

# 基于 SOPC 的多模式显示接口设计与实现

郭亮,田泽,刘娟,颜哲

(中国航空计算技术研究所,陕西 西安 710119)

**摘要:**在多种工作模式下,雷达系统的显示需求差别很大,这对其显示接口的统一化设计造成了较大的困难。文中分析了雷达在各种工作模式下显示数据的特点,重点介绍了一种高速显示接口的设计与实现方案。该接口模块与主机采用 RapidIO 总线互连,核心显示控制功能基于 SOPC 技术,采用专用硬件处理逻辑和嵌入式软件结合的方式实现,可完成多种工作模式下图像数据的统一化高速处理及显示。经过测试和验证,该接口具有高速、高集成度的特点,可完全满足系统的统一化显示需求。

**关键词:**SOPC;显示接口;多模式

**中图分类号:**TP39

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2013)07-0191-03

**doi:**10.3969/j.issn.1673-629X.2013.07.049

## Design and Implementation of Multi-mode Image Display Interface Based on SOPC Technology

GUO Liang, TIAN Ze, LIU Juan, YAN Zhe

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

**Abstract:** In a variety of work mode, the difference of radar system display demand is very big, the unification of its display interface design has caused great difficulties. Analyze the characteristics of radar display data in various work mode, mainly introduce the design and implementation of a high-speed display interface. This interface model is connected to a host with RapidIO bus, implements the key display control function based on SOPC technology, in the way of combining the special hardware processing logic and embedded software, completing the image data processing and display in multi-mode of work. After testing and verification, the interface has the characteristics of high speed and integration, can fully meet the demand of system unification of display.

**Key words:** SOPC; display interface; multi-mode

### 0 引言

在机载电子领域,雷达作为军用飞机上的主要传感器,可用来快速发现目标,从而获得战斗主动权。目前,先进的战斗机多携带多模雷达,这些模式包括先进的脉冲多普勒(PD)、边扫描边跟踪(TWS)和合成孔径(SA)等<sup>[1-3]</sup>。一方面,随着雷达工作频率和分辨率的提高<sup>[4,5]</sup>,雷达显示接口需要显示的数据量在成倍地增长;另一方面,由于目前雷达大多数为多模式雷达,在每种模式下雷达的显示数据差别很大。因此,需要定义一种统一化的高速显示接口,来完成各种模式下数据的高速显示,并且能够实现一定程度的自动处理,减轻雷达信号处理器部分的负担<sup>[6,7]</sup>。

### 1 雷达显示数据

雷达在多种工作模式下需要显示的数据主要分为两类,一类是在扇扫模式下,其数据一般为一些离散点,这些点随机分布在屏幕上的任意位置,彼此之间没有任何联系,对显示接口来说,对这些点的显示相当于在屏幕上“打点”<sup>[8,9]</sup>,使用传统的图形处理器来实现这种功能,需要使用多条软件命令,执行效率不高;另一类是在 SAR(合成孔径雷达)模式下,一次需要显示一整幅图像,图像分辨率为 1024×768@60Hz 或者 1400×1050@60Hz,该种方式下,需要显示接口具有很高的数据带宽和刷新速率<sup>[10,11]</sup>。文中主要针对上述应用需求,提出一种基于 SOPC 技术的多图像模式显

收稿日期:2012-10-10

修回日期:2013-01-13

网络出版时间:2013-04-18

基金项目:“十二五”微电子预研(51308010601);总装预研基金(9140A08010712HK6101);中国航空工业集团公司创新基金(2010BD63111)

作者简介:郭亮(1982-),男,陕西合阳人,硕士,工程师,研究方向为集成电路设计;田泽,博士,研究员,研究方向为 SoC 设计、嵌入式系统设计、VLSI 设计。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130418.1701.002.html>

示接口设计方案,解决以上两类典型模式下数据的快速处理和显示问题。

## 2 显示接口系统架构

根据系统显示数据格式的特点,以及较高的数据处理速度等要求,选用 FPGA 作为整个图像接口处理的核心,对“打点”操作以及 SAR 方式下的显示均采用硬件逻辑方式实现。同时利用 FPGA 内嵌处理器来实现各种显示模式的控制以及图形显示控制。该系统可接收信号处理模块送来的显示数据信息,首先对数据进行解析,然后按照不同的显示模式进行处理,完成雷达图像显示功能。接口系统结构框图如图 1 所示。

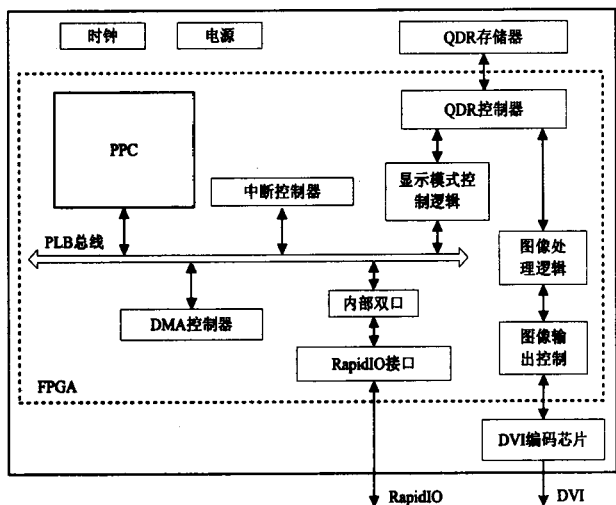


图 1 雷达显示接口系统结构

显示接口主要由 RapidIO 接口电路、Xilinx Virtex5 系列 FPGA、DVI 编码芯片、QDR 存储器、电源转换电路和时钟电路组成。其中 RapidIO 作为显示模块与主机的接口,通过该接口,主机将需要显示的数据送到显示接口的内部数据缓冲区中;FPGA 作为整个显示接口的处理核心,完成显示数据的处理,数据流的控制以及图像输出格式的控制;QDR 作为显示接口的帧缓存使用;DVI 编码芯片完成数字 RGB 接口到 DVI 接口的转换。

## 3 显示接口详细实现

### 3.1 主机接口的实现

系统要求的图像分辨率为 1024×768@60Hz 或者 1400×1050@60Hz,按照 1400×1050@60Hz 计算,最大的数据带宽要求为 2.64Gbps。根据数据带宽的需求,选用 4 线 RapidIO 接口作为显示接口与主处理模块的接口,4 线的 RapidIO 接口数据传输速率可达到 10Gbps,可满足显示接口的带宽要求。RapidIO 接口使用 FPGA 内嵌 IP 核实现,数据缓存采用 FPGA 内部 Block RAM 实现,采用双缓冲结构,每块缓冲大小为

32KB;同时每块缓冲区的最后一个单元作为中断地址,写该地址会产生中断信号,该中断信号连接到 FPGA 内嵌处理器的中断控制器。

### 3.2 图像缓存的实现

图像缓存采用 QDR 存储器实现,QDR 存储器为双倍数据速率的同步 SRAM,其读写数据线采取分离结构,具有很高的访问速率。QDR 内部存放两帧完整的图像,通过 QDR 芯片的写接口更新帧缓冲区内容,通过 QDR 芯片的读接口取出需要显示的图像信息送到图像处理逻辑进行处理。

### 3.3 SOPC 设计

FPGA 逻辑使用了内嵌 PPC 处理器,使用 EDK 开发工具进行内部处理器及相关模块互连,除 PPC 处理器之外,PLB 总线设备还包括 DMA 控制器,中断控制器,主机数据缓存,以及显示模式控制逻辑。完成各个模块互连后,通过 EDK 工具对各个 PLB 设备进行地址分配。

#### 3.3.1 扇扫模式实现

扇扫模式下,主机通过 RapidIO 接口发送需要显示的像素数据包,数据包内容包括:显示模式标志,数据长度,数据字段,数据字段包括多个像素点的数据信息,每个像素的数据格式如表 1 所示。

表 1 扇扫模式数据格式

第 31~24 位	第 23~12 位	第 11~0 位
8 位像素值	12 位 y 坐标值	12 位 x 坐标值

每个数据包发送完成后,通过写数据缓冲区的中断地址,发送中断给 PPC 处理器,PPC 处理器收到中断后,首先读取数据包的显示模式标志,如果是扇扫模式,则启动 DMA 控制器,根据数据包的长度信息,将数据缓冲区的数据搬到显示模式控制接口中的数据 FIFO 中,处理逻辑发现数据 FIFO 不为空时,将 FIFO 数据读出并根据 X,Y 坐标值计算该像素在帧缓冲区中的地址,并将像素值写入帧缓冲区中。数据 FIFO 设计时保证读数据时钟频率大于写数据的时钟频率,从而使 FIFO 不会出现写“满”情况,数据不会丢失。

#### 3.3.2 SAR 模式实现

SAR 模式下,主机通过 RapidIO 接口发送需要显示的像素数据包,像素包内容包括:显示模式标志,数据长度,数据字段。在 SAR 模式下,每次传输一整幅画面,由于 RapidIO 协议对包的大小有限制,故将整幅画面分多个包发送,并对每个包进行编号,在每包数据之前放入包编号。

数据包发送完成后,通过写数据缓冲区的中断地址,发送中断给 PPC 处理器,PPC 处理器收到中断后,

首先读取数据包的显示模式标志,如果是SAR模块,则读取数据长度及包编号值,根据包编号值计算出数据在帧缓冲区的地址,然后启动DMA控制器,将数据缓冲区中的数据搬到帧缓冲区对应地址中。

### 3.3.3 图像处理

图像处理包括图层优先级的处理,像素在帧缓冲区中存储时,每帧图像包括多层图像,根据图像软件中图层优先级寄存器的配置,在多层图像中根据优先级选择最终输出的图像。

### 3.3.4 图像输出控制

图像输出控制逻辑按照VESA标准产生控制信号,控制信号包括帧同步信号,行同步信号,以及数据有效信号;在数据有效信号有效期间,输出红、绿、蓝图像数据信息。

### 3.3.5 软件

显示接口驱动软件包括接口底层图像数据处理软件和主机端驱动软件。其中接口底层图像数据处理软件采用Xilinx Software Development Kit环境开发,软件驻留于FPGA的PROM中,运行在FPGA内嵌PPC处理器上。上电后,软件自动加载运行。主机端驱动软件采用Tornado2.2环境开发,软件驻留于主机,主要是提供了一组接口函数用来完成主机端到显示接口数据缓冲的数据传送。

显示接口底层的图像数据处理软件,主要用于图像处理逻辑的配置,以及发送数据的处理,发送数据处理位于中断服务程序中,当主机将数据写入主机接口缓冲区并触发FPGA内部PPC处理器相应中断,图像数据处理中断服务程序需将数据包按约定解析成空操作、显示方式一、显示方式二、自检测、清屏五种工作模式,并分别由发送数据处理程序完成显示数据包的搬运和处理,并最终送往图像帧缓冲区中进行显示。

显示接口主机端驱动软件主要包括显示数据的读写函数,发送显示数据时,首先查询该片缓冲有效标志是否被清除,如果清除则将主机要发送的显示数据发送到RapidIO接口的发送缓冲中,并中断底层PPC处理器。

## 4 结束语

使用文中所述的硬件架构,包括RapidIO接口,高速图像缓存(QDR)可以解决图像显示过程中数据通路的带宽“瓶颈”问题;通过使用FPGA内嵌的PPC处理器,可以减轻主机的负担,提高处理效率;通过针对不同模式下的显示数据,设置了专用的图像数据硬件处理逻辑,极大地提高了显示效率,实现了雷达数据的高速实时显示。文中所述的方法已应用到了某型雷达中,测试结果表明,该接口功能以及性能可完全满足雷达系统的统一化显示需求,具有较好的应用价值。

### 参考文献:

- [1] Moir I, Seabridge A. 军用航空电子系统[M]. 吴汉平,译. 北京:电子工业出版社,2008:127-130.
- [2] 李 番,邬双阳,郑永超,等. 合成孔径激光雷达技术综述[J]. 红外与激光工程,2006,35(1):55-59.
- [3] 秦玉亮,王建涛,王宏强,等. 弹载合成孔径雷达技术研究综述[J]. 信号处理,2009,25(4):630-635.
- [4] 吴一戎,朱敏慧. 合成孔径雷达技术的发展现状与趋势[J]. 遥感技术与应用,2000,15(2):121-123.
- [5] 吴晓芳,代大海,王雪松,等. 合成孔径雷达电子对抗技术综述[J]. 信号处理,2010,26(3):424-425.
- [6] 蒋庆全. 有源相控阵雷达技术发展趋势[J]. 国防技术基础,2005,5(4):9-11.
- [7] Wang Wenqin, Cai Jingye. A Technique for Jamming Bi and Multistatic SAR Systems[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters,2007,4(1):80-82.
- [8] Schumacher R, Schiller J. Non-cooperative target identification of battlefield targets classification results based on SAR images[C]//IEEE International Radar Conference. USA: IEEE,2005:167-172.
- [9] Moses R L, Ertin E, Austin C. Synthetic aperture radar visualization[C]//Thirty-Eighth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers. Pacific Grove, CA, USA: [s. n.], 2004:13-17.
- [10] 杨露菁,王德石,李 煜. 多视角SAR图像的静态建模与显示仿真[J]. 系统仿真学报,2010,22(2):506-507.
- [11] 黄世奇,刘代志,禹春来,等. SAR图像目标方位角估计与分析[J]. 系统仿真学报,2008,20(7):1795-1799.

(上接第190页)

- er Edge, New Jersey: World Scientific, 1999.
- [5] 董仁举,祝永志. 并行编程模型的研究与发展[J]. 计算机技术与发展,2011,21(1):92-94.
- [6] 王惠春,朱定局,曹学年,等. 基于SMP集群的混合并行编程模型研究[J]. 计算机工程,2009,35(3):271-273.
- [7] 王志斌,陈 波,万玉发,等. 天气雷达资料实时并行处理方法[J]. 计算机工程,2009,35(23):255-257.
- [8] 单 莹,吴建平,王正华. 基于SMP集群的多层次并行编

程模型与并行优化技术[J]. 计算机应用研究,2006,23(10):254-258.

- [9] 杨宁学,诸昌铃,聂爱丽. 内存映射文件及其在大数据量文件快速存取中的应用[J]. 计算机应用研究,2004,21(8):187-188.
- [10] 李 帆,冯西安,阎振华. 多目标检测并行处理软件的设计[J]. 计算机工程与应用,2010,46(10):226-228.

基于SOPC的多模式显示接口设计与实现

作者：郭亮, 田泽, 刘娟, 颜哲, GUO Liang, TIAN Ze, LIU Juan, YAN Zhe  
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.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjz201307049.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjz201307049.aspx)