

文章编号:1007-2780(2011)01-0073-05

二级驱动的串行 TFT-LCD 显示终端设计

石建国,邓春健

(电子科技大学 中山学院,广东 中山 528402,E-mail:mcu@tom.com)

摘 要: 设计并实现了一种采用 ATmega128L 作为二级驱动器的通用串行 TFT-LCD 显示终端,利用 SPI 串行 Flash 存储多套中英文字库和背景图片,对外提供 RS232 和 RS485 两种标准接口,可接收外部主控器串行发送的高级显示命令,实现其要求的显示效果。多个项目的应用实践表明,该显示终端有利于减轻主控器的显示处理负担,可作为多种单片机应用系统的通用信息输出设备。

关 键 词: TFT-LCD;LCD 驱动;串行接口;串行 Flash;ATmega128L

中图分类号: TN27; TP334.1 **文献标识码:** A **DOI:**10. 3788/YJYXS20112601. 0073

Design of Serial TFT-LCD Display Terminal Based on Two-Stage Driving

SHI Jian-guo, DENG Chun-jian

(Zhongshan Institute, University of Electronic Science and Technology of China,
Zhongshan 528402,China,E-mail:mcu@tom.com)

Abstract: A kind of universal serial TFT-LCD display terminal with ATmega128L as the 2nd driver is designed and implemented. SPI serial Flash is employed to store multiple sets of ASCII and GB2312 character matrix data and background images. High level display commands from external master controller could be received through RS232 or RS485 standard interface and trigger requested display operations. Actual applications reveal that this terminal could help to reduce display control burden for master controller and could be used as universal information output device for many kinds of microcontroller-based systems.

Key words: TFT-LCD; LCD driving; serial interface; serial Flash; ATmega128L

1 引 言

TFT-LCD 具有体积小、功耗低、寿命长、显示信息丰富、界面美观等优点,随着成本的降低,其应用领域已由计算机、工控系统、嵌入式数码产品扩展到基于普通单片机的一般控制系统,成为实现人机对话的理想输出设备^[1-2]。然而在实际系统设计中,由于不同厂商生产的液晶显示模块(LCM)采用不同的驱动器芯片,所以在信号引

脚、工作时序、操作指令等方面存在不少差异,缺少与主控器之间统一的软硬件接口,且多数显示模块未配汉字库。这些都在一定程度上增加了应用设计的复杂度,特别是对没有嵌入式操作系统支持的产品和系统而言^[3-5]。

随着单片机的不断普及,单片机应用系统设计中也开始流行多机结构,其特点是通过多个单片机的分工协作共同完成复杂的系统功能。基于这一思想,本文首先将 TFT-LCD 模块的底层驱

动和基本显示(包括汉字显示)任务从主控制器软件系统中分离出来,交由单片机组成的二级驱动器独立完成,以减轻主控器的负担。然后,将此二级驱动器与 TFT-LCD 模块整合为通用显示终端,对外提供 RS232 和 RS485 两种标准接口,不同类型的外部主控器均可通过串行发送高级显示命令实现要求的显示效果^[6]。对于复杂的应用系统,还可利用 RS485 接口为一台主控器配接多台显示终端,通过指定终端 ID,实现信息在不同终端上的同步或分类显示。

2 显示终端结构

通用 TFT-LCD 显示终端的结构如图 1 所示。LCD 驱动器通过一组并行信号线接收单片机发送的控制指令,产生相应的 TFT 控制脉冲,从而实现一级显示驱动功能。单片机作为二级驱动器,通过异步串行通信线接收主控器发送的高级显示命令,经解析后,产生访问一级 LCD 驱动器的控制和数据信号。背光采用白光 LED,LED 驱动器利用单片机发送的 PWM 波调节 LED 亮度。字库存储器用于存储多套不同点阵规格的 ASCII 字库、GB2312 汉字库以及多幅界面背景图片。

具体实现中,单片机采用 ATmega128L,液晶模块采用内置 SPFD5408 驱动器的 MzT24,背光驱动采用 CP2140,字库存储器采用 SPI 串行 Flash 芯片 SST25VF032B,通信驱动器采用 MAX3232 和 MAX3485,分别实现两种标准串行接口。

块,采用 SPFD5408 驱动器,分辨率为 240×320 ,支持 65 536 色,工作电压为 3.3 V。显存 GRAM 由 SPFD5408 内部集成,LCD 面板上每个像素对应着 16 位 RGB565 编码,如图 2 所示。

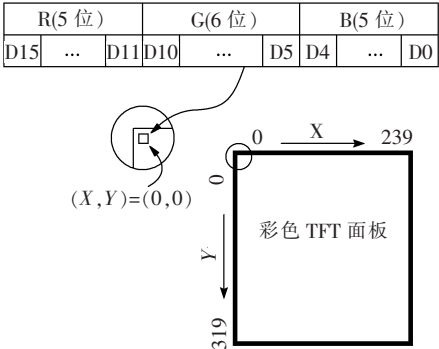


图 2 像素排列及数据格式
Fig. 2 Pixel arrangement and data form

MzT24 模块采用 8 位 Intel8080 总线传输模式,除 8 位数据线 D0~D7 外,接口信号还包括复位控制信号、片选信号、通道选择信号 RS、写控制信号以及读控制信号等。图 3 为该模块写操作控制时序图。

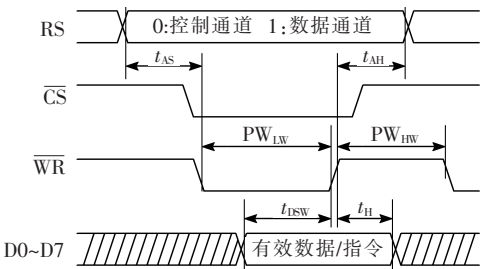


图 3 液晶模块写操作时序图
Fig. 3 Timing chart of LCD writing operation

显示控制通过对 SPFD5408 内部寄存器进行读写实现。先利用控制通道写入要访问的寄存器地址(索引),再利用数据通道写入或读出相应的数据。所有寄存器中,大部分与参数设置有关,多数应在显示器初始化过程中进行设置。至于对 GRAM 的访问,则通过地址计数器(AC)间接实现。具体地说,就是分别向 R20h、R21h 寄存器写入水平(X)及垂直(Y)方向的 GRAM 地址分量,作为地址计数器 AC 的当前值,接下来对 R22h 寄存器进行的数据读写将自动映射到 AC 对应的 GRAM 单元,且 AC 会在每次 GRAM 写操作后根据 R03h 中 AM、ID1、ID0 的设置自动进行地址

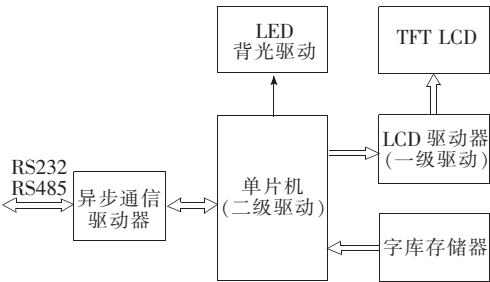


图 1 TFT-LCD 显示终端的结构
Fig. 1 Architecture of TFT-LCD display terminal

3 液晶模块的主要特性^[7]

MzT24 为一款 6.1 cm(2.4 in) TFT-LCD 模

调整,提高了 GRAM 连续写入的效率。

SPFD5408 支持窗口工作模式,允许用户程序将显示内容限定在所设的局部区域。窗口大小通过 R50h~R53h 寄存器设置,地址计数器 AC 的调整将自动限定在所设的窗口范围。

4 二级驱动电路的结构

ATmega128L 是一款基于 AVR 内核的高速低功耗 RISC 结构微控制器,内含 128 kB Flash、4 kB SRAM、4 kB E²PROM、7 个并口(最多 53 根 I/O 口线)、多种串口(USART、主/从 SPI、I²C)、8 路 10 位 A/D 转换器、4 个支持 PWM 输出的多功能定时/计数器和可编程看门狗定时器

等资源,支持上电复位和可编程低压检测,支持 JTAG 调试与编程,具有 6 种可选的睡眠模式,工作电压为 2.7~5.5 V。

图 4 为 ATmega128L 组成的 TFT-LCD 二级驱动电路。ATmega128L 通过 PA 口以及 PC 口的低 5 位分别连接 LCD 模块的 8 根数据线和 5 根控制线,通过 OC1A(PWM 输出)控制背光驱动芯片 CP2140 的输出电流。MAX3232 和 MAX3485 分别为 3.3 V 供电的 RS232 和 RS485 接口芯片,ATmega128L 通过两个独立的 USART 串口分别处理两种信号标准的数据收发。SST25VF032B 为 SPI 接口的 32 Mbit 串行 Flash 芯片,可由 ATmega128L 的 SPI 口直接驱动。

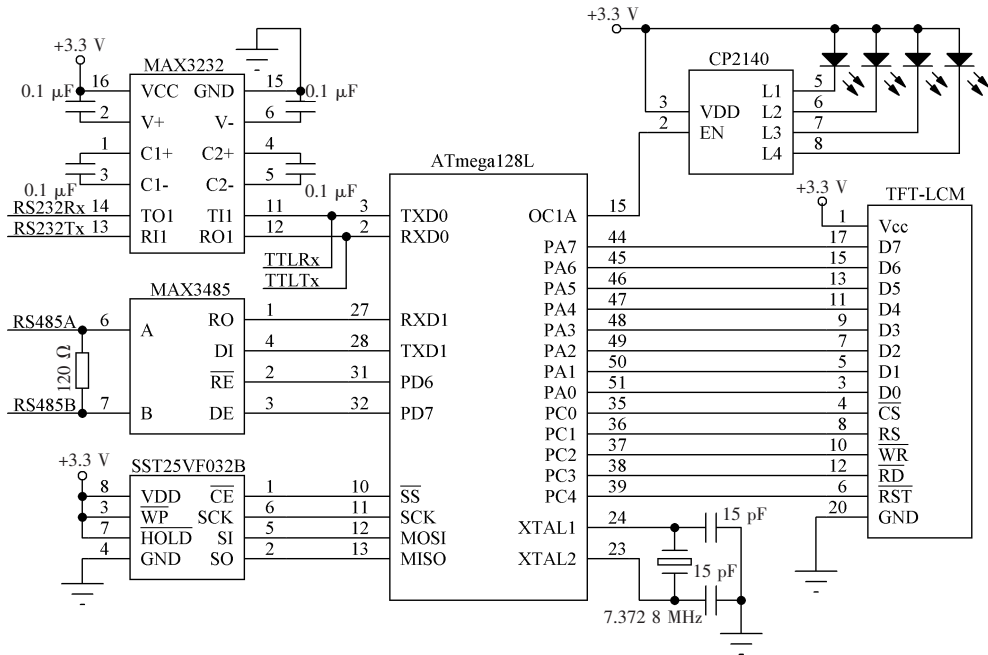


图 4 TFT-LCD 二级驱动电路原理图

Fig. 4 Schematic diagram of 2nd driving for TFT-LCD

5 二级驱动程序的设计要点

5.1 驱动程序的层次结构

显示终端利用分层设计的单片机控制程序实现二级驱动,如图 5 所示。其中,LCD 接口层实现寄存器读写、LCD 初始化、背光控制等硬件相关的底层操作,基本图形对象层实现点(像素)、直线、矩形、圆以及字符(包括汉字字符)等图形对象的显示,组合图形对象层实现文本框、进度条、数码管、自由曲线等复杂图形对象的显示。

主控制器上层程序发送的显示命令经下行接口

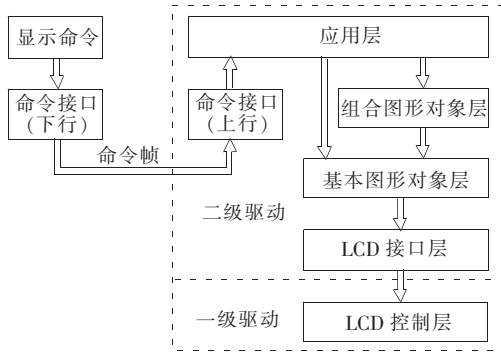


图 5 驱动程序的层次结构

Fig. 5 Hierarchy of display driver

拼装为串行发送的命令帧,显示终端通过上行接口进行接收和处理,提取出其中包含的命令字和命令参数,应用层则根据命令的不同,调用不同层次的显示函数,从而达到主控器要求的显示效果。

5.2 命令帧格式

主控器通过串行发送的命令帧控制显示终端工作。命令帧的主体是命令字和命令参数,为提高传送的可靠性并利于接收处理,完整的命令帧采用表 1 所示的格式。

表 1 命令帧格式
Table 1 Structure of command frames

字段名	字节数	取值范围
帧起始符	1	5AH
终端 ID	1	00~FFH
帧序列号	1	00~FFH
命令字	1	00~FFH
参数长度	1	00~78H
参数	N	取决于命令字
校验和	1	00~FFH
帧结束符	1	A5H

传输采用 RS232 标准,每个字节包括 1 个起始位、8 个数据位、1 个停止位,无校验位。波特率默认为 9 600 bps/s,可通过系统设置命令进行更改,最高为 115 200 bps/s。

显示终端通过反向传送的命令帧(或称为状态帧)指示命令执行结果。状态帧不带参数,其中,00H 表示命令执行成功,EEH 表示命令非法,FFH 表示接收缓冲区已满。接收缓冲区支持 8 个命令帧的接收缓冲,由串口中断服务程序负责维护。主程序定时通过队列计数器了解缓冲区的状态,依次对收到的命令帧进行处理,执行命令规定的显示操作。

5.3 字库的组织与使用

显示终端利用 SST25VF032B 预存了 6 套 ASCⅡ字库、4 套 GB2312 标准汉字库以及 10 幅 16 位全屏 BMP 背景图片,数据总量为 3.49 MB,ASCⅡ字符点阵包括 6×10、8×16、10×20、16×16、16×32、20×40,汉字点阵包括 12×12、16×16、24×24、32×32,点阵排列格式均为横置横排。由于每套字库和每幅图片均由一个新的 4 kB 扇区开始存放,加上字库索引表独占 1 个扇区,实际

占用空间为 3.53 MB。

对点阵 LCD 而言,ASCⅡ字符、汉字以及 BMP 图片的显示方法并无实质区别。以汉字为例,若希望在屏幕上(x_0,y_0)处以 16×16 汉字点阵显示“您好!”且为蓝底白字,可通过以下函数调用实现:

```
SetTextBkColor(BLUE);  
SetTextColor(WHITE);  
SetTextSize(HZ_16X16);  
Puts(x0,y0,“您好!”);
```

函数执行过程如下:

(1)将符号常量 HZ_16X16 对应的字库编号乘以 10(每条字库或图片索引为 10 个字节),得到 SST25VF032B 索引入口,连续读出 10 个字节,前 3 个字节为该字库每个汉字的点阵字节数 DotBytes,接下来各两个字节分别为点阵宽度 x_width 和高度 y_height ,最后 3 个字节为该字库在 SST25VF032B 中的偏移地址 Offset。

(2)由汉字的双字节机内码减去 0xA0A0 得到其区位码;将区码减 1 后乘以 94,加上位码,再减 1,得到该汉字在字符集中的位置号;位置号乘以 DotBytes,得到该汉字首字节点阵在所选字库中的相对存储地址。

(3)上述相对存储地址加上 Offset,得到该汉字首字节点阵在 SST25VF032B 中的实际存储地址,自该地址开始,对 SST25VF032B 连续进行多次读操作,读操作次数应等于 DotBytes,读出的点阵数据依次存入扫描缓冲区 DotBuff。

(4)屏幕上开一个左上角坐标为(x_0,y_0),宽度和高度分别为 x_width 和 y_height 的窗口,对 DotBuff 中每个点阵字节,自高位开始,以位为单位进行检测和描点操作,描点顺序为从左到右,自上而下,等于 0 的位用底色描点,等于 1 的位用字符色描点。

6 显示终端的应用

笔者曾在多个设计项目中以上述显示终端作为信息输出设备,取得了较好效果。以镍氢电池充放电管理系统为例,该系统采用 ATmega8L 单片机,可对两组镍氢电池独立进行充、放电控制。系统运行过程中,单片机定时采样两组电池的电压、电流和表面温度,作为下一采样周期 PWM 控制输出的依据,同时,单片机也通过其串口将检测



图 6 显示终端用户界面

Fig. 6 User interface on display terminal

和控制参数的当前值发送给显示终端。图 6 为参数显示画面,每 5 s 更新一次,用户可藉此了解电池当前状态。

7 结 论

二级驱动的 TFT-LCD 显示终端利用高性能单片机封装了 LCD 控制时序和显示操作细节,使得外部主控器可通过标准串口连接和高级显示命令实现要求的显示功能,简化了应用系统软、硬件设计,减轻了主控器的处理负担,可作为多种单片机应用系统的通用信息输出设备。在此基础上,利用 ATmega128L 充裕的接口资源和处理能力增加对触摸屏输入的支持,可将显示终端升级为用途更广的通用人机界面设备。

参 考 文 献:

[1] 彭继慎,许文文,宋立业. 彩色液晶显示器在压铸机实时压射控制器中的应用 [J]. 液晶与显示,2009,24(5): 708-712.

[2] 李敏,孟臣. 彩色液晶显示器在嵌入式系统中的应用 [J]. 单片机与嵌入式系统应用,2004,(2):49-52.

[3] 怯肇乾. 人机界面中的 LCD 控制驱动与接口设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用,2004,(11):9-12.

[4] 余华芳,刘健. 单片机与液晶显示模块的软硬件接口技术 [J]. 液晶与显示,2003,18(2):125-129.

[5] 艾红,王捷,厉虹,等. 基于串行接口的汉字液晶显示模块应用与开发 [J]. 液晶与显示,2006,21(3):254-259.

[6] 吴平,龚彬,丁铁夫. 液晶显示模块和 MSP430 单片机在显示终端上的应用 [J]. 液晶与显示,2003,18(6):436-440.

[7] 张新强. 点阵 LCD 驱动显控原理与实践 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010.

《液晶与显示》关于作者署名的通告

针对目前论文署名比较随便,论文作者要求增减合著者或改变排名顺序的情况时有发生,本刊编辑部特提请文章作者注意:论文署名是一件十分严肃的事情。在论文上署名的作者应为参与论文撰写或对论文所涉及的研究工作有贡献的人,所有署名作者均应对文章内容负责。凡合著的文章,投稿前应仔细斟酌,考虑周全,并征得所有合作者的同意,同时应写明联系人。署名及排序在投稿后确实需要改变时,应由联系人向编辑部出示有关合著者同意并签名(盖章)的函件。否则,编辑部有权拒绝其要求。

《液晶与显示》编辑部