

文章编号:1007-2780(2009)04-0586-06

基于 Proteus ISIS 7.4 的虚拟液晶显示屏设计

王志奎¹, 朱清慧^{1,2}

(1. 南阳理工学院 机电工程系, 河南 南阳 473004, E-mail: wangzkui@163. com;
2. 中国矿业大学 环境与化学工程学院, 北京 100083)

摘 要: 以液晶显示器 LM016L 为例, 系统论述了虚拟液晶显示屏的硬、软件设计思路和实现方法。以模块化的方法进行系统软件设计, 提高了程序的可读性。在嵌入式系统设计与仿真平台 Proteus ISIS 7.4 上, 对系统进行了软、硬件全方位设计与交互仿真, 成功地实现了虚拟液晶显示屏的设计目的, 显示了 Proteus 软件在单片机系统设计中的优越性和便捷性, 缩短了设计进程, 降低了系统设计成本。

关 键 词: 虚拟液晶显示屏; 嵌入式系统; 模块化设计; 字符产生器; 交互仿真
中图分类号: TN141. 9; TP368. 1; TP337 **文献标识码:** A

1 引 言

在电子系统设计中, 一般都需要有显示器的存在。作为当前主流的显示器件, 液晶显示器 (LCD) 的应用越来越广泛。从显示容量上划分, LCD 可分为两种类型, 一种是“Alpha Numeric LCDs”, 只能显示字符和数字; 另一种是“Graphical LCDs”, 既能显示字符和数字, 还能显示图形。汉字显示需要后一种点阵图形式 LCD。液晶显示器是由液晶显示屏及控制器两部分组成的, 不同的液晶显示器所对应的控制器不尽相同, 了解 LCD 控制器的控制功能是设计液晶显示的关键^[1]。

Proteus 软件是目前最流行的嵌入式系统设计与仿真平台, 它的独特之处在于它对单片机系统的仿真功能, 即它能够把编译后的单片机程序导入到单片机中去, 实现系统软、硬件的交互仿真^[2]。Proteus 分为两大界面, 一个是 Proteus ISIS, 原理图设计、程序设计和仿真平台; 另一个是 Proteus ARES, 印刷电路板设计制作平台^[3]。Proteus ISIS 7.4 拥有大量的元件库, LCD 就有近 50 种, 另外还有丰富的虚拟仪器供仿真使用。每种元件和仪器都有帮助文件, 可以详细了解元件的性能和使用方法。系统仿真结果与实际调试结果的相符率达 100%, 在此平台上进行系统设计可以大大节约设计成本, 缩短设计周期, 是目前倍受电

子设计爱好者青睐的一款新型 EDA 工具软件^[4]。
本设计以单片机为核心, 以 Proteus ISIS 7.4 为设计平台, 设计一个能够显示两行共 32 个字符的虚拟液晶显示屏, 能够分行显示所要显示的字符, 并且能够把自定义的字符显示在 LCD 指定位置上。

2 硬件设计及其工作原理

2.1 电路组成

系统硬件电路由单片机 AT89C51、字符液晶显示器 LM016L 和 1k×8 的排阻构成。单片机实现对 LCD 命令和显示数据的读写控制功能, P0

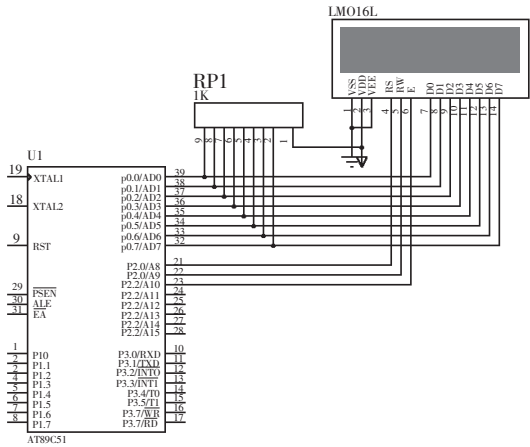


图 1 系统硬件电路组成

Fig. 1 Configuration of system hardware circuit

口作数据口,与 LM016L 的 D0~D7 相接,在 P0 口与 D0~D7 数据线之间分别接 8 个上拉电阻,以确保电路能够正常显示。AT89C51 的 P2 口作为 LCD 的控制线,P2.0~P2.2 分别接 LM016L 的 RS、RW 和 E 端;LM016L 的其它 3 个控制端 VDD 和 VSS、VEE 分别接电源和地。系统硬件电路组成如图 1 所示。

2.2 LM016L 的工作原理

LM016L 是 16×2 数码液晶显示器,每行可显示 16 个字符,共 2 行。LM016L 的控制器为 HD44780,与液晶屏集成在一起。HD44780 有 3 个存储器,分别是字符存储器 CGROM、显示数据存储器 DDRAM 和字符产生器 CGRAM。在 LM016L 的 CGROM 中,共有 192 个可供显示的字符和数字,其中 5×7(宽×高)字符 150 个,5×10(宽×高)字符 42 个。LM016L 分行显示时,只能显示 5×7 字体的字符,想要显示 5×10 字符,只能单行显示。如果要显示除 CGROM 中 192 个字符以外的其它字符,可以自定义最多 8 个特殊字符写入 CGRAM 中以供显示调用。DDRAM 与液晶显示屏上的位置是映射关系,只要把 CGROM 或 CGRAM 中的字符成功写入对应的 DDRAM 地址,便可在 LCD 上显示出相应的字符。

单行显示时,DDRAM 的显示地址自左至右分别为 80H~87H,C1H~C7H;双行显示时,显示地址首行自左至右为 80H~8FH,第 2 行自左至右为 C0H~CFH。HD44780 的控制端有 3 个,分别是 RS、RW 和 E。RS=0 时,配合读写控制端 RW 实现命令读写;RS=1 时,配合读写控制端 RW 实现显示数据的读写。RW 是 LCD 的读写控制端,RW=0 为写有效;RW=1 为读有效。E 为 LCD 的使能信号,每次读写都需要产生一个宽 450 ns 周期为 1 000 ns 的脉冲信号^[5,6]。HD44780 的写时序如图 2 所示。

从图 2 中可以看出,每次读写数据时,先使 RS 和 RW 有效,然后 E(图中为 EN)脉冲信号有效,E 脉冲信号应先为高电平后为低电平。最后通过 D0~D7 送出命令或数据,也可以把送出命令或数据放在第一步。

HD44780 的控制命令共有 11 条,主要用来控制光标的显示方式、单行或双行显示方式、4 线或 8 线数据传输方式、存储器地址指针增减方式

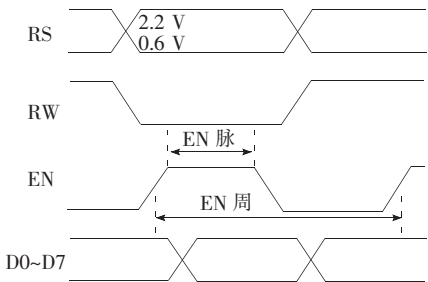


图 2 HD44780 的写时序图

Fig. 2 Writing time sequence of HD44780

等,可以根据不同的设计需求选用不同的命令形式^[7]。

3 系统软件设计

系统软件设计主要完成以下功能:

(1)写功能。把程序中存放的两个数据块中的字符分别显示在 LCD 的第 1 行和第 2 行。本设计中显示数据块为:

LMESS1:DB“AT89C15-LM016L”,0

LMESS2:DB“Zhu Qinghui Test”,0

(2)读功能。自定义一个特殊字符,写入 LCD 的 CGRAM,并读出该字符显示在 LCD 指定位置。本设计自定义字符为“◇”,显示在 LM016L 的首行第 16 列。

系统软件设计采用模块化编程,由主程序调用各个子程序模块,子程序之间又互相嵌套。模块化编程增加了程序的可读性,初学者可以套用这些模块来轻松完成对 LCD 显示屏的控制。软件设计包含了对 LM016L 核心控制的所有环节,具有典型控制意义。

3.1 主程序设计

系统程序流程图由图 3 所示,其中(a)为主程序流程图,主要完成 LCD 初始化、DB 块内容显示及对 CGRAM 的读写。LM016L 上电后 15 ms 内进行内部初始化,此时不能完成对部分命令的操作,所以在主程序中初始化后调用了一个延时子程序,以等待初始化的完成。LM016L 的初始化程序如下:

MOV A, #3CH;设 LCD 为两行显示,字体 5×7,8 线输入方式

CALL WCOM;调用写命令子程序

MOV A, #0EH;设置光标显示方式

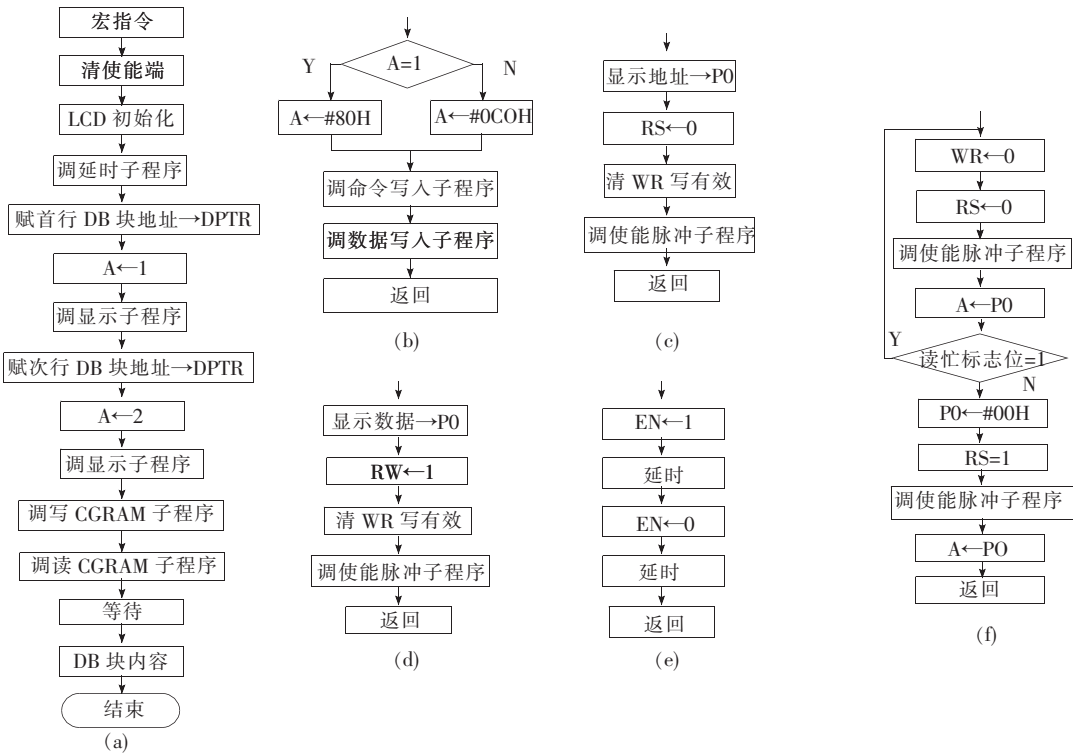


图 3 程序流程图。(a) 主程序;(b)显示子程序;(c) 写命令子程序;(d) 写数据子程序;(e) 使能脉冲子程序;(f) 读 CGRAM 子程序。

Fig. 3 Program flow chart. (a)Main program;(b)Display subprogram;(c) Writing command subprogram;(d) Writing data subprogram;(e) Enable pulse subprogram;(f) Read CGRAM subprogram.

CALL WCOM
MOV A, #06H;设置存储器地址,计数器为自动加 1 方式
CALL WCOM
MOV A, # 01H;清显示屏并使光标位于 LCD 首行首列
CALL WCOM

在主程序流程图中,判断累加器中的数据为 1 时,把第一个 DB 块中的字符显示在 LM016L 的第一行,否则把第二个 DB 块中的字符显示在 LM016L 的第二行。显示完 DB 块内容后,向 CGRAM 中写入用户自定义字符,并把该字符显示在 LCD 首行末位。

3.2 子程序设计

子程序模块设计的主要内容是显示子程序、写命令子程序、写数据子程序、使能脉冲子程序、延时子程序、写 CGARM 子程序和读 CGRAM 子程序。

显示子程序流程图如图 3(b)所示。首先判断累加器的内容是否为 1。如果为 1,把 LM016L

的 DDRAM 首行首列地址 80H 送入累加器 A 中,调命令写入子程序,把 DDRAM 的首地址 80H 通过 AT89C51 的 P0 口送给 LM016L;如果累加器中的内容不为 1,则把 LM016L 的 DDRAM 第二行首地址 0C0H 送入累加器 A 中,调命令写入子程序,把 0C0H 通过 AT89C51 的 P0 口送给 LM016L,即先指定显示数据应显示的位置,然后调用显示数据写入子程序,把 DB 块内容逐字符送出。

写命令子程序模块完成一个命令由单片机写入 LCD,本设计主要用来完成 LCD 显示地址的写入。先把显示地址送入 P0,再设 RS=0、WR=0,即置 LM016L 为写命令状态,最后调用使能脉冲产生子程序。即把指定的显示地址送给了 LM016L。流程图如图 3(c)所示。

写数据子程序流程图如图 3(d)所示。写数据和写命令子程序结构相似,不同的是写数据子程序中送给 P0 口的是显示数据(字符或数字),LM016L 的状态设为 RS=1、WR=0。

使能脉冲产生子程序流程图如图 3(e)所示,

主程序中已经对 E 清零了,所以子程序中置 E 为 1,延时 500 ns,然后清 E,再延时 500 ns,产生一个占空比为 50% 的使能脉冲信号。每次写命令或写数据时,必须调用该子程序才能完成相应的功能。

至于两个延时子程序,一个在主程序中调用,完成 LM016L 的初始化延时,时间要在 15 ms 以上;另一个在使能脉冲子程序中调用,时间要求大于 450 ns。

读 CGRAM 子程序流程图如图 3(f)所示,具体的 CGRAM 读写功能实现如下文所示。

3.3 CGRAM 的读写实现

设计中,如果想显示 1 个特殊的 CGROM 中不存在的字符,可以向 CGRAM 中写入自定义字符,然后再调入 DDRAM 即可显示。CGRAM 共 64 字节,可存入用户自定义的 5×7 特殊字符 8 个或 5×10 特殊字符 4 个。CGRAM 地址为 40H~7FH。40H~47H 存放用户的第 1 个 5×7 字符,依次类推。而 40H 中存放自定义字符的第 1 行编码,47H 中存放该字符的第 8 行编码。如自定义字符“”,5×7(宽×高),可以分 8 行向 CGRAM 中写入数据。每行写入一个字节,高 3 位不用,设为 000。LCD 中对应显示的点为 1,不显示的点为 0,则 40H~47H 中应分别写入的编码为:

0	0	1	0	0B	(04H)
0	1	0	1	0B	(0AH)
1	0	0	0	1B	(11H)
0	1	0	1	0B	(0AH)
0	0	1	0	0B	(04H)
0	1	0	1	0B	(0AH)
0	0	1	0	0B	(04H)
0	0	0	0	0B	(00H)

从数据的排列可以看出该字符的形状。写 CGRAM 的具体程序如下:

```
MOV A, #40H; 设 CGRAM 首字符首行地址
CALL WCOM; 调命令写入子程序
SETB RS;      设 RS 为 1
MOV A, #04H; 字符首行编码值送累加器
CALL WDATA; 调数据写入子程序
MOV A, #0AH; 字符第二行编码值送累加器
CALL WDATA; 调数据写入子程序
```

.....

```
MOV A, #00H; 字符第八行编码值送累加器
CALL WDATA; 调数据写入子程序
```

由于 LCD 初始化时已设 CGRAM 地址指针为自动加 1 方式,所以只需设 CGRAM 的首行地址,以后顺序写入编码即可。因为是 5×7 字符,所以写入最后一行 47H 中的是 #00H,即不显示任何点。当把自定义的字符读出时,CGRAM 中的 40H~47H 中存入的字符对应的地址为 00H,其它 7 个自定义字符分别读自 01H~07H^[8]。

4 Proteus 交互仿真的实现

4.1 软件编写环境及调试

Proteus ISIS 7.4 支持外部程序编辑器如 Keil、IDE 等,即可以在这些编辑器中进行单片机程序编辑及调试,然后编译成“*.hex”文件。在 Proteus ISIS 中双击单片机元件 AT89C51,出现如图 4 所示的编辑元件对话框,在“Program File”一项中选择已经编译好的 16 进制程序文件“LCD 显示屏.hex”,点击“OK”,程序即下载到了单片机 AT89C51 中^[9]。



图 4 Proteus ISIS 中单片机程序的导入
Fig. 4 Import of MCU program in proteus ISIS

Proteus ISIS 7.4 自带有源程序编辑器,支持程序编辑、编译及调试,如图 5 所示。在主菜单“Source”中通过适当的设置可以打开源程序编辑



图 5 Proteus ISIS 自带的源程序编辑器
Fig. 5 Source editor of proteus ISIS

器“Source Editor”,比使用外部编辑器更加方便,并且可以和硬件进行联调^[10],当程序下载到单片机中运行仿真后,出现问题可即时打开“Source Editor”,对程序修改、编译并继续仿真,无需再次下载程序。

4.2 交互仿真结果

程序下载到 AT89C51 后,选择 Proteus ISIS 的仿真运行控制按钮“”中的“Play”键即可进行系统软、硬件的交互仿真。本设计的仿真结果如图 6 所示。可以看到,在设计中把自定义的特殊符号“”显示在了 LM016L

的首行最后一列上。

仿真结果表明,本文中虚拟 LCD 显示屏的设计是成功的,如果要改变显示信息,只需改变主程序中的显示数据块内容或向 CGRAM 写入新的自定义字符。另外,LM016L 的光标显示方式多样化,通过 LCD 初始化程序设置,可变换出不同的显示方式。为了节约单片机的 I/O 口,可把 LCD 设置成 4 线输入方式,无论命令或数据,一个字节分两次输入即可^[11]。

5 结 论

以 LM016L 液晶显示器件为例,结合单片机控制,系统而全面地论述了虚拟液晶显示屏的设计思想和实现方法。程序设计采用模块化解决方案,不同的显示内容和显示命令,只需改变相应的数据即可。与传统的手工设计方法相比,功能强大的 EDA 设计工具 Proteus 的应用使系统软、硬件的设计和调试更加轻松和便捷,缩短了系统设计周期,降低了设计成本,保证了设计的合理性和可靠性。



图 6 系统在 Proteus ISIS 的仿真结果

Fig. 6 System simulation result on Proteus ISIS

参 考 文 献:

[1] Fu Xiancheng,Zou Xue-cheng. LCD controller AMI Pegasus and its application [J]. *Chin. J. Liquid Crystals and Displays*,2006,4(21):396-401.

[2] 朱清慧,张凤蕊,翟天嵩,等. Proteus 教程-电子线路设计、制版与仿真 [M]. 北京:清华大学出版社,2008:89-90.

[3] 林志琦,郎建军,李会杰,等. 基于 Proteus 的单片机可视化软硬件仿真 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006:23-25.

[4] 周润景,张丽娜. 基于 PROTEUS 的电路及单片机系统设计与仿真 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006:2-3.

[5] 许晓荣,章坚武. 嵌入式 Linux 下 LCD 界面应用程序开发 [J]. *液晶与显示*,2006,3(21):265-269.

[6] 黄磊,任德志,徐莉萍. 基于 CPLD 的 LCD 显示缓冲驱动器设计 [J]. *液晶与显示*,2007,2(22):202-205.

[7] XU Xiao-rong,ZHANG Jian-wu. Design of LCD interface application program based on embedded linux [J]. *Chin. J. Liquid Crystals and Displays*,2006,3(21):269-272.

[8] 陈明荧. 8051 单片机课程设计实训教材 [M]. 北京:清华大学出版社,2004:77-88.

[9] 董伟烽,李钟慎. 电子显示屏控制系统的设计 [J]. *华侨大学学报*,2008:33-37.

[10] 张有德,赵志英,涂时亮. 单片微型机原理、应用与实验 [M]. 上海:复旦大学出版社,2000:215-244.

[11] 王志奎,朱清慧. 基于 Proteus 的音乐教室控制台设计 [J]. *现代电子技术*,2008,10(31):98-101.

Design of Virtual Liquid Display Screen Based on Proteus ISIS 7.4

WANG Zhi-kui¹, ZHU Qing-hui^{1,2}

(1. Mechanical and Electrical Engineering Departments, Nanyang Institute of Technology, Nanyang 473004, China, E-mail: wangzkui@163.com;

2. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract

The design idea and implemented method of hardware and software of virtual liquid display screen has been discussed systemically with LCD LM016L being taken as an example. System software design adopts modularization design method to increase the readability of program. Because the whole design and interactive simulation of system hardware and software are built on the platform of Proteus ISIS 7.4, the design goal of virtual liquid display screen are realized successfully, exhibiting the superiority and convenience of software Proteus in MCU system design, shorting the design process and reducing the system design cost.

Key words: virtual liquid display screen; embedded system; modularization design; character generator; interactive simulation

作者简介:王志奎(1966—),男,河南南阳人,副教授,博士研究生,研究方向为自动化控制及数控加工技术。

欢迎订阅《液晶与显示》

《液晶与显示》是中国最早创办的液晶学科专业期刊,也是中国液晶学科和显示技术领域中的唯一的综合性专业学术期刊。它由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国光学光电子行业协会液晶分会和中国物理学会液晶分会主办,科学出版社出版。

《液晶与显示》以创新性、综合性、实用性为办刊特色,内容丰富,涵盖面广,信息量大,可读性强,既是启迪科技人员开拓创新思路的参考期刊,又是从事液晶和显示技术研究与开发的广大科技人员、大专院校师生及相关领域的科技工作者进行学术交流的论坛,也是图书、情报等部门必不可少的信息来源。

《液晶与显示》为双月刊,国内定价 30.00 元,全年 180.00 元,国内外公开发行。国内邮发代号:12—203,国内读者可在当地邮局订阅;也可通过“全国非邮发报刊联合发行部”订阅(地址:天津市大寺泉集北里别墅 17 号,邮编 300385),本刊的代号为:5074。国外读者可通过中国国际图书贸易总公司订阅(地址:北京 399 信箱,邮编:100044),国外发行代号:4868BM。同时,《液晶与显示》编辑部将竭诚为广大读者服务,随时办理订阅。

地 址:长春市东南湖大路 3888 号 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

《液晶与显示》编辑部

邮 编:130033

电 话:0431-86176059 0431-84613406

传 真:0431-84695881

E-mail: yjxs@ciomp. ac. cn; yjyxs@126. com

http://www. yjyxs. com