集成电路制造工艺的进步，电视机领域已不再是阴极射线管 (CRT) 电视一统天下，液晶显示 (LCD) 电视、等离子显示 (PDP) 电视、数字光处理 (DLP) 技术投影电视等许多新型的大屏幕、高清晰、数字化、平板式、高品质的电视机已投放市场，快速进入了普通百姓的家庭。了解这些新型电视机显示器件的工作原理，尤其是本书将主体分析的 LCD 电视的液晶显示屏的结构与原理，对广大电视工作者、无线电爱好者来说，无疑是十分必要的。

本章首先简单介绍几种用于电视机的显示器件的种类及特点，然后详细介绍液晶电视彩色显示器的结构、工作原理、驱动电路和技术指标，并介绍在 TCL 王牌液晶平板电视机中应用较多的几种液晶显示屏。

1.1 电视机显示器件的特点简介

目前，大屏幕电视机显示器件的种类繁多，主要有：阴极射线管 (CRT) 型直视式显示器和 CRT 型背投影显示器、液晶显示器 (LCD) 和 LCD 投影式 (透射) 显示器、微型硅基液晶 (反射) 投影式显示器 LCOS、等离子显示器 (PDP)、数字光处理 (DLP) 投影显示器、有机电致发光彩色平板显示器 (OLED)。表 1-1-1 对几种主要的显示器件的特性作了对比。其中，除 OLED 外，都属 TCL 王牌电视机目前上市产品所选用的显示器件的类型。

表 1-1-1 几种 TV 用显示器件的主要特点

显示器件名称	主要优点	主要缺点
CRT 显示器	① 历史悠久，技术成熟，可靠性高，一致性好，温度稳定性好； ② 发光强度高，平均 100~120cd/m ² ； ③ 清晰度、对比度、灰度等级、发光效率高； ④ 响应速度快，显示运动图像无拖影； ⑤ 图像调制、寻址方式简单； ⑥ 价格低廉。寿命长，一般大于 2 万小时	① 为电真空器件，体积大，质量重； ② 屏幕尺寸在 91cm (36 英寸) 以下，再大有难度； ③ 扫描光栅有几何失真及非线性失真，且易受地磁影响； ④ 屏幕边缘色纯裕度小，清晰度差，分辨率及亮度低； ⑤ 有阳极高压，有 X 射线辐射； ⑥ 显像管电光特性有非线性，需 γ 校正； ⑦ 功耗较大

续表

显示器件名称	主要优点	主要缺点
LCD 显示器 (直显式)	① 由于是数字化像素寻址,可逐行寻址和高场频显示,故有利于消除行间闪烁和图像大面积闪烁; ② 光栅无几何失真和非线性失真,不受地磁影响。屏幕边缘的亮度、清晰度与屏幕中心相同; ③ 像素密度大,清晰度高,可支持 HDTV 格式; ④ 质量轻、厚度薄、屏幕大(40 英寸以上)、功耗小; ⑤ 电光转换近于线性,无需非线性 γ 校正; ⑥ 寿命长,可达 5 万小时; ⑦ FLCD 有记忆功能,可自动保存最后显示的图像作壁挂画	① 不能主动发光,需要背光源; ② 响应时间、屏幕亮度、对比度、可视角度方面目前略低于 CRT 显示器; ③ 价格略高
LCOS 微型硅基液晶显示器 (投影显示式)	与 LCD 优点大致相同。 ① 图像亮度、对比度高,清晰度可支持 HDTV 格式; ② 是固定分辨率器件,全屏的清晰度、亮度相同; ③ 三片式 LCOS 屏幕会聚不受地磁影响	① 采用光学器件构成投影式显示,会聚、聚焦等调整较复杂; ② 投影灯寿命有待提高; ③ 价格高
PDP 等离子显示器	① 由于是数字化像素寻址的子帧驱动方式,可高场频显示,故有利于消除行间闪烁和图像大面积闪烁; ② 自发光平面显示器件,不需背光源; ③ 光栅无几何失真和非线性失真,不受地磁影响。屏幕边缘的亮度、清晰度与屏幕中心相同; ④ 像素密度大,清晰度高,可支持 HDTV 格式; ⑤ 质量轻、厚度薄、屏幕大(40 英寸以上)、功耗小; ⑥ 响应速度快,重显高速运动图像时无拖尾; ⑦ 低电压(几百伏),无 X 射线辐射; ⑧ 屏幕有记忆功能,可作壁挂画显示	① 难以做成小屏幕显示器,一般在 40 英寸以上; ② 发光效率低,功耗大; ③ 价格偏高
DLP 数字光处理投影显示器	① 利用微镜(DMD)反射成像,光效率高,亮度高,灰度等级丰富,对比度优于 LCD,略低于 CRT; ② 由于是数字化像素寻址驱动方式,可高场频显示,无行间闪烁和图像大面积闪烁; ③ 固定分辨率显示,色纯、会聚、聚焦不受地磁影响,调整方便; ④ 响应速度快,适于高速运动图像的显示; ⑤ 可靠性高,寿命长	① 有投影灯,寿命较短; ② 成本高,价格高
OLED 有机电致发光显示器	① 自发光,全彩色,超轻超薄,可卷曲; ② 亮度高,可达 $300\text{cd}/\text{m}^2$ 以上; ③ 视角宽,分辨率高,可达 30 线/毫米以上; ④ 响应速度快,为微秒级; ⑤ 全固态集成器件,工作稳定,寿命长; ⑥ 工作电压低,通常为几伏,功耗低; ⑦ 发光材料丰富,制造工艺简单; ⑧ 是最有发展前途的显示器件	① 发光材料老化问题有待解决; ② 价格较高

1.2 彩色液晶显示器的结构与工作原理

1.2.1 液晶及其电—光特性

液晶显示器的英文书写为 LCD (Liquid Crystal Display)，它是基于液晶电—光控制特性的一种显示器件。

① 液晶是一种介于固体与液体之间，具有规则性分子排列的有机化合物，是由奥地利植物学家莱尼茨尔 (F. Reinitzer) 发现的。在常温状态下，液晶具有类似于晶体的光学各向异性，且为混浊黏稠的液体。当继续加热时，则变成光学各向同性而透明的液体。所以液晶材料在常温条件下，既有液体的流动性，又有晶体的光学各向异性，因而称为“液晶”。它既不同于不能流动的晶体，也有别于光学各向同性的液体。

② 最常用的液晶形态为向列型液晶，由细长的棒状分子（长宽在纳米数量级）组成，各棒状分子长轴平行，指向某一方向，或分子长轴方向不完全相同，但宏观上有某一平均方向。正是由于液晶分子有指向性排列这一特点，使其物理参数在分子长轴方向及其垂直方向取不同值。液晶分子的排列结构不像晶体结构那样坚固，在电场、磁场、温度、应力等外部条件的影响下，很容易发生再排列，使液晶的各种光学性质随之发生变化。液晶这种各向异性及其分子排列易受外加电场、磁场的控制的特性，正是液晶能用于显示器件的物理基础。

③ 液晶分子长轴方向的介电常数与短轴方向的介电常数是不同的，在外加电场作用下，液晶分子的排列状态会发生变化，如图 1-2-1 所示。这种由于外加电场的作用使液晶分子排列变化而引起液晶光学性质（透光度）改变的现象，称为液晶的“电—光效应”。利用液晶的“电—光效应”，可控制显示屏上每个像素的光强而形成所需图像或文字，从而制成液晶显示器件。

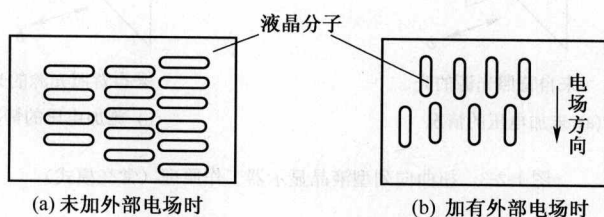


图 1-2-1 液晶分子的排列

④ 在一对平行放置、取向相互垂直的槽状物（称为取向膜）间填充液晶，液晶分子在这对槽状物之间会排列成多层，通过取向膜的引导，使不同层液晶分子的长轴沿取向膜平行平面连续扭转 90° ，如图 1-2-2 所示。

⑤ 在上述取向膜与液晶层的两边设置一对平行放置、偏振方向相互垂直的光学偏振片，并使取向膜的槽状方向与偏振片的偏振方向一致。偏振片的作用是将入射白光过滤成与偏振片的偏振方向一致的偏振光。光源射入侧的偏振片称为起偏器，射出侧的偏振片称为

检偏器。当偏振光垂直射向无外加电场的液晶分子时，入射光将随液晶分子轴的 90° 扭曲而旋转射出（称为液晶的旋光性），如图 1-2-3 (a) 所示。有这种 90° 旋光特性的液晶材料称为扭曲向列型液晶 (TN-LCD)。

⑥ 若对液晶施加适当的电场，用以改变液晶分子的排列，如图 1-2-3 (b) 所示，液晶分子长轴排列方向将改变为与电场方向平行，此时液晶分子不再有旋光性排列，入射的偏振光不能通过检偏器而射出。这种不加电场而有光射出的组合称为常亮模式。显然，若两偏振片的偏振方向相互平行，则透光、遮光的情况会相反，此种组合称为常暗模式。

⑦ 液晶显示器本身不发光，需外设光源。外光源可以是阳光，也可以是装在显示器背面的荧光灯背光源。

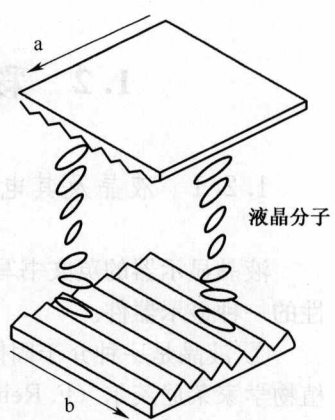


图 1-2-2 液晶分子在相互垂直的取向膜之间的排列

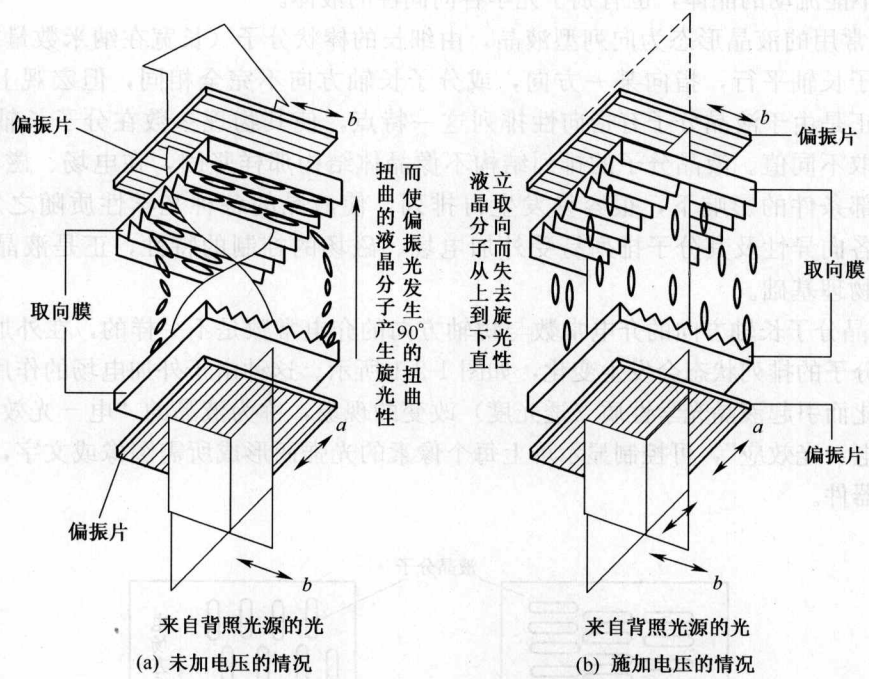


图 1-2-3 扭曲向列型液晶显示器工作原理（常亮模式）

⑧ 液晶的电—光特性：给液晶体施加一定的电压时，液晶分子将在电场的作用下重新排列，我们用液晶分子的扭曲角度所形成的光透过率随外加电压的变化来表示液晶的电—光响应特性，如图 1-2-4 所示。

图 1-2-4 中， V_{th} 为阈值电压（临界电压）， V_{sat} 为饱和电压。
从图 1-2-4 可见，液晶的电—光特性表明，液晶在外加电压控制下可视为一个光阀。
因液晶在直流电压作用下易发生化学变化，故常用交流电压驱动液晶。由于液晶对驱动电压的响应具有时间积分特性，所以其电—光特性受驱动电压有效值 (V_{rms}) 的控制。

常暗模式液晶透过光的强度与 V_{rms} 的关系如图 1-2-4 (a) 所示， V_{rms} 达到阈值 V_{th} （一般