

基于FPGA的VGA图像控制器的设计与实现

谢磊

(郑州大学 信息工程学院, 郑州 450001)

摘要:依据VGA显示原理,利用VHDL作为设计语言,设计了一种基于现场可编程器件FPGA的VGA多图像控制器,并在硬件平台上实现设计目标。与传统的设计相比,增加了图像模式的选择,便于嵌入式系统应用扩展。使用FPGA代替VGA的专用显示芯片,可以提高数据处理速度,节约硬件成本。

关键词:现场可编程门阵列;视频图形阵列;VGA图像控制器

中图分类号: TN919.82; TN389

文献标志码: A

文章编号: 1674-3326(2009)06-0051-03

Research and Design of VGA Display System Based on FPGA

XIE Lei

(School of Information Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: By using VHDL as design language and according to the principle of VGA, a controller of VGA display system based on FPGA is designed. Compared with the traditional design, this design increases the choice of a variety of image models to facilitate expansion of embedded system applications. By implement on FPGA hardware platform, this design can speed up data processing speed.

Key words: FPGA; VGA; VGA graphics controller

0 引言

笔者研究、设计了一种基于FPGA的VGA多图像控制器,在VGA显示器上,它具有显示多种图形、图像的功能,并在硬件开发平台上实现了设计目标。该控制器能达到完全替代VGA专用芯片的目标,在大规模FPGA嵌入式系统设计中具有很好的应用前景。

在基于FPGA的大规模嵌入式系统设计中,为实现VGA的显示功能,既可以使用专用的VGA接口芯片如SPX7111A等,也可以设计和使用基于FPGA的VGA接口模块。虽然使用VGA专用芯片具有更稳定的时序功效和更多可供选择的显示模式等优点,但设计和使用FPGA实现VGA接口控制器具有以下优势:1)使用芯片更少,节省PCB板上空间,降低布局、布线难度。2)当进行高速数据传输时,具有更小的高频噪声干扰。3)系统集成度提

高,有利于小型化。4)成本降低,产品更具有价格优势。现代EDA软件发展迅速,设计容易实现、仿真方便,设计中各个环节易于量化,使得设计周期日益缩短^[1]。

1 VGA显示接口

VGA是IBM在1987年随PS/2机一起推出的一种视频传输标准,具有分辨率高、显示速率快、颜色丰富等优点,在彩色显示器领域得到了广泛的应用,绝大部分的显示设备都带有VGA显示接口。因此,对于由嵌入式芯片构成的处理系统来说,采用VGA显示输出接口具有兼容性强的优势。VGA显示接口结构简单,性能稳定,兼容性强,时序容易由微处理器实现。基于FPGA的VGA多图像控制器在嵌入式系统的图像处理中有着广泛的应用前景。

常见的彩色显示器一般由CRT(阴极射线管)

收稿日期:2009-10-09

修回日期:2009-11-11

作者简介:谢磊(1983—),男,河南郑州人。硕士生,研究方向:FPGA数字信号处理和DSP嵌入式系统。E-mail:xl-boy747@sina.com。

构成,彩色是由 RGB 三色组成。VGA 接口共有 15 条线,分为 3 组:一是 RGB 三色模拟信号输入线;二是 RGB 三色地线,接地处理;三是时序信号线,分别是行同步线(Horizon Synchronizing, HS)和场同步线(Vertical Synchronizing, VS),这 2 条线控制了 VGA 的显示时序^[2]。显示器采用逐行扫描的方式进行扫描,阴极射线枪发出的电子束打在涂有荧光粉的荧光屏上,产生 RGB 三基色,最后合成一个彩色图像。VGA 显示可以大致分成行扫描和场扫描。从屏幕的左上方开始扫描,从左至右,从上至下。每扫完一行,电子束回到屏幕的左边开始扫描下一行,直到扫描完整幅图像,回到屏幕左上方。每行结束时,用行同步信号进行行同步,扫描完所有行后,用场同步信号进行场同步。在扫描的过程中,CRT 对电子束进行消隐控制,在消隐过程中不发送电子束。在每行结束后,电子枪回扫的过程中进行行消隐;在每场结束后,电子枪回到起始位置的过程中进行场消隐,整个屏幕变黑,光栅在这段时间内重新回到屏幕的左上角,开始下一帧图像的扫描^[3]。

2 系统设计原理图

笔者在 Altera 公司的 Quartus II 集成环境下进行系统设计,仿真后,在 stratix2f60 开发板上进行了硬件调试,实验效果良好。设计的 VGA 多图像控制器由时序信号模块、RGB 信号发生模块、时钟模块、图像存储模块、用户选择模块构成。在 FPGA 上引出行同步信号、场同步信号、RGB 颜色信号至 VGA 数模转换芯片 FMS3818,再由 FMS3818 芯片驱动 VGA 接口,实现图像的显示。

3 FPGA 实现过程

采用自顶向下的设计方式,先整体规划系统框图,明确各模块作用,然后,使用合适的设计手段设计各子模块。各子模块分别进行设计、仿真、硬件安装并调试,最后集成整个系统,各模块协同工作,共同调试。

以下介绍各主要模块的原理和实现过程。

3.1 时钟及 VGA 同步信号模块

该模块主要作用是把系统时钟分配到各个模块以及产生合适的 VGA 同步信号,重点是使后者产生的行同步信号和场同步信号满足设计要求。

3.2 基于 LPM_ROM 的片上存储模式

将需要显示的图形和图像信号发送到 VGA 接口的方法主要有 2 种:第一种是在对像素进行行计数、场计数时,就把像素信息直接赋值给颜色信号 RGB,这种方法虽然简单,但是不便于控制,需要判定图形、图像显示像素——对应的位置,不易修改且

容易出错,所以,笔者采用第 2 种方法。第 2 种方法使用 FPGA 内部的存储资源来存储显示内容的信息,然后,由程序提取显示内容作为显示信号发送到 VGA 接口,以实现图形、图像的显示,这样就消除了第一种方法易出错又不易修改的缺陷^[4]。

在 FPGA 内部可以设计 ROM 模块,其接口形式、地址信号和读写方式与真实的 ROM 芯片相似,而且具有大小配置灵活和节省硬件资源的特点。本项目就采用片上 LPM_ROM 来存储图像信息。

3.3 彩条图形生成模式

作为测试模式,该模式可以测试所连接的显示器以及整个 VGA 显示系统是否正常工作。

在彩条生成模块中产生横彩条和竖彩条,横彩条通过场计数器 vcnt 计数进行控制,以显示相应的颜色。设计产生 16 个彩条,将 480 行的像素 16 等份,用 vcnt 来控制计数区域,不同的区域赋予不同的颜色值。竖彩条的显示原理与横彩条相似,只是使用行计数器 hcnt 来进行计数,把每行的 640 个像素 16 等份。实验已经收到了预期的效果,还可以进一步显示棋盘格、颜色循环的彩条以及其他几何形状。经试验证明,彩条图形显示效果良好。

3.4 汉字显示模式

笔者使用的开发工具是 Quartus II,其中集成了 IP 核生成软件。使用 IP 核能避免重复设计,可以提高工作效率。这些 IP 核是根据 Altera 的 FPGA 器件特点和结构而设计的,直接使用 AlteraFPGA 底层硬件语言设计。

选择了单端口的 ROM 来存储汉字图像信息,为每个汉字定制了 1 个 LPM_ROM,每个 LPM_ROM 的数据宽度是 8 位(RGB 颜色信号需要 8 位数据);显示的汉字是 16×16 点阵,所以 LPM_ROM 的数据深度是 256 个字。

在定制 LPM_ROM 时,需载入事先做好的像素信息(即汉字的点阵信息),这些信息是保存在 LPM_ROM 初始化文件 MIF 中的。16×16 点阵汉字的 MIF 文件可以先由字模软件产生相应像素的字模(即判断各点位的有无),再把字模信息导入 MIF 文件中。在生成 LPM_ROM 时,指定其对应的 MIF 文件名称即可。由于 LPM_ROM 存储地址是 1 维连续的(0 到 255),而要显示的汉字字模是 16×16 点阵,所以,要把这 256 个连续的 1 维地址变换为 2 维的。可以使用低 4 位的 hcnt 对点阵的列计数(即每行的第几个像素),低 4 位的 vcnt 对点阵的行计数共 8 位作为 LPM_ROM 的地址信号。如果要实现汉字的旋转功效,可以置换 hcnt 和 vcnt 的组合

顺序。经试验证明,汉字显示效果良好。

3.5 彩色图像显示模式

大部分彩色图像基于 RGB 颜色模型,所以,用 VGA 控制器驱动显示器,显示彩色图像通用性很强。彩色图像像素的存储方式与汉字类似,都是使用 FPGA 片上 LPM_ROM 模块进行存储的。不同的是,单色汉字只需 1 种颜色信息,用一个 LPM_ROM 即可;但彩色图像有 RGB 3 种颜色信息,故每个像素需要 3 个 LPM_ROM。笔者使用 Matlab 对彩色图像进行尺寸大小计算,并生成 RGB3 个颜色分量,最后把各颜色分量生成 MIF 文件,用于初始化对应的 LPM_ROM。

LPM_ROM 地址信号的控制与汉字显示模块类似,亦可以通过可以置换 hcnt 和 vcnt 的组合顺序,实现图像的旋转或者镜像。

4 试验硬件平台简介

4.1 试验环境

1)使用 Stratix II60FC4 芯片。2)开发语言。硬件描述语言 VHDL;硬件平台:Altera 公司的 Stratix II DSP Development 开发板^[5-6]。

4.2 VGA 同步信号的仿真

开发板提供的外部时钟是 100 MHz,VGA 显示需要的是 25.175 MHz,所以,在设计时首先要对时钟信号进行 4 分频,得到 25 MHz 的时钟频率,这个频率与 25.175MHz 相近,每 800 个时钟周期一行,每 525 行为一场。

5 结束语

基于 FPGA 的嵌入式 VGA 显示系统可以在不使用 VGA 显示卡和计算机的情况下实现 VGA 图像的显示和控制。试验结果表明:用 FPGA 来控制 VGA,充分发挥 FPGA 可重构的优势,消除了以往通用处理器体系结构不易修改、体积较大等缺陷。

试验中采用了 ALTERA 公司的 Stratix II DSP Development Board 开发板布置、安装硬件。通过使用 FPGA 片上存储资源存储图像信息,实现了基于 FPGA 的多模式图像显示,便于图像信息的写入以及显示内容的更新和修改,可以使图像的显示脱离 PC 机控制,减小了控制器的体积,对嵌入式系统的实现具有工程价值和现实意义。

参考文献:

- [1] 陈志生,陈景贤.基于 FPGA 的多分辨率 VGA 图像控制器设计[J].现代电子技术,2008,31(13):187-189.
- [2] 王恒心,熊庆国.基于 FPGA/CPLD 的嵌入式 VGA 显示系统[J].微计算机信息,2008,24(9):146-148.
- [3] 潘松,黄继业.EDA 技术与 VHDL[M].2 版.北京:清华大学出版社,2007:303-307.
- [4] 王亮,李正.VGA 汉字显示的 FPGA 设计与实现[J].计算机工程与设计,2009(2):275-277.
- [5] 朱文伟,许忠仁.基于 FPGA 的 VGA 图像控制器的设计与实现[J].贵州大学学报:自然科学版,2009,30(2):109-111.
- [6] Altera 公司. Stratix II DSP Development Board Reference Manual[Z]. Altera 公司,2006.

【责任编辑 邢怀民】

基于FPGA的VGA图像控制器的设计与实现

作者: [谢磊](#)
作者单位: [郑州大学, 信息工程学院, 郑州, 450001](#)
刊名: [新乡学院学报\(自然科学报\)](#)
英文刊名: [JOURNAL OF XINXIANG UNIVERSITY \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2009, 26(6)
被引用次数: 0次

参考文献(6条)

1. 陈志生, 陈景贤. 基于FPGA的多分辨率VGA图像控制器设计[J]. 现代电子技术, 2008, 31(13): 187-189.
2. 王恒心, 熊庆国. 基于FPGA/CPLD的嵌入式VGA显示系统[J]. 微计算机信息. 2008, 24(9): 146-148.
3. 潘松, 黄继业. EDA技术与VHDL[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社, 2007: 303-307.
4. 王亮, 李正. VGA汉字显示的FPGA设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2009(2): 275-277.
5. 朱文伟, 许忠仁, 基于FPGA的VGA图像控制器的设计与实现[J]. 贵州大学学报: 自然科学版, 2009, 30(2): 109-111.
6. Altera公司. Stratix II DSP Development Board Reference Manual[Z]. Altera公司, 2006.

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [董兵](#), [朱齐丹](#), [文睿](#), [DONG Bing](#), [ZHU Qi-dan](#), [WEN Rui](#) [基于FPGA的VGA图像控制器的设计与实现 - 应用科技](#)2006, 33(10)

VGA(视频图形阵列)是一种标准的显示接口, 伴随着嵌入式系统的迅速发展, 尤其是高速图像处理的发展, 对可以将实时图像处理进行显示有了更多的需求. 这里依据VGA接口原理采用了Verilog HDL语言对Altera的Cyclone系列FPGA(现场可编程门阵列)进行了设计, 并验证了结果. 通过采用FPGA设计VGA接口可以将要显示的数据直接送到显示器, 节省了计算机的处理过程, 加快了数据的处理速度, 节约了硬件成本.

2. 期刊论文 [石文静](#), [任恩恩](#), [于超](#), [Shi Wenjing](#), [Ren Enen](#), [Yu Chao](#) [信号采集及频谱显示方案的研究与实现 - 光通信研究](#)2008, ""(6)

文章讨论了在嵌入式领域实现信号采集及频谱显示的两个常用方案: 数字信号处理器(DSP)方案和现场可编程门阵列(FPGA)方案. 综合分析了这两种方案的优缺点. 详细介绍了具体的FPGA实现方法. 系统采用模块化设计. 所有的功能模块都用Verilog HDL语言描述, 具有自主知识产权. 仿真综合结果表明, 系统能满足高速信号采集和频谱显示的要求.

3. 期刊论文 [于超](#), [陈光武](#), [石文静](#), [YU Chao](#), [CHEN Guang-wu](#), [SHI Wen-jing](#) [基于FPGA的信号采集及其频谱显示 - 液晶与显示](#)2008, 23(4)

介绍了一种基于FPGA信号的采集及其频谱的分析和显示方法. FPGA集成了A/D控制驱动模块、FFT运算模块和VGA控制驱动模块. 本设计的所有功能模块及子模块都使用Verilog HDL语言描述, 具有自主知识产权.

4. 期刊论文 [陈志生](#), [陈景贤](#), [CHEN Zhisheng](#), [CHEN Jingxian](#) [基于FPGA的多分辨率VGA图像控制器设计 - 现代电子技术](#)2008, 31(13)

首先介绍了多分辨率VGA图像控制器的显示原理, 然后结合FPGA的特点, 分别从硬件电路、时序信号产生和软件实现三个方面对VGA图像控制器的设计进行了介绍. 其中, 硬件电路使用Cyclone II EP2C35和adv7123组合, 软件使用VHDL语言编写. 最后给出了该控制器在Quartus II中的仿真结果并指出了该设计的可行性及优越性.

5. 期刊论文 [吴蓬勃](#), [张启民](#), [王朝阳](#), [牛斗](#), [WU Ppeng-bo](#), [ZHANG Qi-min](#), [WANG Zhao-yang](#), [NIU Dou](#) [基于FPGA的VGA图像控制器设计 - 东北电力大学学报\(自然科学版\)](#)2006, 26(4)

首先介绍了VGA图像控制器的硬件电路, 然后分别从时序信号产生、图片数据的存储和图像显示三个方面对VGA图像控制器的软件部分进行了介绍, 最后给出了该控制器在ModelSim中的仿真结果并指出了该设计的可行性及优越性.

6. 会议论文 [刘挺](#), [曹庆华](#) [基于FPGA的PS/2鼠标接口的实现](#) 2006

详细介绍了PS/2鼠标接口的工作原理, 并提出了一种PS/2鼠标接口的VHDL实现方案, 配合VGA显示器对该方案进行了验证. 本方案具有很强的通用性, 对基于FPGA的嵌入式系统中应用PS/2鼠标具有参考价值.

7. 期刊论文 [郑美芳](#), [高晓蓉](#), [王黎](#), [王泽勇](#), [赵全轲](#), [ZHENG Meifang](#), [GAO Xiaorong](#), [WANG Li](#), [WANG Zeyong](#), [ZHAO Quanke](#) [基于FPGA的VGA时序彩条信号实现 - 现代电子技术](#)2009, 32(14)

视频图形阵列(VGA)作为一种标准的显示接口已得到广泛应用. 依据VGA的显示原理, "抛弃"VGA的显示专用芯片, 采用现场可编程门阵列(FPGA)产生VGA时序信号和彩条图像信号, 并在Altera公司的Quartus II软件环境下完成VGA时序彩条信号模块的仿真. 最后下载到FPGA开发板中进行硬件验证, 并在CRT显示器上得到正确的条纹图像. 利用该原理, 可以设计更多的彩色图像, 且可以对采集图像进行实时显示.

8. 期刊论文 [孙爱良](#), [郭海丽](#), [SUN Ai-liang](#), [GUO Hai-li](#) [基于Nios II的VGA图像控制器的研究与设计 - 自动化与仪器仪表](#)2009, ""(2)

VGA(视频图形阵列)作为一种标准的显示接口得到了广泛的应用. 随着嵌入式系统的迅速发展, 尤其是高速图像处理的发展, 对实时图像处理进行显示有了更多的需要. 本文依据VGA显示原理, "抛弃"VGA显示专用芯片, 采用SOPC(可编程片上系统)技术, 将Nios II 32位处理器软核嵌入到FPGA(现场可编程门阵列)中, 通过编写DMA控制模块和VGA显示控制模块, 设计TVGA图像显示控制器. 此方法构建的VGA显示系统体积小、功耗低、可靠性强.

9. 期刊论文 [蒋艳红. Jiang Yanhong](#) [基于FPGA的VGA图象信号发生器设计](#) -[电子测量技术](#)2008, 31 (3)

为了方便地获得可视化的标准图形信号, 针对VGA(视频图形阵列)接口显示器的检测要求, 设计了一种基于FPGA(现场可编程门阵列)的VGA图像信号发生器. 阐述了采用FPGA产生图像信号的设计原理, 通过FPGA+MCU(微程序控制器)组合, 利用FPGA产生时序信号及图形信息存储、MCU完成功能控制与显示驱动, 实现了图象数据处理的实时性和稳定性. 具有电路简单, 实用性好的特点. 可以广泛用于视频和计算机的显示技术领域.

10. 期刊论文 [刘威. 石彦杰. 高博. LIU Wei. SHI Yanjie. Gao Bo](#) [基于FPGA的VGA显示模式和像素频率的识别](#) -[电子工程师](#)2008, 34 (1)

描述了一种基于FPGA(现场可编程门阵列)识别VGA(视频图形阵列)显示模式和像素频率值的方案. 主要基于频率计的设计方法实现, 并通过硬件电路的验证. 利用Verilog HDL语言和FPGA的灵活性, 应用FPGA设计嵌入式系统视频采集卡, 提高了数据处理速度, 节省了硬件成本.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xxyxb-zkb200906021.aspx

授权使用: 陕西理工学院(sxlgxy), 授权号: 3831bc6c-6776-40d3-b8d8-9df2010bca09

下载时间: 2010年9月15日