

文章编号:1007-2780(2013)06-0917-05

一种在坐标系网格上实现动态波形显示的方法

李 军¹, 杨 晖^{1,2*}, 杨海马¹, 胡恒庆¹, 于向飞¹, ZIVKOVIC V³

(1. 上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093, E-mail:lijun1988726@163.com;

2. 上海理工大学 上海市现代光学重点实验室, 上海 200093;

3. 阿德雷德大学 电气与电子工程学院, 阿德雷德 5005, 澳大利亚)

摘 要: 为了实现对采样数据的显示, 建立了一个基于 STM32F103VET6 和 11 cm(4.3 in) TFT 液晶模块组成的显示平台。针对动态波形和坐标系网格相交的点会被背景色填充掉的问题, 提出了一种交点判别法, 即对交点用网格颜色填充, 非交点用背景色填充。通过在电缆参数集采控制系统中的实际应用, 表明该方法能够解决网格被填充的问题, 又避免了波形闪烁的现象, 具有较好的实用性, 满足动态波形显示的实时性要求。

关 键 词: STM32F103VET6; 动态波形; 交点判别法

中图分类号: TP334

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20132806.0917

Method of Realizing Dynamic Waveform Display on Coordinate Grid

LI Jun¹, YANG Hui^{1,2*}, YANG Hai-ma¹, HU Heng-qing¹, YU Xiang-fei¹, ZIVKOVIC V³

(1. School of Optical-Electronical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science & Technology,

Shanghai 200093, China, E-mail:lijun1988726@163.com;

2. Shanghai Key Laboratory of Modern Optical System,

University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China;

3. School of Electrical & Electronic Engineering, University of Adelaide, Adelaide 5005, Australia)

Abstract: In order to realize the sampling data display, a display platform consisting of STM32F103VET6 and 11 cm(4.3 in) TFT LCD module is established. For the problem of intersections between dynamic waveform and coordinate grid filled with background color, this paper propose a method of intersection identification, intersection filled with the grid color, non-intersection filled with the background color. By the practical application in the cable parameters acquisition and control system, it shows that the method can solves the problem of the grid being filled, but also avoid the flicker waveform, it has good usability, meets the requirement of real-time waveform display.

Key words: STM32F103VET6; dynamic waveform; intersection identification

1 引 言

实时的动态波形显示是现场测量系统中人机交互的重要部分。以往的单片机控制液晶显示都

是采用普通的 I/O 口来模拟液晶的 8080 时序, 但是传输效率较低, 会影响到波形显示的实时性^[1-3]。通过 STM32F103VET6 内部自带的 FSMC 接口来模拟液晶的 8080 时序, 对 TFT 液

收稿日期: 2013-07-29; 修订日期: 2013-08-31

基金项目: 国家自然科学基金(No. 61007002); 上海市教育委员会重点学科(No. J50505); 研究生教育创新项目

作者简介: 李军(1988—), 男, 湖北荆门人, 硕士研究生, 主要研究方向是信息获取与处理。

* 通信联系人, E-mail: yanghui313@126.com

晶模块进行读、写操作,极大地提高了数据的传输速度,有利于动态波形的实时更新^[4-5]。

为了便于观察采样数据的大小,在显示区域内绘制了坐标系网格。在波形动态左移的过程中,如果直接对旧波形用背景色消去,再绘制新波形,会出现波形和坐标系网格相交的点被背景色填充掉的问题,导致网格线显示不完整。常用解决方法是:先用背景色消去之前的波形,然后重新绘制坐标系网格,最后再重新绘制新的波形^[6]。但是,实际运行过程中会出现明显的闪烁现象。因此,本文提出了一种在坐标系网格上实现动态波形显示的方法-交点判别法,该方法通过判别出网格上的交点,使其不被背景色填充,并且能够节省出大量重绘坐标系网格的时间,很好地解决了网格线显示不完整以及波形闪烁的问题。

2 系统硬件设计

2.1 硬件介绍

本系统中使用的主控制芯片采用的是 ST 公

司的 32 位处理器 STM32F103VET6,该芯片使用高性能的 ARM Cortex-M3 32 位的 RISC 内核,工作频率为 72 MHz,内置高达 512K 字节的闪存和 64K 字节的 SRAM,具有灵活的静态存储器控制器 FSMC,3 个 12 位的模拟/数字转换器 ADC 和 7 个 DMA 通道。

TFT 液晶显示模块由液晶显示控制器 SSD1963 和 11 cm(4.3 in)TFT 真彩色液晶屏组成 SSD1963 是一款 TFT 真彩色液晶屏显示控制器,内部集成有 1 215 KB 的帧缓冲器,支持 864×480 像素点的 24 位真彩色图片的显示。芯片支持不同总线宽度的微处理器并行接口用以接收来自微处理器的图片数据和命令。

2.2 FSMC 与 TFT 液晶接口电路

STM32 处理器 FSMC 接口与 TFT 液晶接口电路图如图 1 所示。STM32 通过内部自带的 FSMC 接口来模拟液晶的 8080 时序,对 TFT 液晶模块进行读、写操作。STM32 处理器的 FSMC 模块有 4 个不同的 banks,每一个 64 MB,可支持

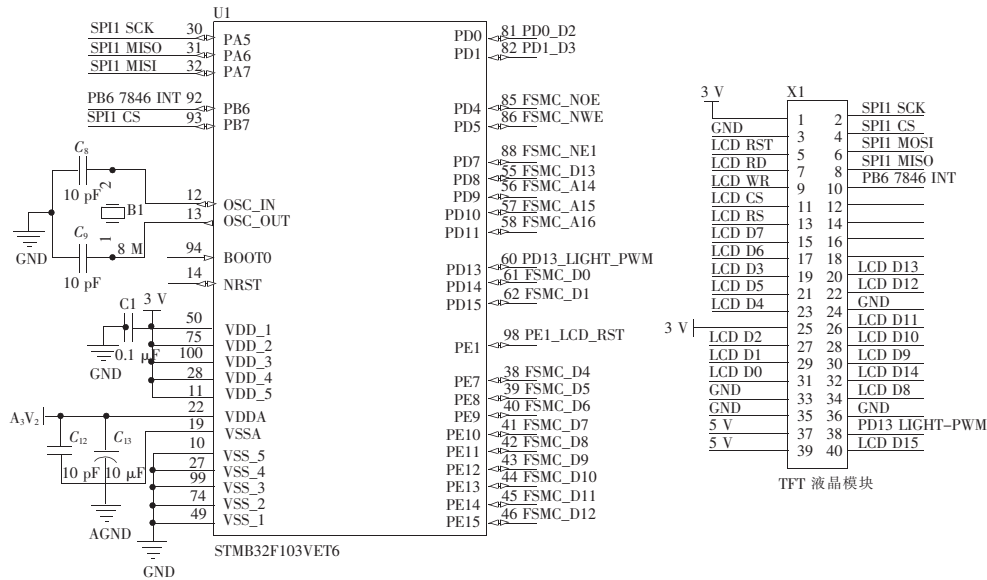


图 1 FSMC 与 TFT 液晶接口电路图

Fig. 1 FSMC and TFT LCD interface circuit diagram

表 1 FSMC 接口与 TFT 液晶模块信号的对应关系

Table 1 Corresponding relationship between FSMC interface and TFT LCD module

FSMC 接口信号	LCD 接口信号	功能说明
FSMC_[D0:D15]	LCD_[D0:D15]	FSMC 数据总线[D0:D15]与 LCD 接口 16 位数据总线对应
FSMC_NE1	LCD_CS	FSMC 接口片选信号,与 LCD 接口片选信号对应
FSMC_NOE	LCD_RD	FSMC 接口输出使能,与 LCD 接口读使能对应
FSMC_NWE	LCD_WR	FSMC 接口写使能,与 LCD 接口写使能对应
FSMC_A16	LCD_RS	FSMC 地址线,用于 LCD 寄存器和 RAM 选择

NOR 以及其他类似的存储器^[7]。这些外部设备的地址线、数据线和控制线是共享的。每个设备的访问是通过片选信号来决定的,而每次只能访问一个设备。系统中选择的 TFT 液晶模块就是连接在 Bank1 上面。FSMC 接口信号与 TFT 液晶模块信号的对应关系^[8]如表 1 所示。

3 系统软件设计

图 2 是系统主程序的流程图。首先,通过硬件平台初始化,将系统时钟配置为 72 MHz,初始化 ADC 模块和液晶接口 FSMC 以及对 TFT 液晶驱动初始化。然后,在液晶屏上建立绘图区域,定时读取采样数据,计算出采样数据对应到 LCD 屏上的显示坐标,每两点之间画直线,当读取的数据点个数大于 51 时,开始采用交点判别法更新波形。

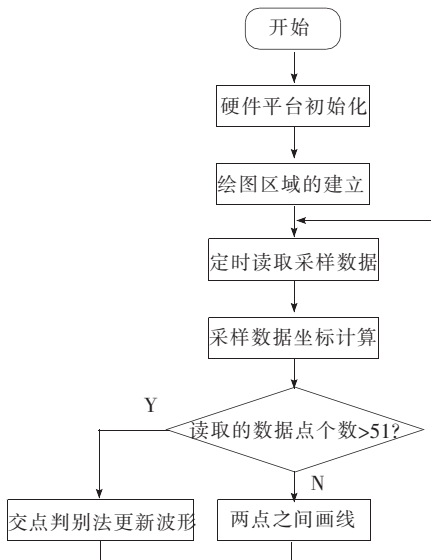


图 2 系统主程序流程图
Fig. 2 System main program flow chart

3.1 绘图区的建立和采样数据坐标计算

本设计实际应用在电缆参数集采控制系统中,为了将采集到的电缆电流和温度实时显示在 TFT 液晶屏上,建立了如图 3 所示的绘图区域,TFT 液晶显示屏的分辨率为 480×272,原点在屏幕的左上角。在绘图区域,建立了两条纵坐标线分别表示电流和温度,电流用红色表示,温度用蓝色表示。测试系统中电流信号的范围是 0~100 A,温度信号的范围是 0~100 ℃,为了便于观察采样数据的大小,在显示区域内绘制了坐标

系网格。纵坐标轴上设定有 0、20、40、60、80、100 这几个刻度,每个刻度之间在液晶屏上间隔 24 个像素点,每隔 6 个像素点有一条纵刻度线,0 纵刻度线在液晶显示屏上的纵坐标为 145,100 纵刻度线的纵坐标为 25。横坐标轴上每隔 25 个点有一条横刻度线。因此,实际电流和温度的每一个单位值对应为液晶屏上的 1.2 个像素点。

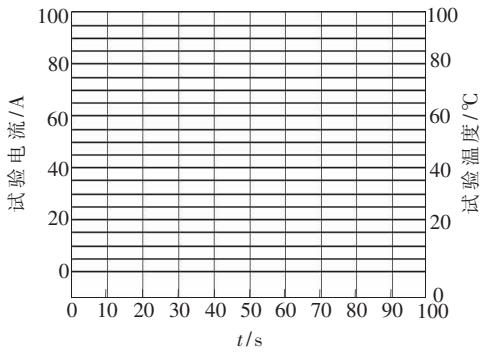


图 3 液晶绘图显示区域
Fig. 3 LCD graphics display area

电流、温度信号分别经过电流电压传感器单元和热电偶以及温度变换单元后,连接到 STM32 的 ADC 输入端口进行采样。ADC 采样的基准电压为 3.3 V,ADC 采样数据与绘图区域显示坐标的对应关系为:

$$\frac{AD_Value}{4\,095} = \frac{x}{3.3} \tag{1}$$

$$d = x \times K \tag{2}$$

$$y = 145 - 1.2x \tag{3}$$

其中,变量 AD_Value 表示 AD 转换器转换后的数字量, x 表示经过传感器单元处理后的真实值, K 表示电流或温度的真实值到 ADC 采样值的放大倍数, d 表示电缆导体上的实际电流或温度值,变量 y 表示实际电流或温度值对应于液晶屏上的坐标。

3.2 动态波形显示原理

本系统采用 STM32 内部的 ADC 模数转换器,选择连续转换方式,将转换后的采样数据通过 DMA 通道传送到内存变量,然后每隔 200 ms 读取一次 AD 转换后的电流和温度数据,并计算出对应于 TFT 液晶屏上的纵坐标值,并依次存储到缓存数组中。读取到第一个数据点的横坐标为 50,以后每得到一个数据点,横坐标就对应加 5,直到横坐标值为 300 为止。当得到第二个采样数

据的纵坐标时,通过画直线函数 TFT_Line() 将第一点和第二点之间逐点连接起来,以后每得到一个采样数据坐标,就将该点和它前一个点之间用画线函数 TFT_Line() 连接起来,依次连接成一条曲线。当采样数据点对应的横坐标值为 300,即波形达到绘图区域最右边时,就要开始实现波形的动态左移,即每经过一个采样周期 200 ms,波形上的所有点依次向左移动一个像素点,其中,第一个点被移除,最后一个点由最新采集到的数据点填充。依次循环下去,就实现了波形的动态左移。

3.3 交点判别法

在实现波形动态左移的过程中,为了避免波形出现闪烁,一般的做法都是直接对波形用背景色消去,但是这样会出现一个问题:波形与坐标系网格相交的点会被背景色填充掉,导致网格线显示不完整。为了解决坐标系网格会被背景色消去的问题,又要避免动态波形出现闪烁,我们采用交点判别法,通过判别坐标系网格和波形的交点,对交点用网格颜色填充,非交点用背景色填充。

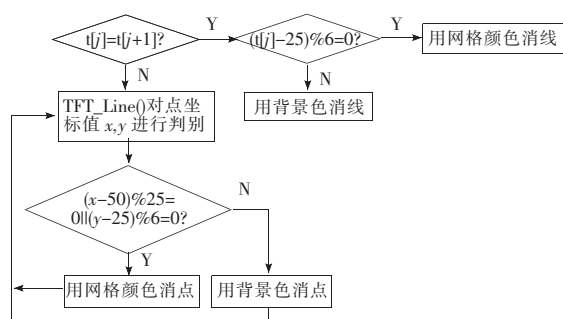


图 4 交点判别法的算法流程

Fig. 4 Algorithm of intersection identification

交点判别法的整体思想如图 4 所示。该方法的具体思想如下:当在坐标系网格上对两个采样数据点用 TFT_Line() 连线时,可能会出现以下两种情况:一种是网格和直线的交点落在纵刻度线上,另外一种是在横刻度线上。对于第一种情况,先判断两个数据点 $t[j]$ 和 $t[j+1]$ 是否相等,如果相等,再判断 $t[j]$ 是否落在纵刻度线上,即是否满足条件: $(t[j]-25)\%6=0$, 如果满足,那么直接对这条直线用网格颜色填充,否则用背景色填充。如果前后两个数据点 $t[j]$ 和 $t[j+1]$ 不相等,我们就要找到 $t[j]$ 和 $t[j+1]$ 之间落在纵刻度线上的交点,在画线函数 TFT_Line() 里判断纵坐标 y 值是否满足条件: $(y-25)\%6=0$, 然后对满足条件的点用网格颜色填充,不满足条件的点用背景色填充。对于第二种情况,只需在 TFT_Line() 里判断横坐标值 x 是否满足: $(x-50)\%25=0$, 对满足条件的点用网格颜色填充,不满足条件的点则用背景色填充。

Line() 里判断纵坐标 y 值是否满足条件: $(y-25)\%6=0$, 然后对满足条件的点用网格颜色填充,不满足条件的点用背景色填充。对于第二种情况,只需在 TFT_Line() 里判断横坐标值 x 是否满足: $(x-50)\%25=0$, 对满足条件的点用网格颜色填充,不满足条件的点则用背景色填充。

4 实际测试结果对比分析

本设计实际测试应用在电缆参数集采控制系统中,测试方法有如下 3 种:(1)先对旧波形用背景色消去,再绘制新波形;(2)先用背景色消去旧波形,然后重新绘制坐标系网格,最后再重新绘制新的波形;(3)交点判别法。

测试结果如下:采用方法(1),虽然波形显示无闪烁现象,但会出现测试波形随着波形的不断更新而导致坐标系网格显示不完整的现象,如图 5 所示。采用方法(2),虽然波形和坐标系网格显示正常,但却存在明显的闪烁现象。采用方法(3),波形和坐标系网格都显示正常,也无闪烁现象,如图 6 所示。

测试结果对比分析:方法(1)和方法(3)之所以无闪烁现象,是因为两者更新一次波形所需的时间均小于人的视觉暂留时间。而方法(2)出现闪烁现象,则说明其更新一次波形的时间超过了人的视觉暂留时间,而较方法(1)相比,方法(2)更新时间只多了重绘坐标系网格的时间,而刚好加上这段时间就超过了人的视觉暂留时间,从而看到了波形闪烁的现象。方法(3)中更新一次波形的时间与方法(1)的时间差不多,因为方法(1)和方法(3)都是先消波形和重绘波形的过程,方法(1)是对波形上的所有点都用背景色填充,而方法(3)在消波形的过程中,对波形与坐标系网格的交

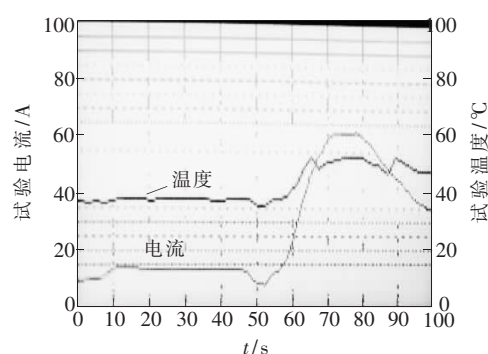


图 5 采用方法(1)运行的结果

Fig. 5 Operation result of method one

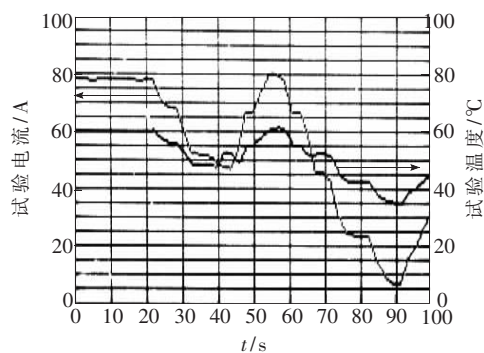


图6 采用方法(2)、(3)运行的结果

Fig. 6 Operation result of method two and three

点用网格颜色填充,非交点用背景色填充,只比方法(1)多了判别交点的时间,而这个时间相对于波形更新的时间是忽略不计的。

5 结 论

建立了基于 STM32F103VET6、11 cm(4.3 in)液晶模块的数据显示平台,提出了一种高效的波形显示方法-交点判别法,实现了在坐标系网格上的动态波形显示。该设计方法具有较好的实用性,适用于工业控制现场的电压、电流、温度等测量。

参 考 文 献:

- [1] 杨树德,高曼曼,潘天文.实时波形的动态显示及其优化处理方法[J].液晶与显示,2011,26(3):354-357.
- [2] 初华,刘春光,袁东,等.基于DSP的液晶显控终端设计与实现[J].液晶与显示,2011,26(4):501-504.
- [3] 胡爱华,杨郁池,刘院英,等.液晶显示模块及其在智能仪表中的应用[J].计算机测量与控制,2007,15(2):275-277.
- [4] 陈晓冰,张为公.图形点阵液晶编程技术及其在税控收款机上的应用[J].仪表技术与传感器,2004,(3):34-35.
- [5] 张小伟,唐耀庚,吴龙雄,等.一种在液晶显示屏上绘制实时曲线方法[J].单片机与嵌入式系统应用,2011,(4):73-74.
- [6] 吕敏,林建辉,张兵.TFT液晶模块在风速测试系统中的应用[J].仪表技术与传感器,2011,(1):81-83.
- [7] 李宁.基于MDK的STM32处理器开发应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008:92-200.
- [8] 刘波文,孙岩.嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 经典实例-基于STM32处理器[M].北京:北京航空航天大学出版社,2012:138-144.