



电气工程应用技术丛书

LCD背光驱动电路 设计与应用实例

周志敏 纪爱华 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电气工程应用技术丛书

LCD 背光驱动电路设计与应用实例

周志敏 纪爱华 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

LCD背光驱动电路设计与应用实例 / 周志敏, 纪爱华编
著. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 8
(电气工程应用技术丛书)
ISBN 978-7-115-19990-4

I. L… II. ①周…②纪… III. 液晶显示器—电路设计
IV. TN873

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第099115号

内 容 提 要

本书结合国内外 LCD 背光源技术的应用和发展情况, 在简要介绍 LCD 及背光源基础知识的基础上, 全面系统地阐述了 LCD 背光源的最新应用技术。全书共分为 6 章, 主要内容包括 LCD 背光源技术、CCFL 及 EL 背光源与驱动电路、白光 LED 背光驱动电路、LCD 背光驱动集成电路、LCD 背光驱动电路设计、LCD 背光驱动电路设计实例。

本书题材新颖, 内容丰富, 文字通俗易懂, 具有较高的实用价值, 可供电子、信息、航天、汽车、国防及家电等领域从事 LCD 背光驱动电路开发、设计和应用的工程技术人员和高等学校相关专业的师生阅读参考。

-
- ◆ 编 著 周志敏 纪爱华
责任编辑 刘 朋
 - ◆ 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>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.5
字数: 452 千字 2009 年 8 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2009 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19990-4/TN

定价: 35.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223
反盗版热线: (010) 67171154

前 言

液晶显示器 (Liquid Crystal Display, LCD) 的应用已从便携式仪表和笔记本电脑扩展到移动电话、汽车导航系统、PDA、台式计算机显示器和电视机等领域。应用领域的扩展使 LCD 的自然色再现性成为关注的焦点, 某些特殊应用领域要求 LCD 的色再现范围超过 NTSC 的色彩规格。LCD 的设计要素已从原来的低功耗转到了高亮度和高图像质量, LCD 背光源技术是提高 LCD 图像质量的核心技术。

由于 LCD 是靠反射光线进行显示的器件, 因此, 在环境光线较弱时就需要有光源来使显示变得清晰, 这就产生了 LCD 的背光技术。背光源性能的好坏会直接影响 LCD 的显像质量。LCD 背光源技术经过半个世纪的发展, 如今已经成为电子专业领域的独立学科, 并逐步形成研究开发热点。随着 LCD 技术的不断发展, LCD 特别是彩色 LCD 的应用领域也在不断拓宽。

应用于 LCD 的背光源主要有白炽灯、场致发光 (EL)、冷阴极荧光灯 (CCFL)、LED 等。由于 EL 背光源亮度低, 寿命短, 目前在 LCD 中已很少采用。而 CCFL 是大尺寸 LCD 的主流背光源, 但由于其先天特性导致无法突破某些色彩障碍, 因此, 在色彩表现方面无法令使用者享受到类似大自然丰富艳丽的影像, 尤其无法完美表现出鲜艳的红色。取代 CCFL 背光源的技术也陆续被提出。LED 在 LCD 背光源中最有竞争力, 可以提供高效率的发光和宽范围的色域, LED 背光源已被业界广泛关注, 并在中小尺寸 LCD 中得以广泛应用。

在背光源设计中, 所选用背光源驱动电路的设计方案决定了背光源的功耗、亮度、颜色等光电参数, 也决定了其使用条件和使用寿命等特性。为此, 本书结合国内外 LCD 背光源技术的发展方向, 系统地介绍了 LCD 背光源技术的发展和典型背光驱动电路的技术特性, 重点介绍 LCD 背光驱动电路的设计与应用。本书在编写时尽量做到有针对性和实用性, 目的是使从事 LCD 背光驱动电路开发、设计和应用的技术人员能够从中获益。

读者可以以此为桥梁，全面系统地了解 and 掌握 LCD 背光驱动电路的设计和应用技术。

参加本书编写工作的有周志敏、纪爱华、周纪海、顾发娥、秦庆莲、刘建秀、纪达奇、纪和平等。在本书写作过程中，在资料收集和技术信息交流上都得到了国内专业学者和同行的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免有谬误之处，敬请读者批评指正。

作者

目 录

第 1 章 LCD 背光源技术	1
1.1 LCD 技术	2
1.1.1 LCD 的工作原理、特点与技术特性	2
1.1.2 LCD 常见类型	8
1.2 LCD 背光照明技术	11
1.2.1 背光源的分类	11
1.2.2 LCD 背光模块	13
1.2.3 背光源的技术特性	15
1.2.4 CCFL 背光源与 LED 背光源特性分析	20
1.3 LED 背光照明技术的应用与动向	23
1.3.1 白光 LED 技术	23
1.3.2 白光 LED 用于 LCD 背光照明	25
1.3.3 LED 背光技术的优势	28
1.3.4 LED 背光技术动向	30
第 2 章 CCFL 及 EL 背光源与驱动电路	36
2.1 CCFL 背光源驱动电路	37
2.1.1 CCFL 背光源	37
2.1.2 CCFL 背光驱动器	40
2.2 CCFL 背光照明	47
2.2.1 LCD-TV CCFL 背光照明	47
2.2.2 LCD-TV CCFL 背光照明驱动电路	49
2.2.3 多 CCFL 驱动电路	51
2.2.4 LCD-TV 背光解决方案	53
2.2.5 基于 HT46R14 的 CCFL 驱动电路	55
2.2.6 基于 DS3882 的 CCFL 驱动电路	57
2.3 场致发光背光驱动技术	61

2.3.1	场致发光的技术特性	61
2.3.2	场致发光背光驱动技术	64
2.4	场致发光背光驱动电路	67
2.4.1	IMP522/IMP528 驱动手机 LCD 的应用电路	67
2.4.2	IMP803 驱动 EL 的应用电路	70
2.4.3	HV826 驱动 EL 的应用电路	72
2.4.4	SP4422A 驱动 EL 的应用电路	74
2.4.5	MAX4990 驱动 EL 的应用电路	76
第 3 章	白光 LED 背光驱动电路	81
3.1	LED 驱动技术	82
3.1.1	LED 驱动的技术方案	82
3.1.2	LED 驱动器的特性	83
3.1.3	LED 与驱动器的匹配	85
3.2	白光 LED 驱动技术	91
3.2.1	白光 LED 技术概况	91
3.2.2	白光 LED 驱动器	95
3.2.3	白光 LED 工作电流的匹配	104
3.2.4	白光 LED 的并联和串联驱动	110
3.3	白光 LED 驱动方案比较	117
3.3.1	白光 LED 串联与并联驱动方案	117
3.3.2	白光 LED 驱动电路拓扑选择	120
3.3.3	三种开关式 DC/DC 变换器性能比较	123
3.3.4	LED 背光调光方案	127
第 4 章	LCD 背光源集成驱动电路	133
4.1	CCFL 集成驱动器	134
4.1.1	DS3881 CCFL 集成驱动器	134
4.1.2	DS3882 CCFL 集成驱动器	136
4.1.3	DS3988 CCFL 集成驱动器	139
4.1.4	DS3992 CCFL 集成驱动器	142
4.1.5	DS3994 CCFL 集成驱动器	144
4.1.6	MAX1996A CCFL 集成驱动器	146
4.1.7	FAN7310 CCFL 集成驱动器	149
4.2	LED 集成驱动器	151
4.2.1	MAX1553/MAX1554 白光 LED 集成驱动器	151
4.2.2	MAX1578/MAX1579 白光 LED 集成驱动器	152
4.2.3	MAX8901A/MAX8901B 白光 LED 集成驱动器	153
4.2.4	MAX1570 白光 LED 集成驱动器	154
4.2.5	MAX1577Y/MAX1577Z 白光 LED 集成驱动器	155
4.2.6	MAX8630Y/MAX8630Z 白光 LED 集成驱动器	156
4.2.7	MAX8631X 白光 LED 集成驱动器	157
4.2.8	MAX1707 白光 LED 集成驱动器	158
4.2.9	AP3605 白光 LED 集成驱动器	159
4.2.10	LTC3454 白光 LED 集成驱动器	161

4.2.11	LT3466 白光 LED 集成驱动器	166
4.2.12	LT3543 白光 LED 集成驱动器	168
4.2.13	LT3486 白光 LED 集成驱动器	170
4.2.14	LT3599 白光 LED 集成驱动器	171
4.2.15	LT3755/LT3755-1 白光 LED 集成驱动器	172
4.2.16	LTC3219 白光 LED 集成驱动器	173
4.2.17	LTC3220/LTC3220-1 白光 LED 集成驱动器	175
第 5 章	LCD 背光驱动电路设计	177
5.1	LCD 背光驱动器	178
5.1.1	LCD 背光驱动器的要求	178
5.1.2	LCD 背光驱动电路的选择	184
5.1.3	小型 LCD 背光的 LED 驱动电路设计考虑因素	188
5.2	LCD 背光驱动电路解决方案	196
5.2.1	背光驱动电路的选择策略	196
5.2.2	LCD 背光驱动电路拓扑选择	198
5.3	LCD 背光驱动电路设计	209
5.3.1	基于电荷泵的移动电话 LCD 背光驱动电路设计	209
5.3.2	基于电感式升压变换器的移动电话 LCD 背光驱动电路设计	216
5.3.3	数码相机背光驱动电路设计	219
5.3.4	8 英寸 LCD 背光驱动电路设计	222
第 6 章	LCD 背光驱动电路设计实例	226
6.1	NCP5009 驱动白光 LED 电路	227
6.2	TPS610××驱动白光 LED 电路	229
6.3	TPS61150/TPS61151 驱动 LED 电路	235
6.4	TPS60230/TPS60231 驱动白光 LED 电路	236
6.5	CAT37 驱动白光 LED 电路	238
6.6	CAT32 驱动白光 LED 电路	241
6.7	CAT3200/CAT3200-5 驱动白光 LED 电路	245
6.8	CAT3604/CAT3606 驱动白光 LED 电路	248
6.9	CAT3636 驱动白光 LED 电路	252
6.10	LC40159 驱动白光 LED 电路	257
6.11	LM27952 驱动白光 LED 电路	262
6.12	LM3354/LM2792 驱动白光 LED 电路	266
6.13	LT3474 驱动白光 LED 电路	268
6.14	LT3478/LT3478-1 驱动 LED 电路	271
6.15	MAX1759 驱动白光 LED 电路	276
6.16	MAX5003 驱动白光 LED 电路	279
6.17	MAX16802 驱动白光 LED 电路	282
6.18	MAX1916 驱动白光 LED 电路	284
参考文献		288

第 1 章

LCD 背光源技术

- LCD 技术
- LCD 背光照明技术
- LED 背光照明技术的应用与动向

1.1 LCD 技术

LCD 是液晶显示器英文 Liquid Crystal Display 的简称。LCD 是平面显示器的一种，按驱动方式可分为静态驱动（Static）、被动矩阵驱动（Simple Matrix）以及主动矩阵驱动（Active Matrix）三种。其中，被动矩阵型又可分为扭转式向列型（Twisted Nematic, TN）、超扭转式向列型（Super Twisted Nematic, STN）及其他被动矩阵驱动 LCD；而主动矩阵驱动大致可分为薄膜式晶体管型（Thin Film Transistor, TFT）及二端子二极管型（Metal Insulator Metal, MIM）LCD 两种方式。TN、STN 及 TFT 型 LCD 因其利用液晶分子扭转原理的不同，在视角、彩色、对比度及动画显示品质上有高低层次的差别，使其在产品的应用范围上亦有明显区别。以目前 LCD 技术所应用的范围以及层次而言，主动矩阵驱动技术是以薄膜式晶体管型（TFT）为主，多应用于笔记本电脑及动画、影像处理产品。而被动矩阵驱动技术目前则以扭转向列（TN）以及超扭转向列（STN）为主，STN-LCD 经由彩色滤光片（Color Filter），可以分别显示红、绿、蓝三原色，再经由三原色比例的调和，可以显示出全彩模式的真彩色。目前彩色 STN-LCD 多用在移动电话、PDA、数码相机、游戏机及文书处理器等便携式电子产品中。

1.1.1 LCD 的工作原理、特点与技术特性

1. LCD 的工作原理

液晶是一种有机复合物，由长棒状的分子构成。在自然状态下，这些棒状分子的长轴大致平行。LCD 的第一个特点是必须将液晶灌入两个列有细槽的平面之间才能正常工作。这两个平面上的槽互相垂直（ 90° 相交），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，而位于这两个平面之间的分子被强迫进入一种 90° 扭转的状态。由于光线顺着分子的排列方向传播，所以，光线经过液晶时也被扭转 90° 。但当液晶加上电压时，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。LCD 的第二个特点是它依赖极化滤光片和光线本身。自然光线是朝四面八方随机发散的，极化滤光片实际上是一系列越来越细的平行线。这些线形成一张网，阻断不与这些线平行的所有光线。第二个极化滤光片的线正好与第一个垂直，所以能完全阻断那些已经极化的光线。只有两个滤光片的线完全平行，或者光线本身已扭转与第二个极化滤光片相匹配，光线才得以穿透。LCD 正是由这样两个相互垂直的极化滤光片构成的，所以，在正常情况下应该阻断所有试图穿透的光线。但是，由于两个滤光片之间充满了扭曲的液晶，所以，在光线穿出第一个滤光片后，会被液晶分子扭转 90° ，最后从第二个滤光片中穿出。另一方面，若为液晶加上电压，分子又会重新排列并完全平行，使光线不再扭转，所以，正好被第二个滤光片挡住。总之，加电将光线阻断，不加电则使光线射出。当然，也可以改变 LCD 中的液晶排列方式，使光线在加电时射出，而不加电时被阻断。但由于液晶屏幕几乎总是亮着的，所以，只有“加电将光线阻断”的方案才能达到最省电的目的。

TFT-LCD 的横截面很像很多层三明治叠在一起,每面的最外一层是透明的玻璃基体,玻璃基体中间就是薄膜电晶体。颜色过滤器和液晶层可以显示出红、蓝和绿 3 种最基本的颜色。通常, LCD 后面都有照明灯以显示画面。

一般只要电流不变动,液晶都处于非结晶状态。这时液晶允许任何光线通过。液晶层受到电压变化的影响后,只允许一定数量的光线通过,光线的反射角度受液晶层变化控制。当液晶的供应电压变化时,液晶就会产生变形,因而光线的折射角度就会不同,从而产生色彩的变化。一个完整的 TFT-LCD 由很多像素构成,每个像素像一个可以开关的晶体管。这样就可以控制 TFT-LCD 的分辨率。如果一台 LCD 的分辨率可以达到 1024×768 (XGA),它就有那么多像素可以显示。

一个厚度不到 1cm 的 LCD 面板看似轻薄短小,其实它的内部由二十多种材料及元件构成。不同类型 LCD 所需的材料不尽相同,但其基本结构如同三明治一样,在两片玻璃基板内夹着彩色滤光片、偏光板、配向膜等材料,并灌入液晶材料(液晶空间不到 5×10^{-6} m),最后封装成一个液晶盒。玻璃基板是一种表面极其光滑的浮法生产薄玻璃片,表面蒸镀有一层氧化铟或氧化锡透明导电层,即 ITO 薄膜。偏振板又称偏光板,由塑料膜材料制成,其上涂有一层光学压敏胶,可以贴在液晶盒的表面。前偏振片表面还贴有一层保护膜,使用时应揭去。偏振片怕高温、高湿环境,在高温高湿条件下它会退偏振或起泡。

2. LCD 的特点

1888 年,澳大利亚植物学家莱尼茨尔(Reinitzer)研究胆甾醇在植物中的作用时,用胆甾基苯进行试验,无意间发现了液晶,但液晶的实际应用直到 20 世纪 50 年代才开始。顾名思义,液晶是固液态之间的一种中间类状态。液晶是一种有机化合物,在一定的温度范围内,它既具有液体的流动性、黏度、形变等机械性质,又具有晶体的热(热效应)、光(光学各向异性)、电(电光效应)、磁(磁光效应)等物理性质。光线穿透液晶的路径由构成它的分子排列方式所决定。人们发现给液晶充电会改变它的分子排列方式,继而造成光线的扭曲或折射。

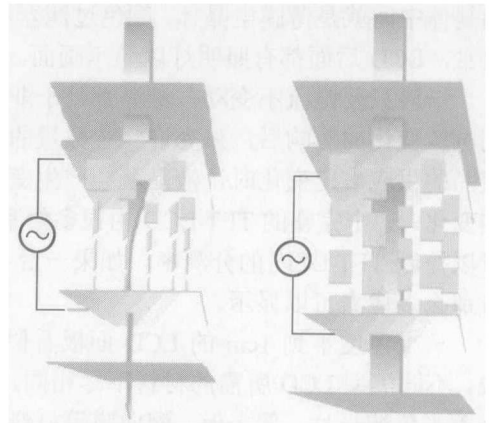
液晶按照分子排列方式的不同分为 3 种:呈晶体颗粒黏土状的称为近晶相(Smectic)液晶,类似细火柴棒的称为向列相(Nematic)液晶,类似胆固醇状的称为胆甾相(Cholestic)液晶。这 3 种液晶的物理特性不尽相同,用于液晶显示器的是向列相液晶。

直到 20 世纪 70 年代,液晶才产生了商业价值,1973 年日本的夏普公司首次将它用于电子计算器的数字显示。现在, LCD 是笔记本电脑和掌上计算机的主要显示设备,在投影机中它也扮演着非常重要的角色,而且它开始逐渐渗入到桌面显示器市场中。

液晶得名于其物理特性,它的分子晶体以液态存在而非固态,大多数液晶都属于有机复合物。这些晶体分子的液体特性使得它具有两种非常有用的特点,如果让电流通过液晶层,这些分子将会按电流的流向进行排列,如果没有电流,它们将会彼此平行排列。如果提供了带有细小沟槽的外层,将液晶倒入后,液晶分子会顺着槽排列,并且内层与外层以同样的方式进行排列。

液晶重要的特性是,液晶层能够使光线发生扭转。液晶层的表现有些类似于偏光器,这就意味着它能够过滤掉除了那些从特殊方向射入之外的所有光线。此外,如果液晶层发生了扭转,光线将会随之扭转,以不同的方向从另外一个面中射出。

液晶的这些特点使得它可以被用来当作一种开关，即液晶可以阻碍光线，也可以允许光线通过，如图 1-1 所示。液晶单元的底层是由细小的脊构成的，这些脊的作用是让分子平行排列。上表面也是如此，在上表面与底层之间的分子平行排列，不过当上下两个表面之间呈一定的角度时，液晶将沿着两个不同方向的表面进行排列，就会发生扭曲。结果便是这个扭曲了的螺旋层使通过的光线也发生扭曲。如果电流通过液晶，所有的分子将会按照电流的方向进行排列，这样就会消除光线的扭转。如果将一个偏振滤光器放置在液晶层的上表面，则扭转的光线允许通过，而没有发生扭转的光线将被阻碍。



(a) 阻碍光线通过 (b) 允许光线通过

图 1-1 液晶阻碍和允许光线通过示意图

LCD 技术按不同的应用目的分成不同的类型，有的为静态显示，比如道路标志和显示屏，它们的显示信息是不变的。平面显示技术则用于传递发生变化的显示信息，所以，显示信息量的大小就决定了所采用的显示技术的类型。对于便携式计算器等设备采用的 LCD 而言，由于所传递的信息量相对较小，则称之为低信息密度显示技术；对于计算机采用的 LCD 而言，由于传递的信息量大，则相应称之为高信息密度显示技术。

3. LCD 的技术特性

(1) 视角

LCD 具有一个最佳观察方向，这个方向称为 LCD 的视角方向。为直观起见，引进钟表盘面来定义 LCD 视角，从哪个视角方向观察 LCD 最清晰，这个方向就是该 LCD 的视角方向。由于 LCD 显示视角范围受限，反应速度慢，在显示快速移动的图像时与 CRT 相比有一种先天的缺陷。在传统的 CRT 显示器或电视机中，图像的显示是通过发光物体磷来实现的，光线从这一层向各个方向发射，只是强弱稍有不同而已。因此，可以从一个很大的可视角范围内来看屏幕，无论从哪个角度去观察，显示的亮度、色彩都和正视效果相近。

目前大多数纯平显示器的视角都能达到 180° ，也就是说，从屏幕前的任意一个方向都能清楚地看到所显示的内容。而 LCD 则不同，它的可视角度根据工艺先进与否而有所不同，部分新型产品的可视角度已经能够达到 160° 左右，跟 CRT 的 180° 已经非常接近。也有一些 LCD 虽然标称视角为 160° ，但实际上却达不到这个标准。在使用过程中一旦视角超出其实际可视范围，画面的颜色就会减退、变暗，甚至出现正像变成负像的情况。

LCD 和其他大多数显示技术一样，也需要强的背景光线穿过液晶层或者其他显示层来形成图像，从而完成图像的传递过程。LCD 的特性决定了它所需的背景光是定向的。举一个形象的例子来说，就好比手中握有一支吸管，它的一端对准光源，如果通过另一端直视吸管，将会看到光源射出的光线。但是，如果稍微移开眼睛，从其他的方向去看的话，就无法观察到光线了。LCD 技术正是如此，虽然液晶分子并不像吸管一样是中空的，但是它们的有序排列阻止了光线向其他方向发射。为了解决视角问题，LCD 制造商采用的重要技术有以下几种。

① 直接在显示器外面附加一层漫射膜是解决光线漫射的方法之一，漫射膜可以将特定传播方向的光线向各个方向散射，从而增大可视角度。不过这种方法只能达到一定程度的改善。

② 改变通过液晶的电流方向来增大可视角度。电流不再是从顶端流向底端，而是从侧面方向流过。这就使得液晶分子在水平方向上有序排列，从而增大了传递光线的可视角度。

③ 将每个液晶单元分割成大量微小的部分，事先将这些微小单元以不同的方向倾斜，这就使得传播光线在到达这些微小面板的时候向各个方向散射，从而增大可视角度。但高昂的成本限制了该方法的广泛使用，仅在一些具有需要同时从远处和近处观察的台式显示器中才应用这种技术。

(2) 反应速度

LCD 单元在控制信号到达与变化完成之间存在滞后现象，这使得 LCD 在显示快速移动图像时与 CRT 相比具有一种先天的缺陷。CRT 的电子枪发射电子束到被激发的荧光粉发光几乎是瞬间完成的。LCD 的这种时间滞后被称为反应时间，其单位通常是毫秒。被动矩阵显示器的响应时间很长，约为 150ms 或更长，所以，不适于显示诸如电影等移动画面。

在主动矩阵显示器中像素响应时间因设计不同而异，主要受到几个因素影响，包括用来驱动 LCD 单元的电压、LCD 单元的厚度和使用的液晶材料。标准的主动矩阵显示器一般有 40ms 的响应时间，也就是说每秒能显示 25 帧。平面内转换增大了可视角度，但显示会变慢，一般有 70ms 的反应时间，更快一些的反应时间为 25ms。

测量反应速度的时间单位是毫秒 (ms)，指的是像素由亮转暗并由暗转亮所需的时间。这个数值越小越好，数值越小，说明反应速度越快。目前主流 LCD 的反应速度都在 25ms 以上，在一般商业用途（例如字处理或文本处理）中没有太大关系，因为此类用途不必太在意 LCD 的反应时间。而如果是用来玩游戏、观看 VCD/DVD 等全屏高速动态影像，反应时间就尤其重要了。如果反应时间较长的话，画面上就会出现拖尾、残影等现象。举个简单的例子，现在市场上绝大多数 LCD 在玩 QUAKE3 时都会有不同程度的拖尾现象，在画面高速更新时尤其明显。而 CRT 则完全没有这个问题，因为 CRT 的反应时间只有 1ms，是绝对不会出现拖尾现象的。

(3) 显示色彩

LCD 的一个重要的技术指标是显示色彩，CRT 显示器所能表现出的色彩几乎是无穷的，因为它是模拟设备。只需改变红、绿、蓝 3 种模拟信号的强度，就可以得到不同的色彩。与 CRT 一样，LCD 技术也是根据电压的大小来改变 LCD 的亮度，但是只有主动矩阵 LCD 可以单独控制每个像素，被动矩阵 LCD 每次都要驱动整行或整列像素，因此，它的灰阶表现能力很差。

在色彩方面，LCD 也比不上 CRT 显示器。从理论上讲，CRT 显示器可显示的色彩跟电视机一样为无限，而 LCD 只能显示大约 26 万种颜色。绝大部分产品都宣称能够显示 1 677 万种颜色（16 777 216 种颜色，32 位），但实际上都是通过抖动算法 (Dithering) 来实现的，与真正的 32 位色相比还是有很大差距，所以，LCD 在色彩的表现力和过渡方面仍然不及传统的 CRT 显示器。同样的道理，LCD 在表现灰度方面的能力也不如 CRT 显示器。

每个 LCD 的子像素显示的颜色取决于色彩过滤器，由于液晶本身没有颜色，所以，用滤色片产生各种颜色而不是子像素，子像素只能通过控制光线的通过强度来调节灰阶，只有

少数主动矩阵显示采用模拟信号控制，大多数则采用数字信号控制技术。大部分数字控制的 LCD 都采用了 8 位控制器，可以产生 256 级灰阶。每个子像素能够表现 256 级，那么就能够得到 256×3 种颜色，每个像素能够表现 16 777 216 种成色。因为人的眼睛对亮度的感觉并不是线性变化的，人眼对低亮度的变化更加敏感，所以，这种 24 位的色度并不能完全达到理想要求，但通过采用脉冲电压调节的方法可以使色彩变化看起来更加统一。应用中采用了两种技术来提高主动矩阵显示中每个液晶单元的灰阶显示数目。

① 将 4 个毗连成正方形的像素作为一个单元，如果其中一个的灰阶太低，那么相邻的像素就会提高自身的亮度，从而显示出一个比较适中的灰阶，4 个像素最后会显示出 3 个适中的最终灰阶作为显示结果。这种方法的最大缺点在于降低了显示的分辨率。

② 框架速率控制 (FRC) 技术是在显示每屏图像时多次刷新像素，与抖动方法不同的是，框架速率控制 (FRC) 技术采用时间控制方式。如果显示一幅画面需要的时间分为很多帧，像素就可以在帧的切换当中造成一种灰阶的过渡态，4 帧就可以造成 3 个过渡态。这种设计的优点是可以不降低图像的分辨率，广泛应用于现代的主动矩阵显示器中。

(4) 分辨率

分辨率是一个非常重要的性能指标。它指的是屏幕上水平和垂直方向所能够显示的点数 (屏幕上显示的线和面都是由点构成的) 的多少，分辨率越高，同一屏幕内能够容纳的信息就越多。对于一台能够支持 $1\,280 \times 1\,024$ 分辨率的 CRT 显示器来说，无论分辨率是 320×240 还是 $1\,280 \times 1\,024$ ，都能够比较完美地表现出来 (因为电子束可以作弹性调整)。但它的最大分辨率未必是最合适的分辨率，因为如果 17 英寸 (1 英寸=25.4 毫米) 显示器的分辨率调到 $1\,280 \times 1\,024$ 的话，Windows 操作系统的字体会很小，观看时间一长眼睛就容易疲劳，所以 17 英寸显示器的最佳分辨率应为 $1\,024 \times 768$ 。

但对 LCD 来说则不然，LCD 的最大分辨率就是它的真实分辨率，也就是最佳分辨率。一旦所设定的分辨率小于真实分辨率 (比如说 15 英寸 LCD，其真实分辨率为 $1\,024 \times 768$ ，而 Windows 操作系统中设定的分辨率为 800×600)，将有两种显示方式。一种是居中显示，只有 LCD 中间的 800×600 个点会显示图像，其他没有用到的点不会发光，保持黑暗背景，看起来画面是居中缩小的。另一种是扩展显示，这种方式会使用到屏幕上的每一个像素，但由于像素很容易发生扭曲，所以，会对显示效果造成一定影响。所以，在选择 LCD 时要注意分辨率不是越大越好而是适当好用。

(5) 刷新率

对于 CRT 显示器来讲，屏幕上的图形图像由一个个因电子束击打而发光的荧光点组成，由于显像管内荧光粉受到电子束击打后发光的时间很短，所以，电子束必须不断击打荧光粉使其持续发光。电子枪从屏幕左上角的第一行 (行的多少由显示器当时的分辨率所决定，比如 800×600 分辨率下，电子枪就要扫描 600 行) 开始，从左至右逐行扫描，第一行扫描完后再从第二行的最左端开始扫描至第二行的最右端，一直到扫描完整个屏幕后再从屏幕的左上角开始，这时就完成了对屏幕的刷新，周而复始。这样就能够理解为什么显示器的分辨率越高，其所能达到的刷新率最大值就越低。一般来讲，屏幕的刷新率要达到 75Hz 以上，人眼才不易感觉到屏幕的闪烁。CRT 显示器的刷新率是由其行频和当时的分辨率决定的，行频越高，同一分辨率下的刷新率就越高；而在行频一定的情况下，分辨率越高，则它所能达到的刷新率越低。对于 LCD 来说则不存在刷新率的问题，它根本就不需要刷新。因为 LCD

中每个像素都在持续不断地发光，直到不发光的电压改变并被送到控制器中，所以，LCD 不会有“不断充放电”而引起的闪烁现象。

(6) 可视面积

可视面积指的是在实际应用中，可以用来显示图像的那部分屏幕的面积。因为 CRT 显示器的尺寸实际上是其显像管的尺寸，可以用来显示图像的部分根本达不到这个尺寸，因为显像管的边框占了一部分空间。一般来讲，17 英寸 CRT 显示器的可视面积为 15.8~16 英寸，而 15 英寸显示器的可视面积则只有 13.8 英寸左右。但对于 LCD 来说，标称的尺寸大小基本上就是可视面积的大小，被边框占用的空间非常小，如 15 英寸 LCD 的可视面积为 14.5 英寸左右。这也是为什么 LCD 看起来要比同样尺寸 CRT 显示器更大一些的原因。

(7) 亮度与对比度

LCD 的显示功能主要依靠一个背光的光源，这个光源的亮度决定整台 LCD 的画面亮度及色彩的饱和度。从理论上来说，LCD 的亮度是越高越好，亮度的测量单位为 cd/m^2 （烛光每平方米），也叫 NIT 流明。目前 TFT 屏幕的亮度大部分都是从 $150\text{cd}/\text{m}^2$ 开始起步，通常情况下 $200\text{cd}/\text{m}^2$ 才能表现出比较好的画面。对比度也就是黑与白两种色彩不同层次的对比测量度。对比度为 120:1 时就可以显示生动、丰富的色彩（因为人眼可分辨的对比度在 100:1 左右），对比率高达 300:1 时便可以支持各阶度的颜色。目前大多数 LCD 的对比度都为 100:1~300:1。

(8) 显示效果

目前绝大部分家用级 CRT 显示器都不同程度地存在着聚焦、会聚、呼吸效应等方面的问题，这与厂家的技术工艺是分不开的。如果生产厂家设计的相关控制电路不够先进，就容易出现前面所说的那些问题。这也是为什么都是同样的显像管，SONY 原厂生产的显示器和其他一些厂家所生产的显示器表现截然不同的原因。而 LCD 则完全没有聚焦等问题，因为它根本就不需要聚焦。但 LCD 也有可能可能会出现线形与非线形失真等问题。

(9) 辐射

因为 CRT 显示器的光线会通过阴极管发出，同时也发出了辐射，所以对人体很不利，但是后来 TC09X 的要求使 CRT 显示器在这方面得到了极大的改善。LCD 由于其工作原理的缘故，工作时不会发出辐射。

(10) 耗电量

主动矩阵 LCD 与 CRT 显示器相比耗电量较小，事实上它已经成为便携式电子设备的标准显示器，从 PDA 到笔记本电脑都广泛采用该种类型的 LCD。但不管怎样，LCD 技术相对效率仍较低，即使屏幕显示白色，从背景光源中发射的光也只有不到 10% 穿过屏幕发出，其他的都被吸收。

如果希望在户外这样强光环境下图像更明亮，就需要一个更亮的背景光源，这将需要更多的电能。如果使用的电池容量一定，更亮的背景光源就会在较短的时间内将电池的电能耗尽。背景光源所耗能量是 LCD 总耗电量的最大组成部分。更大的屏幕、更高的亮度和更高的分辨率都将使 LCD 的耗电量大大增加。另一方面，技术进步通过降低系统电压和提高孔径比使更多的光能通过液晶单元，降低系统的电能需求，使 LCD 的总耗电量维持在 2~5W 之间。一只 CCFL 管的背景光源大约需要 1.2W 能量，所以，使用一只或两只 CCFL 管的屏幕共需要 1.2W 或 2.4W 的能量。

1.1.2 LCD 常见类型

1970 年, Fergason 制造了第一台具有实用价值的 LCD。在此之前, LCD 有许多缺点: 它的电能消耗过大, 使用寿命短, 而且显示对比度低。直到 1971 年, LCD 才被公众接受并开始流行起来。LCD 显示图像时, 是通过电压供应的改变来改变光线的折射以产生色彩。LCD 由中间夹着液晶的两层玻璃或塑料面板构成, 光线可以透过面板。接通电流之后, 液晶可以改变方向以控制光线的通过, 这样液晶就可以调节自己的色彩。LCD 一般都应用在便携电脑或多媒体放映机上。早期的液晶屏表现不稳定, 也不适合大批量生产。直到一位英国科学家发现稳定的液晶材料“联苯”之后, LCD 技术才产生了质的飞跃, LCD 从而广泛出现在计算机、游戏装置和手表上。

早期的 LCD 技术响应速度慢, 效率低, 提供的对比度不高。而且早期的矩阵技术是被动矩阵, 可以提供文本显示, 但显示运动物体后会留下残像。今天, 大多数黑白显示笔记本电脑、手机和便携电话都采用了被动矩阵, 因为 LCD 能显示的文本信息比 CRT 显示的更清晰。

常见的液晶显示器分为 TN-LCD (Twisted Nematic-LCD, 扭曲向列 LCD)、STN-LCD (Super TN-LCD, 超扭曲向列 LCD)、DSTN-LCD (Double Layer STN-LCD, 双层超扭曲向列 LCD) 和 TFT-LCD (Thin Film Transistor-LCD, 薄膜晶体管 LCD) 4 种。其中 TN-LCD、STN-LCD 和 DSTN-LCD 的显示原理相同, 只是液晶分子的扭曲角度不同而已。STN-LCD 的液晶分子扭曲角度为 180° 甚至 270° 。而 TFT-LCD 则采用与 TN 系列 LCD 截然不同的显示方式。

也可将 LCD 技术分为被动技术和主动技术两种, 代表性的产品分别是 DSTN (Double-layer Super Twist Nematic, 双层超扭曲向列相液晶) 和 TFT (Thin Film Transistor, 薄膜晶体管)。DSTN 一直是被动式笔记本电脑显示器的标准, HPA 和 CSTN 则是被动技术的最新改进。HPA 也被称为高性能定址或快速 DSTN。HPA 和 CSTN 皆比 DSTN 提供了更高的对比度和亮度。CSTN 的反应时间现在已下降到 100ms, 并提供 140° 视角。

DSTN 是由超扭曲向列型显示器 (STN) 发展而来的, 由于 DSTN 采用双扫描技术, 因而显示效果较 STN 有大幅度的提高。笔记本电脑刚出现时主要采用 STN。STN 的反应时间较长, 一般为 300ms 左右, 用户能感觉到拖尾 (余辉)。由于 DSTN 分上下两屏同时扫描, 所以, 在使用中有可能在显示屏中央出现一条亮线。

1. 扭曲向列相 (TN) 显示

TN 型液晶显示器件是最常见的一种液晶显示器件, 常见的手表、数字仪表、电子钟及大部分计算器所用的液晶显示器件都是 TN 型器件。一般, 笔段式数字显示所用的液晶显示器件大都是 TN 型器件。

TN 型液晶显示器的基本结构是: 在涂有 ITO 透明导电层的玻璃板上光刻上一定的透明电极图形, 在前后两片这种带有透明导电电极图形的玻璃基板间夹持一层具有正介电各向异性的向列相液晶材料, 四周进行密封, 形成一个厚度仅为数微米的扁平液晶盒。由于在玻璃基板内表面涂有一层定向层膜, 并进行了定向处理, 在盒内液晶分子沿玻璃表面平行排列。但由于两片玻璃内表面定向层定向处理的方向互相垂直, 液晶分子在两片玻璃之间呈 90° 扭曲, 这就是扭曲向列液晶显示器件名称的由来。

TN 系列液晶显示器已基本被淘汰。对于一台成型的 TN 液晶显示屏, 它通常包括玻璃基

板、ITO膜、配向膜、偏光板等制成的夹板，共有两层，称为上下夹层。每个夹层都包含电极和配向膜上形成的沟槽，上下夹层中是液晶分子，接近上部夹层的液晶分子按照上部沟槽的方向来排列，而接近下部夹层的液晶分子按照下部沟槽的方向排列。在生产过程中，上下沟槽呈十字交错，即上层的液晶分子的排列是横向的，下层的液晶分子的排列是纵向的，而位于上、下层之间的液晶分子接近上层的就呈横向排列，接近下层的则呈纵向排列。从整体来看，液晶分子的排列为螺旋形的扭转排列。一旦通过电极给液晶分子加电之后，由于受到外界电压的影响，液晶分子不再按照正常的方式排列，而变成竖立的状态。液晶显示器的夹层上贴附了两块偏光板，这两块偏光板的排列和透光角度与上、下夹层的沟槽排列方式相同。在正常情况下光线从上向下照射时，通常只有一个角度的光线能够穿透下来，通过上偏光板导入上部夹层的沟槽中，再通过液晶分子扭转排列的通路从下偏光板穿出，形成一个完整的光线穿透途径。当液晶分子竖立时光线就无法通过，结果在显示屏上出现黑色。这样会形成透光时为白、不透光时为黑，字符就可以显示在屏幕上了。

由于TN型液晶显示器件中的液晶分子在盒中的扭曲螺距比可见光的波长长，所以，当与一侧玻璃表面的液晶分子排列方向一致或正交的直线偏振光射入后，其偏光方向在通过整个液晶层后会被扭曲 90° 而由另一侧射出，因此，这个液晶盒具有了在平行偏振片间可以透光，而在正交偏振片间可以透光的作用和功能。

如果这时在液晶盒上施加一个电压，当其达到一定值后，液晶分子的长轴将开始沿电场方向倾斜。当该电压达到约2倍阈值电压后，除电极表面的液晶分子外，所有液晶盒内两电极之间的液晶分子都变成沿电场方向的再排列。这时， 90° 旋光的功能消失，在正交偏振片间失去了旋光作用，使器件不能透光。而在平行偏振片之间，由于失去了旋光作用，器件也不能透光。

因此，如果将液晶盒放置在正交或平行偏振片之间，即可用给液晶盒通电的办法使光改变其透过一遮住状态，从而实现显示。平时看到液晶显示器件上会出现时隐时现的黑字，这不是液晶在变色，而是液晶显示器件使光透过或被吸收所致。

2. 超扭曲向列相（STN）显示

顾名思义，“超扭曲”即扭曲角应很大，要超过 90° ，这是一种目前应用较多的点阵式液晶显示器件。TN型和HTN型液晶显示器件的电光响应曲线都不够陡峭，随着驱动电压的升高，电光响应缓慢增加，阈值特性很不明显。这给多路驱动造成了困难，使液晶在大信息量显示、视频显示上受到了限制。

20世纪80年代初，人们发现对于传统的扭曲向列液晶器件，只要将其液晶分子的扭曲角加大，即可改善其驱动特性。经过努力，人们陆续开发出了一系列超过TN扭曲角 90° 的液晶显示器件。这类扭曲角为 $180^\circ\sim 360^\circ$ 的液晶显示器件称为超扭曲向列相系列产品。

3. TFT液晶显示

主动矩阵显示屏通过薄膜晶体管直接寻址，这也是该技术名称的由来，即TFT（薄膜晶体管）。TFT属于有源矩阵液晶显示器的一种，其反应时间大大缩短，已达到25ms。它具有更高的对比度和更丰富的色彩。相对DSTN而言，TFT的主要特点是每个像素都配置一个半导体开关器件，其加工工艺类似于大规模集成电路。由于每个像素都可通过点脉冲直接控制，