

文章编号:1007-2780(2009)05-0692-06

基于图形液晶显示器的汉字显示系统设计与仿真

朱清慧^{1,2}, 陈绍东², 徐志强¹

(1. 中国矿业大学 环境与化学工程学院, 北京 100083, E-mail: 0zhu@163.com;

2. 南阳理工学院 电子系, 河南 南阳 473004)

摘 要: 以图形液晶显示器 LM3229 为例, 论述了单片机控制的汉字显示系统硬、软件设计思想和实现方法。对汉字显示机理做了详细剖析, 对 16×16 点阵汉字字形与不同的汉字取模方式下字模数据之间的对应关系及字模数据读取方式做了详细的分析和设计。以两种汉字显示方式——文本方式和图形方式分别进行了显示程序设计和分析, 比较了两种方式实现汉字显示的各自特点, 同时对 LM3229 内显示 RAM 的编址方式及 CGRAM 的地址设置做了详细阐述。在嵌入式系统设计平台 Proteus ISIS 中对系统进行了设计与仿真, 得到了理想的仿真结果, 实现了系统最优化设计。

关 键 词: 图形液晶显示器; 液晶汉字显示; 显示 RAM 编址; 汉字取模; 系统仿真

中图分类号: TN873⁺.93; TP368.1; TP337

文献标识码: A

1 引 言

图形液晶显示器与字符液晶显示器相比, 内部结构和控制方法都更为复杂。显示汉字需使用图形液晶显示器。图形液晶显示器内部有控制器, 可以接收计算机发送来的控制命令和数据, 从而以不同方式来显示字符、汉字和图形^[1]。

Proteus ISIS 是嵌入式系统设计与仿真平台, 可以对单片机控制系统进行软、硬件设计和交互仿真^[2]。

本系统设计以单片机为控制核心, 以图形液晶显示器为显示部件, 以图形和文本两种显示方式来设计汉字显示系统, 把希望的汉字显示在液晶屏的指定位置上并在 Proteus ISIS 中进行仿真。

2 系统硬件设计

2.1 硬件组成

系统硬件主要由单片机和液晶显示器构成。单片机采用 AT89C51, 图形液晶显示器采用 LM3229。单片机与液晶显示器之间采用直接控制方式。AT89C51 的 P_2 口做命令/数据通道地址的高 8 位, P_0 口做地址低 8 位并兼做 8 位数据

口。 P_0 口与 LM3229 的数据口 $D_0 \sim D_7$ 相接。 $P_{2.7}(A_{15})$ 经反相器后接液晶显示器的使能端 $\overline{CE}$ (低电平有效)。 $P_{2.0}(A_8)$ 接液晶显示器的命令数据选择端 $C/\overline{D}$, 选择 $D_0 \sim D_7$ 上的数据是命令代码还是显示数据。单片机的 $\overline{RD}$ 和 $\overline{WR}$ 应分别和液晶显示器的 $\overline{RD}$ 和 $\overline{WR}$ 相连, 均为低电平有效, 选择读和写。LM3229 的 V_{SS} 和 V_{EE} 接地, V_{DD} 接 +5 V 电源, V_O 通过 10 k Ω 变阻器接 -18~5 V 的可调电压以调节液晶屏亮度。 $\overline{RST}$ 为复位端, 低电平有效, 在 +5 V 电源和地之间接 10 k Ω 电阻和 0.1 μ F 电容, 构成上电自动复位电路。 MD_2 和 FS_1 配合来选择字体大小和每行字符数, 共有 4 种组合 (00, 01, 10, 11)^[3], 这里全接地, 为 00 组合, 选择 8 $\times$ 8 字体, 每行显示 30 个字符。HALT 为 LM3229 停止系统工作, 高电平有效, 这里接地。

根据以上分析, 在 Proteus ISIS 中的构建系统硬件如图 1 所示。

2.2 LM3229 的工作原理

LM3229 是 128 $\times$ 240 点阵的图形液晶显示器。核心部件是控制器 T6963C, 还有行列驱动电路、8K 显示 RAM、液晶面板和电源电路。

T6369C 是一种通用的液晶控制器, 主要完成

图 1 Proteus ISIS 中的系统硬件组成

Fig. 1 System hardware configuration in Proteus ISIS

各种命令控制、数据读写等功能,内含 CGROM 字符产生器,存储了 128 种 5×8 字体的 ASCII 字符字模可供显示调用^[4]。8K 的显示 RAM 主要用来存放显示数据,它分为图形区、文本区、CGRAM 区及文本属性区,由用户来定义各区的容量。文本区和图形区的首地址必须通过程序指定,它们都对应于 LCD 显示屏的左上角位置^[5]。只要把显示数据写入文本区或图形区,便会在 LCD 屏对应位置上显示出来。CGRAM 区用来在显示 RAM 中建立一个字符发生区,由用户写入自定义字符并调入文本区来显示。

2.3 显示 RAM 的编址方式

了解显示 RAM 中文本区和图形区的编址方式

是显示控制的关键。LM3229 的显示 RAM 地址为 16 位,由单片机分两字节写入 LCD,先送出低字节,再送出高字节,最后送出写显示地址命令代码 24H。

(1)文本显示区

在程序中,必须先指定文本显示区的首地址 TH,它与显示屏左上角位置对应,占据显示屏上一个字符位,即 8×8 点阵。文本区的编址方式按照每行自左至右每隔一个 8×8 点阵递增 1,下一字符行最左地址接上一字符行最右一个地址,如表 1 所示。其中 TA 是字符宽度(行点数/8),CL 为字符列数-1,m 为字符行数-1。在程序中设定了 TH,TA 和 m,CL 值后,即可计算出文本显示区的各处地址^[6]。

表 1 文本显示区编址方式

Table 1 Addressing mode of text area

TH	TH+1		TH+CL-1	TH+CL
TH+TA	TH+TA+1		TH+TA+CL-1	TH+TA+CL
.....				
TH+(m-2)TA	TH+(m-2)TA+1		TH+(m-2)TA+CL-1	TH+(m-2)TA+CL
TH+(m-1)TA	TH+(m-1)TA+1		TH+(m-1)TA+CL-1	TH+(m-1)TA+CL

(2)图形显示区

图形显示区的首地址应设为和文本区不同，但它对应的 LCD 显示屏的位置是一样的。地址的编址方式和表 1 基本一致，不同的是这里的 m 指的是点行数。另外通常使用 GH 代替 TH,GA 代替 TA。

文本显示区和图形显示区同时使用时，图形和文字重叠显示，重叠的方式可选择“与”、“或”、“异或”等位操作进行点对点的逻辑运算^[7]。

3 系统软件设计

系统软件设计采用倒序法比较方便，先设计子程序，再整合为主程序。子程序中先设计基本的命令和数据读写子程序，再设计汉字显示子程序。汉字显示子程序又分为文本方式显示子程序和图形方式显示子程序，而它们又都调用基本命令和数据读写子程序。最后是主程序设计，主要包括 LCD 初始化和两个显示子程序调用等。

3.1 命令和数据读写子程序

(1)写操作

T6369C 有自己的一系列命令，如读状态字、

显示 RAM 区域设置、显示地址设置、显示方式和光标形状设置、数据一次读写和自动读写设置以及位操作等。T6369C 的命令共有 3 种格式：一种是单字节命令，无参数；另一种是双字节命令，除了命令代码还带有一个单字节参数；还有一种是三字节命令，即带有双字节参数，比如写显示 RAM 地址命令。带双字节参数的命令从单片机通过 P₀ 口发送给 T6369C 的顺序是：先发送低字节参数 D₁，再发送高字节参数 D₂，最后发送命令代码字节^[8]。参数和命令写入时靠 LM3229 的 C/ $\overline{D}$ 口来区分应存入 T6369C 的命令寄存器或是数据寄存器^[9]。按图 1 的接线方式，参数送出时，单片机数据指针 DPTR 应设为 8000，即 A₁₅(P_{2.7})=1，经反相器后使 LM3229 的使能端 $\overline{CE}$ =0，而 A₈(P_{2.0})=0，即 C/ $\overline{D}$ =0，选中 T6369C 的数据寄存器，显示数据也从此通道送出或读入；当命令送出或读入时，单片机数据指针 DPTR 应设为 8100，即 A₈(P_{2.0})=1，即 C/ $\overline{D}$ =1，选中 T6369C 的命令寄存器。T6369C 的命令/数据写入子程序流程图如图 2(a)所示。

图 2 程序流程图。(a)命令/数据写入子程序；(b)文本方式显示子程序；(c)图形方式显示子程序；(d)主程序。
Fig. 2 Flow chart of programs. (a) Command/data write subprogram; (b) Display subprogram in text method; (c) Display subprogram in graphical method; (d) Main program.

(2)读操作

读操作分两种，一种是单片机从 LCD 中读取状态字，另一种是单片机从 LCD 的显存中读取数据。读状态字是必须的，因为单片机每次写指令

或读写数据时，都需要判断 LCD 是否准备好。只有状态字的低两位 S₀ 和 S₁ 同时为 1，才认为可以执行读写命令和数据^[10]。读状态字时应先设命令通道地址为 8100，从 P₀ 口读入数据到累加器，

再判断 ACC.0 和 ACC.1 是否全为 1。读数据操作则应先判断状态位,再设数据通道地址为 8000,从 P₀ 口读入数据到累加器 A,再做进一步的处理。在一次读数据操作时,将当前显示地址指针所指的单元的数据取出写入数据栈中,读数据时将该数据提出送入数据总线上供单片机获取。在自动读操作时,连续的读操作将连续地从显示存储器中读取数据,显示地址自动加 1。读操作相对写操作比较简单,故子程序流程图略。

3.2 汉字显示子程序

本设计分别以文本方式和图形方式来显示以下汉字内容:

“《液晶与显示》是中国物理学会液晶分会会刊,中国光学学会电子行业协会液晶专业分会会刊,中文核心期刊。”

分别采用不同的汉字取模方式,可以增加程序设计的灵活性。

3.2.1 文本方式显示汉字

以文本方式来显示汉字,首先要在 LM3229 的显示 RAM 中建立 CGRAM 区域,把要显示的汉字代码以自动写入方式写入相应 CGRAM 区,然后,再从 CGRAM 区写入显示 RAM 的文本区即可。建立 CGRAM 子程序的关键点在于 CGRAM 地址的设定。由于 CGRAM 只是显示 RAM 的一部分,它的地址同样应该是 16 位的。先设 CGRAM 的偏置地址,再设汉字首代码值,则根据 T6369C 的规定可算出 CGRAM 的首地址。T6369C 的指令 22H 专门用来设置 CGRAM 的偏置地址。这是一个双字节参数指令,D₁ 写入的是低五位有效的偏置地址,D₂ 无意义,固定为 00H。设 D₁=03H,汉字首代码设为 80H,则 D₁ 应为 16 位地址的高 5 位,80H 为接下来的 8 位,后面 3 位为 0,可得 CGRAM 的地址为 1C00H,如表 2 所示。

表 2 CGRAM 的首地址设置

Table 2 Setting of CGRAM first address

设置了 CGRAM 的地址后,以自动写方式,顺序把程序中存放的汉字字模数据写入以 1C00H 开始的 CGRAM 中即可。

接下来要设计一个汉字写入子程序,把 CGRAM

区的汉字代码依次写入文本显示区,即可显示在液晶屏上。以汉字“液”为例来说明汉字字形与字模数据字节及代码之间的对应关系。

如图 3 所示,一个汉字在液晶屏上占据 16×16 点阵,即占据 4 个字符位。每行 16 个点需 2 个字节来描绘汉字字形,共需 32 个字节。其它全角字符的字模都为 32 个字节^[11]。不同的取模软件或取模方式,这 32 个字节的排放顺序是不一样的。图 3 中对“液”字采取横向取模,先取左上部 8 字节,再取左下部 8 字节,然后是右上部 8 字节和右下部 8 字节。字节数据中为 1 的位对应的显示屏上的点被点亮。

图 3 汉字字形与字模之间的对应关系
Fig. 3 Corresponding relationship between Chinese character shape and module

在文本方式显示的子程序中,显示 RAM 的地址指针先指向汉字的左上部分汉字代码 80H (前面设 CGRAM 偏置地址时设定的)。只需把 80H 作为显示数据写入对应的文本显示区,则“液”字左上部分即可显示。接下来显示 RAM 地址指针自动加 1,指向“液”字右上部分,把对应的汉字代码的 82H 写入显示 RAM。修改显示 RAM 地址(DPTR+20H)换行,此时应先取“液”字的左下部分代码 81H,再取右下部分代码 83H。至此一个汉字显示完毕,中间只修改了一次 RAM 地址。

文本方式汉字显示子程序的流程图如图 2 (b)所示。在子程序中先要指定文本显示区的首地址 TH 和每行字符宽度 TA,然后按表 1 计算出显示汉字左上半部分的字符对位的显示地址,依次把对应的 4 个汉字代码写入。

文本方式显示汉字的优点是只需把设定的汉字 4 个代码分别写入显示 RAM 中即可,但是必须事先建立 CGRAM 区并写入 32 个字节的字模

数据。而图形方式显示汉字就不必建立 CGRAM,但是每个字模数据都必须一一写入显示 RAM,一共写入显示数据 32 次。

3.2.2 图形方式显示汉字

以图形方式显示汉字只需把汉字对应的字模数据写入显示 RAM 的图形区即可。图形区的 RAM 每行指的是点行,LM3229 共 128 点行,字符列数仍然按每行的字符数计算,共 $240/8=30$ 列。显示一个汉字占用 2 列 16 行。采用横向正序字节取模方式,即先取“液”字首行的两个字节,先左后右,即 00H 和 80H,如图 3 所示,再取第二行的两个字节,即 40H 和 44H,依次类推。取模方式即意味着程序中 DB 块中字模数据的存放顺序。计算出一个汉字的显示地址后,把字模数据写入图形显示区的顺序为:先写入左半部分一行一个字节的字模数据,地址自动加 1 后,再写入右半部分一行一个字节的字模数据,修改显示 RAM 地址(换行),写入第二行 2 个字节的字模数据,直到 16 行全部写完为止。子程序流程图如图 2(c)所示。

3.3 主程序

主程序包括宏指令、初始化子程序、基本读写子程序、显示子程序等。宏指令用来定义相关参数在单片机中的存放地址和指令、数据通道,以增加程序的可读性。

在初始化程序中,首先要设定文本显示区首地址 TH(本系统设 $TH=0000H$)。其次是设定显示区字符宽度 TA,即一行显示所占的字节数。接下来设置图形显示区首地址 GH(本系统设 $GH=0800H$)和图形区字符宽度 GA。本系统 TA 和 GA 皆设为 20H。另外设光标显示方式命令为 A7H,文本和图形显示重叠方式为逻辑“或”,开文本显示和图形显示。

接下来设定要显示的汉字坐标,文本方式下的行、列坐标范围分别为(0~29)和(0~15),图形方式行、列坐标范围分别为(0~29)和(0~127)。设显示的第一个字的行列坐标在文本和图形方式下分别为(02H,02H)和(00H,20H),调文本方式显示子程序或图形方式显示子程序,修改行、列坐标值,重复调用显示子程序,直到显示完毕。汉字字模库放在程序结束语句 END 之前。

主程序的流程图如图 2(d)所示。

4 系统仿真

在 Proteus ISIS 中把系统程序虚拟下载到图 1 的单片机 AT89C51 中,按仿真运行键进行软、硬件交互仿真。图形方式下的汉字静态显示仿真结果如图 4 所示。从图中可以看出,由于在主程序中第一个显示的字“《”的坐标设成了(00H,20H),则空两行字,从第 3 行第一个字符开始显示。文本方式下的显示效果为从第 3 行第 3 个字符位开始显示,仿真图略。程序中通过修改显示汉字的每行的列坐标并使之大于 10H,从而设置了行间距。如果定时间、定间隔地修改图形显示区的首地址 GH,将会产生显示画面的平滑滚动,这里不再演示。

图 4 图形显示方式下汉字显示仿真结果

Fig. 4 Simulation result of Chinese character display based on graphical method

5 结 论

以 LM3229 图形液晶显示器为例,结合单片机控制,系统而全面地论述了图形液晶显示屏的设计思想和实现方法。程序设计采用倒序设计法,即最先设计基本的小的读写子程序,再设计显示子程序,最后轻而易举地整合出主程序。通过 Proteus 仿真,完美地实现了原设计目的。如果定时定间隔地修改显示 RAM 的初始地址,可以看到所显示的内容在显示屏上平滑地滚动,因此可在此基础上简单修改程序从而实现不同内容、不同形式的汉字显示效果。

参 考 文 献:

[1] 陈伟锋. 基于点阵图形液晶模块的多菜单设计 [J]. 液晶与显示, 2007, 2(22):63-26.

[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,2008:55-56.

[3] 李维诤,郭强. 液晶显示应用技术 [M]. 北京:电子工业出版社,2000:125-128.

[4] 张琼,董克俭,贺洪江. 基于单片机的液晶显示汉字方法的研究 [J]. 福建电脑,2006,(6):55-57.

[5] 胡汉梅. 基于 DSP 图形液晶显示器接口程序设计 [J]. 液晶与显示, 2007,3(22):115-119.

[6] 赵岸,吴晓平,欧庆于. 内存受限系统的汉字显示设计研究 [J]. 微计算机信息, 2008,2(21):56-58.

[7] 武晓宏,秋兴国. 基于 MGLS12864 的汉字、字符混合显示方法 [J]. 工矿自动化,2004,(5):211-212.

[8] 淮俊霞. 片剂硬度测试仪的液晶显示界面设计 [J]. 液晶与显示,2008,23(A):133-137.

[9] 苗裕,郑喜凤,许开欢,等. 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.

[10] 张志俊,田微. 嵌入式系统中液晶显示的设计和管理 [J]. 微计算机信息,2008,(5):38-40.

[11] 李斯春,李杨,唐国侠. GSM 系统中液晶中文显示的编程方法 [J]. 液晶与显示, 2007,22(6):752-756.

Design and Simulation of Chinese Character Display System Based on Graphical Liquid Crystal Display

ZHU Qing-hui^{1,2},CHEN Shao-dong²,XU Zhi-qiang¹

(1. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China, E-mail:0zhu@163.com;

2. Mechanical and Electrical Engineering Department, Nanyang Institute of Technology, Nanyang 473004, China)

Abstract

The hardware and software design thought and implemented method of Chinese character display system based on MCU control by taking graphical liquid crystal display LM3229 as an example have been dealt with. The display mechanism of Chinese character display is taken apart in detail. System program designing and analyzing adopts two display ways, text display way and graphical display way, comparing the advantage of each way in realizing Chinese character display. Meanwhile, system design and simulation have been completed on embedded system design platform Proteus ISIS. Therefore, the optimizing design project is obtained and the typical design example of Chinese character liquid crystal display control system is given.

Key words: graphical liquid display; Chinese character liquid display; address coded of display RAM; module acquirement of Chinese character; system simulation

作者简介:朱清慧(1968—),女,河南南阳人,副教授,博士研究生,研究方向:检测技术与自动化装置。