

文章编号:1007-2780(2012)05-0703-05

基于 Nios II 的 LCD 触摸屏应用设计

戴峻峰

(淮阴工学院 计算机工程学院, 江苏 淮安 223003, E-mail: djf0495_cn@163.com)

摘 要: 为了实现触摸屏作为设备的人机接口界面,使用 FPGA 的 SOPC 技术,在 FGPA 中构建了 Nios II 处理器系统作为触摸屏的控制器,编写 Nios II 控制程序实现了触摸屏信息显示和触控功能。程序中设计了显示区域规划结构,为系统的信息显示和触控功能的实现提供了一种相对通用的方法,能够增加代码的重用性和通用性,简化了显示界面的程序设计过程,提高了系统性能和开发效率。

关 键 词: 触摸屏;Nios II 系统;显示区域规划

中图分类号: TP311

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20122705.0703

Design of LCD Tuch Screen Application Based on Nios II

DAI Jun-feng

(Faculty of Computer Engineering, Huaiyin Institute of Technology,
Huaian 223003, China, E-mail: djf0495_cn@163.com)

Abstract: In order to achieve the touch screen as the man-machine interface equipment, using SOPC technology, Nios II processor system in FGPA was built as a touch screen controller. Screen display and touch screen capabilities have been realized by writing Nios II control procedures. The designed planning structure of Display Area has become a relatively common method to the information display and touch functions of the system. It can increase code reusability and versatility, simplify the program design process of display interface, and the system performance and development efficiency was improved.

Key words: touch screen; Nios II system; planning of display area

1 引 言

Nios II 是 Altera 公司推出的第二代 IP (Intellectual Property) 软核处理器,它与其他 IP 核可构成 SOPC (System on a Programmable Chip) 系统的主要部分^[1]。SOPC 技术是美国 Altea 公司于 2000 年最早提出的,并同时推出了相应的开发软件 Quartus II 及硬件平台 FPGA (Field-Programmable Gate Array) 芯片。SOPC 技术是在 FPGA 上以 IP 核为基础、使用硬件描述语言

VHDL 为硬件编程手段、借助于以计算机为平台的 Nios II 开发工具进行开发的,具有设计灵活和软硬件在系统可编程的功能^[2]。因此使用 Nios II 作为触摸屏的控制器,同时在 FPGA 上使用 SOPC 技术还可以实现各种所需功能电路,设计灵活高效易于升级换代。本文具此针对触摸屏的应用编程进行详细介绍。

2 硬件系统构成

采用 14.5 cm (5.7in) LCD 设计的触摸屏通

收稿日期: 2012-04-28; 修订日期: 2012-06-18

基金项目: 江苏省科技计划项目 (No. BE2012112); 江苏省高校自然科学基金项目 (No. 12KJD510003); 淮安市科技支撑计划项目 (No. SN1161)

作者简介: 戴峻峰 (1975-), 男, 黑龙江黑河人, 博士, 副教授, 研究方向为自动控制与嵌入式系统。

信接口为 22 条接口线,能够满足多数品牌 LCD 触摸屏的要求^[3]。控制器使用 FPGA 芯片,在 FPGA 芯片上使用 IP 核构造一 Nios II 处理器作为控制器使用。在 FPGA 中使用软核处理器比硬核的优势在于,系统实现具有一定的设计灵活性,可以使用最新的技术和根据不同时期和外围设备的变化调整接口电路的构成^[4]。

2.1 Nios II 系统资源的构建

Nios II 系统除了由 IP 核构成的 Nios II CPU 外,还包括片上高速存储器、Avalon 总线协调器即总线桥、JTAG 调试接口以及系统数据存储器和非易失性程序存储器^[2,5-6]。Avalon 总线是交换式总线,Avalon 交换式总线在处理器、外围设备和接口电路之间实现网络连接,并提供高带宽数据路径、多路和实时处理能力。使用 SOPC Builder 工具,在系统中通过 IP 核,分别使用 Nios II Processor、On-Chip Memory (RAM or ROM)、Avalon-MM Tristate Bridge、JTAG UART、Flash Memory(CFI)和 SDRAM Controller 构建以上资源,根据外围接口的具体存储器型号选择 Flash Memory(CFI)和 SDRAM Controller 的具体参数。

2.2 LCD 触摸屏接口电路的构建

该部分电路同样适用以软核的方式在同一片 FPGA 中实现。LCD 触摸屏通信接口除了拥有 2 根电源和 2 根电位基准点即 GND 信号线以外还包括 16 根控制通信信号线^[7],主要包括 8 位数据线:D0~D7;读写控制信号线:RS, RD, WR;片选信号 2 根:CS1, CS2;复位信号线 RESET;忙状态标志信号线 BUSY;中断请求线 INT。同样运用 SOPC Builder 工具,使用双向 8 位 I/O 构建数据

线,各使用 1 位 I/O 构建其他控制信号线。如图 1。

3 系统程序控制方法

液晶触摸屏显示主要用于本地人机交互,本设计系统采集的数据和处理结果是所有屏显的信息来源。具体屏显信息是根据当前的用户请求需要和设备当前状态将相应部分信息和触摸控制按钮显示在屏幕的不同位置上。合理设计公共显示数据结构和对屏幕显示区域进行合理规划是 LCD 触摸屏应用程序设计的关键。

3.1 显示数据结构定义

显示数据结构定义应根据具体要显示的信息完成。需要显示信息有数字、英文字符串、汉字和图形等。因此显示数据可分两类,一是文本,二是图形。文本包括数字、英文字符串和汉字,图形包括图标和根据系统中数据信息自动绘制的自绘图形。文本数据使用字符数组,以字符串形式存储。文本数据可能是程序处理后的数值信息、英文或汉字提示,无论是什么格式文本一律使用字符数组存储,显示是直接使用更新显示子程序进行屏幕刷新。图形显示区域使用多维数组存储图形信息数据,使用绘图子程序将用于存储图形信息的数组内容绘制到当前屏显的直接显存中即可完成图形显示内容的本质更新。例如电力参数监测系统的显示数据结构定义如图 2。该信息是公共即全局的数据定义形式。不同屏显时的数据都来源于此,每屏都有直接显存数据与之对应。直接显存数据对应不同屏显时的各个显示区域的显示信息,而显示数据结构中定义的是所有屏显中所显示各种信息的源,其是每屏直接显存数据的数据信息惟一来源。

图 2 中的二维数组 WaveDate 存储的是 6 路电信号波形数据,以 16 位无符号数形式存储,其

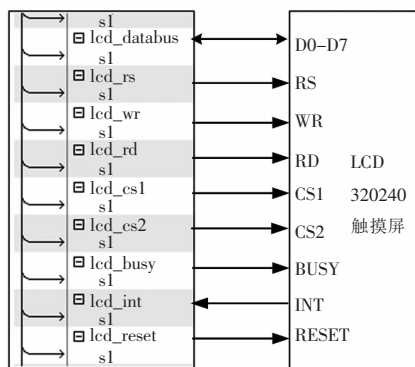


图 1 接口电路构成

Fig. 1 Interface circuits

```
extern short int WaveDate[WAVENUM][WEITH];
extern float Pha[6]; //相位
extern float Votage[3], Current[3]; //电压电流
extern float ActiveP, PowerFactor, ReActiveP, Frequency; //功率因数
extern float harmonic[50][4], interharmonic[100][4]; //谐波
extern unchar CurrentTime[3]; //时间
extern unchar CurrentDay[3]; //日期
```

图 2 显示数据结构

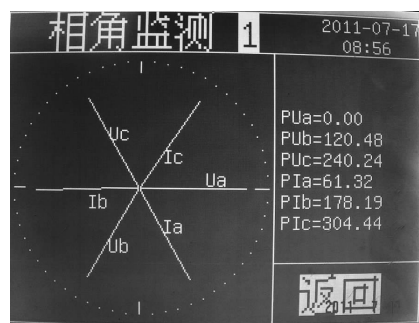
Fig. 2 Data structure of display

值为指定时间宽度的每个时间点的信号幅值,绘图函数根据该幅值在当前屏显的对应像素点的直接显存中的相应位数据进行置1操作,图形显示程序依此进行像素点点亮。一维数组 Pha 存储3个电压和3个电流信号的相位值,绘图显示时对其进行取整,变成0~359的整数角度值,再使用该角度值在屏幕指定区域的直接显存中绘制直线,同时在绘制的直线的适当位置显示相应文字用以区别其为不同信号的相位关系线,还可以根据不同信号的幅值绘制不同长度的直线,实现完整的信号相位矢量图。其他变量或数组分别存储显示界面上文本信息,如功率、功率因数、频率、谐波、简谐波和日期时间等。

3.2 显示区域规划

嵌入式系统的触摸屏信息显示与计算机屏幕显示原理相同,显示数据时需要知道屏幕尺寸信息和屏幕显示功能区域划分情况,设定各个显示功能区域的边界,根据显示功能区域的大小和边界进行内容显示。低分辨率的显示屏功能区域划分至关重要,直接影响显示的信息量的多少和显示效果的好坏。一个嵌入式显示系统应该在编写程序时设置好各个显示功能区域,规定其大小和边界信息,同时为了完成触摸屏功能还要定义好各显示功能区域的数据特性,如:数字文本输出、字符文本输出、图形输出、字符文本输入、数字文本输入和功能按钮等。具体设计实例如图3。

图3(a)是实现的电力参数监测系统相位关系显示界面,图3(b)为对应的显示区域规划。图3(b)定义的是一个结构体数组,每个数组元素存储的是一个显示功能区域的信息。每个显示功能区域信息从左向右分别包括显示数据类别,显示区域左上角坐标、宽度和高度(以像素点为单位),最后一个成员为屏显直接显存数据指针p,默认值为NULL,在屏显数据初始化时根据该元素中定义的显示宽度动态分配,存储当前屏的直接显示数据,这样修改屏显内容时只需要修改该结构体数组的定义和初始化内容即可,方法比较通用,易于实现代码重用。在每个元素中的显示数据类别分为“输出文本”、“输出图形”、“输入整数”、“输入实数”、“输入字符”和“按钮”6类,分别对应的类别标识分别为字符“o”、“g”、“i”、“d”、“c”、“b”6个。“o”以蓝底白字显示,“g”为蓝底图像显示;“i”和“d”为反白显示并接受触摸事件,触发数字



(a)

```
//相位页面: 0,标题:1, 通道号:2,向量图:3-6,6个相角:9, 返回按钮:
TUCHPANDIS item3[ITEM3NUM]=\
{
    ('o',32,0,128,32,NULL),\
    ('i',200-24,0,64,32,NULL),\
    ('o',240,0,80,16,NULL),('o',248,16,72,16,NULL),\
    ('g',8,40,192,192,NULL),\
    ('o',208,64+8,104,16,NULL),\
    ('o',208,80+8,104,16,NULL),\
    ('o',208,96+8,104,16,NULL),\
    ('o',208,112+8,104,16,NULL),\
    ('o',208,128+8,104,16,NULL),\
    ('o',208,144+8,104,16,NULL),\
    ('b',224,176+24,64,32,NULL)\
};
```

(b)

图3 屏幕显示区域规划。(a)显示效果;(b)程序规划结构。

Fig.3 Regional planning of screen displays. (a) Operating results;(b)Structure planning by programming.

软键盘,其中“d”可以使用小数点;“c”也为反白显示接受触摸事件,但触发字符软键盘;“b”为反白显示接受触摸事件,触发按钮命令对应的方法函数,实现不同的处理功能。

3.3 LCD 显示程序设计

LCD 显示程序实现是在以上两节的基础上实现的,在调用 LCD 显示程序之前,先通过数据通信接口读取待显原始数据,之后进行类型格式转换和数据分离,将分离后的待显数据存储在公共的显示数据结构中,之后调用 LCD 显示程序实现数据显示。LCD 显示程序代码如下:

```
void DisTpInterface(TUCHPANDIS * Item,unsigned char ItemNum,unsigned char CurrentPan)
```

```
{
    uint i;
    //调用 DDV 程序来交换数据
    DDV(CurrentPan,Item);
    //DDRAM1 OR DDRAM2
    OR_Two_Layer();
    //DDRAM1 与 DDRAM2 同时显示
    Show_Two_Layer();
    Access_Page1(); //存取 DDRAM1
    clear();
```

```

Access_Page2(); //存取 DDRAM2
clear();
display_biao(CurrentPan);
for(i=0;i<ItemNum;i++)
{
    if(Item[i].type=='g')
        TPDiGraph(Item+i);
    else{
        enlarge(Item[i].h/16);
        if(Item[i].type=='o')
            TPDiOutStr(Item+i);
        else
            if(Item[i].type=='r' || Item[i].type=='d' || Item[i].type=='b')
                TPDiInStr(Item+i);
    }
}

```

该 LCD 显示程序为 DisTpInterface 函数, DisTpInterface 函数包括 3 个参数,分别是 Item、ItemNum 和 CurrentPan 分别为当前屏显界面在显示区域规划时定义的对应该数组的首地址指针、当前屏显的显示区域个数和当前屏号。DisTpInterface 函数中首先调用 DDV 函数将公共的显示数据结构中的待显示数据更新到对应屏显的直接显存中。再使用 OR_Two_Laye 函数设置屏幕的两个图层的显示模式为或的关系,即只要有一个图层的像素数据是 1 即点亮。之后调用 Show_Two_Laye 向屏幕写控制指令打开两个图层按照设定的显示模式同时显示。后面 4 个函数调用是为了开始写入显示信息做准备,清除原有屏显信息。display_biao 函数实现显示功能区域边框的函数,在该函数中根据当前显示屏号和显示区域规划,绘制边框线条。之后的 for 语句循环控制完成当前屏显的各个显示区域的显示,每循环一次完成一个区域显示数据的屏幕显示。其中使用 if 语句根据显示区域规划中定义的类别值区分调用不同的子区域显示函数实现各显示区域的显示,如‘g’类别调用 TPDiGraph 函数进行图像显示,‘i’类别调用 TPDiInStr 函数进行反白数据显示等。

2.4 触摸功能控制程序设计

当系统中出现触摸屏触摸事件时,产生触摸屏中断,在中断服务程序中读取当前触摸屏触摸坐标,即 AD 转换值,调用触摸屏坐标校准程序对触摸位置进行转化,转化成 LCD 显示屏坐标^[8]。之后将触摸屏消息写入消息队列,同时在消息中

写入触摸位置坐标值。

主程序使用消息队列机制进行程序控制,其不断读消息队列,如有消息在队列中等待处理,就调用相应消息处理程序,进行消息处理。如果出现触摸屏触摸消息时,需要从消息中读取触摸位置参数,根据当前显示屏号进行热区鉴别,分别执行不同的程序完成相应处理。参考流程如图 4。

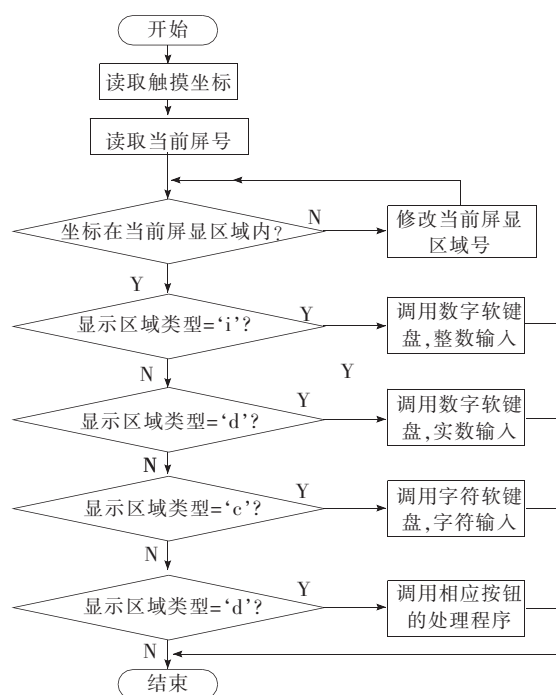


图 4 接口系统工作流程

Fig. 4 Workflow of interface system

程序进入触摸屏消息处理程序后,读取触摸坐标和当前正在显示的屏号,根据屏号分别读取其屏显区域个数,和显示规划数据结构体数组地址,之后依次和该数组中的每个显示区域相对应的数组元素中存储的坐标信息比对,如果触摸坐标在其显示区域内,则根据该显示区域类别码调用相应处理程序执行。当类别码为‘i’或‘d’时调用数字软键盘程序进行整数或实数输入,当为‘c’时调用字符软键盘程序进行字符串输入,当为‘b’时根据当前屏号调用相应按钮的方法函数,实现不同的处理功能。如切换屏显或输入数据确定保存等。

4 结 论

本触摸屏系统使用 SOPC 技术在 FPGA 上建立一 Nios II 处理器,根据触摸屏应用的需要编

写 Nios II 控制程序实现了触摸屏信息显示和触控功能。设计中针对 LCD 与触摸屏的特点设计了显示区域规划程序,为系统的信息显示和触控功能的实现提供了一种相对通用的方法,易于实现多个显示界面的应用系统开发。本系统通过实地试验证明系统结构合理、触控界面友好、实现灵活,充分满足实际需求、系统运行稳定。使用在 FPGA 中构建 Nios II 处理器为本触摸屏接口电路的主控芯片,既简化了程序设计,又提高了系统性能和开发效率,而且易于升级换代。

参 考 文 献:

[1] Yiannacouras P, Steffan J G, Rose J. Exploration and customization of FPGA-Based soft processors [J]. *Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, 2007,26(2):266-277.

[2] 周润景,图雅,张丽敏. 基于 QuartusII 的 FPGA/CPLD 数字系统设计实例 [M]. 北京:电子工业出版社,2007.

[3] 宋泽琳,郑恩让,马令坤. 基于 Nios II 处理器的液晶显示接口及驱动程序设计 [J]. *液晶与显示*, 2011,26(2): 205-209.

[4] Ormaetxea E. Matrix converter protection and computational capabilities based on a system on chip design with an FPGA [J]. *Power Electronics*, 2011,26(1):272-287.

[5] 杨秀增,孙友明. 基于 Nios II 的高精度多路温度测量系统设计 [J]. *仪表技术与传感器*,2010,(7):72-73,77.

[6] 巢一波,张曦煌. FPGA 和 Nios II 软核的语音识别系统的研究 [J]. *计算机工程与应用*, 2010,46(2):60-62,166.

[7] 王立文. 智能仪器中液晶显示器的汉字显示方法 [J]. *液晶与显示*,2011,26(6):785-788.

[8] 刘彬,韩进. 基于单片机的液晶显示触摸屏控制设计 [J]. *液晶与显示*,2010,25(2):240-244.



SI 词头

代表的因素	词 头 名 称		符 号	代表的因素	词 头 名 称		符 号
	英 文	中 文			英 文	中 文	
10 ²⁴	yotta	尧[它]	Y	10 ⁻¹	deci	分	d
10 ²¹	zetta	泽[它]	Z	10 ⁻²	centi	厘	c
10 ¹⁸	exa	艾[可萨]	E	10 ⁻³	milli	毫	m
10 ¹⁵	peta	拍[它]	P	10 ⁻⁶	micro	微	μ
10 ¹²	tera	太[拉]	T	10 ⁻⁹	nano	纳[诺]	n
10 ⁹	giga	吉[咖]	G	10 ⁻¹²	pico	皮[可]	p
10 ⁶	mega	兆	M	10 ⁻¹⁵	femto	飞[母托]	f
10 ³	kilo	千	k	10 ⁻¹⁸	atto	阿[托]	a
10 ²	hecto	百	h	10 ⁻²¹	zepto	仄[普托]	z
10 ¹	deca	十	da	10 ⁻²⁴	yocto	幺[科托]	y