

文章编号 1004-924X(2007)06-0941-04

多 ADSP-TS201 红外弱小目标实时 检测跟踪系统的硬件设计

王广平,许廷发,倪国强,高昆

(北京理工大学 信息科学技术学院 光电成像与信息工程研究所,北京 100081)

摘要:介绍了红外弱小目标实时检测跟踪系统的硬件设计。重点介绍了系统中信号处理模块部分的设计,该部分采用 Analog Device 公司的 600 MHz 高性能数字信号处理器 ADSP-TS201,四片 ADSP-TS201 以松耦方式互联,构成并行信号处理模块。该模块定点运算的峰值速度可达到 19.2 GMAC(16Bit),浮点运算的峰值速度可达到 14.4 GFLOPS。为完成对序列红外图像中弱小目标的实时检测跟踪处理提供了硬件平台。

关键词:ADSP-TS201;红外弱小目标;目标检测;目标跟踪

中图分类号:TP391.4;TJ765.333 **文献标识码:**A

Hardware design of infrared dim target real time detection and tracking system based on multiple ADSP-TS201S

WANG Guang-ping, XU Ting-fa, NI Guo-qiang, GAO Kun

(Section of Photoelectronic Imaging & Information Engineering, School of Information Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: The hardware design of a real time infrared dim target detection and tracking system was introduced and the signal processing module in this system was presented in detail. Using 600 MHz high performance digital signal processor produced by the Analog Device Company, four pieces of ADSP-TS201 were coupled loosely to constitute a parallel processing module. The computational performance of this module can be up to 19.2 GMAC(16bit) per second in fixed-point operation and 14.4 GFLOPS in floating-point. This module affords a hardware flat to the real time detection and tracking of serial weak and small infrared targets.

Key words: ADSP-TS201; infrared dim target; target detection; target tracking

1 引言

运动小目标的检测和跟踪是一个对实时性和

识别精度有较高要求的高科技问题,近二十年来,一直是雷达、光学和红外图像领域的研究热点。红外搜索与跟踪系统(IRST)具有的准全天候、隐蔽性好、抗干扰能力强等优点,使得红外搜索与跟

踪系统已经成为当今世界精确制导技术发展和研究的主流方向。

红外搜索与跟踪系统性能不仅取决于所采用的目标检测、识别和跟踪的算法,同时还依赖于系统处理单元的处理能力。由于弱小目标在红外图像中表现为无形状、大小、纹理的点目标,且图像信噪比低。单帧检测跟踪已不能满足要求,取而代之的是更加复杂的针对序列图像的处理算法^[1]。算法复杂度的增加和实时性的要求,就要求信号处理系统的存储与处理能力必须满足系统需要。大规模集成电路技术的发展和数字信号处理器(DSP)芯片架构的提升,为红外弱小目标实时检测跟踪硬件系统的实现提供了可能。DSP芯片以其高速运算能力、可时分复用和并行处理、动态范围大、采用哈佛总线结构以提高数据吞吐量、具有多种外设接口等特点,在实时信号处理领域获得广泛的应用^[2-3]。本文利用四片 AD 公司 600 MHz 的 TS201 DSP 构建了用于红外弱小目标实时检测跟踪的并行信号处理系统。

2 ADSP-TS201 简介

ADSP-TS201 是 AD 公司最新型号的 TigerSHARC 架构高性能浮点数字信号处理器,可满足多种实时信号处理的需要。ADSP-TS201 具有最高达 600 MHz, 1.67 ns 的指令周期,拥有 24 Mbits 的片内存储器。它包括双运算模块,每个运算模块包含一个 ALU、乘法器、移位器、寄存器、CLU;还包括用于地址产生和指针操作的双整数 ALU;此外还有 14 路 DMA 控制器、外部端口、四个链路口、SDRAM 控制器、可编程 flag 引脚、两个定时器的集成 I/O。该处理器支持 32 bit 和 40 bit 浮点及 8、16、32、64 位定点处理^[4]。

ADSP TigerSHARC 系列芯片间的外部总线结构特性:

总线宽度:64/32 bit,具有独立的存储器、多处理器和主机接口,最高速率 1 GByte/s。

存储器接口:有独立地址分布的 EPROM 接口、SRAM 接口、SDRAM 接口。

多处理器接口:可以建立八个 DSP 共享资源的,无缝连接的,完整的总线仲裁逻辑的多处理器接口。

主机接口:建立主机与处理器之间的无缝接

口,共享整个处理起系统的资源

丰富的可编程特性:具有多种传输协议,可供选择。流水级数、IDLE 周期、等待周期等都可编程设置。

本文充分利用 LVDS 链路口通讯协议简单,有较高数据传输率的特点,将四片主频 600 M 的 ADSP-TS201 互连,构成松耦合的多处理器系统。

3 信号处理模块设计

整个红外弱小目标检测跟踪系统结构框图如图 1 所示:

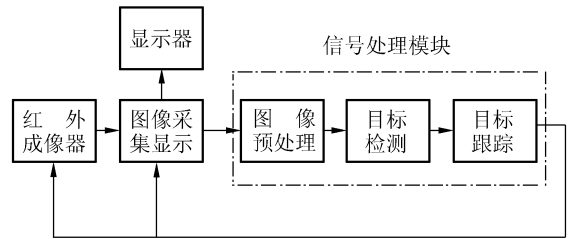


图 1 红外目标检测跟踪系统结构框图

Fig. 1 Framework of infrared target detection and tracking system

其中红外成像器选用了红外焦平面列阵传感器。图像采集显示模块支持单路 PAL/NTSC 的模拟视频输入和单路视频输出,支持 LVDS 数字信号接口,配合信号处理模块实现图像的采样、存储和跟踪后的图像重现。信号处理模块部分主要用来实现对输入的数字视频信号进行图像的预处理、目标检测、目标跟踪等。伺服机构根据信号处理模块送出的目标误差信号,得到所需要的相关控制信号,驱动跟踪机构跟踪目标^[5-6],本文重点介绍信号处理模块的硬件设计。

3.1 信号处理模块结构设计^[7-8]

信号处理模块主要完成对输入的数字视频图像的处理。其主要由四片 ADSP-TS201 组成,DSP 之间采用松耦合的方式构成多处理单元并行结构,如图 2 所示。由于低电压差分信号 LVDS(Low Voltage Differential Signal)具有高数据速率、低功耗、低噪声、低电磁干扰等特点,所以本设计中均采用 LVDS 数字接口。信号处理模块首先将 LVDS 数字视频信号通过 CPLD, CPLD 根据输入视频信号的时钟及同步行场控制

信号,将视频数据存入双口 RAM 进行缓存。DSP 通过 DMA 操作,实现在不中断 DSP 内核程序执行的同时将视频数据搬运到 SDRAM 或 DSP 内部 RAM 中。同时,各 DSP 之间利用八个专用的 DMA,通过链路口进行数据的传送。本设计中链路口采用交叉连接方式,两两互连,可以在任何两个 DSP 之间进行数据的传输。采用链路口连接多处理器大大降低了硬件设计及布线难度。最后将处理完的数据存入输出的双口 RAM 中,在 CPLD 的控制下输出给其他模块单元。设计中每个 DSP 都外扩了一个 LVDS 链路口,增强了与外部处理机的接口能力。

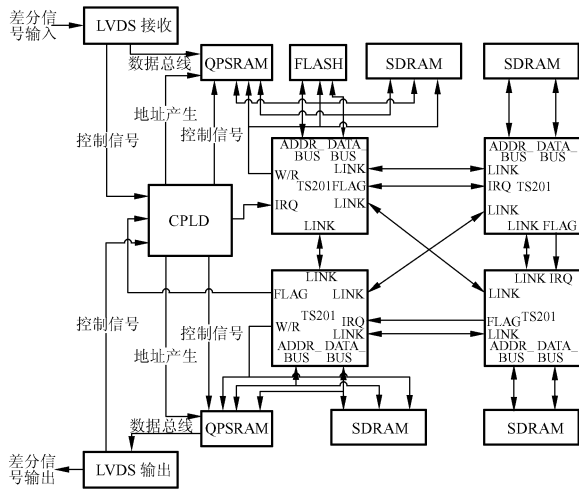


图2 检测跟踪系统信号处理模块框图

Fig. 2 Framework of signal processing module of detection and tracking system

3.2 存储器设计

TigerSHARC 处理器的外部接口支持 8 位、16 位、32 位和 64 位配置,这为不同类型的外部存储器接口带来了很大的方便。本设计根据需要,选用了 FLASH、双口 RAM、SDRAM 三种存储器,如图 2 所示。首先选用 8 Mbit 的 SST39LF080 系列的 FLASH 存储器,用来存储 DSP 的系统加载程序和存放算法程序。将 DSP 的 BMS 线和 MS0 线相与后连接到 FLASH 的片选线上,这样,FLASH 就占用了加载空间和一个外部存储器空间。其他 DSP 通过链路口进行程序的加载。由于双口 RAM 的左右两边各有独立的总线和控制信号,即使两个系统间有较大数据吞吐率差异,也能很好地适配,所以在输入输出与 DSP 之间各加了一片双口 RAM。将双口 RAM

两边的信号线分别连到 CPLD 和 DSP 上,在 CPLD 和 DSP 的共同作用下对双口 RAM 进行读写操作。DSP 的 MS1 线与双口 RAM 片选线相连,使双口 RAM 成为一个外部存储空间。本设计中双口 RAM 选择的是 IDT 公司的 IDT70V28L,该芯片为高速 3.3 V、64 K×16 双端口静态 RAM。设计中还给每片 DSP 挂载了 32 M 的 SDRAM,增加系统存储能力。SDRAM 选择了 Micron 公司的 MT48LC4M32B2。

3.3 电源部分设计

ADSP-TS201 处理器是静态超标量体系结构,超高性能 32 bit TigerSHARC 处理器系列成员。该处理器提供两个不同速度等级,内核速度最大可以达到 500/600 MHz,该处理器同时也需要三种分离的外部电源供电。本文中所用的是 ADSP-TS201-060 型号,即内核时钟频率 600 MHz。它需要 1.2 V 的内部逻辑电源 V_{DD} 、1.2 V 模拟电路电源 $V_{DD,A}$ 、1.6 V 的 I/O 缓冲器电源 $V_{DD,IO}$ 、2.5 V 内部 DRAM 电源 $V_{DD,DRAM}$ ^[9]。

整个系统的功耗主要来自 DSP,而 ADSP-TS201S 器件总的功耗是每个电压区域 (V_{DD} 、 $V_{DD,DRAM}$ 、 $V_{DD,IO}$) 的功耗和。各部分功耗估计如下^[5]:

内部功耗估计 (P_{DD}):

$$P_{DD} = V_{DD} \times (I_{DD} + I_{DD,A(TYP)}) = 1.20 \text{ V} \times (2.90 \text{ A} + 0.025 \text{ A}) = 3.51 \text{ W}, \quad (1)$$

内部 SDRAM 功耗估计 ($P_{DD,DRAM}$):

$$P_{DD,DRAM} = V_{DD,DRAM} \times I_{DD,DRAM(TYP)} = 1.6 \text{ V} \times 280 \text{ mA} = 448 \text{ mW}, \quad (2)$$

I/O 功耗估计 ($P_{DD,IO}$):

$$P_{DD,IO} = V_{DD,IO} \times I_{DD,IO} = V_{DD,IO} \times (I_{DD,IO,LP} + I_{DD,IO,EP}) = 2.5 \text{ V} \times (107.25 \text{ mA} + 18.1 \text{ mA}) = 313 \text{ mW}. \quad (3)$$

在电源设计时,必须确保供电电源能在最坏的功耗情况下提供持续的功率。以 ADSP-TS201 处理器功耗估计作为为电源和散热设计的参考,在本设计中,根据四片 DSP 功耗的分析,选用了 TI 公司的两款电源模块,一款模块可以提供 1.2 V 电压和可达 15 A 的输出电流,满足了本设计的需要。设计选用的另一款 TI 公司的电源模块用来提供 2.5 V、1.6 V、3.3 V 电压。

4 主要技术指标

在本信号处理模块中,四个 DSP 在 600 MHz 下的定点运算的峰值速度可达到 19.2 GMAC(16 bit),浮点运算的峰值速度可达到 14.4 GFLOPS。通常认为,采用链路口连接数据传输率较低,不太适合高速信号处理。实际上,TS201 的四个 LVDS 链路口,由于采用了 LVDS 技术和 DDR 技术,其总数据吞吐量能达到 4 GByte/s。64 bit 外部数据总线可达 1 GByte/s 的数据吞吐量。同时每片 DSP 都拥有 4 G 外部存储器和外设的寻址空间。这些性能指标为弱小目标实时检测跟踪提供了良好的硬件平台。

5 结 论

本文介绍了 ADI 公司的 ADSP-TS201 信号处理器的性能和特点,采用四片 ADSP-TS201 设计了红外弱小目标检测跟踪系统的信号处理模块。该设计充分利用 ADSP-TS201 高速运算能力、大数据吞吐能力以及易于多处理器互连等特点,使设计的硬件系统信号处理模块的运算速度高达 19.2 GMAC(16 bit),链路口总数据吞吐量高达 4 GByte/s,外部数据总线吞吐量达 1 GByte/s,为实时的红外弱小目标检测跟踪的实现提供了硬件平台。该平台也为复杂的检测跟踪算法的硬件实时实现提供了可能。

参考文献:

- [1] 李国宽,彭嘉雄. 红外序列图像中运动小目标的检测方法[J]. 华中理工大学学报,1999,27(11):25-27.
LI G K, PENG J X. Detection method of small moving targets in IR sequence[J]. *Huazhong Univ. of Sci & Tech.*, 1999, 27(11): 25-27. (in Chinese)
- [2] 王洪建,李志敏. 基于视频图像的车辆流量实时检测系统[J]. 光学 精密工程, 2005, 13(增): 222-227.
WANG H J, LI ZH M. Real-time measuring system based on vehicle flow video image[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2005, 13(Supp.): 222-227. (in Chinese)
- [3] 陈生来,黄廉卿,郭静寰. 基于整型提升小波变换的图像处理及 DSP 实现[J]. 光学 精密工程, 2006, 14(3): 498-503.
CHEN SH L, HUANG L Q, GUO J H. Image processing based on integral lifting scheme and its implementation by DSP[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(3): 498-503. (in Chinese)
- [4] Analog Device Company. TigerSHARC Embedded Processor Data Sheet. 2006[Z].
- [5] 王春柏,赵保军. 基于多 C64x 高分辨视频跟踪器设计与实现[J]. 信号处理, 2004, 20(3): 307-310.
WANG CH B, ZHAO B J. Design and implement of video tracker based on multiple C64x[J]. *Signal Processing*, 2004, 20(3): 307-310. (in Chinese)
- [6] 朱明,鲁剑锋,胡硕. 采用 DSP 的电视测量跟踪器的研制[J]. 光学 精密工程, 2005, 13(增): 232-235.
ZHU M, LU J F, HU SH. Development of TV measuring and tracking system by using DSP[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2005, 13(Supp.): 232-235. (in Chinese)
- [7] 刘书明,苏涛. TigerSHARC DSP 应用系统设计[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
LIU SH M, SU T. *TigerSHARC DSP system design*[M]. Beijing: electronics industry press, 2004. (in Chinese)
- [8] Analog Device Company. TigerSHARC System Design Guidelines. 2006[Z].
- [9] Analog Device Company. EE-170 Estimating Power for ADSP-TS201S TigerSHARC Processors. 2006[Z].

作者简介:王广平(1979—),男,吉林人,北京理工大学信息科学技术学院光电成像与信息工程研究所光学工程专业博士研究生,主要从事光电图像及信号处理、目标跟踪等方面的研究。E-mail: aprilwgp@bit.edu.cn

通讯作者:许廷发(1968—),男,博士,副教授,北京理工大学光电工程系教师。研究方向为光电成像探测、目标探测跟踪与识别等。E-mail: cion_xtf1@bit.edu.cn