



# 嵌入式控制系统 人机界面设计

侯殿有 编著



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

# 嵌入式控制系统 人机界面设计

侯殿有 编著



北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书讲解嵌入式控制系统人机界面设计,分三部分:第一部分对 LED 和 LCD 的显示原理做简单介绍;第二部分介绍 LED 的使用和程序编写;第三部分介绍 LCD 的使用和程序编写。为照顾使用不同编程语言的读者,程序分别使用 C 语言和汇编语言给出。

本书适合于嵌入式控制系统相关专业的本科生、研究生,以及从事嵌入式控制系统教学和科研的教师及工程技术人员阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

嵌入式控制系统人机界面设计 / 侯殿有编著. — 北京:北京航空航天大学出版社, 2011.9

ISBN 978-7-5124-0570-7

I. ①嵌… II. ①侯… III. ①计算机控制系统—人机界面—系统设计 IV. ①TB11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 162411 号

版权所有,侵权必究。

### 嵌入式控制系统人机界面设计

侯殿有 编著

责任编辑 张少扬 孟博 杨坤

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×1092 1/16 印张:29 字数:736 千字

2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0570-7 定价:59.00 元(含光盘 1 张)

# 前 言

## 1. 为什么写作本书

我多年来一直在兵器部第 55 研究所做嵌入式系统开发工作,其间参加 4 项国家指令性课题,20 余项横向课题;现被聘为大学教授,5 个学年、10 个学期一直给学生讲授《单片机 C 语言程序设计》和《ARM 嵌入式 C 语言编程》等课程,指导学生参加全国和省级电子设计和嵌入式设计大赛,获奖多项;在工作和教学中积累了不少经验,特别是关于“人机界面设计”更有一些体会,把这些东西总结出来与同学和同行共享,感到非常快乐。

## 2. 本书有什么特点

本书最大的特点是实践性非常强,有许多程序是我在工作中研制、总结和使用过的,在其他资料中是没有的。例如通用字模提取程序、各种字模转换和一些驱动程序都是我编制的,直接可在工作中使用,对从事嵌入式设计的同行会有很大帮助。

## 3. 本书结构

本书内容分为三部分:第一部分对 LED 和 LCD 的显示原理做简单介绍;第二部分介绍 LED 的使用和程序;第三部分,也是本书重点,介绍 LCD 的使用和程序编写。为照顾使用不同编程语言的读者,程序分别使用 C 语言和汇编语言给出。这里有许多程序是我在多年工作中使用的,不一定最优,但确实好用。

## 4. 本书资料来源

本书资料主要来自几个方面:

① 多年《MCS-51 单片机 C 语言程序设计》和《ARM 嵌入式程序设计》教学中使用的资料。

② 作者在 20 多年科研工作中使用、指导学生参加各种大赛中积累的经验、资料、程序。

③ 网上资源。

④ 其他类似著作和教材。

⑤ 一些公司的产品使用说明书或技术资料。

作者对使用或借鉴资料的个人或公司表示感谢。

## 5. 使用本书建议

对本书的意见和建议请与作者联系,联系信箱: houdianyou456@sina.com。

## 6. 书中资料可免费在北京航空航天大学出版社网站下载

书中通用字模提取程序密码:194512125019。

侯殿有

长春理工大学光电信息学院

2011 年 7 月 17 日



# 目 录

<b>第 1 章 嵌入式控制系统的特 点</b> .....	<b>1</b>
1.1 嵌入式控制系统人机界面设计方案及各种方案的特点 .....	1
1.1.1 LED 显示器 .....	2
1.1.2 LCD 显示器 .....	3
1.2 嵌入式控制系统人机界面设计中的显示器件 .....	4
1.2.1 采用 LED 显示器.....	4
1.2.2 采用 LCD 显示器.....	9
<b>第 2 章 LED 显示器驱动</b> .....	<b>15</b>
2.1 半导体发光二极管点阵驱动.....	15
2.1.1 8×8 二极管点阵驱动 .....	15
2.1.2 16×16 二极管点阵驱动 .....	20
2.2 八段式数码管动态驱动.....	25
2.2.1 八段式数码管与计算机的连接.....	25
2.2.2 动态显示程序.....	25
<b>第 3 章 LCD 显示汉字和图形的基本原理</b> .....	<b>28</b>
3.1 国标汉字字符集与区位码.....	28
3.1.1 汉字和字符显示原理.....	28
3.1.2 汉字字符集概述.....	30
3.1.3 汉字的内码.....	30
3.1.4 内码转换为区位码.....	30
3.1.5 其他西文字符在计算机中的存储和显示.....	31
3.2 字模提取与小字库的建立.....	32
3.2.1 用汇编语言提取字模和汉字显示.....	32
3.2.2 用 C 语言提取字模和建立小字库 .....	39
3.2.3 用 Delphi 提取字模和建立小字库 .....	45
3.2.4 通用字模提取程序 MinFonBase 的使用说明 .....	56
3.3 两种字模形式的自动转换.....	56
3.3.1 汇编语言字模转换为 C 语言字模 .....	56
3.3.2 C 语言字模转换为汇编语言字模.....	56
3.4 自造字模点阵和图形点阵.....	60
<b>第 4 章 T6963C 的汉字字符显示</b> .....	<b>61</b>
4.1 T6963C 的一般介绍 .....	61

4.1.1	T6963C 的硬件构造 .....	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 的控制字指令 .....	66
4.2.4	T6963C 的数据读/写指令 .....	68
4.2.5	T6963C 的屏操作指令 .....	68
4.2.6	T6963C 的位操作指令 .....	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 .....	71
4.4	T6963C 的驱动程序 .....	73
4.4.1	T6963C 的汇编语言驱动程序 .....	73
4.4.2	T6963C 的 C 语言驱动程序 .....	82
4.4.3	T6963C 的内嵌字符表 .....	102
<b>第 5 章</b>	<b>JM12864F 的汉字和字符显示 .....</b>	<b>103</b>
5.1	JM12864F 的概况 .....	103
5.2	JM12864F 的软件驱动程序 .....	104
5.2.1	JM12864F 的汇编语言驱动程序 .....	104
5.2.2	JM12864F 的 C 语言驱动程序 .....	111
<b>第 6 章</b>	<b>KS0108 液晶显示器驱动控制 .....</b>	<b>126</b>
6.1	KS0108 液晶显示器概述 .....	126
6.1.1	KS0108 的硬件特点 .....	126
6.1.2	KS0108 的时序 .....	128
6.1.3	KS0108 与微处理器的接口 .....	129
6.1.4	KS0108 的电源和对比度调整 .....	129
6.2	KS0108 的指令系统 .....	130
6.3	KS0108 的软件驱动程序 .....	132
6.3.1	KS0108 的汇编语言驱动程序 .....	132
6.3.2	KS0108 的 C 语言驱动程序 .....	151
<b>第 7 章</b>	<b>HD61830 液晶显示器驱动控制 .....</b>	<b>177</b>
7.1	HD61830 液晶显示器概述 .....	177
7.1.1	HD61830 液晶显示器的特点 .....	177
7.1.2	HD61830 与微处理器的连接 .....	179
7.2	HD61830 的指令系统 .....	182
7.2.1	方式控制指令 .....	183
7.2.2	显示域设置指令 .....	183
7.2.3	光标设置指令 .....	184

7.2.4	数据读/写指令	185
7.2.5	“位”操作指令	185
7.3	HD61830 液晶显示器驱动控制程序	185
7.3.1	HD61830 的汇编语言显示驱动	185
7.3.2	HD61830 的 C 语言显示驱动	193
<b>第 8 章</b>	<b>LSD12864CT 显示驱动</b>	<b>212</b>
8.1	LSD12864CT 硬件概述	212
8.1.1	主要技术参数和性能	212
8.1.2	LSD12864CT 的引脚及功能	213
8.1.3	LSD12864CT 的时序	214
8.1.4	LSD12864CT 与微处理器的连接	215
8.2	LSD12864CT 的指令系统	215
8.2.1	LSD12864CT 内部寄存器	215
8.2.2	LSD12864CT 指令说明	217
8.3	LSD12864CT 的软件驱动程序	218
8.3.1	LSD12864CT 汇编语言驱动程序	218
8.3.2	LSD12864CT C 语言驱动程序	224
<b>第 9 章</b>	<b>HD44780(KS0066U)的显示驱动</b>	<b>242</b>
9.1	硬件特点和电特性	242
9.1.1	基本特点和电特性	242
9.1.2	HD44780 的时序和参数	243
9.1.3	HD44780 与微处理器的连接	244
9.2	HD44780 的指令系统	244
9.2.1	内部寄存器设置	244
9.2.2	指令说明	247
9.3	HD44780 的显示驱动程序	250
9.3.1	HD44780 的汇编语言显示驱动	250
9.3.2	HD44780 的 C 语言显示驱动	259
<b>第 10 章</b>	<b>内嵌中文字库的 LCD 显示驱动</b>	<b>267</b>
10.1	STN7920 概述	267
10.1.1	STN7920 的主要特点和功能	267
10.1.2	STN7920 的引脚功能描述	268
10.1.3	STN7920 的读/写时序	270
10.1.4	STN7920 与微处理器的接口	271
10.2	STN7920 的指令系统	273
10.2.1	STN7920 的内部寄存器	273
10.2.2	STN7920 的基本指令系统	274
10.2.3	STN7920 的扩展指令系统	276
10.3	STN7920 的软件驱动程序	277

10.3.1	STN7920 的汇编语言驱动程序 .....	277
10.3.2	STN7920 的 C 语言驱动程序 .....	287
10.3.3	STN7920 显示驱动的进一步探讨 .....	291
<b>第 11 章</b>	<b>SED1520/1521 LCD 显示驱动 .....</b>	<b>305</b>
11.1	SED1520/1521 功能概述 .....	305
11.1.1	SED1520/1521 的主要特点 .....	305
11.1.2	SED1520/1521 的时序 .....	306
11.1.3	SED1520/1521 的 RAM 结构 .....	307
11.1.4	SED1520/1521 的指令系统 .....	308
11.2	SED1520/1521 与微处理器的连接 .....	310
11.2.1	SED1520D0A 与微处理器的连接 .....	310
11.2.2	SED1520DAA 与微处理器的连接 .....	313
11.3	SED1520/1521 软件驱动程序 .....	315
11.3.1	SED1520/1521 的汇编语言驱动程序 .....	315
11.3.2	SED1520/1521 的 C 语言驱动程序 .....	329
<b>第 12 章</b>	<b>SED1330 LCD 显示驱动 .....</b>	<b>355</b>
12.1	SED1330 功能概述 .....	355
12.1.1	SED1330 的主要特点和硬件结构 .....	355
12.1.2	SED1330 和微处理器的接口和时序 .....	357
12.2	SED1330 指令系统 .....	358
12.2.1	系统控制指令 .....	359
12.2.2	显示操作指令 .....	360
12.2.3	绘图操作指令 .....	363
12.2.4	数据读/写操作指令 .....	364
12.3	SED1330 的软件驱动程序 .....	365
12.3.1	SED1330 的汇编语言驱动程序 .....	365
12.3.2	SED1330 的 C 语言驱动程序 .....	372
<b>第 13 章</b>	<b>嵌入式处理器 S3C2410 显示驱动 .....</b>	<b>385</b>
13.1	S3C2410 的 LCD 控制器 .....	385
13.1.1	S3C2410 显示控制特点 .....	385
13.1.2	S3C2410 的控制信号和外部引脚 .....	386
13.1.3	S3C2410 STN 的视频操作 .....	388
13.1.4	S3C2410 TFT LCD 的视频操作 .....	392
13.1.5	LCD 专用控制寄存器 .....	393
13.2	S3C2410 的 LCD 驱动程序 .....	398
13.2.1	S3C2410 的系统资源 .....	398
13.2.2	“LCD 驱动”程序 .....	400
13.2.3	S3C2410 的汉字和图形显示 .....	406
<b>第 14 章</b>	<b>灰度液晶 HD66421 的应用 .....</b>	<b>426</b>

14.1	HD66421 的硬件简介 .....	426
14.2	HD66421 的软件编程 .....	428
14.2.1	HD66421 的内部寄存器 .....	428
14.2.2	HD66421 与微处理器的接口及驱动程序 .....	431
<b>第 15 章</b>	<b>S3C6410(ARM11)显示驱动 .....</b>	<b>444</b>
15.1	嵌入式操作系统.....	444
15.2	基于 FrameBuffer 的 LCD 驱动程序简介 .....	444
15.3	利用打点函数完成图形和汉字显示.....	448
15.4	显示程序调试.....	450
<b>参考文献</b>	.....	<b>451</b>

# 第 1 章

## 嵌入式控制系统的特点

### 1.1 嵌入式控制系统人机界面设计方案及各种方案的特点

在现代计算机应用领域,除经常使用以 PC 为代表的通用计算机外,在工业和控制领域还大量使用单片机。

单片机就是在一片半导体硅片上集成了中央处理单元(CPU)、存储器(RAM/ROM)和各种 I/O 接口的微型计算机。这样一块集成电路芯片具有一台微型计算机的功能,因此被称为单片微型计算机,简称单片机。

有些单片机功能比较齐全,我们称之为通用单片机;有些单片机是专门为某一应用领域研制的,突出某一功能,例如专门的数控芯片、数字信号处理芯片等,我们称之为专用单片机。有时我们也把这两种单片机统称为微处理器。

单片机主要应用在测试和控制领域,由于单片机在使用时,通常处于测试和控制领域的核心地位并嵌入其中,因此我们也常把单片机称为嵌入式微控制器(embedded micro controller unit),把嵌入某种微处理器或单片机的测试和控制系统称为嵌入式控制系统(embedded control system)。

嵌入式控制系统在航空航天、机械电子、家用电器等领域都有广泛应用,特别是家用电器领域是嵌入式控制系统最大的应用领域,MP3 播放器、MP4 播放器、MP5 播放器、数码相机、扫描仪、PC、车载电视、DVD 播放机、PDA……,到处都可以看到嵌入式控制系统的应用。

我们在进行嵌入式控制系统设计时,首先要进行人机界面设计,根据嵌入式控制系统的特点,人机界面应该具有小、巧、轻、灵、薄和信息量大、价格低廉的特点。

在比较简单的嵌入式控制系统中,常使用发光二极管(Light Emitting Diode, LED)或由发光二极管组成的点阵做显示界面,这种界面显示字体清晰、价格低廉。缺点是显示的信息量少。

在嵌入式控制系统中,最常使用液晶显示器(Liquid Crystal Display, LCD)做显示界面,这种界面显示的信息量大,显示字体的大小和内容可由软件控制,中低档产品价格低廉。缺点是温度范围小,在温度超过 85 °C 或低于 -20 °C 时显示可能不正常。

### 1.1.1 LED 显示器

LED(Light Emitting Diode)发光二极管,是一种固态的半导体器件,它可以直接把电转化为光,其构造如图 1-1 所示。

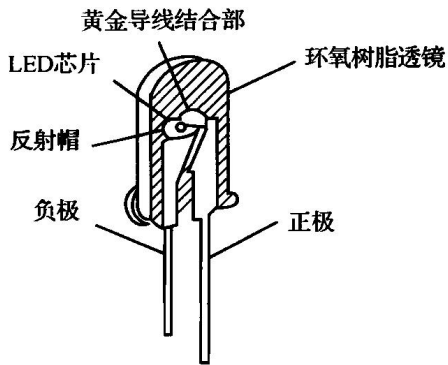


图 1-1 发光二极管

LED 的心脏是一个半导体的晶片,晶片的一端附在一个支架上,是负极;另一端连接电源的正极,整个晶片用环氧树脂封装起来。

半导体晶片由两部分组成,一部分是 P 型半导体,其中空穴占主导地位;另一部分是 N 型半导体,其中电子占主导地位。当这两种半导体连接起来的时候,它们之间就形成一个“P-N 结”。当电流通过导线作用于这个晶片的时候,电子就会被推向 P 区,在 P 区里电子跟空穴复合,然后就会以光子的形式发出能量,这就是 LED 发光的原理。而光的波长决定光的颜色,是由形成 P-N 结材料的禁

带宽度决定的。

鉴于 LED 的自身优势,目前主要应用于以下几大方面:

① 由于 LED 具有抗振、耐冲击、光响应速度快、省电和寿命长等特点,广泛应用于各种室内照明、户外显示屏、交通信号灯上。

② 汽车内部的仪表板、音响指示灯、开关的背光源、阅读灯和外部的刹车灯、尾灯、侧灯以及头灯、高位刹车灯等。

③ LED 背光源,特别是高效侧发光的背光源最为引人注目,LED 作为 LCD 背光源应用,具有寿命长、发光效率高、无干扰和性价比高等特点,已广泛应用于电子手表、手机、电子计算器和刷卡机上,随着便携电子产品日趋小型化,LED 背光源更具优势,因此背光源制作技术将向更薄型、低功耗和均匀一致方面发展。

④ LED 照明光源早期的产品发光效率低,光强一般只能达到几个到几十个 mcd,适用在室内场合(家电、仪器仪表、通信设备、微机及玩具等方面)应用。目前直接目标是 LED 光源替代白炽灯和荧光灯,这种替代趋势已从局部应用领域开始发展。

⑤ 其他应用,例如受到儿童欢迎的闪光鞋、电动牙刷的电量指示灯。

⑥ 家用室内照明的 LED 产品越来越受人们的欢迎,LED 筒灯、LED 天花灯、LED 日光灯、LED 光纤灯已悄悄地进入家庭。

⑦ 除上面介绍的以外,在控制系统中,1 位 LED 发光二极管可以显示一个控制对象的状态;8 位发光二极管除可以显示 8 个控制对象的状态外,还可以显示 1 字节的 8 位数据。无符号数的显示范围为 0~255;有符号数的显示范围为 -128~+127。最高位亮,该数为负;最高位暗,该数为正。

若干个 LED 发光二极管按一定规律排列,可以组成各种常用点阵,如图 1-2 所示。关于它们的显示将在第 2 章讲述。



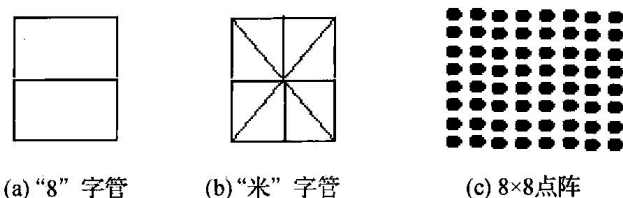


图 1-2 几种常用 LED 点阵

## 1.1.2 LCD 显示器

LCD 为英文 Liquid Crystal Display 的缩写,即液晶显示,LCD 是一种数字显示技术。

我们先从“液晶”的诞生开始讲起。在 1888 年,一位奥地利的植物学家菲德烈·莱尼泽(Friedrich Reinitzer)发现了一种特殊的物质,他从植物中提炼出一种称为螺旋性甲苯酸盐的化合物。在为这种化合物做加热实验时,他意外地发现此种化合物具有两个不同温度的熔点。而它的状态介于我们一般所熟知的液态与固态物质之间,有点类似肥皂水的胶状溶液,但它在某一温度范围内却具有液体和结晶双重性质。由于这种物质的独特状态,后来便把它命名为 Liquid Crystal,就是液态结晶物质的意思。不过,虽然液晶早在 1888 年就被发现了,但是真正达到实际应用,却是在 80 年后的事情了。

1968 年,美国 RCA 公司(美国无线电公司)的沙诺夫研发中心,工程师们发现了液晶分子会受到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的现象。利用此原理,RCA 公司发明了世界上第一台使用液晶显示的 LCD 屏。后来,液晶显示技术被广泛地用在一般的电子产品中,如计算器、电子表、手机 LCD 屏、医院所使用的仪器或数字相机中的 LCD 屏等。

液晶显示器是以液晶材料为基本组件的,由于液晶是介于固态和液态之间的,既具有固态晶体光学特性,又具有液态流动特性,可以说是一个中间相。而要了解液晶所产生的光电效应,我们必须来解释液晶的物理特性,包括它的黏性(viscosity)、弹性(elasticity)和极化性(polarizability)。

液晶的黏性和弹性与液晶分子的排列性质有关,当外界作用力量(如电场)的方向不同时,液晶的排列会发生改变,进而对光线产生不同的折射效果。

此外,液晶除具有黏性的反应外,还具有弹性的反应,它们对于外加的力量,呈现了方向性的效果。因此光线射入液晶物质中,必然会按照液晶分子的排列方式,产生偏转现象。

至于液晶分子中的电子结构,则具备着很强的电子共轭运动能力,所以当液晶分子受到外加电场的作用时,很容易地被极化产生感应偶极性(induced dipolar),这也是液晶分子之间互相作用力量的来源。

一般电子产品中所用的液晶显示器,就是利用液晶的光电效应,借助外部的电压控制,再通过液晶分子的折射特性以及对光线的偏转能力来获得亮暗变化(或称为可视光学的对比),进而达到显像目的的。

液晶显示器,依驱动方式可分为被动矩阵驱动(static matrix)、单纯矩阵驱动(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

动液晶显示器;而主动矩阵型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)两种形式。

TN、STN 及 TFT 型液晶显示器因其利用液晶分子扭转原理不同,在视角、彩色、对比及动画显示品质上有高低层次的差别,使其应用范围亦有明显区别。

以目前液晶显示技术所应用的范围以及层次而言,主动式矩阵驱动技术是以薄膜式晶体管型(TFT)为主流,多应用于笔记本计算机及动画、影像处理产品。而单纯矩阵驱动技术目前则以扭转向列(TN)及超扭转向列(STN)为主,目前的应用多以文书处理器以及消费性产品为主。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 的技术及资金需求则相对较低。

在嵌入式控制系统中,产品的最大特点是轻、薄、短、小,所以其显示系统大多使用 LCD 显示器。

这类产品由于本身的特点和价格低廉,大多使用单纯的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,常用尺寸为 640×480 像素、320×240 像素、160×160 像素等,最大为 2 048×1 024 像素,有 256 级彩色模式或 4 096 级彩色模式的 TFT LCD 显示器。

液晶显示器件一般包括控制器、驱动器和液晶显示屏三部分,而液晶显示模块则是把液晶显示屏、控制器、驱动器、连接件、PCB 线路板、背光源、结构件装配到一起的组件,英文名称为 LCD Module,简称 LCM,我们一般简称为“液晶显示模块”,如图 1-3 所示。



图 1-3 液晶显示模块结构

液晶显示模块的型号非常多,但只要是控制器相同,其驱动程序基本相同。控制器按功能分为两种,一种是字符型控制器,另一种是点阵图形型控制器。字符型控制器只能显示西文字符或笔画简单的汉字,价格低廉,在低档嵌入式控制系统中使用较多;点阵型控制器能显示各种曲线和汉字,在复杂嵌入式控制系统中使用较多。

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、驱动器和显示屏做在一个模块上,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。

本书的主要任务就是帮助读者完成各类 LCD 显示模块的显示驱动工作。

## 1.2 嵌入式控制系统人机界面设计中的显示器件

### 1.2.1 采用 LED 显示器

#### 1. 采用一只或几只发光二极管做系统显示

在这种情况下,主要就是选择价格低廉、性能较好的发光二极管。发光二极管的种类非常

多,价格从 0.1~1 元不等,图 1-4 列出几种常用的发光二极管。

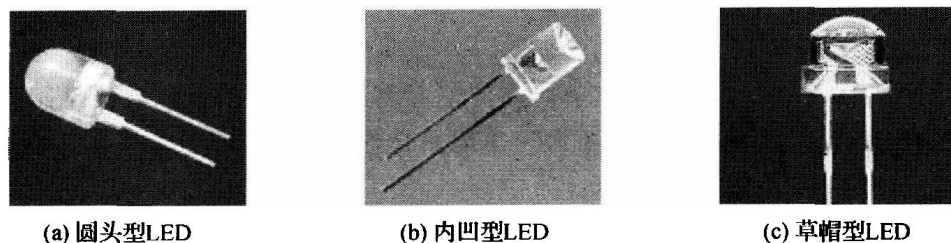


图 1-4 几种常用的发光二极管

发光二极管还可分为普通单色发光二极管、高亮度发光二极管、超高亮度发光二极管、变色发光二极管、闪烁发光二极管、电压控制型发光二极管、红外发光二极管和负阻发光二极管等。

### (1) 普通单色发光二极管

普通单色发光二极管具有体积小、工作电压低、工作电流小、发光均匀稳定、响应速度快、寿命长等优点,可用各种直流、交流、脉冲等电源驱动点亮。它属于电流控制型半导体器件,使用时需串接合适的限流电阻。

普通单色发光二极管的发光颜色与发光的波长有关,而发光的波长又取决于制造发光二极管所用的半导体材料。红色发光二极管的波长一般为 650~700 nm,琥珀色发光二极管的波长一般为 630~650 nm,橙色发光二极管的波长一般为 610~630 nm 左右,黄色发光二极管的波长一般为 585 nm 左右,绿色发光二极管的波长一般为 555~570 nm。

常用的国产普通单色发光二极管有 BT(厂标型号)系列、FG(部标型号)系列和 2EF 系列。

常用的进口普通单色发光二极管有 SLR 系列和 SLC 系列等。

### (2) 高亮度单色发光二极管和超高亮度单色发光二极管

高亮度单色发光二极管和超高亮度单色发光二极管使用的半导体材料与普通单色发光二极管不同,所以发光的强度也不同。

通常,高亮度单色发光二极管使用砷铝化镓(GaAlAs)等材料,超高亮度单色发光二极管使用磷铟砷化镓(GaAsInP)等材料,而普通单色发光二极管使用磷化镓(GaP)或磷砷化镓(GaAsP)等材料。

### (3) 变色发光二极管

变色发光二极管是能变换发光颜色的发光二极管。变色发光二极管发光颜色种类可分为双色发光二极管、三色发光二极管和多色(有红、蓝、绿、白四种颜色)发光二极管。

变色发光二极管按引脚数量可分为二端变色发光二极管、三端变色发光二极管、四端变色发光二极管和六端变色发光二极管。

常用的双色发光二极管有 2EF 系列和 TB 系列,常用的三色发光二极管有 2EF302、2EF312、2EF322 等型号。

### (4) 闪烁发光二极管

闪烁发光二极管(BTS)是一种由 CMOS 集成电路和发光二极管组成的特殊发光器件,可用于报警指示及欠压、超压指示。

闪烁发光二极管在使用时,无须外接其他元件,只要在其引脚两端加上适当的直流工作电压(5 V)即可闪烁发光。

## (5) 普通发光二极管

普通发光二极管属于电流控制型器件,在使用时需串接适当阻值的限流电阻。电压控制型发光二极管(BTV)是将发光二极管和限流电阻集成制作为一体,使用时可直接并接在电源两端。

发光二极管,按其使用材料可分为磷化镓(GaP)发光二极管、磷砷化镓(GaAsP)发光二极管、砷化镓(GaAs)发光二极管、磷铟砷化镓(GaAsInP)发光二极管和砷铝化镓(GaAlAs)发光二极管等多种。

按其封装结构及封装形式除可分为金属封装、陶瓷封装、塑料封装、树脂封装和无引线表面封装外,还可分为加色散射封装(D)、无色散射封装(W)、有色透明封装(C)和无色透明封装(T)。

按其封装外形可分为圆形、方形、矩形、三角形和组合形等多种,图 1-4 所示为几种发光二极管的外形。

塑封发光二极管按管体颜色又分为红色、琥珀色、黄色、橙色、浅蓝色、绿色、黑色、白色、透明无色等多种。而圆形发光二极管的外径为 2~20 mm,有多种规格。

按发光二极管的发光颜色又可分为有色光和红外光。有色光又分为红色光、黄色光、橙色光、绿色光等。

发光二极管控制电路简单,网上有大量资料可借鉴,本书只做简单介绍。

## 2. 选择八段数码管或米字管做显示器件

### (1) 八段式 LED 数码管

在应用系统中,经常用八段式 LED 数码管作显示输出设备。八段式 LED 数码管显示器显示信息简单,具有显示清晰、亮度高、使用电压低、寿命长、与单片机接口方便等特点。

八段式 LED 数码显示器是由发光二极管按一定的结构组合起来的显示器件,它有共阴极和共阳极两种,如图 1-5 所示。

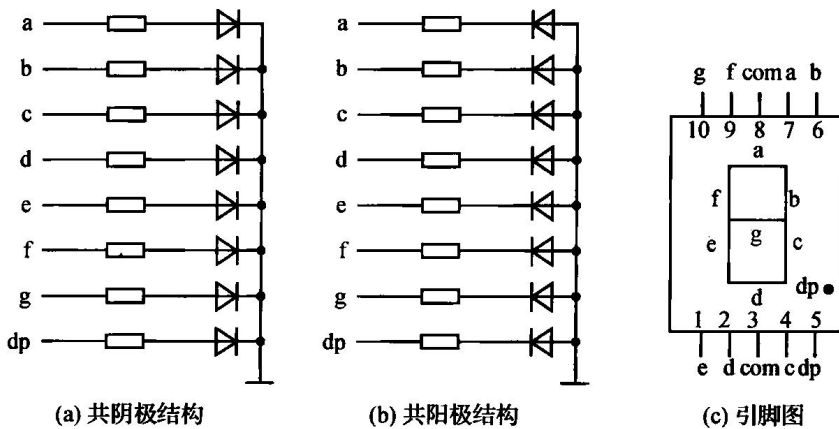


图 1-5 八段式 LED 数码管结构图

图(a)是共阴极结构,使用时公共端接地,要哪根发光二极管亮,则对应的阳极接高电平。图(b)为共阳极结构,八段发光二极管的阳极端连接在一起,阴极段分开控制,公共端接电源。

要哪根发光二极管亮,则对应的阴极端接地。

其中七段发光二极管构成 7 笔的字形“日”,一根发光二极管构成小数点。图(c)为引脚图,从 a~g 引脚输入不同的 7 位二进制编码,可实现不同的数字或字符显示,通常把控制发光二极管的 7(或 8)位二进制编码称为字段码。

不同数字或字符其字段码不一样,对于同一个数字或字符,共阴极连接和共阳极连接的字段码也不一样,共阴极和共阳极的字段码互为反码,常见的数字和字符的共阴极和共阳极的字段码如表 1-1 所列。

表 1-1 常见字符的共阴极和共阳极的字段码

显示字符	共阴极字段码	共阳极字段码	显示字符	共阴极字段码	共阳极字段码
0	0x3F	0xC0	1	0x39	0xC6
1	0x06	0xF9	2	0x5E	0xA1
2	0x5B	0xA4	3	0x79	0x86
3	0x4F	0xB0	4	0x71	0x8E
4	0x66	0x99	5	0x73	0x8C
5	0x6D	0x92	6	0x3E	0xC1
6	0x7D	0x82	7	0x31	0xCE
7	0x07	0xF8	8	0x6E	0x91
8	0x7F	0x80	9	0x38	0x7C
9	0x6F	0x90	10	0xFF	0x00
A	0x77	0x88	全灭	0x00	0xFF
b	0x7C	0x83	...	...	...

八段式 LED 数码管硬件译码方式是利用专门的硬件电路来实现显示字符到字段码的转换,这样的硬件电路有很多,比如 MOTOLOLA 公司生产的 MC14495 芯片就是其中的一种,MC14495 是共阴极 1 位十六进制数到字段码转换芯片,能够输出 4 位二进制表示的 1 位十六进制数的 7 位字段码(不带小数点),电路如图 1-6 所示。

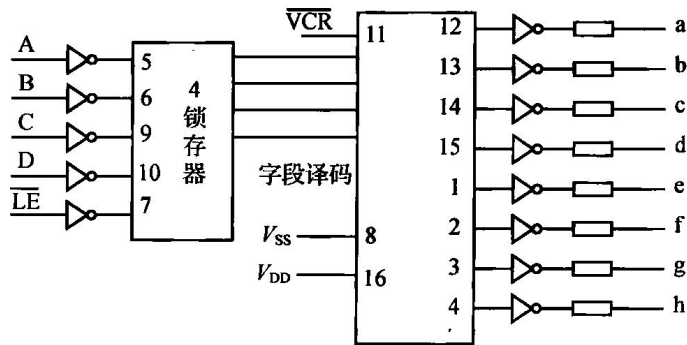


图 1-6 MC14495 结构

MC14995 内部由两部分组成:内部锁存器和译码驱动电路。在译码驱动电路部分还包括一个字段码 ROM 阵列,内部锁存器锁存输入的 4 位二进制数并对其进行译码。引脚信号 LE

是数据锁存控制器,当 $\overline{LE}=0$ 时输入数据,当 $\overline{LE}=1$ 时数据锁存于锁存器中,A、B、C、D为4位二进制数输入端,a~g引脚为7位字段码输出端,h引脚为大于或等于10的指示端,当输入数据大于或等于10时,h引脚为高电平; $\overline{VCR}$ 为输入15的指示端,当输入数据为15时, $\overline{VCR}$ 为低电平。

硬件译码时,要显示1位的数字,在A、B、C、D输入端输入该数的二进制形式即可,A是最低位,D是最高位。

八段式数码管驱动分静态和动态两种。LED静态显示时,其公共端直接接地(共阴极)或接电源(共阳极),各段选线分别与I/O口线相连。要显示字符,直接在I/O线送相应的字段码。静态由于占用I/O口线较多,实际上很少采用。LED动态显示是将所有的数码管的段选线并接在一起,用一个I/O口控制,公共端不是直接接地(共阴极)或电源(共阳极),而是通过相应的I/O口线控制。

假设数码管为共阳极,动态显示的工作过程为:第一步,使右边第一个数码管的公共端D0为1,其余的数码管的公共端为0,同时在I/O口线上送右边第一个数码管的字段码,这时,只有右边第一个数码管显示,其余不显示;第二步,使右边第二个数码管的公共端D1为1,其余的数码管的公共端为0,同时在I/O口线上送右边第二个数码管的字段码,这时,只有右边第二个数码管显示,其余不显示。以此类推,直到最后一个,这样数码管轮流显示相应的信息。一个循环完成后,下一循环又这样轮流显示。从计算机的角度看,是一个一个地显示,但由于人的视觉滞留效应,只要循环的周期足够快,看起来所有的数码管都是一起显示的。这就是动态显示的原理。而这个循环周期对于计算机来说很容易实现。所以在单片机中经常用到动态显示。

八段式数码管与单片机的接口及动态驱动程序将在第2章介绍。

## (2) 米字管

米字管在结构上和八段式LED显示器基本相同,只是比八段式LED多使用6支发光二极管,它们的结构如图1-7所示。

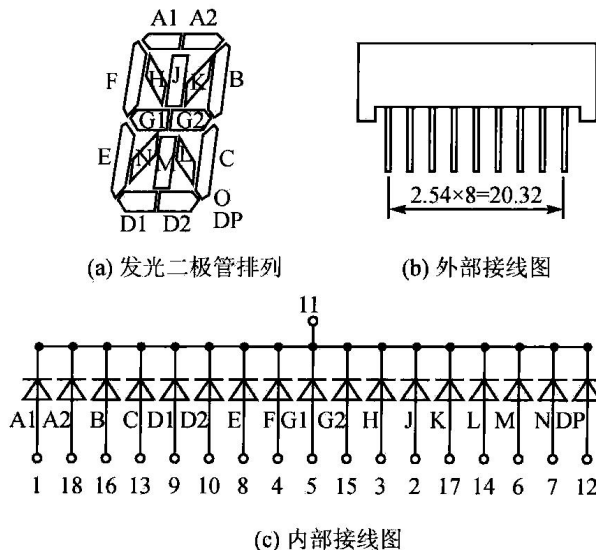


图 1-7 米字管结构

从图1-7中看出,米字管比八段式LED引脚多,控制复杂,占用I/O口线多,所以很少使用。多用来表示一些符号,如显示士、干、×、\*等。