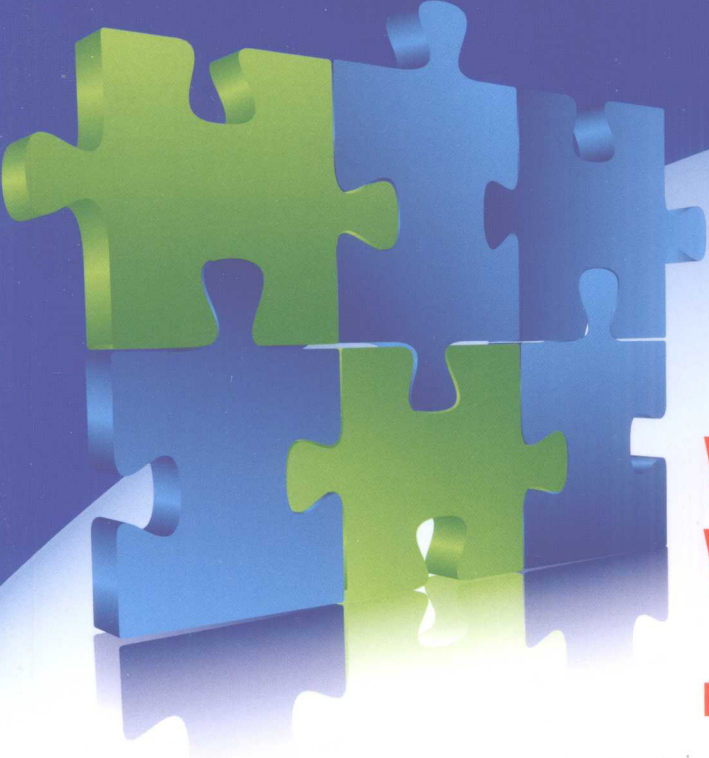




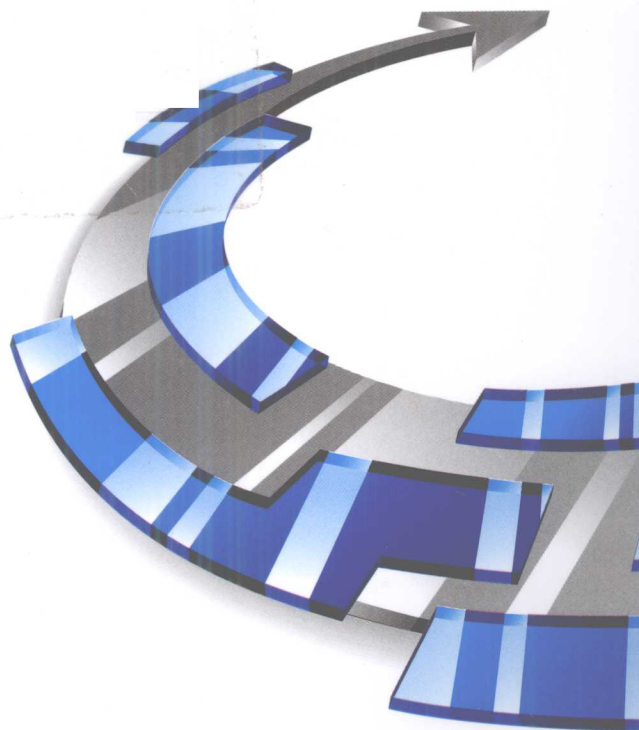
<http://www.phei.com.cn>

毛学军 沙 祥 编著

液晶

模块应用

- 倒计时器
- 万年历
- 窗口评价器
- 简易温度闭环控制系统
- 语音提示的温湿度及
时间一体化显示系统



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

液晶模块应用

毛学军 沙 祥 编著

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书由五个项目组成。项目一制作了一个可以设置时间的倒计时器,显示部分使用 HT1621 驱动控制的 6 位数显液晶显示模块;项目二制作了一个可以设置时间的万年历,显示部分使用 HD44780U 驱动控制的 1602 字符点阵液晶显示模块;项目三制作了一个简易的窗口评价器,显示部分使用 T6963C 控制的 12864 图形点阵液晶显示模块;项目四制作了一个简易温度闭环控制系统,显示部分使用 3.5in TFT 彩色液晶显示模块;项目五制作了一个可以进行语音提示的温/湿度及时间一体化显示系统,显示部分使用带触摸屏及硬件汉字库的 4.7in TFT 彩色液晶显示模块。

本书适用于从事电子产品开发、应用的工程技术人员,也可作为大中专院校实训教程。

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

液晶模块应用 / 毛学军, 沙祥编著. —北京: 电子工业出版社, 2010. 5
ISBN 978-7-121-10803-7

I. ①液… II. ①毛… ②沙… III. ①液晶器件 IV. ①TN103

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 080492 号

责任编辑: 王敬栋 (wangjd@phei.com.cn)

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 15 字数: 384 千字

印 次: 2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 35.00 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 zlts@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

液晶显示技术在中国已经有 40 多年的发展历史, 目前已成为各类平板显示技术中最成熟的一类。液晶显示器件具有低压低功耗、薄片型、工作时没有辐射、不怕光冲刷、显示区比例大、利于大规模生产等优点。这些优点已使其成为平板显示的主角, 主要适用于便携式产品、节能型产品和平板型显示器。

液晶显示器件是一种高新技术的基础元器件, 特殊的连接方式和所需的专用设备使其装配和使用成为许多普通用户的难题。制造商顺势而为, 将液晶显示器件、连接件、集成电路、PCB、背光源、结构件装配在一起, 做成一个称为液晶显示模块 (LCD Module, 简称 LCM) 的功能部件, 用户只需使用传统的工艺即可将其装配成整机系统, 现已成为液晶显示器件的常见商品形式。

按照有关规定: 只有不可拆分的一体化部件才称为“模块”, 可拆分的叫做“组件”。所以规范的叫法应称为“液晶显示组件”。但是, 由于长期以来人们都已习惯称其为“模块”, 这里也就引用“液晶显示模块”的叫法。目前市场上主要有数显 LCM、点阵字符 LCM 和图形点阵 LCM 等液晶显示模块。

全书由五个项目组成, 所用模块涵盖 TN 数显模块、STN 字符点阵模块、STN 图形点阵模块、TFT 彩显模块、带触摸屏及硬件汉字库的彩显模块。项目一制作了一个可以设置时间的倒计时器, 显示部分使用 HT1621 驱动控制的 6 位数显液晶显示模块; 项目二制作了一个可以设置时间的万年历, 显示部分使用 HD44780U 驱动控制的 1602 字符点阵液晶显示模块; 项目三制作了一个简易的窗口评价器, 显示部分使用 T6963C 控制的 12864 图形点阵液晶显示模块; 项目四制作了一个简易温度闭环控制系统, 显示部分使用 3.5in TFT 彩色液晶显示模块; 项目五制作了一个可以进行语音提示的温/湿度及时间一体化显示系统, 显示部分使用带触摸屏及硬件汉字库的 4.7in TFT 彩色液晶显示模块。

至于原理和工艺等基础知识, 在电子工业出版社出版的《液晶显示技术》一书中已有较详细的介绍, 本书不再赘述。

本书适用于从事电子产品开发、应用的工程技术人员, 也可作为大中专院校实训教程。

本书由淮安信息职业技术学院毛学军副教授、沙祥老师编著。在本书的选题申报与策划过程中, 电子工业出版社的赵丽松女士、王敬栋先生做了大量有益工作, 在编写过程中, 得到南京国显电子有限公司杜锋先生、南京夏普电子有限公司张来勇先生的诸多帮助, 淮安信息职业技术学院信息与通信工程系的同志们给予了热情的支持, 编者在此表示衷心的感谢!



由于水平所限，加之时间较为仓促，书中不足和谬误难免，恳请阅读本书的专家、学者及工程技术人员斧正！

在本书编写过程中，各项的软、硬件开发均已完成，并已建成平板显示技术专题网站（<http://222.184.16.189/pbxsjs/>）。如有需要合作之处，敬请及时与我们联系。

编著者

目 录

项目一 6 位数显液晶显示模块的应用	1
1.1 任务与要求	1
1.2 系统方案设计	1
1.3 硬件设计	2
1.3.1 元器件的选择与参数确定	2
1.3.2 应用电路设计与搭建	11
1.4 软件设计	12
1.4.1 系统工作流程	12
1.4.2 驱动代码编写	13
1.5 系统调试	27
项目二 1602 字符点阵液晶显示模块的应用	31
2.1 任务与要求	31
2.2 系统方案设计	31
2.3 硬件设计	32
2.3.1 元器件的选择与参数确定	32
2.3.2 应用电路设计与搭建	40
2.4 软件设计	42
2.4.1 系统工作流程	42
2.4.2 驱动代码编写	42
2.5 系统调试	63
项目三 12864 图形点阵液晶显示模块的应用	64
3.1 任务与要求	64
3.2 系统方案设计	64
3.3 硬件设计	65
3.3.1 元器件的选择与参数确定	65
3.3.2 应用电路设计与搭建	79
3.4 软件设计	82
3.4.1 系统工作流程	82
3.4.2 驱动代码编写	83
3.5 系统调试	118
项目四 3.5in TFT 彩色液晶显示模块的应用	119
4.1 任务与要求	119
4.2 系统方案设计	119
4.3 硬件设计	120

4.3.1 元器件的选择与参数确定	120
4.3.2 应用电路设计与搭建	134
4.4 软件设计	136
4.4.1 系统工作流程	136
4.4.2 驱动代码编写	137
4.5 系统调试	163
项目五 带触摸屏及硬件汉字库的 4.7in TFT 彩色液晶显示模块的应用	165
5.1 任务与要求	165
5.2 系统方案设计	165
5.3 硬件设计	166
5.3.1 元器件的选择与参数确定	166
5.3.2 应用电路设计与搭建	179
5.4 软件设计	182
5.4.1 系统工作流程	182
5.4.2 驱动代码编写	183
5.5 系统调试	229
参考文献	230

项目一

6 位数显液晶显示模块的应用

1.1 任务与要求



任务：

- 制作一个可以设置时间的倒计时器



要求：

- 显示部分使用 HT1621 驱动控制的 6 位数显液晶显示模块
- 倒计时器的计时的时、分、秒均可以设置，计时时间从 1 秒到 24 小时
- 不使用专用的时钟或定时芯片或模块
- 计时终了产生声音报警

1.2 系统方案设计

从项目要求可以看出，本系统主要由以下几大模块构成：

- 6 位数显液晶显示模块（指定使用 HT1621 驱动控制）
- 声音报警模块
- 输入模块
- 主控模块（由于本任务要求不使用专用的时钟或计时芯片或模块，而且需要使用 6 位数显液晶显示模块，同时还要实现对输入模块的响应和对声音报警模块的控制，因此需要选择一个功能相对强大的芯片或模块来作为本方案的主控模块）。

根据上述分析可以绘制出本设计的硬件框图，如图 1-1 所示。

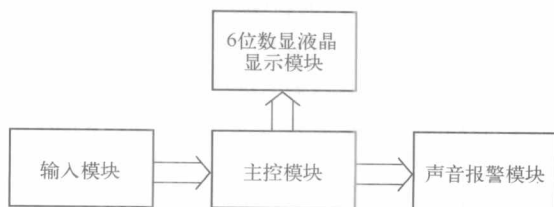


图 1-1 硬件框图

由此，可以分析出在主控模块中，系统在正常工作时需要以下几个方面的函数。

- 6 位数显液晶显示模块的驱动、显示函数
- 声音报警模块驱动、控制函数
- 输入模块响应函数
- 定时函数
- 初始化函数及其他函数

1.3 硬件设计

1.3.1 元器件的选择与参数确定

1. HT1621 驱动控制的 6 位数显液晶显示模块

数显液晶显示模块属于笔段型液晶显示模块。笔段型液晶显示模块是指以长条状显示像素组成一位显示类型的液晶显示模块，简称段型液晶显示模块。

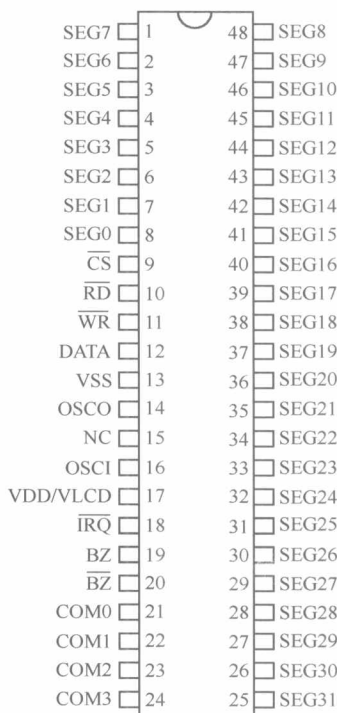


图 1-2 HT1621 的引脚分布

段型显示模块主要用于数字显示，或者围绕数字显示。在形状上总是围绕数字“8”的结构变化。在显示数字的基础上，也可以显示西文字母、某些专用符号或固定图形，还可以将一个汉字或一个汉字组作为一段显示。

从显示形状上分类，段型显示可分为六段显示、七段显示、八段显示、九段显示、十四段显示和十六段显示等。其中以七段显示最为常用，被广泛应用于各种数字仪表、计时器、计数器等。

1) HT1621 概述

HT1621 是台湾合泰 (Holtek) 公司推出的 128 点内存映像和多功能的 LCD 驱动控制器，在段式液晶显示模块中得到了广泛的应用。

HT1621 的软件配置特性使它适用于多种 LCD 应用场合，包括 LCD 模块和显示子系统。用于连接主控制器和 HT1621 的引脚只有 4 条或 5 条，HT1621 还有一个节电命令用于降低系统功耗。

2) HT1621 的引脚分布

HT1621 的引脚分布如图 1-2 所示。

HT1621 的引脚定义如表 1-1 所示。

在本项目中，实际使用的 6 位数显液晶显示模块使用了 COM0 ~ COM3 共 4 个 LCD 公共输出口。

3) HT1621 的内部结构

HT1621 的内部结构原理图如图 1-3 所示。

表 1-1 HT1621 的引脚定义

引 脚	I/O	功 能 描 述
$\overline{\text{CS}}$	I	片选输入，接一上拉电阻。当 $\overline{\text{CS}}$ 为高电平时，读写 HT1621 的数据和命令无效，串行接口电路复位；当 $\overline{\text{CS}}$ 为低电平和作为输入时，读写 HT1621 的数据和命令有效
$\overline{\text{RD}}$	I	READ 脉冲输入，接一上拉电阻。在 $\overline{\text{RD}}$ 信号的下降沿，HT1621 内存的数据被读到 DATA 线上，主控制器可以在下一个上升沿时锁存这些数据
$\overline{\text{WR}}$	I	WRITE 脉冲输入，接一上拉电阻。在 $\overline{\text{WR}}$ 信号的上升沿，DATA 线上的数据写到 HT1621
DATA	I/O	外接上拉电阻的串行数据输入/输出
VSS	P	负电源；地
OSCI OSCO	I O	OSCI 和 OSCO 外接一个频率为 32.768kHz 的晶振，用于产生系统时钟； 若用另一个外部时钟源，应接在 OSCI 上； 若用片内 RC 振荡器，OSCI 和 OSCO 应悬空
VLCD	P	LCD 电源输入
VDD	P	正电源
$\overline{\text{IRQ}}$	O	时基或看门狗定时器溢出标志，NMOS 开漏输出
BZ, $\overline{\text{BZ}}$	O	声音频率输出
COM0 ~ COM3	O	LCD 公共输出口
SEG0 ~ SEG31	O	LCD 段输出口

4) HT1621 的驱动能力

HT1621 是一个 128 (32 × 4) 点的 LCD 驱动器，可由软件配置成 1/2 或 1/3 的 LCD 驱动器偏压和 2、3 或 4 个公共端口。

5) HT1621 的控制部分

(1) 显示内存 (RAM)。

静态显示内存 (RAM) 以 32 × 4 位的格式存储所显示的数据，如图 1-4 所示。RAM 的数据直接映像到 LCD 驱动器，显示数据“1”相当于液晶显示段为显示状态；显示数据“0”相当于液晶显示段为不显示状态。

在本项目中，实际使用的 6 位数显液晶显示模块的笔段与 RAM 的映射关系由图 1-5 和表 1-2 给定。

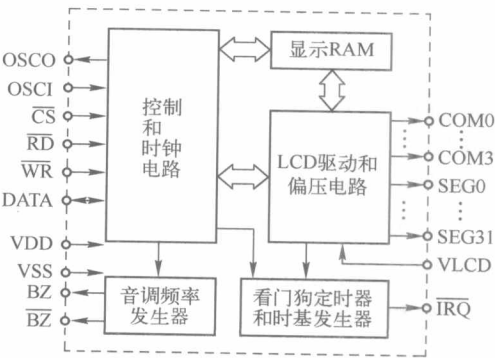


图 1-3 HT1621 内部原理图

	COM3	COM2	COM1	COM0	
SEG0					0
SEG1					1
SEG2					2
SEG3					3
...					...
SEG31					31
	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Addr Bit

图 1-4 RAM 映射图

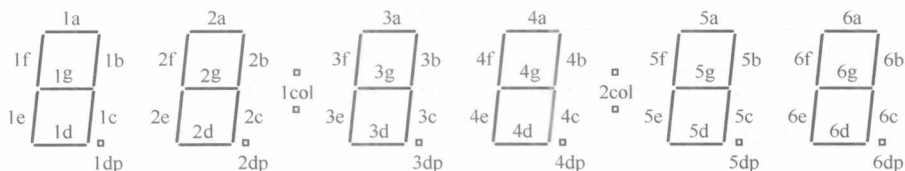


图 1-5 6 位数显液晶显示模块的笔段

表 1-2 6 位数显液晶显示模块的笔段与 HT1621 内 RAM 的映射关系

	SEG0	SEG1	SEG2	SEG3	SEG4	SEG5	SEG6
COM0	1f	1a	2f	2a	3f	3a	4f
COM1	1g	1b	2g	2b	3g	3b	4g
COM2	1e	1c	2e	2c	3e	3c	4e
COM3	1d	1dp	2d	2dp	3d	3dp	4d
	SEG7	SEG8	SEG9	SEG10	SEG11	SEG12	SEG13
COM0	4a	5f	5a	6f	6a		
COM1	4b	5g	5b	6g	6b		
COM2	4c	5e	5c	6e	6c	1col	2col
COM3	4dp	5d	5dp	6d	6dp		

注意：在使用所有的段式液晶显示模块时，都需要根据类似表 1-2 给定的显示笔段与 RAM 的映射关系确定显示用字模代码。

(2) 系统振荡器。

HT1621 系统时钟用于产生时基/看门狗定时器 (WDT) 时钟频率、LCD 驱动时钟和声音频率。片内 RC 振荡器 (256kHz)、晶振 (32.768kHz) 或一个外接的由软件设定的 256kHz 时钟可以产生时钟源。当系统时钟停止工作时，LCD 将显示空白，时基/看门狗定时器功能也将失效。

(3) 声音输出。

HT1621 内嵌一个简单的声音发生器，可以在引脚 BZ 和 $\overline{\text{BZ}}$ 上输出一对驱动信号，用于产生一个单音。引脚 BZ 和 $\overline{\text{BZ}}$ 是声音输出引脚，也是一对差动驱动引脚，用于驱动蜂鸣器。当系统失效或禁止声音输出时，引脚 BZ 和 $\overline{\text{BZ}}$ 将保持低电平输出。

6) 接口

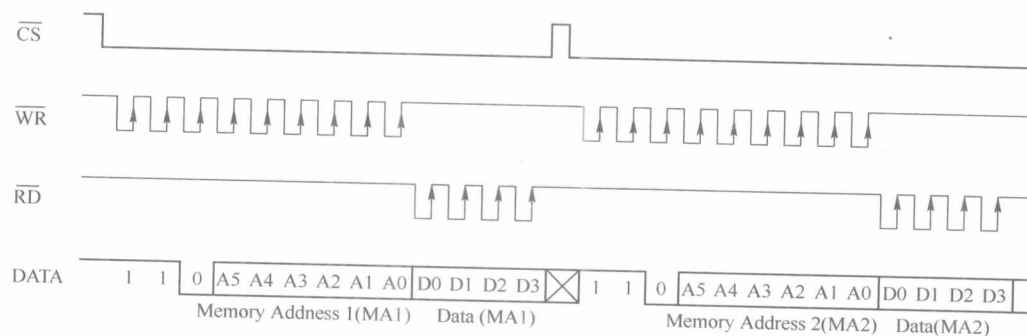
HT1621 只有 4 根引脚用于接口。

- 引脚 $\overline{\text{CS}}$ 用于初始化串行接口电路和结束主控制器与 HT1621 之间的通信。引脚 $\overline{\text{CS}}$ 设置为“1”时，主控制器和 HT1621 之间的数据和命令无效并初始化。在产生模式命令或模式转换之前，必须用一个高电平脉冲初始化 HT1621 的串行接口
- 引脚 DATA 是串行数据输入/输出引脚，读/写数据和写命令通过引脚 DATA 进行
- 引脚 $\overline{\text{RD}}$ 是读时钟输入引脚。在 $\overline{\text{RD}}$ 信号的下降沿，数据输出到引脚 DATA 上，在 $\overline{\text{RD}}$ 信号上升沿和下一个下降沿之间，主控制器应读取相应的数据
- 引脚 $\overline{\text{WR}}$ 是写时钟输入引脚。在 $\overline{\text{WR}}$ 信号上升沿时，引脚 DATA 上的数据地址和命令被写入

7) 操作时序

HT1621 的操作时序图如图 1-6 ~ 图 1-10 所示。

READ 模式 (命令代码: 110)



READ 模式 (读连续地址)

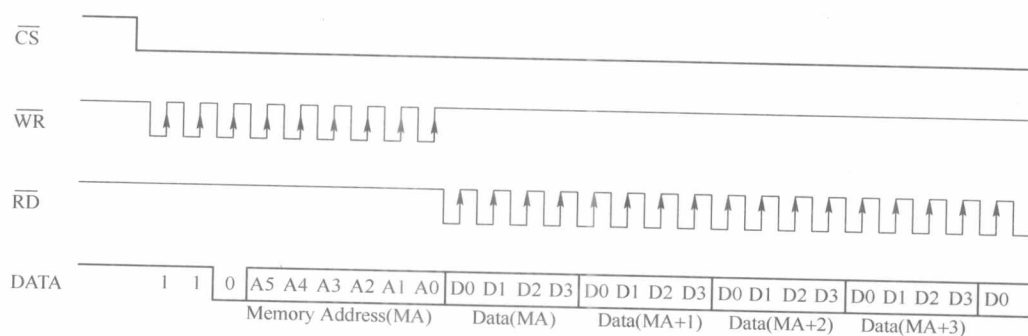
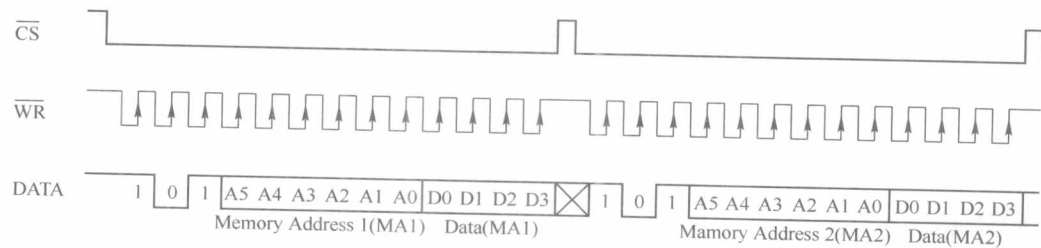


图 1-6 READ 模式时序

WRITE 模式 (命令代码: 101)



WRITE 模式 (写连续地址)

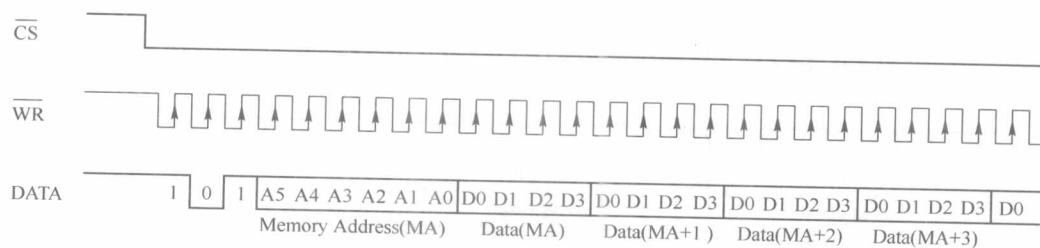
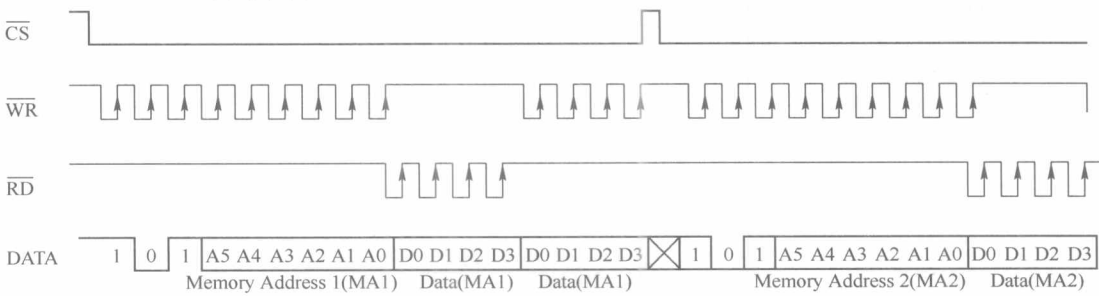


图 1-7 WRITE 模式时序

READ-MODIFY-WRITE模式(命令代码:101)



READ-MODIFY-WRITE模式(访问连续地址)

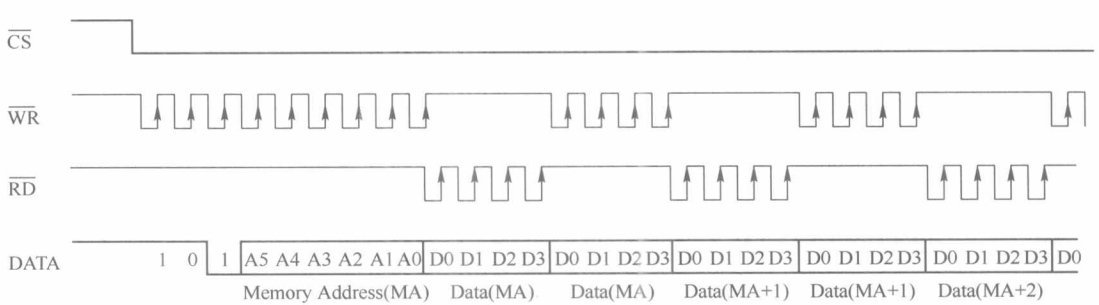


图 1-8 READ-MODIFY-WRITE 模式时序

命令模式(命令代码:100)

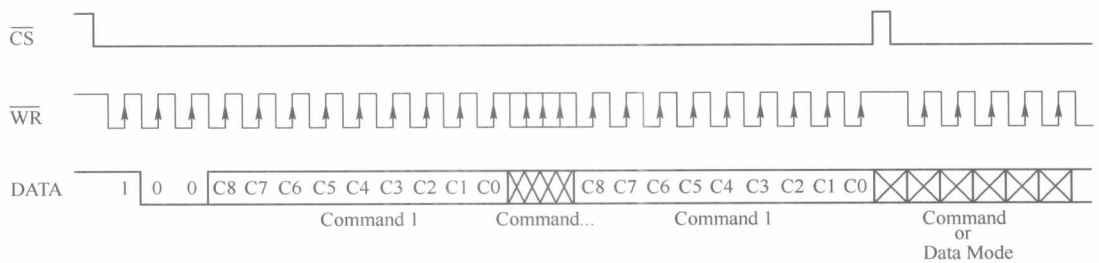


图 1-9 命令模式时序

数据和命令模式

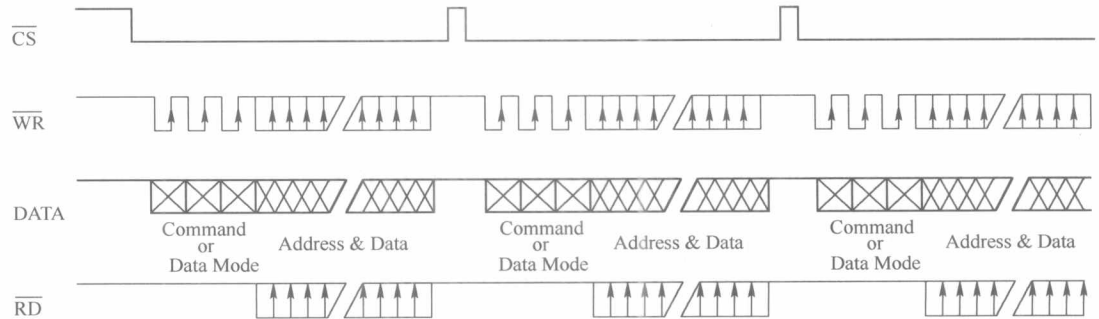


图 1-10 数据和命令模式时序

8) 6 位数显液晶显示模块

本项目使用的 6 位数显液晶显示模块的外形如图 1-11 所示。

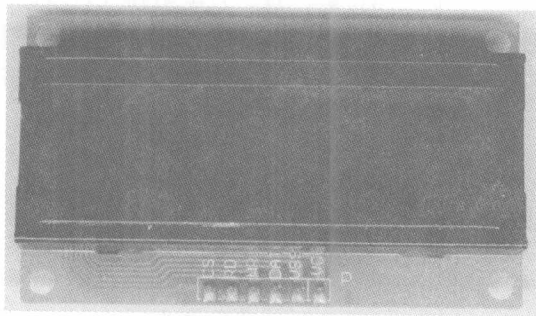


图 1-11 6 位数显液晶显示模块的外形

接口引脚定义如表 1-3 所示。

表 1-3 接口引脚定义

序号	符号	状 态	功 能	序号	符号	状 态	功 能
1	VCC		电源正	4	$\overline{\text{WR}}$	输入	WRITE 脉冲输入
2	VSS		电源地	5	$\overline{\text{RD}}$	输入	READ 脉冲输入
3	DAT	输入/输出	串行数据输入/输出	6	$\overline{\text{CS}}$	输入	片选输入

2. 声音报警模块

声音报警模块在市面上可供选择的余地非常大，而使用起来最简单的就是蜂鸣器了。

蜂鸣器是一种一体化结构的电子讯响器，采用直流电压供电，广泛应用于计算机、打印机、复印机、报警器、电子玩具、汽车电子设备、电话机、定时器等电子产品中作发声器件。

蜂鸣器在电路中用字母“H”或“HA”（旧标准用“FM”、“LB”、“JD”等）表示。

现在市场上出售的小型蜂鸣器主要可以分为有源蜂鸣器和无源蜂鸣器。有源蜂鸣器和无源蜂鸣器的外观示意图如图 1-12 所示。

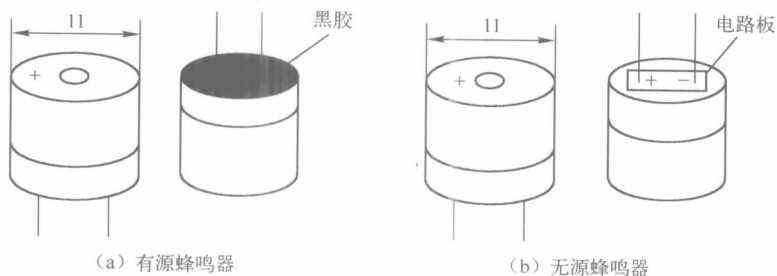


图 1-12 有源和无源蜂鸣器的外观示意图

从外观上看，两种蜂鸣器好像一样，但仔细观察，两者的区别如下：

- 有源蜂鸣器（a）的高度为 9mm，而无源蜂鸣器（b）的高度为 8mm
- 将两种蜂鸣器的引脚都朝上放置，可以看出有绿色电路板的是无源蜂鸣器，没有电路板而用黑胶封闭的是有源蜂鸣器

进一步判别有源蜂鸣器和无源蜂鸣器，还可以用万用表电阻挡 $R \times 1$ 挡测试：用黑表笔接蜂鸣器“+”引脚，红表笔在另一引脚上来回碰触，如果触发出“咔咔”声且电阻只有 8Ω （或 16Ω ），说明是无源蜂鸣器；如果能发出持续声音，且电阻在几百欧以上，说明是有源蜂鸣器。

在实际使用时，有源蜂鸣器直接接上额定电源（新的蜂鸣器在标签上都有注明）就可连续发声；无源蜂鸣器则和电磁扬声器一样，需要接在音频输出电路中才能发声。本项目使用有源蜂鸣器。

3. 输入模块

考虑到整个系统比较简单，需要设置的内容是在 $00:00:00 \sim 23:59:59$ 之间。所以，这时完全可以使用独立式按键来完成输入模块的设计。

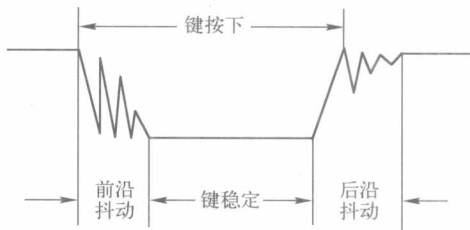


图 1-13 机械弹性开关电压信号变化示意图

通常按键所用的开关为机械弹性开关，当机械触点断开、闭合时，电压信号变化如图 1-13 所示。

由于机械触点的弹性作用，按键开关在闭合时不会马上稳定地接通，在断开时也不会一下子断开。因此，在闭合及断开的瞬间均伴随有一连串的抖动。抖动时间的长短由按键的机械特性决定，一般为 $5 \sim 10\text{ms}$ 。这是一个很重要的时间参数，在很多场合都要用到。按键稳定闭合时间的长短则是由操作人员的按键动作决定的，一般为零点几秒至数秒。键抖动会引起一次按键被误读多次。为确保 CPU 对键的一次闭合仅作一次处理，必须去除键抖动。在键闭合稳定时读取键的状态，并且必须判别到键释放稳定后再作处理。可采用硬件或软件两种方法消除键抖动。

1) 硬件消抖

在按键较少时可用硬件方法消除键抖动。如图 1-14 所示的 RS 触发器构成的硬件消抖电路。图中两个“与非”门构成一个 RS 触发器。当按键未按下时，输出为 1；当按键按下时，输出为 0。此时，由于按键的机械性能，使按键因弹性抖动而产生瞬时断开（抖动跳开 B），只要按键不返回原始状态 A，双稳态电路的状态不改变，输出保持为 0，不会产生抖动的波形。也就是说，即使 B 点的电压波形是抖动的，但经双稳态电路之后，其输出为正规的矩形波。这一点通过分析 RS 触发器的工作过程很容易得到验证。

2) 软件消抖

如果按键较多，则常用软件方法去抖，即检测出键闭合后执行一个延时程序，产生 $5 \sim 10\text{ms}$ 的延时，让前沿抖动消失后再一次检测按键的状态。如果仍保持闭合状态电平，则确认为真正有键按下。当检测到按键释放后，也要给出 $5 \sim 10\text{ms}$ 的延时，待后沿抖动消失后才能转入该键的处理程序。

综合考虑各种因素，在本项目中，选择使用软件消抖。

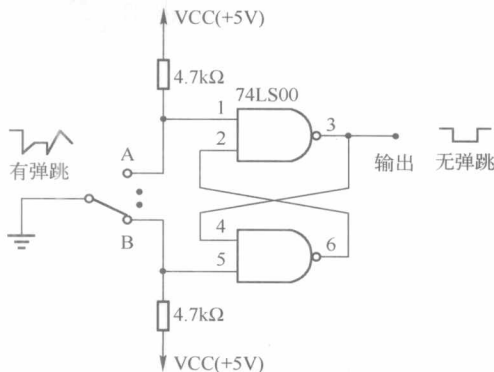


图 1-14 RS 触发器构成的硬件消抖电路

4. 主控模块

目前市面上微控制器的种类非常多,从单片机到 DSP,从 ARM7 ~ ARM9。绝大多数 MCU 内部都集成了一个或多个定时器,完全可以胜任本任务的要求。同时可以通过编程来实现不同的功能。

根据本项目实际情况,选择使用 Atmel 公司的 AVR 系列单片机中的 ATmega16 作为主控芯片。

1) ATmega16 简介

ATmega16 是一款高性能、低功耗的 8 位 AVR 微处理器,采用了先进的 RISC 结构,共有 131 条指令,大多数指令执行时间为单个时钟周期。工作于 16MHz 时其性能高达 16MIPS,同时具有只需两个时钟周期的硬件乘法器。

ATmega16 具有 16KB 的系统内可编程 Flash,通过片上 Boot 程序可以轻松实现系统内编程;另外,还具有 512B 的 EEPROM 和 1KB 的片内 SRAM。

ATmega16 支持 JTAG (Joint Test Action Group: 联合测试行动小组,一种国际标准测试协议,与 IEEE 1149.1 兼容) 接口,符合 JTAG 标准的边界扫描功能,支持扩展的片内调试功能。可以通过 JTAG 接口实现对 Flash、EEPROM、熔丝位和定位位的编程。

ATmega16 的引脚配置如图 1-15 所示。

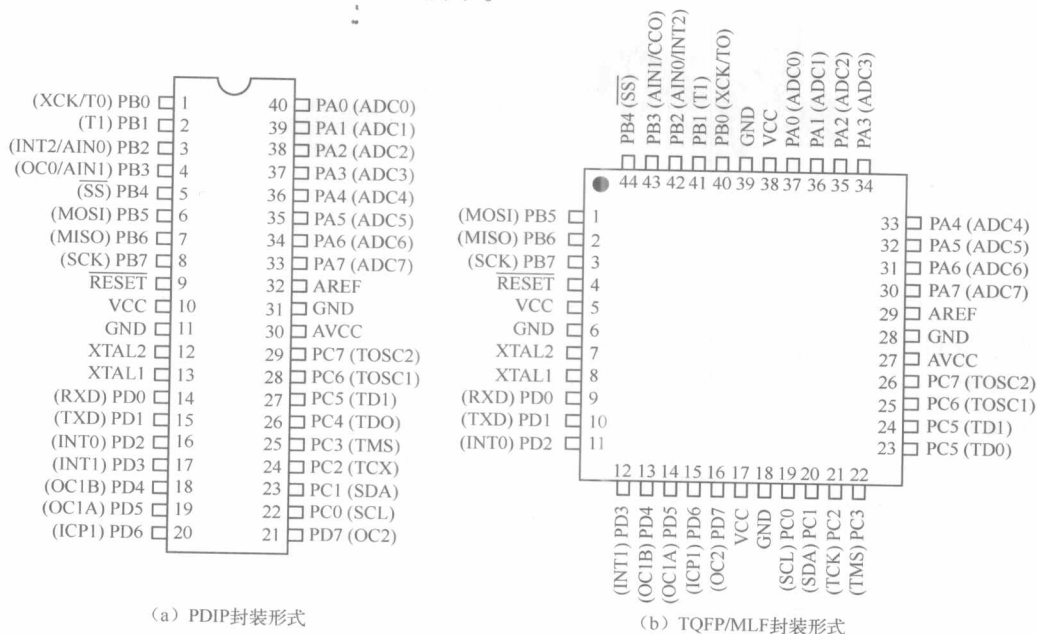


图 1-15 ATmega16 的引脚配置

2) ATmega16 最小系统

为了更好地使用 ATmega16,根据 ATmega16 数据手册及相关的内/外部资源,制作出 ATmega16 的最小系统板,如图 1-16 所示。

从图 1-16 中可以看出,PA、PB、PC、PD 四个 8 位 I/O 端口和 JTAG 接口均采用了 DC3-10 脚简易牛角插座(在本书余下部分中,DC3 简易牛角插座将简称为 DC3 插座)进行引出。

在使用 DC3 插座时需要注意其引脚的排列顺序。DC3-10 脚插座的外形如图 1-17 所示。

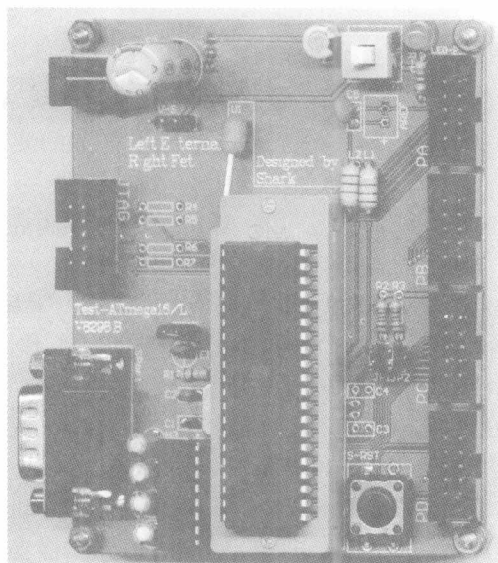


图 1-16 ATmega16 的最小系统板

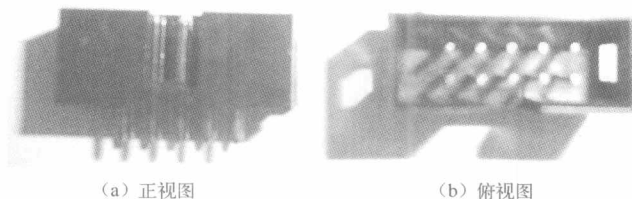


图 1-17 DC3-10 脚插座的外形

从图 1-16 和图 1-17 中可以看出, DC3 插座的一侧有一个缺口, 同时有一个三角标志, 这是为了与 FC3 插头配合使用的一种防错设计。

在本书中, DC3-10 脚插座的接口均以如图 1-17 (b) 所示的俯视图为准, 其接口定义如表 1-4 所示。

表 1-4 DC3-10 脚插座的接口定义

2	4	6	8	10
1	3	5	7	9
三角标志		缺口		

8 位 I/O 口 (PA、PB、PC、PD) 与 DC3-10 插座引脚的对应顺序如表 1-5 所示。

表 1-5 8 位 I/O 口与 DC3-10 插座引脚的对应顺序

Px1	Px3	Px5	Px7	GND
Px0	Px2	Px4	Px6	VCC
三角标志		缺口		

在选择 ATmega16 最小系统作为主控模块之后, 应用电路的设计就比较简单了, 只要先规划好相应的 DC3-10 脚的插座为接口, 而后使用 FC3-10 芯的排线进行连接就可以了。