

文章编号: 1007-2780(2008)06-0751-05

基于 TMS320VC5509A 的低功耗人机接口模块设计

魏春娟^{1,2}, 郑喜凤¹, 丁铁夫¹

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail: weicj1227@163.com;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘 要: 介绍了基于高速低功耗 DSP 芯片 TMS320VC5509A 的人机接口模块的设计方法。结合 SED1335 液晶显示控制器的特点, 给出了 DSP 与慢速液晶显示模块接口的硬件电路, 分析了 DSP 控制液晶显示的软件编程。对 TMS320VC5509A 低功耗控制的关键问题进行了讨论, 详细分析了 DSP、SDRAM、LCD 模块等的低功耗实现。该设计方案取得了良好的低功耗效果, 对于便携式仪表及手持设备的开发具有借鉴意义。

关 键 词: TMS320VC5509A; 液晶显示模块; SED1335; 低功耗

中图分类号: TP393; TP316.2 **文献标识码:** A

1 引 言

在现代智能仪器设备中, 能显示汉字的图形点阵液晶和可以输入信息的小键盘已成为智能设备的人机界面中必不可少的组成部分, 同时低功耗特性也贯穿于人机界面的设计始终。近年来, 随着低价格、高性能 DSP 芯片的出现, DSP 已越来越多地被应用于数字化电机控制、高速信号采集、语音处理和图像分析处理等领域中, 并且日益显示出巨大的优越性。液晶显示器以其显示直观、便于操作的特点被广泛用作各种便携式系统的显示前端。传统的液晶显示器通常采用单片机控制, 但在系统有大量高速实时数据的情况下, 单片机由于处理速度的限制就显得力不从心^[1-3]。

为解决上述问题, 本文提出一种基于高速低功耗 DSP 芯片 TMS320VC5509A 控制的人机接口模块设计, 显示部分由 3.3 V 工作电压的 320×240 点阵的图形液晶模块和 SED1335 液晶显示控制器组成。

2 TMS320VC5509A 和 SED1335 的主要特点

TMS320VC5509A (以下简称 VC5509A) 是 TI 推出的基于 TMS320C55x DSP 核的定点

DSP。C55x DSP 具有 12 组独立的总线, 内部含有双乘法器 (可达 400 MMACS), 4 个累加器 (ACC), 1 个 40 位的算术逻辑单元 (ALU) 和 1 个 40 位的桶形移位器, 大幅增强了 DSP 的运算能力。另外, C55x 工作在 0.9 V 下, 其核的功耗仅为 0.05 mW/MIPS, 并且设置了用户可控的低功耗 IDLE 域, 包括 CPU、DMA、Cache、片上外设、时钟产生器 (CLKGEN)、外部存储器接口 (EMIF)。用户可以在任意时刻对这些域进行独立控制, 使其活动或空闲。

VC5509A 主频最高达 200 MHz, 支持 3 种核电压: 1.2 V (108 MHz)、1.35 V (144 MHz) 和 1.6 V (200 MHz), 括号中的频率表示该电压支持的最高频率。当工作负荷要求低时, 可在降低频率的同时降低电压, 最大限度地节省功耗。片内集成了 128K×16 bits 的 SRAM, 并具有 EMIF, 可以与 SRAM、EEPROM、SDRAM 等无缝连接。外设中集成了 USB、ADC、IIC 等模块。VC5509A 的这些特点, 使其非常适合于构成一个全功能的便携式 DSP 应用系统^[4]。

SED1335 是日本 SEIKO EPSON 公司出品的一款功能非常强大的液晶显示控制器, 可以和微处理器直接相连, 在其内部时钟周期内, 全速响应微处理器的访问。其特点是: 有较强功能的 I/O

缓冲器;指令功能丰富;4 位数据并行发送,最大驱动能力为 640×256 点阵;图形和文本方式混合显示;具有垂直、水平和滚动功能;图形方式下具有三重屏幕显示;内含有 160 个点阵字符的字符发生器;低功耗,工作电流 5 mA,休眠电流 0.05 mA($V_{dd}=3.5\text{ V}$)^[5]。

3 DSP 与液晶显示模块的硬件接口设计

DSP 有两种访问液晶显示模块的方式:总线方式和通用 I/O 口(GPIO)方式。总线方式即采用 DSP 的数据总线直接与液晶显示模块的数据接口连接;GPIO 口方式则是通过 DSP 的 GPIO 口与液晶显示模块的数据接口相连,由程序控制接口产生相应的控制时序,实现对液晶显示模块的控制。本文采用总线方式,节约了 DSP 宝贵的 GPIO,同时使整体设计大大简化。硬件连接框图如图 1 所示。

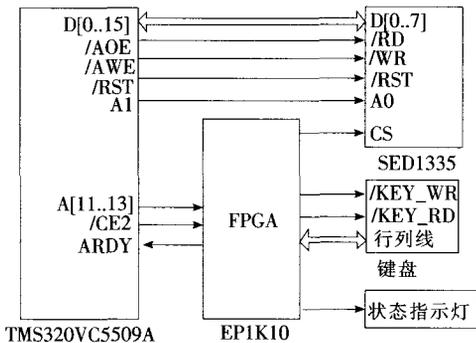


图 1 系统硬件连接框图

Fig. 1 Diagram of system hardware connection

SED1335 控制器的数据总线、读写控制信号和复位信号直接与 VC5509A 的信号线对应连接。I/O 缓冲器选择信号 A0 与 DSP 的地址线 A1 相连,该信号高电平时写指令或读数据,低电平写数据。SEL1, SEL2 信号拉低,适配 8080 系列接口。采用 FPGA 芯片 EP1K10 产生地址译码、键盘控制逻辑及状态指示等,节省了 DSP 有限的 GPIO。地址线 A[11..13]、片外存储器区域 2 的片选信号/CE2 参与译码,配合 I/O 缓冲器选择信号 A1,映射后 LCD 数据口的地址(字地址)为 0x400C00, LCD 命令口的地址为 0x400C01。键盘采用 7×8 行列式键盘,行列信号线直接连接到 FPGA 的 IO 引脚,并将列拉高。

键盘扫描采用写行状态,读列状态的方式,译码后的键盘读列控制口地址为 0x400000, 键盘写行控制口地址为 0x400400。

液晶显示器对于 DSP 来说属于较慢的 I/O 设备,因此,在读写 SED1335 时,需通过增加等待状态,加长 DSP 等待 SED1335 响应的的时间。然而 DSP 指令执行速度很快,液晶则属于慢速外设,两者直接接口速度不匹配。如果要充分发挥 DSP 的速度优势,并要准确无误地操作液晶显示,只利用软件控制不足以很好地协调接口时序,所以在二者之间设计了硬件等待电路。该电路是通过 FPGA 来实现的,通过将 DSP 的 ARDY 信号拉为低电平,从而使 DSP 处于等待状态,这时 DSP 内部数据总线上的数据保持不变。同时 VC5509A 的 EMIF 片选 2 控制寄存器里必须设置至少 4 个锁存周期。

4 软件设计

DSP 可以随时访问 SED1335 而不需要判别其当前的工作状态,SED1335 在内部时序下及时地把 DSP 发来的指令代码和参数或显示数据传递到位,或把显示数据送到系统的数据总线供 DSP 读取。DSP 访问 SED1335 时,首先将指令代码写入指令缓冲器(即写入地址 0x400C01),随后将该指令所需参数按顺序通过数据输入缓冲器(地址为 0x400C00)写入相应的功能寄存器内。SED1335 指令代码既可设置功能位,又是参数寄存器的选通码。除了 SLEEPIN、CSRDIR、CSR-RM 和 MREAD 指令外,所有的指令执行都在其参数的输入完成后进行。

4.1 液晶屏的初始化

液晶显示屏的初始化是通过向液晶控制器 SED1335 送入一系列指令代码及相应的指令参数,以完成液晶模块的参数(如液晶的行数、列数、扫描频率和光标的位置等)以及显示方式等一系列过程的初始化。初始化的作用是根据 LCD 的结构对 LCD 模块进行参数设置,特别是 SYSTEM SET 和 SCROLL 必须设置正确^[6]。SYSTEM SET 是软件初始化指令,有 8 个参数,SCROLL 是显示域设置指令,设置各显示区的起始地址及所占有的显示行数,带有 10 个参数。本设计中采用的是单屏结构的液晶屏,SYSTEM SET 指令的参数设定值为:{0x30, 0x87, 0x0f,

0x14,0x20,0xa0,0x14,0x00}, SCROLL 指令的参数设定值为: {0x00,0x00,0xa0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00}。液晶模块的初始化流程如图 2 所示。

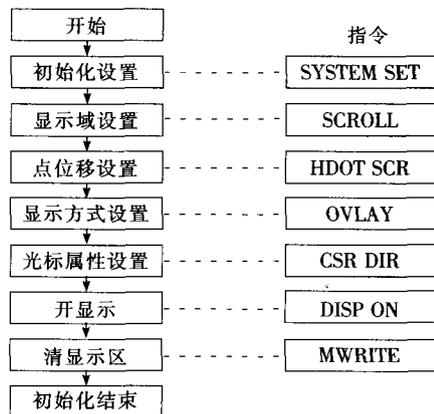


图 2 LCD 模块的初始化流程图

Fig. 2 Flow chart of LCD module initialization

4.2 液晶显示的 DSP 控制

SED1335 可显示文本、图形和字符,虽然显示特性上有些区别,但实质上是一样的,都是对 LCD 屏上特定的区域写入相关的数据,这些数据可以数组的形式存在程序中。液晶初始化完成之后,再在液晶屏上相应位置显示汉字或图像就非常容易了。以显示汉字为例:首先通过字模软件提取所要显示汉字的点阵数据,保存在 DSP 特定的数据空间;然后计算出液晶屏上要显示汉字的位置所对应的 SED1335 显示 RAM 区的地址,通过 CSRW 命令将地址写入光标地址寄存器;最后将汉字点阵数据通过 MWRITE 写入 SED1335 显示存储器 RAM,液晶屏上将会在相应位置显示所要显示的汉字。

本设计针对特殊的应用,将要显示的汉字、数字的点阵码直接固化到外部 FLASH 中。在 DSP 的 CMD 文件中,利用 SECTIONS 伪指令让链接器对显示数据的段定位两次,装载地址设为 FLASH,运行地址设为数据空间的 RAM,这样可使显示速度加快。

5 系统的低功耗设计

CMOS 电路的功耗一般可以用式 (1) 表示^[7]:

$$P = \frac{1}{2} \alpha C V_{DD}^2 f + \alpha Q_{SC} V_{DD} f + I_{leak} V_{DD} \quad (1)$$

其中 P 代表总功耗, α 为翻转活动率,即每个时钟周期逻辑门状态转换的次数, C 为节点电容, V_{DD} 为电源电压, f 为工作频率, Q_{SC} 为每次转换瞬时短路电流运载的电荷, I_{leak} 为泄漏电流。式 (1) 第一项表示由翻转活动引起对电路节点电容 C 进行充放电而产生的功耗,称为开关功耗;第二项是由 PMOS 和 NMOS 同时导通时形成的短路电流引起的功耗,称为短路功耗。前两项功耗都是在器件工作时产生的功耗,所以统称为动态功耗。第三项表示由器件未导通时的漏电流 I_{leak} 引起的功耗,称为泄漏功耗,它是电路静态功耗的主要组成部分。在活动的电路中,开关功耗占总功耗的 70%~90%,因此 CMOS 电路的功耗可近似表示为:

$$P \approx \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot C \cdot V_{DD}^2 \cdot f \quad (2)$$

由式 (2) 可以看出,降低功耗的主要途径是:①降低工作电压;②减少负载电容;③降低工作频率;④降低翻转活动率。低功耗设计的方案也是围绕这些方面进行的。

5.1 DSP 的低功耗设计

(1) 将 DSP 设置为待机模式——这是功耗优化的关键部分。可在任意时刻独立地灵活配置空闲域,包括闲置 CPU、所有外设、时钟发生器和片上振荡器。

(2) 将未使用的输入引脚上拉或下拉,确保未使用的“输出”引脚没有连接任何阻性负载。因为若输入引脚处于悬空状态,则悬空引脚的逻辑状态每一次切换时,都将产生额外的 I/O 电流消耗。

(3) 实时时钟 (RTC) 模块应该在未使用时上电。因为 RTC 是惟一能与芯片其余部分完全隔离的模块。它可以在芯片其余部分断电时被供电,反之亦然。DSP 上的其它外设和模块的闲置不会影响 RTC。如果让 RTC 引脚悬空,将增加转换次数,消耗更多能量。

(4) 将片内模数转换器 (ADC) 的时钟频率设定为尽可能最低的 4 MHz,这样最大可能的转换时钟频率为 2 MHz。这将使得 ADC 状态机的功耗降至最低。

(5) 通过设定 USBIDLECTL 寄存器的闲置使能位,使 DSP 上的 USB 模块处于闲置状态。硬件电路将 DP 和 DN 引脚悬空,PU 引脚通过

10 k Ω 电阻上拉,以保证 USB 不会复位及唤醒片上振荡器。

5.2 SDRAM 的低功耗设计

SDRAM (同步动态随机访问存储器)具有价格低廉、密度高、数据读写速度快的优点,因此本设计中采用 Micron 公司的型号为 MT48LC4M-16A2-75 的 SDRAM 作为数据存储器,其时钟频率为 133 MHz,工作电流为 115 mA,待机电流为 2 mA,功耗相对来说比较大。如果通过软件将 EMIF 或 CLKGEN 域置于空闲模式,EMIF 不执行 SDRAM 刷新命令,存储在 SDRAM 中的数据就会丢失。为解决这个问题,本文采用将 SDRAM 设置为自刷新模式的方法来降低功耗。首先选择 XF 引脚作为 SDRAM 的时钟使能信号,当所有的 SDRAM 访问结束后,等待预充电及刷新的完成,然后禁止自动刷新并开启自刷新。为进一步降低功耗,在自刷新期间禁止 SDRAM 的时钟信号^[8]

5.3 LCD 模块的低功耗设计

(1)充分利用 SED1335 的低功耗模式特性,在一定时间内没有操作时,通过 SLEEP IN 命令

将其设置为空闲状态。

(2)LCD 显示屏的背光比较消耗电能,因此为降低功耗,必须减少 LCD 背光的点亮时间。硬件电路将 DSP 的 GPIO4 连接到 LCD 背光电压变换器的使能端,控制 GPIO4 的高低电平就可接通或断开供电电源。软件实现上当系统睡眠或关闭时,切断 LCD 电源;另外只要一段时间内没有用户操作,也将 LCD 背光关闭;而当有用户按键时,中断响应程序调用背光开启函数重新打开 LCD 背光。此外,还可通过调节偏压增强或降低对比度,来减少功耗。

6 结 论

通过 TMS320VC5509A 控制 SED1335 的软硬件设计方案,实现了 LCD 人机交互,并且从 DSP、SDRAM 和 LCD 等方面采取低功耗措施,大幅降低了系统的功耗。本文所介绍的基于 SED1335 的液晶显示驱动方案及降低功耗的方法在便携式仪表及手持设备中有很高的实用价值。

参 考 文 献:

- [1] 朱志伟,周志光,刘定良,等. 设计基于 TMS320LF2407 的低功耗中文人机界面 [J]. 微计算机信息, 2006,22(3-2):163-165.
- [2] 龙燕,李剑峰,曹科峰,等. 以 FPGA 为核心的液晶显示电路设计与实现 [J]. 液晶与显示, 2006,21(3):274-278.
- [3] 高武,魏廷存,张萌,等. 手机用 TFT-LCD Source Driver 电路模块研究与设计 [J]. 液晶与显示, 2006,21(2):179-184.
- [4] Texas Instruments. TMS320VC5509A fixed-point digital signal processor (Rev. D) [R]. Texas, America:Texas Instruments Incorporated, 2007.
- [5] 李维諲,郭强. 液晶显示应用技术 [M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [6] 杨保亮,蒲琪,代祥俊,等. 基于 TMS320F2812 控制的液晶显示屏的设计和实现 [J]. 山东理工大学学报(自然科学版),2007,21(3):87-93.
- [7] Devadas S, Malik S. A survey of optimization techniques targeting low power VLSI circuits [C]//IEEE Proceedings of the 32nd ACM/IEEE Conference on Design Automation, USA: IEEE Press, 1995: 242.
- [8] Texas Instruments. TMS320VC5503/5507/5509 DSP external memory interface (EMIF) reference guide (Rev. A) [R]. Texas, America:Texas Instruments Incorporated, 2004.

Design of Low Power Consumption Man-Machine Interface Module Based on TMS320VC5509A

WEI Chun-juan^{1,2}, ZHENG Xi-feng¹, DING Tie-fu¹

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,

Changchun 130033, China, E-mail: weicj1227@163.com;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract

Design methods of man-machine interface module based on high-speed and low-power DSP TMS320VC5509A were introduced. Combined with the characteristics of SED1335 LCD display controller, hardware connection between DSP and low-speed LCD module was given, and then software programming of LCD display controlled by DSP was analyzed. Meanwhile, low power consumption was focused on during the design, and several key problems of low power were discussed. Furthermore, the realization of reducing power on DSP, SDRAM, LCD module, etc. was deeply analyzed. The results show that the methods reduce power greatly, and they could be helpful to the design of portable or handheld devices.

Key words: TMS320VC5509A; LCM; SED1335; low power

作者简介:魏春娟(1983—),女,宁夏青铜峡人,博士研究生,研究方向为低功耗设计。

规范关键词选择的决定(试行)

一、发表在中国科协系统学术期刊中所有学术论文,必须在摘要后列出不少于4个关键词。从技术角度考虑,没有关键词的论文应列入非学术论文类。

二、这些关键词按以下顺序选择:

第一个关键词列出该文主要工作或内容所属二级学科名称。学科体系采用国家技术监督局发布的《学科分类与代码》(国际 GB/T 13745-92)。

第二关键词列出该文研究得到的成果名称或文内若干个成果的总类别名称。

第三个关键词列出该文在得到上述成果或结论时采用的科学研究方法的具体名称。对于综述和评论性学术论文等,此位置分别写“综述”或“评论”等。对科学研究方法的研究论文,此处不写被研究的方法名称,而写所应用的方法名称。前者出现于第二个关键词的位置。

第四个关键词列出在前三个关键词中没有出现的,但被该文作为主要研究对象的事或物质的名称,或者在题目中出现的作者认为重要的名词。

如有需要,第五、第六个关键词等列出作者认为有利于检索和文献利用的其他关键词。

摘自:中国科协学会学术部 2002.9 通知