

文章编号:1007-2780(2012)04-0523-06

笔段式 LCD 驱动设计

林凡强,马晓茗

(成都理工大学 信息科学与技术学院,四川 成都 610059,E-mail:linfanqiang@cdut.cn)

摘 要: 介绍笔段式液晶的显示原理和控制方法,具体实现了数字仪表中的设计。该驱动方法采用了德州仪器公司的超低功耗单片机 CC430F6137,使用其自带的 LCD 控制器,并以驱动 GD46532 液晶显示器为例,给出了温度采集系统的数值显示驱动方法和程序设计,并对该控制器独有的闪烁功能给出了说明。经实际程序测试,采用自带 LCD 控制器的数显仪表可最大程度降低系统的尺寸,且可靠性高,程序可移植性好。

关 键 词: CC430F6137;液晶显示;数字仪表;可靠性;笔段式

中图分类号: TH85 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122704.0523

Driver Design of Segment-Type Liquid Crystal Display

LIN Fan-qiang, MA Xiao-ming

(School of Information Science and Technology, Chengdu University of Technology,
Chengdu 610059, China, E-mail:linfanqiang@cdut.cn)

Abstract: This paper mainly introduces the segment type liquid crystal display principle and control methods in design and application of digital display instrument. The liquid crystal display system made by Texas Instruments with ultra low power microcontroller CC430F6137, which has a segment type LCD controller, can drive 96 segments at most. The GD46532 LCD module is designed by DaLian JiaXian electronic Co., Ltd. The authors design the driving program in temperature sampling system, and also give the twinkle display way to display the value of sampled temperature. By application testing, the digital instrument with LCD controller can reduce the system size to the largest extent. The system is high reliable. Its program is easily portable in other systems.

Key words: CC430F6137; LCD display; digital meter; reliability; segment type

1 引 言

随着市场对电子产品的性能及功耗的要求不断提高,液晶显示技术也得到了迅速的发展^[1-3]。液晶显示器(LCD)是一种平板薄膜显示器件,除了功耗低以外,它还具有美观、工作电压低、抗干扰能力强、与 CMOS 电路信号匹配良好等优点。因此,应用非常广泛,特别是笔段式

液晶显示更是在各种数字仪表中扮演着重要的角色。

本文采用德州仪器公司的超低功耗单片机 CC430F6137 为核心芯片,通过使用它内部自带的 LCD 控制器来驱动笔段式液晶。CC430F6137 的片上 LCD 控制器支持 4 种类型的 LCD。将该控制器与笔段式 LCD 相结合,可以非常便捷地实现各种低功耗仪器仪表的显示系统设计。

收稿日期:2011-12-29; 修订日期:2012-04-18

基金项目:成都理工大学研究基金项目(No:2011YG02)

作者简介:林凡强(1978—),男,江苏连云港人,硕士,讲师,主要研究方向为信号与信息处理、电子信息科学与技术。

2 数显仪表硬件设计

2.1 笔段式 LCD 结构

液晶材料是一种兼有液态和固体双重性质的有机物,其棒状结构在液晶盒内平行排列,在电场作用下改变排列方向。笔段式 LCD 类似于 LED 显示数码管。每一位的段电极包括 7 个笔段和一个背电极 BP(或 COM)。可以显示数字和简单的字符,每个数字和字符与其段码对应^[4-5]。

2.2 偏压产生电路

CC430F6137 内部集成了 LCD 控制器^[6],该 LCD 控制器可以产生交流信号和公共电压信号,用以驱动笔段式 LCD。它支持 4 种类型的 LCD 驱动,即:静态;2-MUX;3-MUX;4-MUX。

LCD 控制器偏压 V_{LCD} 可能来源于 VCC、内部电压或是外部电压,当采用内部电压时,LCD-CAP 引脚必须外接一个容量大于 $4.7\ \mu\text{F}$ 的电容。本设计中 VLCD 采用内部电压源,通过寄存

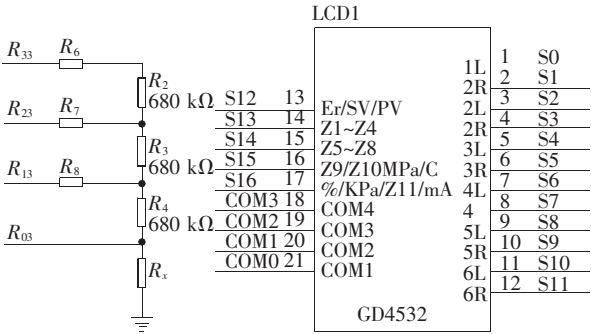


图 1 LCD 的偏压和 LCD 电气连接电路

Fig. 1 LCD bias and LCD connection circuit

表 1 LCD 偏压与偏置特性

Table 1 LCD bias and offset characteristics

驱动模式	偏压配置	COM 个数	电压等级
静态	静态	1	V1, V5
2-MUX	1/2	2	V1, V3, V5
2-MUX	1/3	2	V1, V2, V3, V5
3-MUX	1/2	3	V1, V3, V5
3-MUX	1/3	3	V1, V2, V3, V5
4-MUX	1/2	4	V1, V3, V5
4-MUX	1/3	4	V1, V2, V3, V5

其中: $V1 = V_{LCD}$, $V2 = 2/3V_{LCD}$, $V3 = 1/2V_{LCD}$, $V4 = 1/3V_{LCD}$, $V5 = V_{R_x}$

器 LCDBVCTL 进行设置, V_{LCD} 为 3.08 V 。LCD 控制器的偏压由外部电路决定,偏压电路和 LCD 的控制连接图如图 1 所示。图中 R_x 用以控制液晶显示器的对比度,当 R_x 接零电阻时,对比度最大。GD46532 显示模块的 21 个引脚分别连接 CC430F6137 的对应引脚,COM0~COM3 分别为段扫描引脚,S0~S16 连接笔段引脚,电气连接简单,可与 IO 口复用。

不同的驱动方式电压等级不一样,偏压等级分为:V2、V3、V4、V5,具体的 LCD 偏压与偏置特性见表 1。

2.3 LCD 驱动方式

LCD 的驱动方式分为两类:一类静态驱动;另一类是动态驱动。数显系统采用哪一类驱动方式取决于 LCD 本身,CC430F6137 内部集成的 LCD 控制器既可以驱动静态显示的 LCD,也可以驱动动态显示的 LCD。静态驱动方式硬件线路复杂,驱动位数少。因此本文以动态的 4-MUX 驱动方式为例介绍驱动及程序设计方法。

4-MUX 模式下每一个 CC430F6137 的段引脚(SPn)驱动 4 个 LCD 段,并使用 4 个公共引脚,COM0、COM1、COM2、COM3。4-MUX 可选用 1/2BIAS 或 1/3BIAS 偏压,在此以 1/3BIAS 为例说明。4-MUX 驱动的引脚连接图如图 2 所示。若要使 C 笔段显示,驱动波形如 3 所示。其他字符的显示,可以依据 CC430 系列单片机的带有 LCD 控制器的器件设计手册进行分析和设计。CC430 系列单片机中,CC430F6xx 系列全部带有笔段式 LCD 控制器,使得其他应用电路大大简化。

无论哪种驱动方式,施加给液晶的都是交流电场,并要求在这个交流电场中的直流分量越小越好,因为直流电场易导致液晶材料的化学反应和电极老化从而降低液晶材料的寿命。

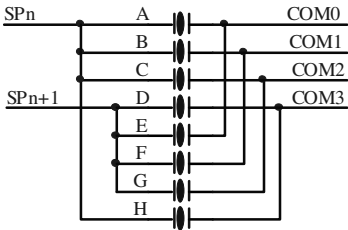


图 2 4-MUX 驱动方式连接示意图

Fig. 2 4-MUX drive of the pin connection

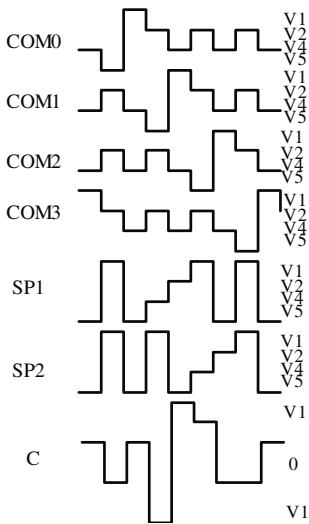


图 3 驱动波形
Fig. 3 Drive waveform

2.4 LCD 控制器的时序

LCD 控制器的输出波形是按照一定的时序发生,采用内部集成的时钟驱动器产生 LCD 的刷新频率: f_{LCD} 。 f_{LCD} 的计算公式为:

$$f_{LCD} = f_{ACLK}/VOCLK/(LCDDIV + 1) \times 2^{LCDPRE} \tag{1}$$

合适的 f_{LCD} 取决于 LCD 所需要的帧频率和 LCD 的多路传输速率,其 f_{LCD} 的计算公式为:

$$f_{LCD} = 2 \times MUX \times f_{Fream} \tag{2}$$

LCD 所需要的帧频率由 LCD 本身决定,常见的 LCD 帧频率为 30~1 000 Hz,由此可以计算出所

需的 f_{LCD} 。设置的频率越低电流消耗越小,频率设置越高其显示越清晰稳定。

3 数显仪表软件设计

3.1 笔段式液晶显示模块——GD46532

本数显仪表以大连佳显电子有限公司的产品 GD46532 显示模块为例^[7],详细介绍 4-MUX 驱动程序设计方法。该模块是常用的仪表显示单元,采用 3 V 电源,驱动方式为动态 4-MUX、1/3BIAS 偏压。

3.2 4-MUX 方式驱动 GD46532

3.2.1 段码映射表

在 4-MUX 模式下一个字符的 8 个笔段存放在一个显示存储寄存器中,其存放顺序为 abchfgde,各个笔段的值定义如下:

```
#define LCD_A 0x80
#define LCD_B 0x40
#define LCD_C 0x20
#define LCD_D 0x02
#define LCD_E 0x01
#define LCD_F 0x08
#define LCD_G 0x04
#define LCD_H 0x10
```

显示字符时,在段码映射表中查找相应的字符数值,然后写入相应的 LCD 显示存储寄存器(LCDM_x)中即可显示相应的段码。从 0~9 和清屏段码映射表如下:

```
const unsigned char LCD_Char_Map [ ] =
{
    //液晶显示段码映射表
    LCD_A+LCD_B+LCD_C+LCD_D+LCD_E+LCD_F,           // '0'
    LCD_B+LCD_C,                                       // '1'
    LCD_A+LCD_B+LCD_D+LCD_E+LCD_G,                   // '2'
    LCD_A+LCD_B+LCD_C+LCD_D+LCD_G,                   // '3'
    LCD_B+LCD_C+LCD_F+LCD_G,                           // '4'
    LCD_A+LCD_C+LCD_D+LCD_F+LCD_G,                   // '5'
    LCD_A+LCD_C+LCD_D+LCD_E+LCD_F+LCD_G,             // '6'
    LCD_A+LCD_B+LCD_C,                                 // '7'
    LCD_A+LCD_B+LCD_C+LCD_D+LCD_E+LCD_F+LCD_G,       // '8'
    LCD_A+LCD_B+LCD_C+LCD_D+LCD_F+LCD_G,             // '9'
    LCD_A+LCD_B+LCD_C+LCD_D+LCD_E+LCD_F+LCD_G+LCD_H, // 清屏
};
```

3.2.2 温度数显流程图

采用 GD46532 段式液晶显示温度的程序流程图如图 4 所示。

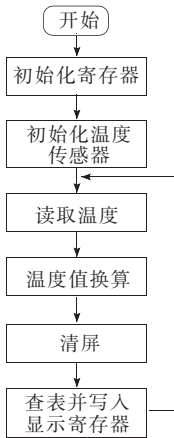


图 4 温度数显流程图

Fig. 4 Digital display flow chart of temperature

3.2.3 自带 LCD 控制器相关寄存器配置

在使用 LCD 控制器来驱动 LCD 来显示温度设计时,需要对一些寄存器进行初始化,包括 LCD 控制寄存器和 LCD 显示存储寄存器等等。

①LCDBCTL0 为 CC430F6137 单片机自带 LCD 控制寄存器 0。

该控制器中:

LCDDIVx 位:控制 LCD 频率分频; LCD-PREx 位:控制 LCD 频率预分频(与显示器刷新频率相关);

LCDSEL 控制位:闪烁频率的时钟源选择;

LCDMXx 控制位:选择 LCD 的模式;LCD-SON 控制位:是 LCD 的段使能;

LCDON 控制位:决定 LCD 控制的开和关。

②LCDBVCTL 是 LCD 电压控制寄存器,主要控制电压源和电压等级的选择。本设计当中使能芯片内部的电荷泵电压为参考,其参考电压为 3.08 V。

③LCDBPCTLx 是端口控制寄存器,选择引脚为 LCD 功能,即选择所要显示的位数。例如,要显示四位,则有 LCDBPCTL0=0x0FF;LCDBPCTL1=0x0000。

④LCDMx 是 LCD 显示存储寄存器,访问该寄存器就可以得到相应的段码,即:按照 LCD_Char_Map 数组中提供的映射关系表,向 LCDMx 中写入的数据,就显示在 LCD 屏幕上。由于采用

4-MUX 驱动方式,则:LCDM1 存储有 S0 和 S1 两个段的段码,其他笔段以此类推。

3.2.4 主程序及驱动程序设计

如下为 GD46532 液晶显示 DS18B20 温度数值的主函数^[8]。主函数中如 BITx 表示第 x 位置 1,如:P5SEL |= (BIT5 | BIT6 | BIT7)语句,表示将 P5SEL 寄存器中第 5、6、7 位置 1。

DS18B20 的相关函数不做具体叙述,如下仅给出其初始化和读取 1 位的函数。其他函数省略。下面是定义 DS18B20 与单片机的接口部分。

```
#define DS18B20_DIR P1DIR
#define DS18B20_IN P1IN
#define DS18B20_OUT P1OUT
#define DS18B20_DQ BIT7

/* * * * * * DS18B20 初始化 * * * * * */
unsigned char DS18B20_Init(void)
{
    unsigned char result;
    DS18B20_DIR |= DS18B20_DQ;
    // IO 设置为输出
    DS18B20_OUT &= ~DS18B20_DQ;
    // DS18B20_DQ=0;
    DelayX10us(120);           //延时
    DS18B20_OUT |= DS18B20_DQ;
    //DS18B20_DQ=1;
    DelayX10us(3);           //延时
    DS18B20_DIR &= ~DS18B20_DQ;
    // IO 设置为输入
    DelayX10us(3);           //延时
    result = DS18B20_IN & DS18B20_DQ;
    DS18B20_DIR |= DS18B20_DQ;
    DelayX10us(100);
    return(result);
}

/* * * * * * 读一位数据 * * * * * */
unsigned char DS18B20_ReadBit(void)
{
    unsigned char result;
    DS18B20_DIR |= DS18B20_DQ;
    //IO 设置为输出
    DS18B20_OUT &= ~DS18B20_DQ;
    // DS18B20_DQ=0
```

```

_NOP();                // 空操作
DS18B20_OUT |= DS18B20_DQ;
// DS18B20_DQ=1
_NOP();_NOP();_NOP();_NOP();
// 等待
DS18B20_DIR &= ~DS18B20_DQ;
//IO 设置为输入
result = DS18B20_IN & DS18B20_DQ;
DS18B20_DIR |= DS18B20_DQ;
// IO 设置为输出
return(result);        //返回结果
} //Read a bit on the 1-wire bus;

void main(void)         //主程序
{
    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD;
    //停止看门狗
    P5SEL |= (BIT5 | BIT6 | BIT7);
    //COM1-3 选择
    P5DIR |= (BIT5 | BIT6 | BIT7);
    //方向控制
    LCDBCTL0 = (LCDDIV0 + LCDDIV1 +
                LCDDIV2 + LCDDIV3 +
                LCDDIV4) | LCDPRE0 |
                LCD4MUX | LCDON | LCD-
                SON;

    //LCD 控制寄存器设置
    LCDBVCTL = LCDCPEN | VLCD_3_08;
    //使能电荷泵电压为 3.08V
    REFCTL0 &= ~REFMSTR;
    //参考源选择
    LCDBPCTL0 = 0x0FF;
    //位数控制寄存器 0 设置
    LCDBPCTL1 = 0x0000;
    //位数控制寄存器 1 设置
    DS18B20_Init();
    //初始化传感器 DS18B20
    DelayX10us(100);
    //延时 300μs
    while(1)
    {
        temp=DS18B20_ReadTemp();
        //读取当前温度
        shi=temp/1000;                //温度值换算
        ge=temp%1000/100;
        shifen=temp%100/10;
        baifen=temp%10;
        LCDM4 &= ~LCD_Char_Map[10];
        //LCD 清屏
        LCDM4 |= LCD_Char_Map[baifen];
        //显示百分位
        LCDM3 &= ~LCD_Char_Map[10];
        //LCD 清屏
        LCDM3 |= LCD_Char_Map[shifen];
        //显示十分位
        LCDM2 &= ~LCD_Char_Map[10];
        //LCD 清屏
        LCDM2 |= LCD_Char_Map[ge]+LCD_H;
        //显示个位和小数点
        LCDM1 &= ~LCD_Char_Map[10];
        //LCD 清屏
        LCDM1 |= LCD_Char_Map[shi];
        //显示十位
    }
}

    如图 5 所示,在 GD46532 上实时显示由
    CC430F6137 采集的温度传感器温度值[9],其显
    示内容为两位整数和两位小数。

```

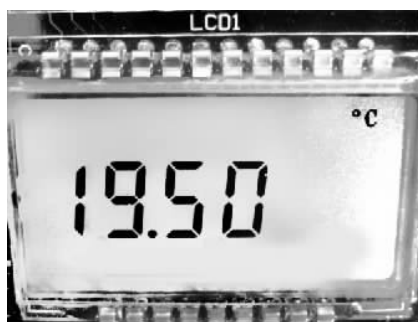


图 5 温度显示

Fig. 5 Temperature display

3.5 LCD 控制器的闪烁功能

除了以上 4 种类型驱动方式外,该 LCD 控制器还具有闪烁功能,有双显示存储器,可以实现单独的段闪烁或位闪烁显示。

设置寄存器 LCDBLKMODx=01 时,允许对应的段单独闪烁;LCDBLKMODx=10 时,允许对应的位闪烁;LCDBLKMODx=00 则闪烁被禁

止。同时闪烁频率也是可编程的,闪烁频率必须小于帧频率。闪烁频率的计算公式为:

$$f_{\text{Blink}} = f_{\text{CLK/VLOCLI}} / (\text{LCDBLKDIV}_x + 1) \times 2^{(9 + \text{LCDBLKPREX})} \tag{3}$$

当 LCDBLKMODx=01 或 10 时,闪烁显示存储器作为第二个显示寄存器使用,要显示的内容可以通过 LCDDISP 位手动选择或通过 LCD-BLKMODx=11 自动选择,实现两存储器之间的切换显示。

系统中使用 LCD 控制器的闪烁功能时,可以在系统中进行切换显示,实现双屏显示;或者动态的段显示,使显示内容更加丰富。

参 考 文 献:

[1] 尹东辉,任彦楠,岳超,等. 一种 1024 级灰度大电容负载的 LCD 驱动芯片设计 [J]. 液晶与显示,2011,26(1): 78-82.

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

[3] 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,2007,22(3):115-119.

[4] 李恒,张云生. Proteus 平台下内置 T6963C 液晶模块的驱动仿真 [J]. 云南民族大学学报,2008,18(2):180-183.

[5] 袁满. 基于 T6963C 的液晶显示编程的实现 [J]. 自动化技术与应用,2007,26(9):110-112.

[6] Texas instrument. CC430F613X[EB/OL]. <http://www.ti.com>,2010.

[7] 大连佳显电子有限公司. GD46532. <http://www.good-display.com>,2008.

[8] 张军,陈慧丽. 基于 MSP430 单片机和 DS18B20 的数字温度计 [J]. 电子设计工程,2010,18(11):106-109.

[9] 沈建华,杨艳琴,翟晓曙. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用 [M]. 北京:清华大学出版社,2004: 289-195.

[10] 凌志华. STN-LCD 技术的发展[J]. 液晶与显示,2002,17(4):233-242.

4 结 论

提出了一种使用 CC430F6137 的内部集成 LCD 控制器驱动笔段式液晶模块的方法,并对该方法的硬件进行了电路设计,编程实现了驱动 4-MUX 液晶模块 GD46532 的设计。通过试验调试,该设计完成了数字温度传感器 DS18B20 的实时温度采集与显示。该方法充分利用了 CC430F6137 的 LCD 控制器^[10],使系统功耗更低,操作简单,运行稳定,程序可移植性好,大大降低了笔段式 LCD 显示应用系统的成本和尺寸,在数显仪表领域具有非常广泛的应用空间。