

# LCD

# 驱动电路、驱动程序 设计及典型应用

孙俊喜 编著

系统分析了常用LCD的驱动电路设计方法

详细讲解7种LCD的显示驱动程序设计

剖析ARM9嵌入式系统LCD驱动程序实例，引导读者融会贯通

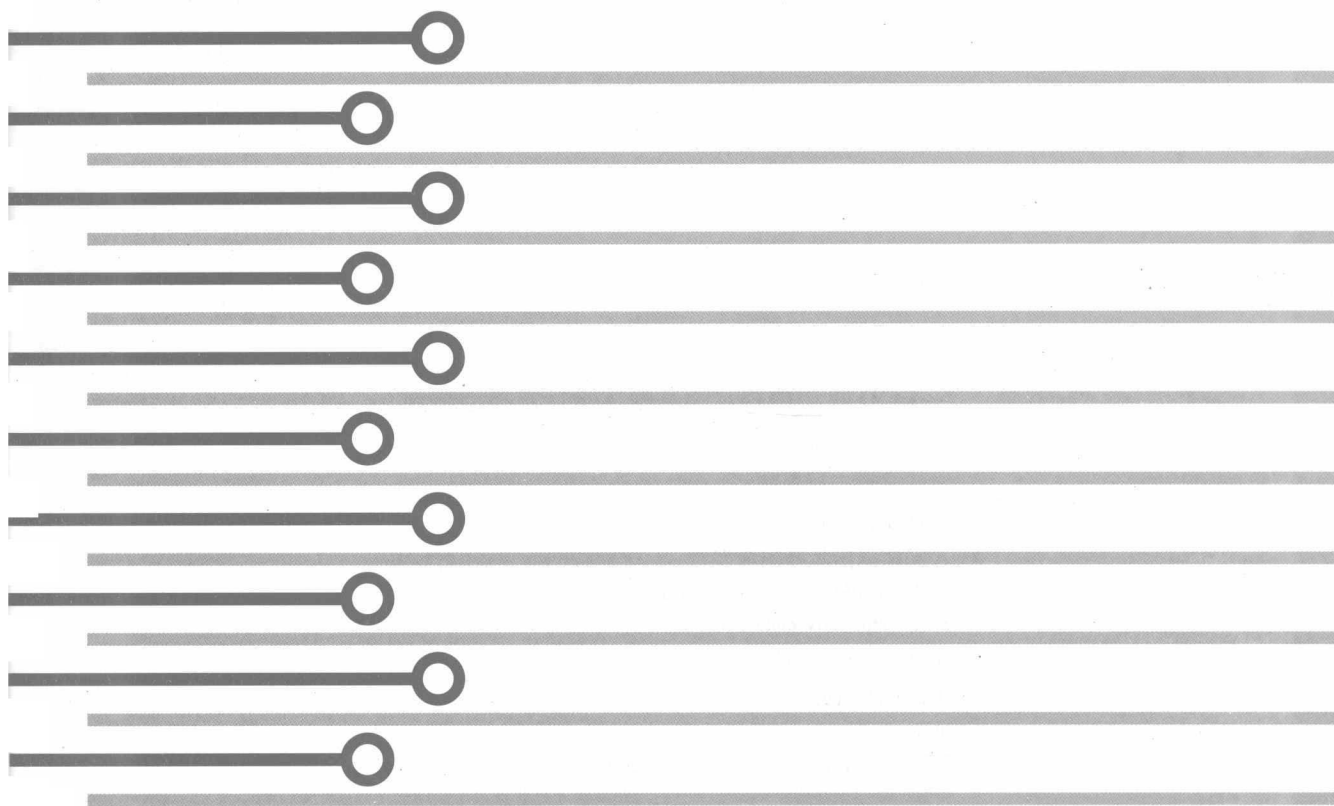


本书源代码

# LCD

# 驱动电路、驱动程序 设计及典型应用

孙俊喜 编著



人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

LCD驱动电路、驱动程序设计及典型应用 / 孙俊喜编著.  
北京: 人民邮电出版社, 2009. 4  
ISBN 978-7-115-19230-1

I. L… II. 孙… III. ①液晶显示器—电路设计②液晶  
显示器—程序设计 IV. TN873 TP312

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第180554号

## 内 容 提 要

本书针对目前流行的液晶显示驱动技术, 详细介绍了汉字、字符及图形显示的基本原理, 提供了 12 个常用液晶显示器件驱动程序实例。书中的所有程序均调试通过, 可在工程中直接应用。为了方便读者阅读, 所有程序均给出了详细的注释并在光盘提供本书源代码。

本书取材以实用技术为主, 内容通俗易懂, 重点突出。

本书适合中、高级用户阅读, 也适合各类单片机应用爱好者、液晶显示驱动初学者、嵌入式控制系统设计人员以及高校相关专业的师生阅读。

## LCD 驱动电路、驱动程序设计及典型应用

- ◆ 编 著 孙俊喜  
责任编辑 屈艳莲  
执行编辑 黄 焱
  - ◆ 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
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 30.5  
字数: 746 千字  
印数: 1—3 500 册
- 2009 年 4 月第 1 版  
2009 年 4 月北京第 1 次印刷

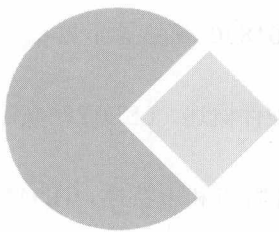
ISBN 978-7-115-19230-1/TP

定价: 59.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

# 前 言



## 为什么编写本书

在嵌入式控制系统设计中，我们遇到的第一个问题可能就是界面设计，这就要涉及汉字、英文字符和图形显示问题。嵌入式系统是一个广泛的概念，一般说来如果一个控制系统的核心是某种微处理器，那么我们就认为它是一个嵌入式控制系统。

微处理器可能带操作系统，如 80X86CPU+DOS 或 80X86+Windows，也可能不带操作系统，如 MCS-51 等单片机控制系统；操作系统又有不同版本。这些不同的硬件条件加上用户使用不同编程语言使得汉字和字符显示的程序差别很大，初学者开始接触会有一定困难，笔者多年从事嵌入式控制系统设计工作，希望借助多年工作经验对此进行一些梳理，找出一些规律，供读者参考。

## 本书主要内容

本书分 LCD 入门篇、LCD 汉字和图形显示篇、常用 LCD 驱动开发篇和嵌入式处理器 ARM9 的显示驱动第 4 篇，包含 15 章内容。

### 第 1 篇 LCD 入门篇

第 1 章讲解和液晶显示有关的基础知识，主要包括液晶显示器件和液晶显示模块、字符型液晶显示模块和点阵型液晶显示模块的应用和发展。

第 2 章讲解常用 LCD 的原理和驱动控制，主要包括扭曲向列液晶显示器 TN-LCD、超扭曲向列液晶显示器 STN-LCD、有源液晶显示器 TFT-LCD 以及其他常见液晶显示器件等。

### 第 2 篇 LCD 汉字和图形显示篇

第 3 章讲解 LCD 显示汉字和图形的基本原理，主要包括国标汉字字符集与区位码、字模提取与小字库建立、字模形式的自动转换、自造字模点阵和图形点阵等。

第 4 章讲解 T6963C 的汉字字符显示，主要包括 T6963C 的一般介绍、T6963C 的指令系统、T6963C 和单片机的连接、T6963C 的驱动程序等。

第 5 章讲解 JM12864F 的汉字和字符显示，主要包括 JM12864F 的一般概况、JM12864F 的软件驱动程序等。

### 第3篇 常用LCD驱动开发篇

第6章讲解KS0108液晶显示器驱动控制,主要包括KS0108液晶显示器概述、KS0108的指令系统、KS0108的软件驱动程序等。

第7章讲解HD61830液晶显示器驱动控制,主要包括HD61830液晶显示器概述、HD61830的指令系统、HD61830液晶显示器驱动控制程序等。

第8章讲解LSD12864CT显示驱动,主要包括LSD12864CT硬件概述、LSD12864CT的指令系统、LSD12864CT的软件驱动程序等。

第9章讲解HD44780(KS0066U)的显示驱动,主要包括硬件特点和电特性、HD44780的指令系统、HD44780的显示驱动程序等。

第10章讲解内嵌中文字库的LCD显示驱动,主要包括STN7920概述、STN7920的指令系统、STN7920的软件驱动程序等。

第11章讲解SED1520/1521 LCD显示驱动,详细讲解SED1520/1521的电气特性和微处理器的连接、SED1520/1521软件驱动程序。

第12章讲解SED1330 LCD显示驱动,主要包括SED1330的电气特性和微处理器的连接、SED1330指令系统、SED1330的软件驱动程序等。

### 第4篇 嵌入式处理器ARM9的显示驱动篇

第13章讲解嵌入式处理器S3C2410的显示驱动,主要包括S3C2410的LCD控制器、S3C2410的LCD驱动程序等。

第14章讲解灰度液晶HD66421的应用,主要包括HD66421的电气特性和微处理器的连接、HD66421指令系统、HD66421的软件驱动程序等。

第15章讲解S3C2410的触摸屏控制,主要包括触摸屏结构原理、触摸屏控制程序等。

### 本书适合的读者

- 各类单片机应用爱好者;
- 液晶显示驱动初学者;
- 嵌入式系统开发设计人员;
- 高校相关专业的师生。

### 参与本书编写人员

本书由孙俊喜组织编写。在编写过程中得到了长春理工大学向荣龙、李亮亮、梁多飞等同学的大力协助,同时,参与本书编写工作的还有刘燕祎、周晶、周丰、梅乐夫、房明浩、王亮、门店宏、吴洋、石峰、张圣亮、邱文勋、刘鲲、林远长、董前程、朱飞、汤嘉立、刘变红、刘会灯、张高煜、赵红波、张宪栋、邓志宝、刘坤、刘明浑、李鹏、白学明、步士建等。此外,本书还参考了冀诚电子及其他公司的众多技术资料,在此一一表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误和疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。本书责任编辑的联系方式是 [huangyan@ptpress.com.cn](mailto:huangyan@ptpress.com.cn),欢迎大家来信交流。

作 者

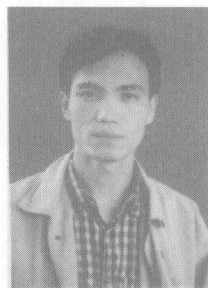
2009年1月

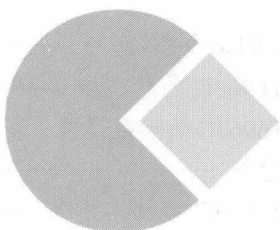
## 作者简介

孙俊喜，博士后，教授。

1971 年生，2004 年获得上海交通大学生物医学工程专业工学博士学位，2007 年在中国科学院长春光学精密机械与物理研究所光学工程专业完成博士后研究，现被聘为长春理工大学教授，已参加并完成多项省部级以上课题，公开发表论文 20 余篇。

目前，主持国家自然科学基金项目 1 项，主要研究领域为模式识别与智能系统，具体研究方向有快速运动目标的检测与跟踪、嵌入式车牌识别系统、医学图像处理与分析等。





# 目 录

## 第 1 篇 LCD 入门篇

第 1 章 液晶显示的基础知识.....3	2.1.1 TN-LCD 的结构原理和 特点..... 14
1.1 概述.....3	2.1.2 TN-LCD 的驱动..... 15
1.1.1 液晶显示技术概述.....3	2.2 超扭曲向列液晶显示器 STN-LCD..... 18
1.1.2 LCD 在嵌入式 控制系统中的地位和作用.....5	2.2.1 STN-LCD 的结构原理和 特点..... 18
1.1.3 液晶显示器件的 基本电气特性和参数.....6	2.2.2 STN-LCD 的驱动..... 19
1.2 液晶显示器件和液晶显示 模块.....7	2.3 有源液晶显示器 TFT-LCD..... 20
1.2.1 液晶显示模块的 装配和型号.....7	2.3.1 TFT-LCD 的结构原理和 特点..... 20
1.2.2 液晶显示模块的选购、 评价和使用注意事项.....9	2.3.2 TFT-LCD 的驱动原理..... 21
1.3 字符型液晶显示模块和点阵型 液晶显示模块.....10	2.4 其他常见液晶显示器件 介绍..... 23
1.3.1 字符型液晶显示模块 显示驱动.....10	2.4.1 宾主彩色液晶显示器件 GH-LCD..... 23
1.3.2 点阵图形液晶显示模块 显示驱动.....12	2.4.2 动态散射 (DS) 型液晶 显示器件..... 23
第 2 章 常用 LCD 的原理和驱动控制.....14	2.4.3 电控双折射液晶显示器件 (ECB-LCD)..... 23
2.1 扭曲向列液晶显示器 TN-LCD.....14	2.4.4 铁电液晶显示器件 (FLCD)..... 24
	2.4.5 多稳态液晶显示器件 (MLCD)..... 24

## 第 2 篇 LCD 汉字和图形显示篇

<b>第 3 章 LCD 显示汉字和图形的基本原理</b> .....27	
3.1 国标汉字字符集与区位码.....27	
3.1.1 汉字和字符显示原理.....27	
3.1.2 汉字字符集概述.....28	
3.1.3 汉字的内码.....29	
3.1.4 内码转换为区位码.....29	
3.2 字模提取与小字库建立.....29	
3.2.1 用汇编语言提取字模和建立小字库.....30	
3.2.2 用 C 语言提取字模和建立小字库.....37	
3.2.3 用 Delphi 提取字模和建立小字库.....44	
3.2.4 通用字模提取程序 MinFonBase 使用说明.....55	
3.3 两种字模形式的自动转换.....55	
3.3.1 汇编语言字模转换为 C 语言字模.....55	
3.3.2 C 语言字模转换为汇编语言字模.....58	
3.4 自造字模点阵和图形点阵.....60	
3.4.1 自造字模点阵方法.....60	
3.4.2 自造图形点阵方法.....60	
<b>第 4 章 T6963C 的汉字字符显示</b> .....61	
4.1 T6963C 简介.....61	
4.1.1 T6963C 的硬件构造和电气特性.....61	
4.1.2 T6963C 的电气特性和时序.....63	
4.2 T6963C 的指令系统.....64	
4.2.1 T6963C 的状态字.....64	
4.2.2 T6963C 的参数设置指令.....64	
4.2.3 T6963C 控制字指令.....66	
4.2.4 T6963C 数据读写指令.....68	
4.2.5 T6963C 屏操作指令.....69	
4.2.6 T6963C 位操作指令.....69	
4.3 T6963C 和单片机的连接.....69	
4.3.1 T6963C 和单片机的直接连接.....69	
4.3.2 T6963C 和单片机的间接连接.....72	
4.4 T6963C 的驱动程序.....73	
4.4.1 T6963C 的汇编语言驱动程序.....74	
4.4.2 T6963C 的 C 语言驱动程序.....83	
4.4.3 T6963C 的内嵌字符表.....105	
<b>第 5 章 JM12864F 的汉字和字符显示</b> .....106	
5.1 JM12864F 的概况.....106	
5.1.1 外观和结构.....106	
5.1.2 电气参数和管脚连接.....106	
5.1.3 JM12864F 和单片机的连接.....107	
5.1.4 指令系统.....107	
5.2 JM12864F 的软件驱动程序.....107	
5.2.1 JM12864F 的汇编语言驱动程序.....107	
5.2.2 JM12864F 的 C 语言驱动程序.....115	



## 第 3 篇 常用 LCD 驱动开发篇

- 第 6 章 KS0108 液晶显示器驱动控制** ..... 133
- 6.1 KS0108 液晶显示器概述 ..... 133
- 6.1.1 KS0108 的硬件特点 ..... 133
- 6.1.2 KS0108 的时序 ..... 134
- 6.1.3 KS0108 与微处理器的接口 ..... 135
- 6.1.4 KS0108 的电源和对比度调整 ..... 136
- 6.2 KS0108 的指令系统 ..... 136
- 6.2.1 显示开/关指令 ..... 136
- 6.2.2 行列设置命令 ..... 137
- 6.2.3 数据和状态读写命令 ..... 137
- 6.3 KS0108 的软件驱动程序 ..... 138
- 6.3.1 KS0108 的汇编语言驱动程序 ..... 138
- 6.3.2 KS0108 的 C 语言驱动程序 ..... 158
- 第 7 章 HD61830 液晶显示器驱动控制** ..... 187
- 7.1 HD61830 液晶显示器概述 ..... 187
- 7.1.1 HD61830 液晶显示器特点 ..... 187
- 7.1.2 HD61830 与微处理器的连接 ..... 189
- 7.2 HD61830 的指令系统 ..... 193
- 7.2.1 方式控制指令 ..... 193
- 7.2.2 显示域设置指令 ..... 194
- 7.2.3 光标设置指令 ..... 195
- 7.2.4 数据读写指令 ..... 195
- 7.2.5 “位”操作指令 ..... 196
- 7.3 HD61830 液晶显示器驱动控制程序 ..... 196
- 7.3.1 HD61830 的汇编语言显示驱动 ..... 196
- 7.3.2 HD61830 的 C 语言显示驱动 ..... 205
- 第 8 章 LSD12864CT 显示驱动** ..... 223
- 8.1 LSD12864CT 硬件概述 ..... 223
- 8.1.1 主要技术参数和性能 ..... 223
- 8.1.2 LSD12864CT 的引脚及功能 ..... 224
- 8.1.3 LSD12864CT 的时序 ..... 225
- 8.1.4 LSD12864CT 与微处理器的连接 ..... 226
- 8.2 LSD12864CT 的指令系统 ..... 226
- 8.2.1 LSD12864CT 内部寄存器 ..... 226
- 8.2.2 LSD12864CT 指令说明 ..... 227
- 8.3 LSD12864CT 的软件驱动程序 ..... 229
- 8.3.1 LSD12864CT 汇编语言驱动程序 ..... 229
- 8.3.2 LSD12864CT C 语言驱动程序 ..... 235
- 第 9 章 HD44780 (KS0066U) 的显示驱动** ..... 255
- 9.1 硬件特点和电气特性 ..... 255
- 9.1.1 基本特点和电气特性 ..... 255
- 9.1.2 HD44780 的时序和参数 ..... 256
- 9.1.3 HD44780 与微处理器的连接 ..... 257
- 9.2 HD44780 的指令系统 ..... 259
- 9.2.1 内部寄存器设置 ..... 259
- 9.2.2 指令说明 ..... 261
- 9.3 HD44780 的显示驱动程序 ..... 264
- 9.3.1 HD44780 的汇编语言显示驱动 ..... 264
- 9.3.2 HD44780 的 C 语言显示驱动 ..... 273
- 第 10 章 内嵌中文字库的 LCD 显示驱动** ..... 282
- 10.1 STN7920 概述 ..... 282

10.1.1	STN7920 的主要特点和功能 .....	282	11.1.4	SED1520/1521 的指令系统 .....	326
10.1.2	STN7920 管脚功能描述 .....	283	11.2	SED1520/1521 与微处理器的连接 .....	328
10.1.3	STN7920 的读写时序 .....	285	11.2.1	SED1520D0A 与微处理器的连接 .....	328
10.1.4	STN7920 与微处理器的接口 .....	286	11.2.2	SED1520DAA 与微处理器的连接 .....	331
10.2	STN7920 的指令系统 .....	288	11.3	SED1520/1521 驱动程序 .....	334
10.2.1	STN7920 的内部寄存器 .....	288	11.3.1	SED1520/1521 的汇编语言驱动程序 .....	334
10.2.2	STN7920 的基本指令系统 .....	290	11.3.2	SED1520/1521 的 C 语言驱动程序 .....	348
10.2.3	STN7920 的扩展指令系统 .....	291	<b>第 12 章</b>	<b>SED1330 LCD 显示驱动</b> .....	<b>375</b>
10.3	STN7920 的软件驱动程序 .....	293	12.1	SED1330 功能概述 .....	375
10.3.1	STN7920 的汇编语言驱动程序 .....	293	12.1.1	SED1330 主要特点和硬件结构 .....	375
10.3.2	STN7920 的 C 语言驱动程序 .....	303	12.1.2	SED1330 和微处理器接口和时序 .....	377
10.3.3	STN7920 显示驱动的进一步探讨 .....	307	12.2	SED1330 指令系统 .....	378
<b>第 11 章</b>	<b>SED1520/1521 LCD 显示驱动</b> .....	<b>323</b>	12.2.1	系统控制指令 .....	378
1.1	SED1520/1521 功能概述 .....	323	12.2.2	显示操作指令 .....	380
11.1.1	SED1520/1521 的主要特点 .....	323	12.2.3	绘图操作指令 .....	383
11.1.2	SED1520/1521 的时序 .....	324	12.2.4	数据读写操作指令 .....	384
11.1.3	SED1520/1521 的 RAM 结构 .....	326	12.3	SED1330 的软件驱动程序 .....	385
			12.3.1	SED1330 的汇编语言驱动程序 .....	385
			12.3.2	SED1330 的 C 语言驱动程序 .....	393

## 第 4 篇 嵌入式处理器 ARM9 的显示驱动篇

<b>第 13 章</b>	<b>嵌入式处理器 S3C2410 的显示驱动</b> .....	<b>407</b>	13.1.2	S3C2410 的控制信号和外部引脚 .....	408
13.1	S3C2410 的 LCD 控制器 .....	407	13.1.3	S3C2410 STN 的视频操作 .....	409
13.1.1	S3C2410 显示控制特点 .....	407	13.1.4	S3C2410 TFT LCD 的视频操作 .....	413

13.1.5 LCD 专用控制寄存器	415	寄存器	451
13.2 S3C2410 的 LCD 驱动程序	420	14.2.2 HD66421 与微处理器 接口及驱动程序	455
13.2.1 S3C2410 的系统资源	420	<b>第 15 章 S3C2410 的触摸屏控制</b>	468
13.2.2 LCD 驱动程序	422	15.1 触摸屏结构原理	468
13.2.3 S3C2410 的汉字和图形 显示	428	15.1.1 触摸屏工作原理	468
<b>第 14 章 灰度液晶 HD66421 的应用</b>	449	15.1.2 S3C2410 的触摸屏 控制	469
14.1 HD66421 的硬件简介	449	15.2 触摸屏控制程序	472
14.2 HD66421 的软件编程	451	<b>参考文献</b>	476
14.2.1 HD66421 的内部			

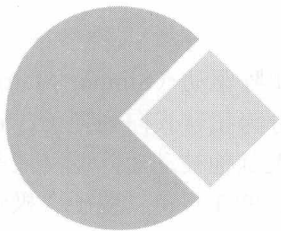


# 第 1 篇 LCD 入门篇

第 1 章 液晶显示的基础知识

第 2 章 常用 LCD 的原理和驱动控制





# 第1章 液晶显示的基础知识

## 1.1 概述

为了满足用户的需求，LCD 生产厂家研制和生产了各种性能和规格的 LCD 显示模块。厂家把 LCD 控制器、驱动器和显示屏集成在一个模块上，用户只要把模块上的 LCD 控制器接口和微处理器简单连接，并按不同 LCD 控制器的指令系统编写驱动程序，即可完成系统显示工作。

### 1.1.1 液晶显示技术概述

#### 1. 液晶显示技术的诞生

LCD 为英文“Liquid Crystal Display”的缩写，即液晶显示。作为一种显示技术，LCD 通过液晶和彩色过滤器过滤光源，在平面面板上产生图像。

##### (1) 液晶的诞生。

1888 年，奥地利的植物学家菲德烈·莱尼泽（Friedrich Reinitzer）从植物中提炼出一种称为螺旋性甲苯酸盐的化合物。在对这种化合物进行加热实验时，他意外地发现这种化合物具有两个不同温度的熔点，在某一温度范围内却具有液体和固体双重性质。后来，人们便把这种物质命名为“Liquid Crystal”（液晶）。

1968 年，美国 RCA 公司（美国无线电公司）沙诺夫研发中心的工程师们发现液晶分子会受电压的影响而改变其分子的排列状态，并且可以让射入的光线产生偏转。利用这一原理，RCA 公司发明了世界第一台使用液晶显示的 LCD 屏。

后来，液晶显示技术被广泛地应用在便携式电子产品中，如计算器、电子手表、手机或数字相机等电子产品。

##### (2) 液晶的特性。

液晶不但具有固体的光学特性，而且具有液体的流动特性。此外，液晶还具有弹性，它们对于外力的作用，呈现出一定的方向性。当光线射入液晶物质中时，会按照液晶分子的排列方式产生偏转现象。另外，液晶分子中的电子具备很强的共轭运动能力，当液晶分子受到

外加电场的作用时，很容易被极化而产生极性。

## 2. 液晶显示器的分类和工作原理

### (1) 液晶显示器的分类。

液晶显示器按照驱动方式不同分为静态驱动 (Static)、单纯矩阵驱动 (Simple Matrix) 以及主动矩阵驱动 (Active Matrix) 3 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液晶显示器，主动矩阵型可分为薄膜式晶体管型 (Thin Film Transistor; TFT) 和二端子二极管型 (Metal/Insulator/Metal; MIM)。

### (2) 液晶显示器工作原理。

TN、STN 及 TFT 型液晶显示器因扭转原理不同，在视角、彩色、对比及动画显示品质上有高低层次差别，其应用范围亦有明显区别。

主动式矩阵驱动技术是以薄膜式晶体管型 (TFT) 为主流，多应用于笔记本电脑等影像显示类产品。而单纯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，多以文字显示类产品为主。其中，TFT 液晶显示器所需的资金投入以及技术需求较高，而 TN 及 STN 所需的技术及资金需求则相对较低。

目前液晶显示技术大多以 TN、STN、TFT 3 种技术为主。

TN 型液晶显示技术是将液晶材料置于两片光轴垂直偏光板的透明导电玻璃间，如果电场未形成，光线会顺利地由偏光板射入，依液晶分子旋转的方向行进，然后从另一边射出。当两片导电玻璃通电时，两片玻璃间会形成电场，进而影响其间液晶分子的排列，使光线无法穿透，进而遮住光源。这样的光暗对比现象，叫做扭转式向列场效应，简称 TNFE (Twisted Nematic Field Effect)。在电子产品中所用的液晶显示器，大都是采用扭转式向列场效应原理制成。

STN 型液晶显示技术也与此类似，不同的是 TN 的液晶分子是将入射光旋转  $90^\circ$ ，而 STN 超扭转式向列场效应是将入射光旋转  $180^\circ \sim 270^\circ$ 。

需要指出的是，单纯的 TN 液晶显示器本身只有黑白两种情形，并没有办法做到灰度层次的变化。STN 液晶显示器由于液晶材料的关系，以及光线的干涉现象，显示的色调都以淡绿色与橘色为主。如果在传统单色 STN 液晶显示器上加一彩色滤光片，并将单色显示矩阵中任一像素分成 3 个子像素，分别透过彩色滤光片显示红、绿、蓝三原色，再经由三原色按比例调和，则可以显示出真彩色图像。

TFT 型液晶显示技术使用的导电玻璃上画有网状的细小线路，电极则是薄膜式晶体管所排列而成的矩阵开关，在每个线路相交的地方有一个控制开关。虽然驱动信号快速地在各显示点扫描而过，但只有电极上晶体管矩阵中被选择的显示点得到足以驱动液晶分子的电压，使液晶分子轴转向而成“亮”的对比，不被选择的显示点自然就是“暗”的对比，因此避免了显示功能对液晶电场效应能力的依靠。

液晶显示器必须利用背光源光线，背光源会先经过一个偏光板然后再经过液晶，这时液晶分子的排列方式会改变穿透液晶的光线角度。只要改变刺激液晶的电压值就可以控制光线强度与色彩，进而能在液晶面板上变化出有不同深浅的颜色组合。

## 1.1.2 LCD 在嵌入式控制系统中的地位和作用

### 1. 嵌入式控制系统的分类

嵌入式控制系统根据所使用的操作系统不同,可以分为3类。

第一类是在DOS操作系统支持下的控制系统,由于这类控制系统大多是微处理器控制的早期产品,功能模板采用ISA总线、控制程序大多采用汇编语言或C语言或C与汇编语言混合编程。

第二类嵌入式控制系统使用Windows操作系统,包括Windows 98/2000、Windows XP等。

这类产品中,功能模板大多采用PCI总线,控制程序常采用VC、VB或Delphi等面向对象的高级编程语言。

第三类嵌入式控制系统大多无操作系统支持,个别复杂的系统也可能有所谓的“嵌入式操作系统”(如Linux、 $\mu$ C/OS、Windows CE等)支持,这里主要指单片机控制系统。这类系统控制程序常采用系统本身的汇编语言或C语言。

### 2. LCD 在嵌入式控制系统中的地位和作用

在第一类控制系统中,由于历史原因,显示基本上都采用CRT。

在第二类控制系统中,CRT和LCD显示器的使用量相近,由于CRT和LCD显示器的各自优缺点,这种状态暂时不会改变。CRT显示器最大的优点是价格低廉、控制电路简单、驱动容易。CRT显示器可选择一系列分辨率,而且能按显示屏要求加以调整。但CRT显示器存在体积庞大、耗电量大、屏幕闪烁、视角不广和彩色显示不理想等问题。

LCD克服了CRT体积庞大、耗电量大、屏幕闪烁的缺点,但同时也带来了造价过高、视角不广以及彩色显示不理想等问题。LCD屏含有固定数量的液晶单元,只能在LCD全屏使用一种分辨率显示(每个单元就是一个像素)。

CRT通常有3电子枪,射出的电子流必须精确聚集,否则就得不到清晰的图像显示。但LCD不存在聚焦问题,因为每个液晶单元都是单独开关的。这正是同样一幅图在LCD屏上可以显示更清晰的原因。

LCD也不必关心刷新频率不高和屏幕闪烁的问题,液晶单元要么开,要么关,因此LCD在40~60Hz这样的低刷新频率下显示的图像不比CRT在75Hz下显示的图像差。

不过,LCD屏的液晶单元很容易会出现瑕疵。对分辨率1024×768的LCD屏来说,每个像素都由3个单元构成,分别负责红、绿和蓝色的显示,所以总共约需240万个单元(1024×768×3=2359296)。因为很难保证所有这些单元都完好无损,有可能个别单元短路(出现“亮点”),或者断路(出现“黑点”),所以LCD显示产品也有可能出现瑕疵。

LCD显示屏使用了在CRT中未曾用到的一些技术。LCD屏光源是盘绕在其背后的荧光管,有时我们会发现LCD屏的某一部分出现异常亮的线条或出现一些不雅的条纹,此外,一些十分精密的图案(比如经抖动处理的图像)可能在液晶显示屏上产生难看的波纹或者干扰纹。

现在,几乎所有的应用于笔记本或桌面系统的LCD都使用薄膜晶体管(TFT)液晶显示器。TFT LCD技术能够显示出更加清晰、明亮的图像。早期的LCD由于是非主动发光器件,速度低、效率差、对比度小,虽然能够显示清晰的文字,但是在快速显示图像时往往会产生阴影,影响视频的显示效果,因此,只被应用于需要黑白显示的掌上电脑、呼机或手机中。

随着技术的日新月异,LCD技术也在不断发展进步。目前各大LCD显示器生产商纷纷



加大对 LCD 的研发费用,力求突破 LCD 的技术瓶颈,进一步加快 LCD 显示器的产业化进程,降低生产成本,实现用户可以接受的价格水平。

第三类嵌入式控制系统产品最大特点是轻、薄、短、小,所以其显示系统无一例外地使用 LCD。

这类产品由于本身特点和价格低廉,大多使用本身只有明暗两种情形(或称黑白)的 TN 液晶显示器和显示色调以淡绿色与橘色为主的 STN 液晶显示器。

在某些高级应用场合,也有使用 LCD 屏尺寸为  $640 \times 480$ 、 $320 \times 240$ 、 $160 \times 160$  或最大为  $2048 \times 1024$  等 256 级彩色模式或 4096 级彩色模式 TFT LCD 显示器。

### 1.1.3 液晶显示器件的基本电气特性和参数

由于液晶显示器件的一些优点,各生产厂家研发和生产了大量的各种类型的液晶显示器件。按驱动形式分有电场效应型、电流效应型、电热效应型、电热光效应型、有源矩阵型(AM)等类型。

电场效应型:分为扭曲向列型(TN)、超扭曲向列型(STN)、宾主型(GH)、相变型(PC)、铁电型(PE)、电控双折射型(ECB)等。

电流效应型:动态散射型(DS)。

有源矩阵型:可分为有源三端矩阵型(TFT)和有源二端矩阵型(MSM 和 MIM)。

下面介绍最常用的 TN 和 STN 型液晶显示器件的基本电气特性和参数。

#### 1. 基本电气特性

TN 和 STN 型液晶显示器件的基本电气参数如表 1.1 所示。

表 1.1 TN 和 STN 型液晶显示器件的基本电气参数

项 目	符号	单位	TN			STN		
			最小	典型	最大	最小	典型	最大
工作电压	$V_{op}$	V	2	—	5	2	—	8
工作电流	$I_{op}$	$\mu A/cm^2$	—	<1.0	—	—	<1.0	—
工作频率	$F_o$	Hz	32	—	128	32	—	128

#### 2. 基本光电特性

TN 和 STN 型液晶显示器件的基本光电参数如表 1.2 所示。

表 1.2 TN 和 STN 型液晶显示器件的基本光电参数

项 目	符号	单位	TN			STN			
			最小	典型	最大	最小	典型	最大	
阈值电压	$V_{LH}$	V	1.8	—	3	2	—	6	
响应时间	上升	$T_R$	ms	50	100	200	100	—	200
	下降	$T_D$	ms	50	100	250	100	—	200
视角范围	$\beta, \theta$	°	—	$\pm 45$	—	—	$\pm 40$	—	
对比度	C	5:1	—	—	20:1	—	10:1	—	