

基于 GPU FPGA 芯片原型的 VxWorks 下驱动软件开发

马城城,田 泽,黎小玉

(中国航空计算技术研究所,陕西 西安 710119)

摘 要:为满足日益复杂的应用需求、减轻 CPU 日益繁重的图形处理任务,促使图形处理器 GPU 产生、应用和不断发展。驱动软件作为 GPU 的重要组成部分,与 GPU 硬件的契合程度直接影响整个图形系统性能的发挥,出于各种原因高端 GPU 配套的图形驱动软件对外不公开或价格昂贵,对图形应用系统的开发带来不便。文中基于自研 GPU 芯片 FPGA 原型图形系统,讲述了 VxWorks 下 GPU 驱动软件的设计与实现,该驱动软件为用户提供 3D 处理和 2D 处理接口。其中 3D 处理实现完整的 OpenGL1.3 基本库及 GLU、GLUT 辅助库;2D 处理使用 VxWorks 操作系统的 WindML 组件实现。较好实现了图形处理软件与硬件的配合,对自主 GPU 芯片应用开发意义重大。

关键词:VxWorks;图形处理器;OpenGL;WindML

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)07-0084-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.07.021

Development of Driver Software for GPU Based on FPGA in VxWorks

MA Cheng-cheng, TIAN Ze, LI Xiao-yu

(China Aeronautical Computing Technique Research Institute, Xi'an 710119, China)

Abstract: In order to meet the complicated application demand and reduce the increasingly graphic task on CPU, the Graphic Process Unit (GPU) has developed continually. The driver is an important part of GPU that affects the performance of whole system by cooperating with GPU hardware. It's difficult to create graphic applications on GPU because the driver is not opened for many reasons. It introduces the design and implementation of self-design GPU driver based on VxWorks. The driver offers 3D operation and 2D operation. The 3D operation achieves OpenGL1.3 kernel library, GLU library and GLUT library. 2D operation is realized by WindML in VxWorks. The driver does well in the cooperation between graphic hardware and graphic software. It provides a useful reference for application on GPU chip.

Key words: VxWorks; GPU; OpenGL; WindML

0 引 言

单一 CPU 很难满足复杂三维图形的绘制需求,基于专用的图形处理器来提高系统图形的绘制性能,可以减轻 CPU 负担,整体提升系统的性能^[1]。在这种趋势下,研究和设计适合嵌入式系统使用的图形处理器具有重要意义。图形处理器驱动软件是图形处理器的重要组成部分,是图形处理器性能发挥的关键,研究和设计图形处理器驱动软件对图形处理器的研究设计有重要意义。

在 GPU 芯片开发过程中,开发基于 FPGA 芯片原型的驱动程序,在芯片原型阶段充分验证芯片功能,并尽早实现驱动软件的开发,为加速芯片应用推广打下基础。

文中将介绍基于自主研制的 GPU 芯片 FPGA 原型图形系统,以 VxWorks 为软件平台的 GPU 驱动软件的设计与实现。对 GPU 驱动软件的开发具有一定借鉴意义。

收稿日期:2012-11-01

修回日期:2013-02-23

网络出版时间:2013-04-18

基金项目:总装预研基金(9140A08010712HK6101)

作者简介:马城城(1988-),男,陕西铜川人,硕士研究生,研究方向为 SoC 设计与验证;田 泽,博士,研究员,中国航空工业集团首席技术专家,研究方向为 SoC 设计、嵌入式系统设计与 VLSI 设计等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130418.1702.007.html>

1 基于自主研制的 GPU 芯片 FPGA 原型图形系统概述

随着应用需求的不断发展,人们对于高质量的图形处理需求在不断增加,专门用于图形处理的 GPU,是为了减轻 CPU 日益繁重的图形处理任务,使得 CPU 更能专注于通用控制^[2]。GPU 每一次突破性发展,实质上都是将一部分原本属于 CPU 的处理功能从 CPU 剥离出去,在自己身上重新实现并且对处理性能予以进一步的优化提高。经过多年发展,图形处理系统形成如今 CPU+GPU 的处理结构。

基于自主研制 GPU 芯片 FPGA 原型的图形处理系统采用目前流行的 CPU+GPU 结构,其中自研 GPU 芯片 FPGA 原型实现完整的 OpenGL1.3 基本库,CPU 采用 Motorola MPC8245 处理器。在图形应用程序的处理过程中,CPU 负责将要执行的图形应用程序翻译成 GPU 可处理的渲染序列,通过 PCI 总线传递给 GPU。如图 1 所示,GPU 接收到 CPU 传来的渲染序列,通过命令处理器将渲染序列分为 2D 和 3D 处理命令,然后分别经过 2D 处理器或者 3D 处理器处理,显示输出处理结果。

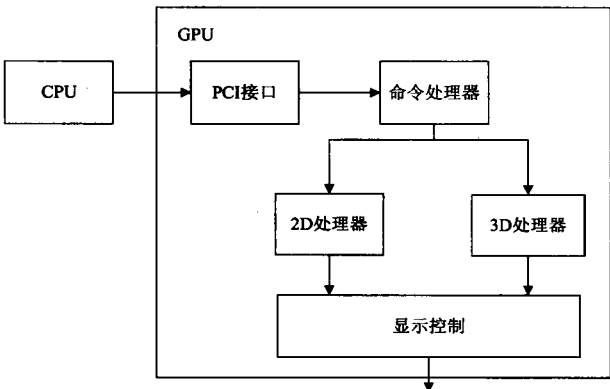


图 1 自研图形处理器系统

2 VxWorks 及图形驱动开发概述

VxWorks 是美国 WindRiver 公司开发的一款高性能、可裁减的嵌入式实时操作系统^[3]。它以良好的可靠性和卓越的实时性被广泛地应用于通信、航空、航天等高精尖技术及实时性要求极高的领域中,如卫星通信、飞机导航等。

Wind 媒体库 (WindML—Wind Media library) 是嵌入式实时操作系统 VxWorks 提供的一个可裁减的多媒体组件^[4],该组件库支持基于嵌入式系统的多媒体应用程序。它定义了图形驱动、视频驱动、字体驱动、输入驱动和音频驱动^[5],为各种嵌入式系统提供基本的图形、视频和音频技术,并可以开发基于这些系统的设备驱动。它提供一套与硬件无关的逻辑 API 给应用层调用,而给底层提供不同硬件构架的驱动,使程序具

有很好的移植性和可扩展性。它由两部分组成:软件开发工具包 (SDK) 和驱动开发工具包 (DDK)^[6],如图 2 所示。

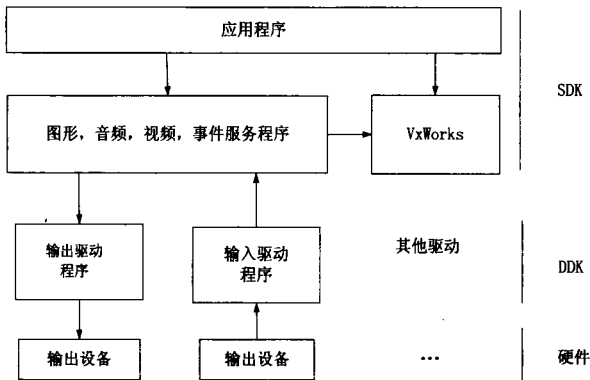


图 2 WindML 架构

SDK 组件用于开发应用程序。它为图形、输入处理、多媒体、字体和内存管理提供了一个广泛的 API^[7],允许开发者为不同硬件平台编写硬件独立的可移植代码。DDK 组件是可扩展的、自定义的,适用于实现驱动程序。它为通用硬件配置提供一系列完整的参考驱动程序。

3 基于自主研制的 GPU 芯片 FPGA 原型的 VxWorks 下驱动软件开发

图形处理器驱动软件是为隐藏图形设备的底层实现^[8],给应用层软件提供标准图形接口的中间软件。如图 3 所示,它由三层组成:硬件驱动层,操作系统层,用户接口层^[9]。其中用户接口层包含窗口系统,2D 处理,3D 处理。

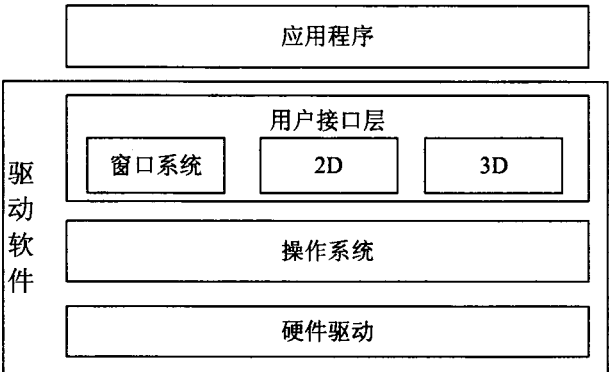


图 3 图形处理器驱动软件的架构

用户接口层为不同图形处理提供所需的接口,窗口系统是在屏幕某限定区域管理程序输入和输出的一组工具,主要负责管理窗口、事件、文本的输入、文本和图形的输出以及各种对象属性,使用用户生成的事件来调度。2D 处理,3D 处理负责处理来自用户的不同图形处理请求。

操作系统层负责管理存储空间,任务调度和 I/O 设备,并且使用调度算法和 I/O 封锁来调度,为上层应

用提供必须的软件环境。

硬件驱动层负责直接操作硬件,隐藏硬件的具体实现,为上层用户提供操作硬件的接口。

本驱动软件硬件驱动层实现 PCI 驱动、WindML DDK 定义的硬件操作接口等;操作系统层使用 Vx-Works 及 WindML 组件;用户接口层的窗口系统和 2D 处理通过封装 WindML SDK 接口实现;3D 处理实现 OpenGL1.3 基本库, GLU(实用库)及 GLUT(工具库)。

其中 3D 处理实现的 OpenGL(Open Graphics Library)是 SGI 公司开发的一套计算机图形处理系统,是图形硬件的软件接口。其独立于硬件设备、窗口系统和操作系统,用于三维图像(二维亦可)绘制。OpenGL 不是一种编程语言,而是一种应用程序编程接口 API^[10]。其库函数包含:OpenGL 基本库(GL)、OpenGL 实用库(GLU)、OpenGL 工具库(GLUT)等。

图形应用程序通过本驱动软件处理时,首先根据调用接口功能的不同转入 2D 处理或 3D 处理,其中 2D 处理和窗口系统通过实现 WindML DDK 层接口实现硬件加速^[11];3D 处理首先转化为 OpenGL 基本库,然后翻译为图形处理器可识别的操作指令,通过 PCI 总线传给硬件完成处理。图 4 所示为自研图形处理器驱动软件的模块设计。

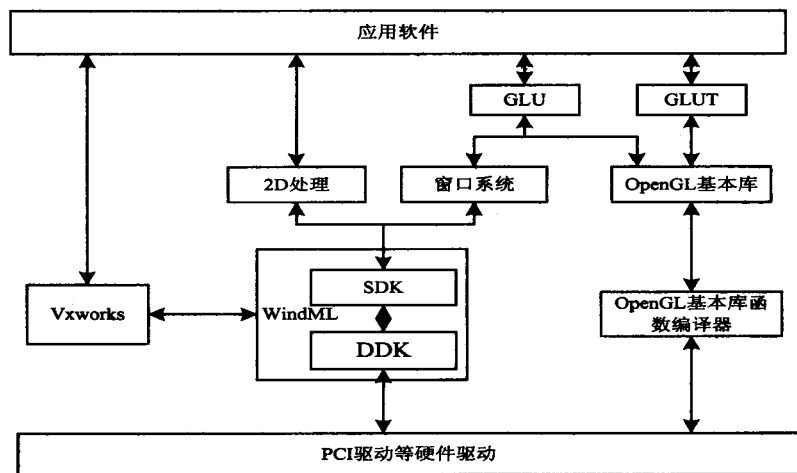


图 4 图形处理器驱动软件的设计

PCI 驱动程序实现链接 CPU 和 GPU 的 PCI 总线的初始化,为图形处理命令的传输,寄存器操作等硬件操作提供通道。

OpenGL 基本库函数编译器负责将 OpenGL 基本库函数编译成 GPU 可识别的操作命令序列。

WindML 的 SDK 层向上层应用提供窗口系统接口和 2D 处理接口,DDK 层实现 GPU 硬件的管理和控制。

GLU、GLUT 是将 OpenGL 基本库结合窗口系统封装成 OpenGL 实用库和 OpenGL 工具库。

下面主要针对图形处理器驱动软件实现的难点和

关键部分进行分析介绍。

OpenGL 基本库函数编译器是将 OpenGL 基本库函数编译成图形处理硬件能够运行的操作指令,该部分需对操作指令格式理解的基础上,对所有 OpenGL1.3 基本库函数进行编译。

自研图形系统操作指令格式如图 5 所示包含命令码,控制字和四个数据字。

| 命令码 | 控制字 | 数据1 | 数据2 | 数据3 | 数据4 |
|-------|-------|----------|---------|---------|--------|
| [0:9] | [0:9] | [96:127] | [64:95] | [32:63] | [0:31] |

图 5 自研图形系统操作指令格式

命令码段用来识别不同的 OpenGL 基本库接口,控制字段用来指定数据的组织和存储格式,数据段用来按控制字段指定的格式存储命令要使用的参数。

如 glColor3f(R,G,B)的命令编码如图 6 所示:

| 命令码 | 控制字 | 数据1 | 数据2 | 数据3 | 数据4 |
|------------|------------|----------|---------|---------|--------|
| [0:9] | [0:9] | [96:127] | [64:95] | [32:63] | [0:31] |
| 0001000000 | 0000000011 | R | G | B | |

图 6 glColor3f 编码格式

其中命令码用来指定 glColor3 函数,控制字定义如下:

ctrl[2:0]表示数据类型:

3'b000,byte 3'b001,short

3'b010,int 3'b011,float3'b100,

double 3'b101,unsigned byte

3'b110,unsigned short 3'b111,unsigned int

数据段如图所示,R、G、B 参数分别存在数据 1、数据 2、数据 3 中。类似对所有 OpenGL1.3 基本库接口进行编译。

WindML 的移植是该软件实现的关键部分也是难点,该部分需要实现图形显示设备的创建函数,显示模式的选择,显示控制的初始化以及 2D 操作的硬件加速。硬件加速部分根据自身硬件情况选择实现 ugl_ugi_driver 结构体中所定义的接口^[12]。

```
typedef struct ugl_ugi_driver
```

```
{
```

```
/* Data Members */
```

```
UGL_MODE *pMode; /* display mode */
```

```
UGL_PAGE *pPageZero; /* First Page */
```

```
void *extension; /* optional driver extensions */
```

```
/* General */
```

(下转第 91 页)

(87.5%)高于没有进行RBF数据预处理的粗糙集挖掘预测精度(81.25%)。分析所得结果,由于RBF神经网络的预处理,使得传递给粗糙集进行挖掘的数据更加精确。通过这种方法可以大大降低数据中一些不可靠的数据对于数据挖掘的影响,使得挖掘的效果更加显著。尤其是在大型数据挖掘项目上,优化后的数据在降低错误率、提高精度方面有着积极的作用。

当然,随着对RBF神经网络与粗糙集的研究的深入,可以通过优化RBF神经网络的算法及粗糙集数据挖掘的算法提高RBF神经网络与粗糙集在数据挖掘中的准确性。

5 结束语

文中融合RBF神经网络与粗糙集理论等数据挖掘技术,利用RBF训练速度快,泛化能力强的优点,提出一种新的先由RBF神经网络优化数据,再传递给粗糙集进行数据挖掘的新技术。通过对比未经过RBF神经网络处理的数据挖掘结果,反应出RBF神经网络与粗糙集理论结合的算法的良好效果。

参考文献:

- [1] Chen M S, Han J, Yu P S. Data mining: an overview from a

database perspective[J]. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering, 1996, 8(6): 866-883.

- [2] 何炎祥,陈萃萌. Agent 和多 Agent 系统的设计与应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2001.
- [3] 李映颖,朱立贵,张德全,等. 基于BP和RBF神经网络对试飞数据预处理比较研究[J]. 计量与测试技术,2009,36(2):1-2.
- [4] 唐昌盛,曲建岭. 基于RBF神经网络的飞参数据预处理[J]. 计测技术,2007,27(5):11-16.
- [5] 汪小燕,杨思春. 一种基于分辨矩阵的新的属性约简算法[J]. 计算机技术与发展,2008,18(2):77-79.
- [6] 陈贞. 基于属性权重的区分举证启发式约简算法[J]. 莆田学院学报,2007,14(5):15-18.
- [7] Pawlak Z. Rough sets[J]. International Journal of Computer and Information Science, 1982, 11(5): 341-356.
- [8] Pawlak Z. Rough sets: theoretical aspects of reasoning about data[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1991: 72-80.
- [9] 王国胤,于洪,杨大春. 基于条件信息熵的决策表约简[J]. 计算机学报,2002,25(7):759-766.
- [10] 丁宝桢,桑琳,朱全英,等. 基于信息熵的粗糙集属性约简及其应用[J]. 计算机工程与应用,2007,43(3):245-248.
- [11] 王国胤. Rough 集理论与知识获取[M]. 西安:西安交通大学出版社,2001:93-116.

(上接第86页)

```
UGL_STATUS (* info) (struct ugl_ugi_driver * pDriver,  
    UGL_INFO_REQ infoRequest, void * info);  
UGL_STATUS (* destroy) (struct ugl_ugi_driver * pDriver);  
.....  
| UGL_UGI_DRIVER;
```

4 结束语

文中介绍了自主研制的基于FPGA的GPU芯片原型的驱动软件的设计实现,其主要的难点在于WindML的移植和使用,需要对WindML SDK层和DDK层接口进行分析结合已有驱动开发, GLUT和GLU的封装实现需透彻理解其接口的定义,结合对mesa3D源码的分析实现。目前3D处理仅支持OpenGL 1.3接口,使用WindML提供的简单窗口系统,下一步可在已有的接口之上封装实现更高版本的OpenGL接口以及移植功能更加强大的窗口系统,以满足更多的应用需求。

参考文献:

- [1] 饶志恒. 图形处理器管线的研究与实现[D]. 长沙:湖南大学,2010.

- [2] 阙恒. 嵌入式图形处理器设计[D]. 南京:南京航空航天大学,2007.
- [3] 周启平,张扬,吴琼. Vxworks开发指南与Tornado使用手册[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [4] 董英英,王启峰. 基于S3C2440的WindML图形驱动设计[J]. 现代电子技术,2010(16):69-71.
- [5] WindML DDK Programmer's Guide, 3.0[M]. America: Wind River Systems Inc., 2002.
- [6] 李海亮,石鹏程. Vxworks的WindML图形界面程序的框架分析[J]. 工业控制计算机,2007,20(1):46-49.
- [7] WindML SDK Programmer's Guide, 3.0[M]. America: Wind River Systems Inc., 2002.
- [8] 赵俊,张克环,李仁发. 嵌入式通用图形加速芯片的研究与设计[J]. 计算机工程与应用,2008,44(26):74-76.
- [9] Gamma E, Helm R, Johnson R, et al. Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software[M]. USA: Pearson Education, 1995.
- [10] 杨国东. 嵌入式图形处理器设计与实现[D]. 济南:山东大学,2010.
- [11] 张继伟. 基于WindML环境下的显卡驱动设计[J]. 现代电子技术,2010(14):78-80.
- [12] 姚宇峰,邓志杰,陈光武,等. Vxworks图形驱动研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2007(7):26-28.

基于GPU FPGA芯片原型的VxWorks下驱动软件开发

作者：[马城城](#)，[田泽](#)，[黎小玉](#)，[MA Cheng-cheng](#)，[TIAN Ze](#)，[LI Xiao-yu](#)
作者单位：[中国航空计算技术研究所, 陕西西安, 710119](#)
刊名：[计算机技术与发展](#) 
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2013, 23(7)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201307021.aspx