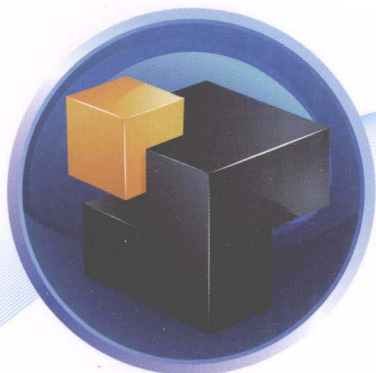


液晶显示模块 应用与调试

● 郭强 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

液晶显示模块应用与调试

郭 强 编著

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书在介绍液晶显示模块应用基础知识和电路知识的基础上,详细阐述了字符型液晶显示模块、带驱动控制器的图形液晶显示模块、带 CSTN 驱动控制器的图形液晶显示模块、带专用控制器的图形液晶显示模块、带图形加速器的液晶显示控制器 T8000 的接口技术、接口电路、驱动程序及指令系统等,并通过实例讲述液晶显示模块的应用和调试。

本书不仅可作为单片机及单片机系统、嵌入式系统等微计算机工业控制领域的技术人员的应用参考书,还可作为相关院校师生的教学参考书和专业培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

液晶显示模块应用与调试 / 郭强编著. —北京: 电子工业出版社, 2010. 10
ISBN 978 - 7 - 121 - 11879 - 1

I. ①液… II. ①郭… III. ①液晶显示器 - 基本知识 IV. ①TN141.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 184575 号

责任编辑: 富 军

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 21 字数: 537.6 千字

印 次: 2010 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 45.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

液晶显示模块是平板显示领域中的一个主要分支，以低功耗、小尺寸、大容量为特色，在工业控制和仪器仪表领域，尤其在小型化和手持设备中占据着显示器的主导位置。

液晶显示模块的显示机理涉及化学、物理、电子学及光学方面的知识，但在应用时，可以视液晶显示模块为一个功能组件，输入为电信号，输出为光信息。所以，在了解液晶显示模块时，只需要知道模块的接口电路特征，明白接口信号的时序关系，明白使用什么样的数据格式制作显示画面，就可以实现期望的显示效果。

因此，本书的写作思路是从模块应用角度，首先介绍模块的电路结构特征和模块的接口电路技术，提供 MPU 在总线寻址和 I/O 口寻址方式下与液晶显示模块的连接电路和最低层的接口驱动程序，以及液晶显示模块工作的初始化函数；然后介绍模块应用的指令系统，提供模块的基础应用函数包，如字符显示函数及画点、画线、图画写入函数等。本书力图使初次接触液晶显示模块的读者能够快速上手，顺利地实现期望的显示效果。

本书力图推动模块应用的标准化，模块的应用函数名称按照程序功能采用统一的名称和输入变量名，使得读者可以在一个 MPU 的应用平台上，只需更换本书所提供的不同控制器的应用函数和基础驱动函数就可以实现对模块的更换。

本书内容可以分为三个部分。

第 1 章和第 2 章为液晶显示模块应用的基础知识部分。从应用的角度上，第 1 章讲述液晶显示模块的结构组成、特性指标、选型方法和使用要求，第 2 章讲述液晶显示模块的驱动原理和驱动电路的组成。

第 3 ~ 7 章按照液晶显示控制器的电路特点。首先概述控制器的电路特征。然后描述内置控制器的液晶显示模块与 MPU 连接的接口电路、驱动函数和初始化函数及其指令系统。接口电路有总线寻址和 I/O 寻址的并行接口形式、有适用 3 线/4 线制的 SPI 串行接口形式及 2 线的 I²C 总线接口形式等。最后提供基础的应用函数。

每类液晶显示控制器都会有多种型号，可应用在不同规格的液晶显示模块上，但每类液晶显示模块的接口特征大同小异，接口电路和驱动时序都完全兼容，因此阅读时不仅能够学会范例中提供的液晶显示模块的使用，而且能够举一反三，拓宽思路。

第 8 章以案例形式，介绍调试过程和抗干扰电路设计中常见问题的判断方法和处理方法，为模块的应用提供经验。

感谢深圳市拓普微科技开发有限公司张永进总经理为本书提供液晶显示模块样品和调试环境，使得本书提供的接口电路和应用程序都得到了验证。

感谢深圳市拓普微科技开发有限公司总工程师 KENNY 在模块应用和程序标准化方面给予的指导。

感谢多年的合作伙伴李维谟先生对书稿给予的真诚指导和修改。

感谢电子工业出版社富军老师对本书文字编辑付出的辛苦工作。

感谢在本书写作过程中给予过支持与帮助的同事好友。

编著者

目 录

第1章 液晶显示模块概述	1
1.1 液晶显示模块的结构组成	1
1.1.1 液晶显示器件	1
1.1.2 电路	2
1.1.3 背光源	4
1.1.4 连接件	5
1.1.5 结构件	6
1.1.6 触摸屏	6
1.2 液晶显示模块分类	8
1.2.1 按所使用的液晶显示器件分类	8
1.2.2 按模块的显示内容分类	8
1.2.3 按模块的电路配置分类	9
1.2.4 按使用环境分类	9
1.3 液晶显示模块的性能参数	9
1.3.1 显示性能参数	10
1.3.2 机械性能参数	10
1.3.3 电特性参数	11
1.3.4 触摸屏的技术参数	11
1.3.5 LM240128RFW - C 液晶显示模块的性能指标	12
1.4 液晶显示模块的应用选型	13
1.4.1 选型需要考虑的数据	13
1.4.2 内容优先法	14
1.4.3 结构优先法	15
1.4.4 定制模块	15
1.5 液晶显示模块使用须知	16
1.5.1 安装时的注意事项	16
1.5.2 焊接时的注意事项	16
1.5.3 严防静电	17
1.5.4 保存与保养	17
第2章 液晶显示驱动电路基础	18
2.1 静态液晶显示驱动电路原理	19
2.2 动态液晶显示驱动电路原理	22
2.3 TFT 液晶显示驱动电路原理	31
第3章 字符型液晶显示模块应用	38
3.1 字符型液晶显示驱动控制器的电路特征	38

3.2	西文字符型液晶显示模块的应用	41
3.2.1	西文字符型液晶显示模块的接口技术	42
3.2.2	西文字符型液晶显示模块的指令系统	49
3.2.3	西文字符型液晶显示模块的应用函数	53
3.3	中文字符型液晶显示模块的应用	54
3.3.1	中文字符型液晶显示模块的接口技术	55
3.3.2	中文字符型液晶显示模块的指令系统	64
3.3.3	中文字符型液晶显示模块的应用函数	71
第4章	带驱动控制器的图形液晶显示模块应用	77
4.1	带驱动的液晶显示控制器电路特征	77
4.2	内置 ST7565 控制器液晶显示模块应用	83
4.2.1	液晶显示模块接口技术	85
4.2.2	液晶显示模块指令系统	91
4.2.3	液晶显示模块应用函数	96
4.3	内置 SBN0064 液晶显示模块的应用	103
4.3.1	液晶显示模块接口技术	104
4.3.2	液晶显示模块指令系统	110
4.3.3	液晶显示模块应用函数	112
4.4	内置 NT7506 控制器液晶显示模块的应用	117
4.4.1	液晶显示模块接口技术	119
4.4.2	液晶显示模块指令系统	124
4.4.3	液晶显示模块应用函数	131
4.5	内置 UC1611S 驱动控制器的液晶显示模块应用	138
4.5.1	液晶显示模块接口技术	140
4.5.2	液晶显示模块指令系统	148
4.5.3	液晶显示模块应用函数	157
第5章	带 CSTN 驱动控制器的图形液晶显示模块应用	164
5.1	CSTN 液晶显示驱动控制器电路特征	164
5.2	内置 ST7529 控制器液晶显示模块应用	168
5.2.1	液晶显示模块接口技术	170
5.2.2	液晶显示模块指令系统	176
5.2.3	液晶显示模块应用函数	185
5.3	内置 UC1698U 控制器的液晶显示模块应用	191
5.3.1	液晶显示模块接口技术	193
5.3.2	液晶显示模块指令系统	198
5.3.3	液晶显示模块应用函数	207
第6章	带专用控制器的图形液晶显示模块应用	214
6.1	专用液晶显示控制器及触摸屏控制器的电路特征	214
6.2	带触摸屏内置 S1D13700 控制器液晶显示模块应用	218
6.2.1	液晶显示模块接口技术	221

6.2.2	液晶显示模块指令系统	228
6.2.3	液晶显示模块应用函数	234
6.3	带触摸屏内置 RA8806 控制器的液晶显示模块应用	242
6.3.1	液晶显示模块接口技术	245
6.3.2	液晶显示模块指令系统	249
6.3.3	液晶显示模块应用函数	263
第 7 章	带图形加速器的液晶显示控制器 T8000 应用	270
7.1	液晶显示控制器 T8000 的电路特征	270
7.2	液晶显示控制器 T8000 的接口技术	274
7.2.1	存储器寻址接口电路及驱动程序	275
7.2.2	总线寻址方式的接口电路及驱动程序	278
7.2.3	I/O 寻址方式的接口电路及驱动程序	280
7.2.4	串行接口电路及通信方式	281
7.3	液晶显示控制器 T8000 指令系统	286
7.3.1	功能寄存器描述	286
7.3.2	液晶显示控制器 T8000 指令集	290
7.4	液晶显示控制器 T8000 应用函数	298
7.4.1	灰度/色彩设置功能函数	298
7.4.2	字符写入功能函数	299
7.4.3	绘画功能函数	302
7.4.4	游标功能函数	305
第 8 章	液晶显示模块调试与应用点滴	310
8.1	液晶显示模块的调试	310
8.2	液晶显示模块在系统整机抗干扰中的防护措施	315
8.2.1	干扰源	315
8.2.2	抗干扰措施	315
8.2.3	抗干扰举例	317
8.3	液晶显示模块的应用点滴	318
8.3.1	电平转换电路	318
8.3.2	LED 背光的控制	319
8.3.3	响应速度的限制	320
8.3.4	对比度可调, 应对温度的影响	320
附录 A	字模数据格式与字符表	321
A.1	“纵向取模”、“字节颠倒”方式	321
A.2	“横向取模”方式	322
A.3	“字符顺时针旋转 90°”、“左右转换”、“纵向取模”方式	322
A.4	标准 ASCII 码字符表	323
A.5	5×7 点阵 ASCII 码字模数组	323

第 1 章 液晶显示模块概述

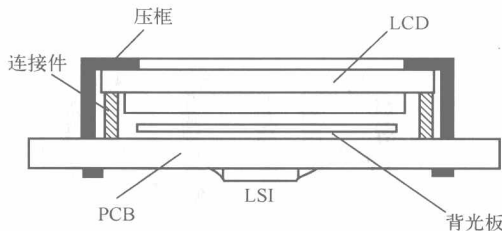
随着液晶显示产品功能的扩大、性能的提高及制作技术复杂性、专业性的增加，单独的液晶显示器件产品形态已经很难满足应用领域的需求。目前，90% 以上的产品形态已经不是“液晶显示器件”，而是变成“液晶显示模块”。

液晶显示模块的英文是 Liquid Crystal Module，简称 LCM，是一种将液晶显示器件和驱动、控制等外围电路通过必要的配套件组装成一个整体的专用显示功能的组件。

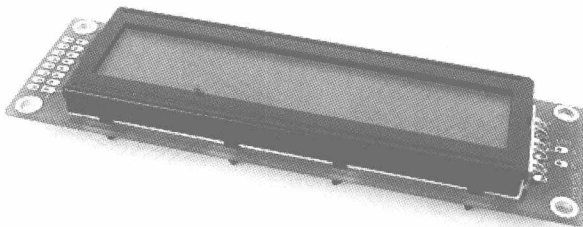
本书将以液晶显示模块的使用、开发与调试技巧为重点，以深圳市拓普微科技开发有限公司的产品为例，分类、详细的描述液晶显示模块的构成、驱动、控制及接口方式、应用函数和使用技巧。

1.1 液晶显示模块的结构组成

液晶显示模块是由液晶显示器件、控制电路、驱动电路、结构件、连接件、背光源及其他配套件等组成，如图 1-1 所示。



(a) 液晶显示模块组成图



(b) 液晶显示模块外形照片

图 1-1 液晶显示模块的组成和外形

1.1.1 液晶显示器件

液晶显示器件，英文称 Liquid Crystal Display，简称为 LCD，是液晶显示模块的核心组成部分。现以典型的扭曲向列型（简称 TN 型）液晶显示器件为例说明其结构和工作原理。

液晶显示器件是典型的平板显示器件，由前、后两块光刻了透明导电电极图形的玻璃基板相对封合成一个极薄的扁平盒，其中灌注有液晶材料，形成液晶盒。作为 TN 型液晶显示器件，在液晶盒前、后玻璃基板内侧涂有经过处理的方向垂直的定向层，从而使液晶分子在前、后玻璃基板之间呈扭曲 90° 的有序排列，在液晶盒的前、后玻璃基板外表面再贴有偏光轴呈正交的偏光片，形成液晶显示器件，如图 1-2 所示。

液晶显示器件的工作原理是：外界自然光射入前偏光片起偏为线偏振光进入液晶盒，被

扭曲 90° 的液晶分子层旋转 90° 后射出液晶盒，由于后偏光片与前偏光片成正交设置，所以被旋转后的线偏振光正好可以通过后偏光片。此时，从液晶盒后面可以观察到传输过来的光，称为一开态（或称亮态），如图 1-3（a）所示，显示如图 1-4（a）所示。

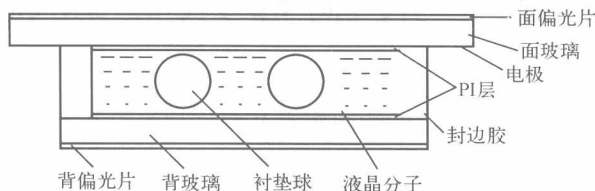


图 1-2 典型的 TN 型液晶显示器件结构示意图

如果给液晶显示器件电极通电，在立体重叠的电极图形之间形成电场，此时电极图形之间的液晶分子变为沿电场方向、垂直于玻璃表面排列，入射液晶盒内的线偏振光不被旋转，射出液晶盒后自然不能穿过与其光轴正交的后偏光片，被后偏光片“吸收”。此时，从液晶盒后面观察不到传输过来的光，称为一关态（或称暗态），如图 1-3（b）所示，显示如图 1-4（b）所示。

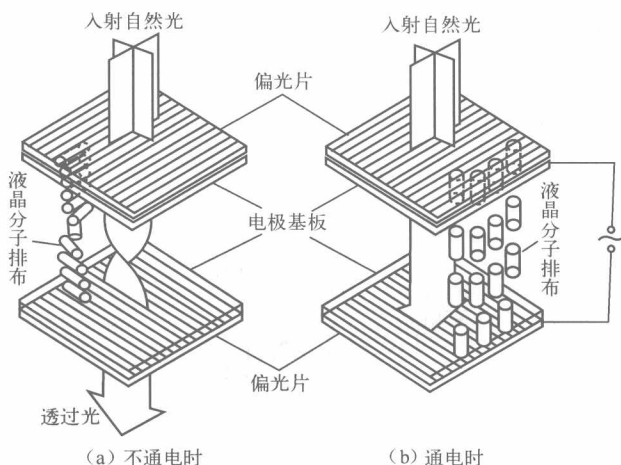


图 1-3 TN 型液晶显示器件的显示原理图

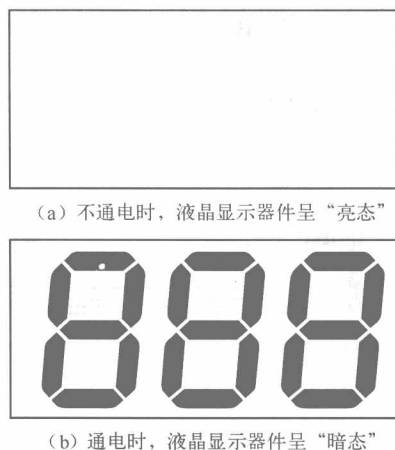


图 1-4 TN 型液晶显示器件显示原理示例

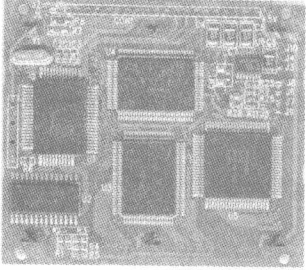
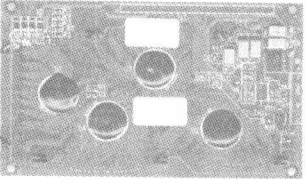
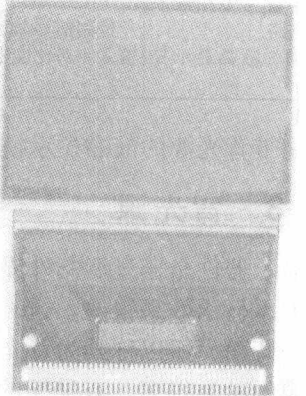
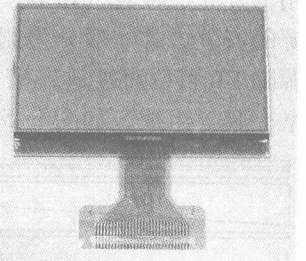
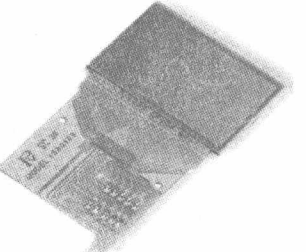
不同的液晶显示模式，液晶显示器件的构造原理也会稍有不同，但是利用通电改变液晶分子排布状态从而调制外界光的基本原理都是相同的。

1.1.2 电路

这里所说的电路是指组装在液晶显示器件周边的以驱动、控制 IC 为主的电路系统。由于 IC 的集成度很高，与液晶显示器件的连接又需要一套专业性设备，所以这部分工作都纳入到液晶显示模块的生产中。

电路系统是液晶显示模块重要的组成部分。其输出接口连接在液晶显示器件的行、列电极（前后电极）上，输入接口提供给使用者用于连接 MPU 系统上。IC 封装形式和安装技术不同，电路系统的结构也就不同，有的需要 PCB 的支撑，有的只需要 IC 直接与液晶显示器件连接即可。表 1-1 为液晶显示模块的电路结构形式。

表 1-1 液晶显示模块的电路结构形式

SMT	英文“Surface Mount Technology”的缩写，即表面安装技术，将 QFP 封装形式的 IC 焊接在 PCB 上。其优点是可靠性高，便于电路制作；缺点是体积大，成本高，限制模块的小型化	
COB	英文“Chip On Board”的缩写，意为安装在 PCB 上的芯片，有时也用 COB 表示为电路结构的一种形式。适合这种安装方式的 IC 是 bare chip 封装形式，也称为“裸片”。这类 IC 通过专用的绑定（Bonding）设备将引脚与 PCB 上电路电极连接在一起，然后用硅胶密封	
TCP	英文“Tape Carrier Package”的缩写，是当前驱动 IC 常见的一种封装形式，称薄膜封装。该形式的 IC 可以单片组成电路系统，也可以多片组合形成电路系统。因此有时也将 TCP 作为电路结构形式之一表示。这种电路结构驱动路数多、集成度高、电路结构小、可靠性较好	
COG	英文“Chip On Glass”的缩写，意为安装在玻璃上的芯片。有时也用 COG 表示为电路结构的一种形式。适合这种安装方式的 IC 是 gold bump dies 封装形式，使用 COG 形式的 IC 可以大大缩小模块的体积，且易于大批量生产，是小尺寸模块的主流电路结构	
COF	英文“Chip On Film”的缩写，意为安装在柔性线路板 FPC 上的芯片。有时也用 COF 表示为电路结构的一种形式。适合这种安装方式的 IC 是 gold bump dies 封装形式。这种电路结构集成度较高，还可以将外围元器件也一起安装在 FPC 上，是一种新兴技术	

不同功能的电路系统与 MPU 系统的接口信号不同, 需要 MPU 系统提供的配套电路和应用范围也就不同, 见表 1-2。

表 1-2 液晶显示模块的电路系统功能

电路系统功能	与 MPU 系统接口信号	MPU 系统配套电路	应用范围
驱动器电路	驱动时序信号输入 + 驱动器逻辑电源输入 + 显示驱动电源输入 + 偏压组输入端 + 对比度电压输入	专用液晶显示控制器电路或带液晶显示驱动的 MPU + 驱动电源 (偏压电路、驱动电源生成电路) + 对比度调节电路	(1) 中大规模的 TFT 彩色液晶显示模块 (2) COG 型或 TCP 型液晶显示模块
驱动器电路 + 偏压电路	驱动时序信号输入 + 逻辑电源输入 + 驱动电源输入 + 对比度电压输入	专用液晶显示控制器电路或带液晶显示驱动的 MPU + 驱动电源 (驱动电压生成电路) + 对比度调节电路	出现在早期中规模的模块上, 如 DMF50081 (320 × 240 点阵) 类
驱动器电路 + 驱动电源 (偏压电路、驱动电压 DC - DC 转换电路) + 驱动系统	驱动时序信号输入 + 逻辑电源输入 + 对比度电压输入	专用液晶显示控制器电路或带液晶显示驱动的 MPU + 对比度调节电路	(1) 中小规模的 TFT 彩色液晶显示模块 (2) 单色液晶显示模块, 多见于 320 × 240 点阵
(1) 驱动系统 + 专用液晶显示控制器电路 (2) 带驱动的液晶显示控制器	控制信号输入 + 逻辑电源输入 + 对比度电压输入	MPU 直流连接 + 对比度调节电路	(1) 小规模 TFT 彩色液晶显示模块 (2) 单色液晶显示模块

在使用带背光源的液晶显示模块的电路系统时, 还包含有背光源驱动电路等。

1.1.3 背光源

液晶显示器件是通过调制外界光实现显示的, 属于被动发光显示器件, 因此在环境光比较暗的地方, 显示效果很差。这时就需要有一个外光源做照明。由于照明光源大都做在液晶显示器件的背面, 所以称其为背光源。

背光源的种类很多, 有早期的电致发光 (EL)、性能不错的冷阴极荧光灯 (CCFL) 及已普及使用的发光二极管 (LED) 等。

背光源的安装方式一般分为侧光式和底光式。

背光源除 EL 可以直接放在液晶显示器件背后使用外, 一般由光源、导光板、散光片、反光膜及增亮膜等组成, 如图 1-5 所示。

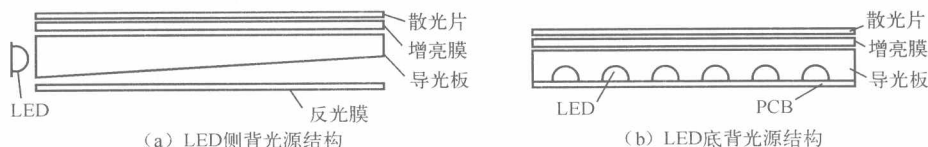


图 1-5 背光源组成图

电致发光 EL 和冷阴极灯 CCFL 都需要交流高压驱动, 一般是通过逆变器或专用驱动 IC 电路从 5V 等直流电源产生。LED 不需要高压交流驱动, 但是需要一个直流稳流源。在一般情况下, 在电路系统内设置限流电阻, 使工作电源与电路系统的逻辑电源一致, 当需要调光时, 可通过专用 IC 驱动器实现驱动。

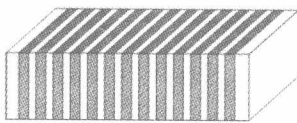
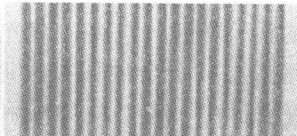
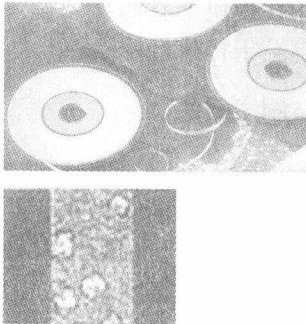
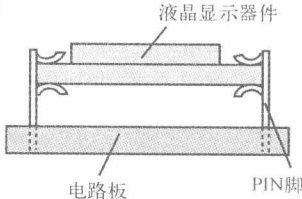
背光源也是液晶显示模块的重要组成部分。不同的背光源会使液晶显示的效果不同, 如

颜色、亮度、功耗等。这是在挑选液晶显示模块时必须注意的。

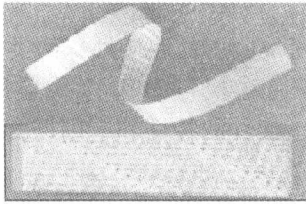
1.1.4 连接件

液晶显示模块所用的连接件分两类：一类是用于电路与液晶显示器件连接的连接件；另一类是将液晶显示模块与 MPU 系统连接的连接件。连接件的选择因电路形式不同而不同。表 1-3 给出了连接件的特性和应用场合。

表 1-3 连接件的特性和应用场合

连接件名称	连接件特性	连接方式	照 片	应用场合
导电胶条	英文为 Zebra Strips, 俗称斑马条。导电胶条是由导电橡胶与绝缘橡胶一层一层交替叠在一起热压成型, 通过导电橡胶层将器件电极与电路电极连通, 又利用绝缘橡胶隔离相邻电极防止短路, 具有弹性、防震特点。最小连线间距为 0.5mm	紧压接触		液晶显示器件与 SMT、COB 形式的电路系统连接
热压纸	英文为 Heat Seal Connector, 简称 HS, 又称斑马纸。热压纸的材质为印有石墨导电条的聚酯膜, 通过石墨导电条连接器件电极与电路电极, 柔软性好, 适用于引脚众多的连接。连线间距在 0.2 ~ 0.3mm 范围内	热压		液晶显示器件与 SMT、COB、TCP 等形式的电路系统连接
各向异性导电胶	英文为 Anisotropic Conductive Film, 缩写为 ACF, 又称为 Z 方向导电膜, 形状如同胶带纸, 主要成分是树脂黏着剂和导电粒子两大部分。树脂黏着剂的主要功能是将 IC 芯片或电路粘接在器件上。导电粒子的特点是 Z 轴方向具有导电性能而 X、Y 方向具有绝缘性能, 在一定温度和压力下, 导电粒子破裂在导电膜上形成一个不规则的有边缘的导电块, 导电块呈现 Z 方向的导电性, 使 IC 芯片或电路上的电极与器件上的电极导通, 同时边缘的绝缘性又能避免相邻两电极间短路。最小线间距为 0.05mm	热压		液晶显示器件与 COG、TCP 芯片或 FPC 等电路系统的连接
PIN	金属引脚连接, 适应段式液晶显示器件的连接线。最小间距为 1.0mm	玻璃上粘接、电路板上焊接或插座		液晶显示器件与电路系统的连接
柔性电路板	英文为 Flexible Printed Circuit, 缩写为 FPC, 具有配线密度高、质量小、厚度薄的特点。FPC 为一种铜质线路印制在聚酰亚胺或聚酯薄膜基材上, 具有高度可靠性, 可自由弯曲和可挠性, 纤薄轻巧, 最小线间距为 0.25mm	ACF 热压焊接、插座		液晶显示器件与电路系统的连接, 液晶显示模块与 MPU 系统的连接

续表

连接件名称	连接件特性	连接方式	照 片	应用场合
柔性扁平线缆	英文为 Flexible Flat Cable, 缩写为 FFC, 是一种用 PET 绝缘材料和极薄的镀锡扁平铜线压合成线缆, 具有柔软、随意弯曲折叠、厚度薄、体积小、连接简单、拆卸方便、易解决电磁屏蔽等优点。最小线间距为 0.5mm	焊接、插座		液晶显示模块电路与 MPU 系统的连接
标准间距插座孔	这是大多模块电路上提供的接口形式, 分单排和双排两种。标准间距为 2.54mm, 适应最常用的插座、插针	焊接		液晶显示模块电路与 MPU 系统的连接

不同的连接方式和连接件组装成的液晶显示模块在外观、体积及应用领域上有很大的不同。这是在挑选液晶显示模块时必须注意的。

1.1.5 结构件

为了将液晶显示器件、电路、背光源等组装成一个整体, 还需要一个结构件。SMT 和 COB 形式的电路需要一个金属压框, 通过金属压框的固定脚和导电胶条将液晶显示器件、背光源与电路板固定在一起。而 COF 和 COG 安装方式多用一个塑料框架将背光源和液晶显示器件固定在一起, 有时也扣 - 放上一个金属压框。

金属压框用在模块上有两种用途: 一种是作为模块的固定件, 将模块各部件组合在一起; 另一种是屏蔽干扰信号使用。

1.1.6 触摸屏

触摸屏 (Touch Screen) 是一种输入控制装置。由于液晶显示更适用于便携式设备, 而便携式设备的基本要求是体小、量轻、节能, 所以任何键盘式输入装置都不理想。触摸屏仅为一个透明薄片装置, 安装在液晶显示模块前面。使用时, 人们只需轻触画面, 就可以随意的单击菜单、翻页及书写文字。

将触摸屏贴附在液晶显示模块表面, 形成带触摸屏的液晶显示模块, 已经成为液晶显示模块的一个发展趋势。在某些专用液晶显示控制器的功能中已经增加了对触摸屏的控制功能, 将液晶显示控制功能和触摸屏控制功能集成于一个 IC 之中; 又因为触摸屏贴附在液晶显示模块表面的工作都是在模块制作厂完成的, 所以本书将触摸屏列入到液晶显示模块的结构件中。

触摸屏按其工作原理可分为红外式、电容式、表面声波式、电阻式等。其原理和特点如下。

1. 红外式

红外触摸屏是一种贴附于显示屏表面的框架装置, 分为数字式和模拟式。数字式是在框架上下和左右分别装置上红外发射和接收对管, 形成红外线阵列。当有物体遮断红外线路时, 控制器便可读取其坐标位置并做出判断。模拟式只需在边框一角设置的扫描电动机上安装一个红外发射管, 旁边再安装一个红外接收管; 底侧和其余两侧分别安装

不同的反射镜，使扫描到底侧的红外线经其余两侧反射镜反射至接收器，经三角计算即可得出触摸位置。

2. 电容式

电容式触摸屏以一块双面 ITO 透明导电层的玻璃为基板，将玻璃靠近显示屏一侧的 ITO 导电层接地作为屏蔽层，以保证工作环境的稳定。玻璃另一侧的 ITO 表面覆盖一层极薄的稀土玻璃层，作为工作面对外，并在其四角引出四个电极。在正常工作时，工作面上通以一个低压高频交流电场。当有触摸时，通过手指与工作面的耦合电容吸收掉一个很小的电流，而这个电流通过四角电极产生，其强弱与手指到四角电极的距离成正比。触摸屏控制器检测到这个电流的变化，即可计算出触摸点的位置。

3. 表面声波触摸屏

表面声波是在介质（如玻璃或金属等刚性材料）表面进行浅层传播的机械能量波，一般为超声波。表面声波触摸屏是一块经过强化和处理的玻璃，安装在显示屏表面。在玻璃的四个周边蚀刻有 45° 由疏到密且间隔非常精密的反射条纹。在玻璃屏的左上角和右下角各安装有竖直和水平方向的超声波发生器，在右上角的相应位置上安装上竖直和水平方向的两个超声波接收器。通电后，超声波发生器发射的超声波沿玻璃表面传播并被周边反射条纹反射，最后被接收器接收；当手指接触玻璃表面时，手指吸收一部分声波能量，控制器将此异常记录下来，并计算出触摸点的位置。

4. 电阻式触摸屏

电阻式触摸屏分 4 线制和 5 线制或更多线制。现以 4 线制电阻式触摸屏为例，说明电阻式触摸屏的结构和工作原理。

电阻式触摸屏由一块涂有 ITO 透明导电层的玻璃和一块涂有 ITO 透明导电层薄膜相对组合而成。相对电极间有绝缘衬垫隔离，周边用胶封合，如图 1-6 所示。其中，导电玻璃的导电层左右两端各涂有一条银电极，如图 1-7 所示，X+、X- 电极；薄膜导电层的上下两端也各涂有一条银电极，如图 1-7 所示，Y+、Y- 电极。若在 X 或 Y 电极施加电压，则会在 X+ 至 X- 电极间、Y+ 至 Y- 电极间产生一个平行均匀分布的电场。

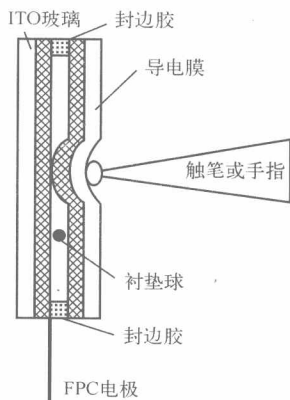


图 1-6 4 线制触摸屏结构图

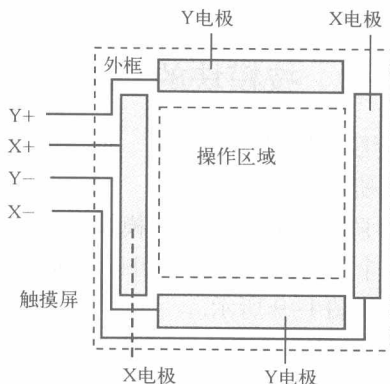


图 1-7 4 线制触摸屏电极布局

工作时,将电压按分时原则先加至 X 轴,然后再加至 Y 轴。当 X⁺、X⁻上施加电压时,就会在 X⁺至 X⁻电极间形成平行均匀分布的电场。而此时的 Y 电极上电压为 0,如果此时触摸某点,使该点 X 和 Y 电极接触,如图 1-6 所示,那么 Y 电极上电压将是 X⁺、X⁻上的电压在触点的分压值,由此可以判定触点的 X 坐标。同理,在 Y⁺和 Y⁻之间施加电压时,也可以通过 X 电极上电压判定 Y 的坐标。

触摸屏在有些应用场合已经成为液晶显示模块的必备部件。不同的触摸屏有不同的特性,所以在选购时应该对其确定明确的要求,以便选出最适合的产品。

1.2 液晶显示模块分类

液晶显示模块具有不同的功能组合,可以有多种的分类方法。分类主要是为了在设计、选购时参考,所以本节只对最常用、最常见的几种分类做一介绍。

1.2.1 按所使用的液晶显示器件分类

1. 有源类

有源类主要是指使用 TFT 液晶显示器件的模块。由于这种器件的每个像素点上都有一个薄膜场效应管驱动,所以可以实现视频响应、高分辨率的显示,且基本上都是彩色显示。

2. 无源类

使用这类液晶显示器件的模块又有多种类型。

① TN 型液晶显示模块。多用于笔段式或低路数字符显示模块。

② STN 型液晶显示模块。主要用于多路点阵字符和图形液晶显示模块。由于这种液晶显示器件是靠光干涉原理实现显示的,所以一般都是有颜色的,如蓝模式、黄绿模式等。

③ FSTN 型液晶显示模块。这种液晶显示器件还是 STN 型的,只是在前偏光片下面增加了一层光学补偿片,将原有的干涉色去掉,从而实现了黑/白显示。

④ CSTN 型液晶显示模块。这种液晶显示器件也是 STN 型的,它的背电极基板上具有红、绿、蓝三色微彩色膜,因而可以实现彩色显示。

1.2.2 按模块的显示内容分类

① 笔段式液晶显示模块。模块的显示内容仅限于数字、符号和图标,如数显模块等,如图 1-8 所示。

② 点阵字符型液晶显示模块。模块带有字符库,显示内容以字符为主,一般以 5×8 点阵块为一个字符单元显示,可以组成从 8×1、16×1、16×2 到 40×2、40×4 字符的液晶显示模块,如图 1-9 所示。

③ 点阵图形型液晶显示模块。模块显示以像素点阵组成,可以显示连续点的图形,又分为单色和彩色两类,如图 1-10 所示。



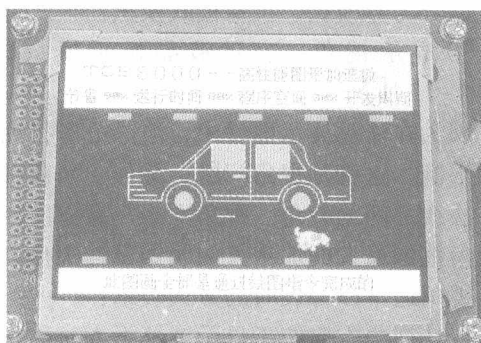
图 1-8 笔段式液晶显示模块



图 1-9 点阵字符型液晶显示模块



(a) 单色图形型液晶显示模块



(b) 彩色图形型液晶显示模块

图 1-10 点阵图形型液晶显示模块

1.2.3 按模块的电路配置分类

① 内置控制器液晶显示模块。将驱动器和控制器都集成在液晶显示模块上，模块对外可以直接连接 MPU 系统。

② 外配控制器液晶显示模块。模块内只包含驱动器，模块对外必须连接液晶显示控制器或带液晶显示控制的 MPU 系统。

③ 带触摸屏的液晶显示模块。在液晶显示模块前装配有触摸屏。触摸屏控制器有的直接制作在模块的电路中，有的则需要 MPU 系统配置触摸屏控制器。

1.2.4 按使用环境分类

① 常温型液晶显示模块。工作温度为 $0 \sim +50^{\circ}\text{C}$ ，存储温度为 $-10 \sim +60^{\circ}\text{C}$

② 宽温型液晶显示模块。工作温度为 $-20 \sim +70^{\circ}\text{C}$ ，存储温度为 $-30 \sim +80^{\circ}\text{C}$

③ 超宽温型液晶显示模块。工作温度为 $-30 \sim +80^{\circ}\text{C}$ ，存储温度为 $-40 \sim +90^{\circ}\text{C}$

1.3 液晶显示模块的性能参数

液晶显示模块的性能参数分为显示性能参数、电特性参数及机械性能参数三部分。本节以带触摸屏液晶显示模块 LM240128RFW-C 为例，介绍这些性能参数的含义与作用。

1.3.1 显示性能参数

显示性能参数表述模块的显示特征，是评估模块显示效果的数据。

① 显示分辨率：表示液晶显示模块的显示容量。字符模块一般以一行字符数 $\times$ 字符行数表示，如 16×2 ，即为可显示每行16个字符，一共两行的内容。图形模块一般以一行像素点数 $\times$ 像素行数表示，如 320×240 等。

② 显示模式：表示模块所用液晶显示器件的类型，如TN型、STN型、FSTN型、CSTN型、TFT型等。

③ 显示色调：表示液晶显示模块显示的颜色，可简单归类为单色和彩色两大类，单色还可以分为蓝模式、黄绿模式及黑白模式等。

④ 显示视角：表示液晶显示模块的最佳视角方向和最佳视角范围两层含义，如图1-11所示。

因为在液晶显示器件中，液晶分子排列的预倾角使得液晶显示器件的观察方向和角度都受到限制。这就是视角问题。最佳视角范围指在保证某一对比度情况下观察方向与液晶显示器件法线之间的夹角。视角大小是有方向性的，不同观察方向的视角范围是不一样的，我们将视角范围最大的那个方向叫做最佳视角方向。

视角通常以钟表时间方式表示：

最佳视角方向位于显示屏下方时称视角为6:00点方向；

最佳视角方向位于显示屏上方时称视角为12:00点方向；

最佳视角方向位于显示屏左方时称视角为9:00点方向；

最佳视角方向位于显示屏右方时称视角为3:00点方向。

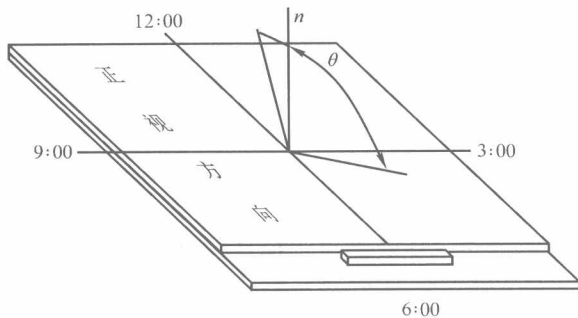


图 1-11 液晶显示模块显示视角示意图

⑤ 背光特性：表示液晶显示模块背光源的特征，主要指背光源的种类，如LED背光、冷阴极管CCFL背光及电致发光等，背光源的颜色，如使用LED背光时，还标有白色、黄色、蓝色等。

⑥ 温度特性：表示模块的温度特性，一般分为工作温度和存储温度，或分为常温型、宽温型及超宽温型三挡。

1.3.2 机械性能参数

机械性能参数包括模块所有外形结构尺寸。模块制造商大都提供液晶显示模块的外形