

文章编号:1007-2780(2010)01-0099-06

基于 DSPTMS320LF2407A 的液晶显示模块接口设计

沈 科,吴钢华

(上海大学 机电工程与自动化学院,上海 200444, E-mail:shenke@shu.edu.cn)

摘 要: 为了适应工业化现场应用和仪器仪表测试系统的终端显示需要,提出运用 DSPTMS320LF2407A 控制液晶显示模块的接口设计方案,详细介绍了 DSP 和液晶屏控制器的硬件连接和软件设计,软件程序采用 C 语言编写,具有较强的可移植性。在系统中成功实现了坐标系、文本、图形和菜单的显示。

关 键 词: TX18D11VM1CAA;TMS320LF2407A;TFT8048;液晶显示;接口

中图分类号: TN27;TP311 **文献标识码:** A

Module Interface Design of Large-Size LCD Screen Based on DSPTMS320LF2407A

SHEN Ke, WU Gang-hua

(School of Mechatronics Engineering and Automation, Shanghai University,
Shanghai 200444, China, E-mail:shenke@shu.edu.cn)

Abstract: In order to meet the requirements of industrial application site and terminal display of test system, this paper put forward one method, which uses DSPTMS320LF2407A controlled seven-inch liquid crystal display produced by Hitachi. The hardware interface circuit and the software drivers procedures of the method are introduced in detail. Software program is composed of C language, which has strong portability. It achieves the function of displaying coordinate system, text, graph and menu successfully.

Key words: TX18D11VM1CAA;TMS320LF2407A;TFT8048;LCD screen;interface

1 引 言

随着时代的高速发展,现代仪器产品在技术上朝数字化、微型化方向发展,液晶显示电路已趋于集成化和模块化。由于液晶显示屏具有功耗低、体积小、寿命长、性能稳定、显示直观等优点,现已被广泛应用于手持式仪器仪表的显示终端^[1]。我们查阅了相关文献^[2-4],发现目前应用于便携式仪器仪表的液晶屏的分辨率一般最大为 240×180,已不能满足复杂显示场合的要求。本设计研究开发的基于 DSP 微控制器的压力测试

系统,需要在 LCD 上实时动态显示压力曲线、文本以及菜单,为此,选择了日本日立公司型号为 TX18D11VM1CAA 的液晶显示模块,该模块支持多色(最高可达 256 色)显示,分辨率高达 800×480,其控制器(TFT8048-256-8)具有 4 页显示缓冲区,能满足写汉字较多、图块显示较多的环境。本文研究了 TMS320LF2407A 芯片(以下简称 LF2407A)与 TX18D11VM1CAA 控制器的接口方法和程序设计。软件程序采用 C 语言编写,具有较强的可移植性。在系统中成功实现了坐标系、文本、图形和菜单的显示。

2 硬件电路设计

2.1 TMS320LF2407A 处理器

数字信号处理器(DSP)是在模拟信号转换成数字信号以后进行高速实时处理的一种专用处理器。LF2407A 是 TI 公司推出的专门用于电机控制和运动控制的定点 16 位 DSP,内部采用增强 Harvard 结构,具有高速运算能力。它采用高性能 CMOS 静态技术,使得供电电压降为 3.3 V,减少了控制器的功耗;30 MIPS 的执行速度使得指令执行周期短到 33 ns,使控制器可以提供远远超过传统的 16 位微控制器和处理器的性能^[5]。

2.2 液晶显示控制器 TFT8048-256-8

TFT8048-256-8(以下简称 TFT8048)是上海南华电子有限公司专门针对单片机用户而设计的大尺寸液晶显示控制器,该控制器接口采用并行总线方式(数据总线 D[7:0]、地址总线 A[3:0]、片选/CS、读/RD、写/WR),可以很方便地连接到单片机或微处理器的总线上。由于采用了命令方式,所以只需要 4 个地址信号线,减少了接口信号

的个数,有效简化了硬件系统连接。

2.3 DSP 与控制器接口电路设计

LF2407A 有两种访问 TFT8048 的方式:直接访问方式和间接访问方式。考虑到 DSP 相对于液晶屏控制器为高速器件,直接访问方式可能会因为时序上不匹配而无法正常运行,因此,本接口设计采用间接控制方式,即模拟 TFT8048 时序的方式与其通信。

在接口电路设计当中,LF2407A 的 I/O 口不能直接与 TFT8048 相连,其原因如下:

(1)LF2407A 为 3.3 V 器件,而 TFT8048 为 5 V 供电。当 DSP 作为输入器件时,若不加缓冲电路,将会对 DSP 芯片造成损害,因为输入电压超过了其核心工作电压 3.3 V。

(2)LF2407A 的 I/O 口工作电压为 3.3 V,若直接相连,可能无法驱动 TFT8048 正常工作。

本设计采用电压转换芯片 74LVC4245A(以下简称为 4245A)来解决上述两个问题,实际的调试过程也证明接电压转换芯片是必要的,具体硬件电路如图 1 所示。

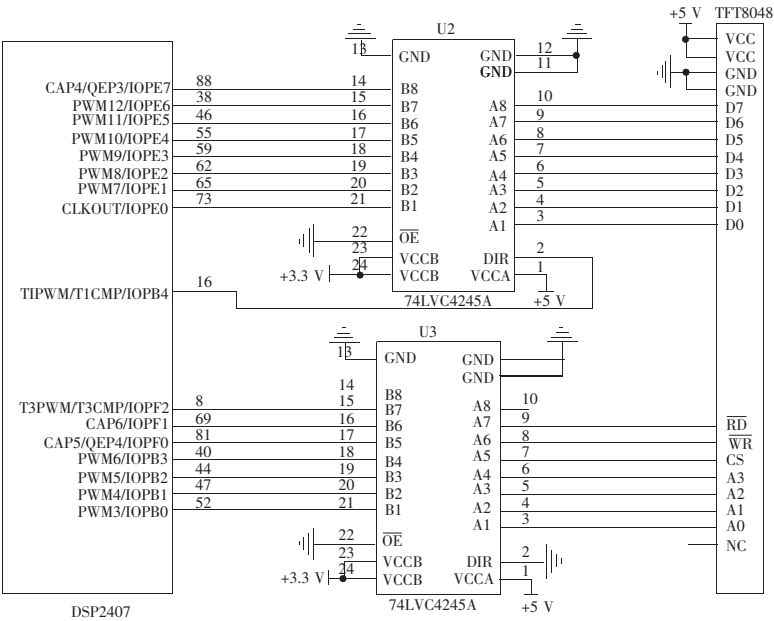


图 1 LF2407A 与 TFT8048 接口电路

Fig.1 Interface of TFT8048 to LF2407A

3 软件设计及调试

3.1 TFT8048 写指令代码程序

TFT8048 写指令代码程序的正确与否,直接

关系到液晶屏能否正常工作。只有按照 TFT8048 的写指令代码控制时序正确地写入指令代码数据,液晶屏才能正常工作,从而实现汉字、图形等的显示。TFT8048 的不同组合功能如表 1 所示。

表 1 TFT8048 的不同组合功能表

Table 1 Various combination function menu of TFT8048

CS	WR	RD	A3	A2	A1	A2	功 能
0	1	0	0	0	0	0	读显示数据
0	0	1	0	0	0	0	写显示数据
0	0	1	0	0	0	1	写 X 轴坐标
0	0	1	0	0	1	0	写 Y 轴坐标
0	0	1	0	0	1	1	写控制字(8 位)
0	0	1	0	1	0	0	写前景色寄存器(8 位)
0	0	1	0	1	0	1	写背景色寄存器(8 位)
0	0	1	其他组合无操作				无操作
1	×	×	×	×	×	×	无操作

由表 1 可知,该控制器的写指令代码程序包括写 X 轴坐标、写 Y 轴坐标、写控制字、写前景色寄存器和写背景色寄存器子程序。这几个子程序的编程思路基本相同,惟一不同的就是在写入指令代码数据前,要根据表 1 设置不同的指令寄存器,即改变 A0~A3 的值。下面以写 X 坐标为例说明写指令代码程序的步骤。

TX18D11VM1CAA 分辨率为 800×480,X 坐标的取值范围为 0~0x31F,而数据线是 8 位的,故在写入 X 坐标时,要分两次写入,第一次写入的是高地址,第二次写入的是低地址,数据为右对齐格式。按照 TFT8048 的写指令代码时序,写 X 坐标程序的流程图如图 2 所示。

由图 1 的硬件连接图可知,数据线 D0~D7 与 IOPE0~IOPE7 相连,寄存器地址 A0~A3 与

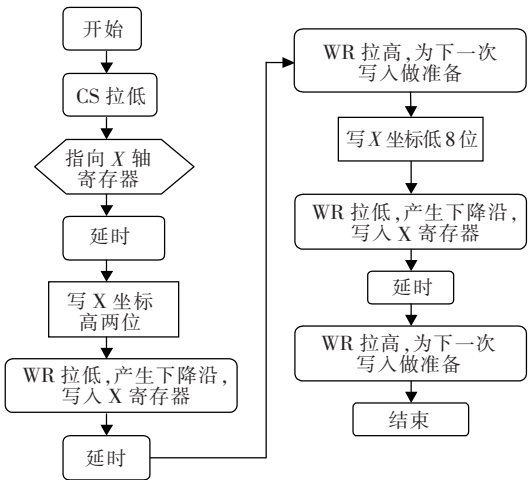


图 2 写 X 坐标程序流程图

Fig. 2 Flow chart of X coordinate writing program

IOPB0~IOPB3 相连,片选线 CS、写/读信号线依次与 IOPF0~IOPF2 相连,U2 方向控制线与 IOPB4 相连(IOPB4 若为低电平,则为输出,反之为输入)。写 X 坐标程序如下所示:

```
PFDATDIR=0xff06;    //CS 为低,WR/
RD 为高
PBDATDIR=0xff01;    //A0 HIGH,A1
LOW,指向 X 坐标寄存器 IOPB4=0 则为输出
delay(0x0F);        //延时
buffer=x&0x0300;
buffer>>=8;
buffer|=0xff00;      //高 8 位为 GPIO
口方向控制,置高位输出
PEDATDIR=buffer;     //写 X 坐标的高
两位,右对齐
delay(0x0F);
PFDATDIR&=0xfffd;   //WR 为低,写
入 X 坐标的高两位
delay(0x0F);
PFDATDIR|=0x0002;    //WR 为高
buffer=x&0x00ff;
buffer|=0xff00;
PEDATDIR=buffer;     //写 X 坐标的低
8 位,右对齐
delay(0x0F);
PFDATDIR&=0xfffd;   //WR 为低,写
入 X 坐标的低 8 位
delay(0x0F);
PFDATDIR|=0x0002;    //WR 为高
```

3.2 TFT8048 写显示数据程序

TFT8048 写显示数据程序包括清屏、显示汉字、符号、图形、菜单、坐标系等子程序。其各子程序的编程思路基本相同,惟一不同的是要设置不同的控制字以满足实际的需要(如在写文本时要选择写汉字方式控制字)。由于该控制器没有专门用于清屏的控制字,但清屏是进行汉字显示、图像显示等后续工作的前提。在此,以清蓝屏子程序为例,来说明 TFT8048 写显示数据的程序流程。

在上面写指令代码程序的基础上,清蓝屏程序的流程图如图 3 所示。写数据的过程同上面写 X 坐标的高低字节的过程相同。写背/前景色寄存器时,写入的数据与颜色的关系是 D0~D1 为蓝色控制位、D2~D4 为绿色控制位、D5~D7 为

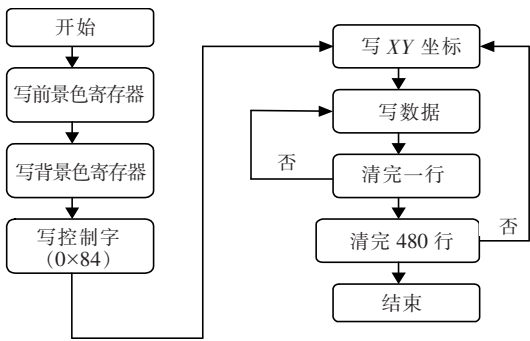


图 3 清蓝屏程序流程图

Fig. 3 Flow chart of blue screen clearing program

红色控制位。

下面为清蓝屏子程序：

```
write_beiqiangjingse(0x00,0x03);  
//写背/前景色寄存器  
write_contral(0x84);  
//写控制字 X 向 8 点写,写完后 X + 8,Y  
不变  
for(i=0;i<480;i++){  
    // 480 行清完否  
    write_zuobiao(0,i);  
    //写坐标,X 坐标始终从 0 开始  
    PBDATDIR=0xFF00;  
    //指向写数据口,即 A0~A3 全为低电平,  
IOPB4=0 数据方向为输出  
    delay(0x0F);  
    for(j=0;j<50;j++){  
        //设置次数 (其值=800 点/8 点/2 次)  
        PEDATDIR=0xff00;  
        delay(0x0F);  
        PFDATDIR&.=0xfffd;    //WR 为低  
        delay(0x0F);  
        PFDATDIR|=0x0002;    //WR 为高  
        delay(0x0F);  
        PEDATDIR=0xff00;  
        delay(0x0F);  
        PFDATDIR&.=0xfffd;    //WR 为低  
        delay(0x0F);  
        PFDATDIR|=0x0002;    //WR 为高  
        delay(0x0F);}  
}
```

3.3 压力曲线的显示

压力测试一般包括升压、保压和降压 3 个阶

段。下面以升压为例说明实时压力曲线的显示算法。

在升压过程中,数据是实时变化的,需要将 AD 采样的数据经过一定的算法处理和比例缩放,才能最终在液晶屏上实时显示。本压力测试系统的 AD 采样周期为 10~20 μ s,而坐标轴的时间单位为 1 s,若 AD 始终处于工作状态,则不但过多占用了 CPU 时间,而且采集回来的数据也过于庞大,无法在液晶屏上显示。本系统采用抽样和求平均值的方法来处理实时数据。虽然在单位时间内抽样的值越多,则最终显示的压力曲线越精确,但是点阵液晶屏的分辨率限制了单位时间内的抽样值。本系统液晶屏的分辨率为 800×480,假设整个液晶屏都用来显示 1 s 内压力曲线的变化,则抽样率最高也只能达到每秒 800 个点。但在本压力测试系统实际的显示中,液晶屏的一半用来显示压力曲线,即用来显示压力曲线的分辨率只有 400×400。现在假设 1 s 内的抽样值为 20 个点,则抽样的时间间隔为 0.05 s。可用一个定时器专门用来定时抽样,一旦定时时间到,则开始 AD 采样,把 AD 采样数据放在缓冲区 1 内。为了进一步消除数据的干扰,对 AD 采样数据采用数字滤波,数据放在缓冲区 2 内,一旦缓冲区 2 内的数据达到单位时间内的抽样个数,则对缓冲区 2 内的数据根据实际的坐标系进行比例缩放后,再调用画直线子程序,最终在液晶屏上实时显示压力曲线。事实表明,使用该方法显示压力曲线,不但提高了 CPU 的工作效率,而且显示结果

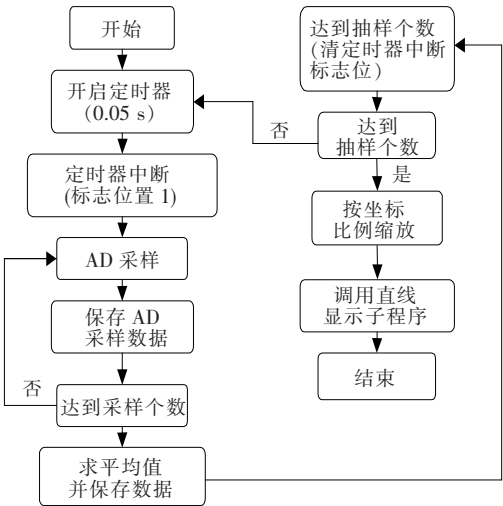


图 4 压力曲线显示流程图

Fig. 4 Flow chart of pressure curve display

也满足了客户的要求。图 4 为压力曲线显示的流程图。

3.4 软件延时

本设计中,LF2407A 相对于 TFT8048 而言是高速设备,为了在实际的使用中使两者的速度相匹配,需要在命令和数据语句之间插入必要的延时子程序,如下文所示:

```
void delay(unsigned int period)
{
    int periodj;
    for(periodj=0; periodj<period>>1; periodj++)
    {
        asm("nop");
        asm("nop");
        sm("nop");
    }
}
```

4 液晶屏的刷新速率

液晶屏的刷新速率随着尺寸的增大而减少。产生这种现象的原因有很多,如液晶屏自身存在速度限制、控制器的晶振和 I/O 口的读写速度等。TX18D11VM1CAA 液晶屏在压力测试系统的使用过程中同样出现了屏幕的刷新速率不够快的现象,刷新整屏的时间约为 3~4 s。要改善液晶屏的刷新速率可从硬件和软件两方面着手,但在硬件已选定的前提下,软件的编程成了提高速率的关键。

(1)C 语言和汇编语言混合编程

汇编语言操作复杂,要求编程人员对 CPU 的硬件有深入的了解,而且一旦出错,调试就会比较困难,所以一般程序都用 C 语言编写,但在要求时序和速度的场合可以把两者结合起来。刷新液晶屏花费时间较多的是底层的数据传输,故要把它改成汇编语言。

(2)开辟缓存

在本压力测试系统的设计过程中,由于用户的操作界面也要在液晶屏上实现,故本系统中,涉及到的显示内容较多。首先,把所有可能使用到的汉子点阵信息组合起来,制作成一个汉字库,同时把字符 ASCII 码也制作成一个字符库。有了这两个库之后,再开辟两个显示缓存,其中第二显示缓存中放着前一次显示时汉字和 ASCII 码在字库中对应的索引码值。每次需要更新显示时,首先判断字符索引码值与第二缓存(存储上一次

显示内容的索引码值)是否一致,如果一致则不显示,不一致则显示该位置所对应的汉字或字符。

实验证明,通过上面所述的软件改进后,液晶屏的刷新速率提高了将近一倍。

5 系统调试

本系统调试需要硬/软件两方面的资源。硬件包括自己设计的 LF2407A 电路板(CPU 模块、AD 采样模块、电源转换模块、SD 卡模块以及通讯模块)、仿真器、TFT8048 和 TX18D11VM1CAA 液晶屏;软件主要使用的是 Code Composer Studio 3.1集成编译环境。

系统调试步骤:

- (1)焊接好 DSP 及其周围的元器件和电源部分,查看仿真器和 DSP 的连接是否正常;
- (2)依次焊接各个模块,并且焊接完一个模块后,马上检查该模块工作是否正常;
- (3)在 CCS 编译环境下,通过仿真器把正确的程序下载到 DSP 处理器运行,控制显示汉字、图形、坐标系以及菜单。

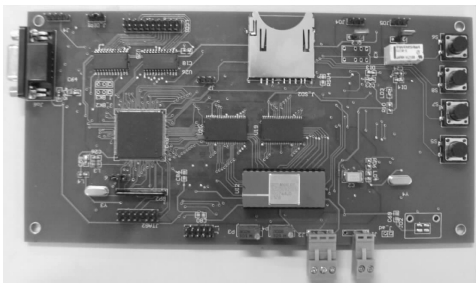


图 5 LF2407A 电路板照片
Fig. 5 Photo of LF2407A circuit board

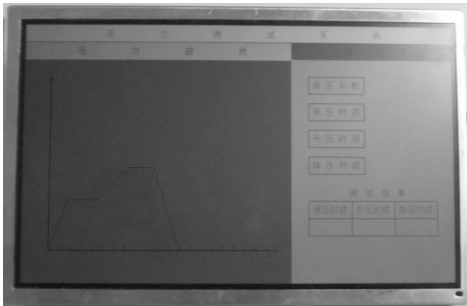


图 6 压力曲线显示照片
Fig. 6 Photo of pressure curve display

6 结 论

提出了一种基于 TMS320LF2407ADSP 芯

片控制大尺寸液晶模块的设计方法,并已成功运用于压力测试系统。实际运用的结果表明,该设计方法具有运行稳定可靠、软硬件设计简单、开发周期短等优点,应用程序采用 C 语言编写,可为 C2000 系列其他 DSP 控制大尺寸液晶屏提供参考。

参 考 文 献:

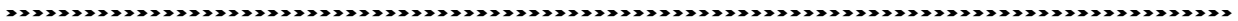
[1] 廖建庆,陈琼. 基于 DSP 控制的液晶显示在手持式仪器中的应用 [J]. 现代显示,2008,93:36-40.

[2] 席鑫宁,潘宏侠. 基于 DSP 的 LCD 模块设计及其在设备状态监测系统中的应用 [J]. 液晶与显示,2009,24(1): 110-115.

[3] 刘高霞,史浩,刘维亚,等. 基于 DSP 的大尺寸液晶屏驱动方法的研究 [J]. 液晶与显示,2006,21(1):77-80.

[4] 莫莉,董万福,喻洪平,等. 基于 TMS320F2812 的液晶显示模块接口设计 [J]. 计算机测量与控制,2009,17(2): 407-409.

[5] 江思敏,刘和平. TMS320LF240xDSP 硬件开发教程 [M]. 北京:机械工业出版社,2003.



可与国际单位制并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	1 min=60 s
	[小]时	h	1 h=60 min=3 600 s
	日,(天)	d	1 d=24 h=86 400 s
	[平面]角	[角]秒	1 "=(1/60) '=(π /648 000) rad
[平面]角	[角]分	'	1 '=(1/60) °=(π /10 800) rad
	度	°	1 °=(π /180) rad
质量	吨	t	1 t=10 ³ kg
	原子质量单位	u	1u≈1.660 540×10 ⁻²⁷ kg
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min=(1/60) s ⁻¹
体积	升	L,(l)	1 L=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
能	电子伏	eV	1 eV≈1.602 177×10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex=10 ⁻⁶ kg/m=1 g/km
面积	公顷	hm ²	1 hm ² =10 000 m ²
长度	海里	n mile	1 n mile=1 852 m(只用于航行)
速度	节	kn	1 kn=1 n mile/h=(1 852/3 600) m/s(只用于航行)