

# 基于 TMS320C6455 的目标跟踪系统设计与实现

张庆龙 张 辉 毛 征 赵齐月 刘 金

(北京工业大学电子信息与控制工程学院 北京 100124)

**摘 要:** 介绍了一种基于高速处理芯片 TMS320C6455 和 FPGA 架构的目标跟踪系统。该系统以 DSP 与 FPGA 为主体设计一套图像处理设备,利用局域熵算法来实现简单背景下小目标的跟踪。FPGA 采用 Xilinx 公司生产的 XC5VSX95T,用来对原始图像数据进行预处理。DSP 芯片采用 TI 公司生产的 TMS320C6455,通过局域熵算法对预处理后的图像进行实时跟踪并且将目标信息返回 FPGA。FPGA 获得跟踪结果后,将目标信息与原图像叠加,通过显示器将图像结果进行显示。局域熵算法经过优化后,目标检测跟踪时间大大缩短,满足硬件系统实时性的要求。

**关键词:** DSP;局域熵;目标跟踪

**中图分类号:** TN820.4 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

## Design and implementation of target tracking system based on TMS320C6455

Zhang Qinglong Zhang Hui Mao Zheng Zhao Qiyue Liu Jin

(Electronic Information and Control Engineering College, Beijing University of technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** This paper introduces a kind of target tracking system based on high speed processing chip TMS320C6455 and FPGA. The system utilizes DSP and FPGA as the main body to design a set of image processing equipment, and the local entropy algorithm is used to implement a small target tracking under the simple background. The FPGA use Xilinx Company's XC5VSX95T designed for the original image data preprocessing. DSP chip produced by TI company's TMS320C6455, we will use local entropy algorithm to detect the preprocessed image and then return the target information to the FPGA. After the FPGA gets the tracking results, it overlays the target information to original image and display. After the local entropy algorithm is optimized, target detection tracking time shortens a lot, meets the requirements of real-time hardware system.

**Keywords:** DSP; entropy; object tracking

### 1 引 言

目标跟踪系统是利用图像采集、图像处理以及图像显示 3 个主要模块来实现对于图像中目标的识别跟踪。目标跟踪技术最早是在 20 世纪 50 年代被提出并且研究。到如今,目标跟踪技术在实际生活中已有了广泛的应用,对于实时性的目标跟踪系统,需要配以高速处理平台。TI 生产的 TMS320C6455 是目前单片处理能力极强的定点 DSP。它以增强型 C64X+DSP 内核为基础,该内核由于添加了专用新指令与基于 TI 当前高级 C64X+DSP 架构的代码,在程序调试过程中可以调用 TI 提供的内联函数以提高算法执行效率。局域熵算法是根据目标图像的熵值进行目标判

定,熵在信息论中是作为事件出现概率的不确定性的量度<sup>[1]</sup>,它可以有效的反映出某个事件所含有的信息量。根据信息论对熵的定义,引申到图像应用中可以理解为,在图像熵值越大的地方,表示该幅图像所含信息量越小,即图像像素分布的有序性较小;而图像熵值越小的地方,则表示该处图像像素分布较为有序,很可能是目标出现的位置。以 DSP+FPGA 的框架设计一个硬件平台系统,将 PC 上实现的局域熵算法在该系统上进行目标识别及跟踪。

### 2 系统方案

#### 2.1 系统指标

本系统是基于 DSP+FPGA 架构<sup>[2]</sup>的高分辨率实

收稿日期:2015-02

时跟踪系统。其中 DSP 和 FPGA 构成整个系统的主干部分,另外考虑到会涉及处理大数据量的图像数据,增加了 DDR 作为外接存储器。DSP 采用 TI 公司的 TMS320C6455, FPGA 芯片才用的是 Xilinx 公司生产的 XC5VXS95T。跟踪处理的图像采用 720P@50 Hz, 由摄像头采集图像经 SDI 接口子板传输给处理板。本系统最小可跟踪对比度应小于 5%, 取差精度应该控制在方位误差 1 像素之内。另外考虑到数据所占的空

间,需要外接 DDR 保证数据可以完整存储。而且还需要外接一个 FLASH 芯片用来存储 boot 程序,使平台可以上电引导。系统设置了看门狗程序,在程序运行异常的情况下可以让系统重新上电引导,以保证平台系统正常工作。

## 2.2 系统简介

本系统的目的是实现图像实时性检测跟踪,系统结构<sup>[3]</sup>如图 1 所示。

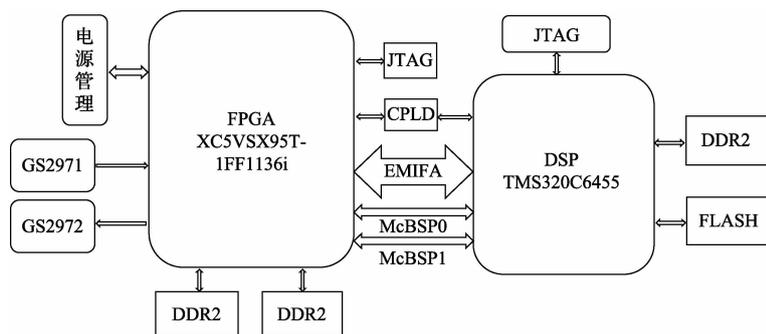


图 1 系统结构

## 3 系统硬件设计

本系统大概分为 4 个模块,分别为核心处理模块、存储模块、电源模块还有图像获取子板模块<sup>[4]</sup>。其中核心处理模块包括 DSP 和 FPGA 的处理芯片,而图像获取模块利用 SDI 转换器将摄像机获取的图像传输给核心处理板<sup>[5]</sup>。

TMS320C6455 是目前单片处理能力极强的定点 DSP。它建立在增强型 C64X + DSP 内核基础之上, TMS320C6455 主频高达 1.2 GHz, 16 位定点处理能力为 9600MMAC/s。TMS320C6455 采用了 Serial Rapid IO 接口技术,互连速率高达 25 Gb/s,能够很好的解决芯片间数据传输的问题,使得搭建多处理器平台变得简单方便。因此, TMS320C6455 在雷达、通信、图像处理等领域得到了广泛应用<sup>[6]</sup>。

XC5VXS95T 采用第二代 ASMBL™(高级硅片组合模块)列式架构,包含 5 种不同的子系列平台,使其跨平台兼容性较强,满足多种高级逻辑设计的需求。XC5VXS95T 采用最先进的最佳利用率高性能 FPGA 架构,具有强大的时钟管理模块,以及真双口 RAM 模块,在本系统中用来进行对图像缓存以及预处理图像。

对于跟踪系统的存储系统,除 DSP 自带的内部存储空间以外,为保证系统可以存储多帧图像数据并且考虑到跟踪系统升级,本系统为 DSP 提供一片外接 DDR MT47H128M16,大小为 2 Gb。由于系统考虑到上电自启动,系统提供一片 S29GL128P12TFIR1 FLASH 芯片<sup>[7]</sup>用于存储 boot 程序。

本系统中视频采集模块采用 SDI 接口。SDI 是 Serial Digital Interface 的缩写,即数字串行接口。SDI 是以 SMPTE 的标准来进行定义的,物理接口采用传统的 BNC 接头。如今,SDI 技术的高速发展使其信号传输速率高达 12 Gb/s,已经满足 4 K 分辨率的视频采集对于传输速率的要求,而本系统所需处理的视频图像仅为 720 P。本系统采用 GS2971 芯片作为 SDI 输入处理芯片,采用 GS2972 用来输出图像。

系统电源采用 5 V 直流电源输入,电源模块中利用 2 块 ISL8225MIRZ 转换器,分别获得 3.3 V 和 1.8 V 的输出电压<sup>[8]</sup>。另外,模块通过一块 TPS54622RHLT 稳压器,同样由 5 V 输入电压获得 2.5 V 的输出电压,并且输出电流可达到 6 A,保证 DSP 与 FPGA 核处理器与 IO 接口之间的电源供应。

## 4 系统软件设计

### 4.1 软件架构

本系统由图像获取模块获得图像数据,视频流经图像采集子板传输给核心处理模块,核心处理模块 FPGA 先通过双口 RAM 对视频流进行缓存<sup>[9]</sup>,然后 DSP 通过 EMIF 接口从 FPGA 中将预处理的图像数据接收过来,并放置于 DDR 中<sup>[10]</sup>。通过局域熵算法获得图像目标的坐标信息,并且将坐标信息再通过 EMIF<sup>[11]</sup>传输给 FPGA。FPGA 生成坐标信息的字符以后与原图像进行叠加,最后再通过显示器将跟踪结果显示出来<sup>[12]</sup>,具体流程如图 2 所示。

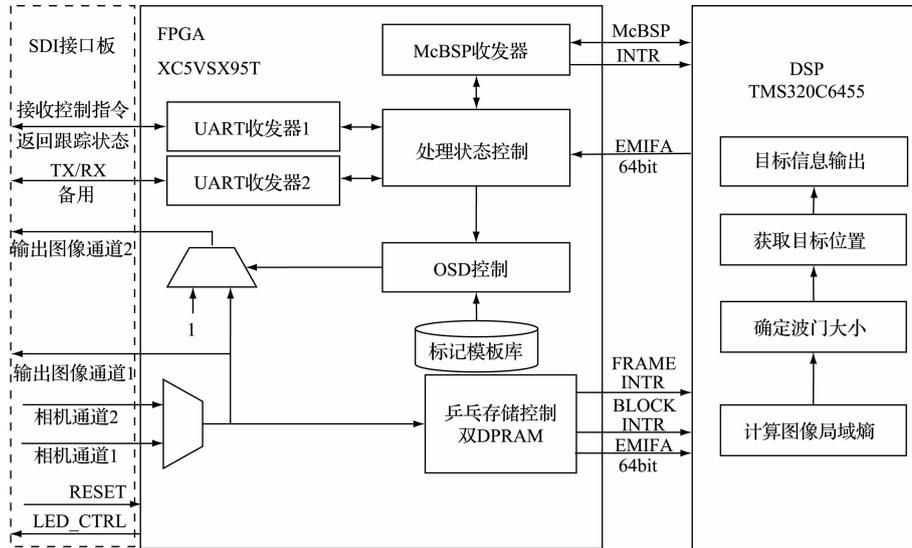


图2 软件流程

#### 4.2 局域熵算法

熵的概念最早由德国物理学家克劳修斯提出,用来表示能量分布的均匀程度。往往能量分布越混乱的地方,熵值越大;分布越有序的地方,熵值越小。

在信息论中,熵是平均不确定性的度量。香农在概率统计模型上给出了熵的定义<sup>[13]</sup>。之后查尔斯·H·本尼特对麦克斯韦妖的重新解释,证实了信息熵与热力学熵的符号是相反的。在一个系统S中,存在n个事件 $\{E_1, E_2, E_3, \dots, E_n\}$ ,每个事件的概率分布为 $\{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$ ,则每个事件的自信息可以定义为:

$$I_i = \log(p_i^{-1}) = -\log(p_i) \quad (1)$$

系统S的熵值H即为所有事件所含信息量的平均值:

$$H = E(I) = -\sum_{i=1}^n p_i \log(p_i) \quad (2)$$

将熵值的定义引入图像中,熵值的大小可以作为某幅图像所含信息量的度量。在一个 $M \times N$ 的局域小窗口内,若用 $p_{ij}$ 表示坐标点 $(i, j)$ 处灰度值的概率,则该子区域内的局域熵为:

$$H = -\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N p_{ij} \log(p_{ij}) \quad (3)$$

根据熵的特性,可以知道熵应用在图像上时代表的是该图像灰度值的不确定性,即图像灰度值的离散程度。对于一幅图像,通过观察可以知道,在目标周围,由于目标和背景的差异,图像灰度的离散性比较大;而在同是该图像不含目标的背景子区域中,图像灰度值基本相同<sup>[14]</sup>。在没有目标的背景处计算局域熵时,该点的局域熵很大;在目标周围计算局域熵时,该点的局域熵很小。

在利用局域熵算法检测跟踪目标的过程中,当获取到图像之后,根据式(3),很容易就可以计算出每一个局域窗口小模块的熵值,从而根据熵值确定出一个适当大小的波

门。根据熵值的定义,可以得知在熵值最小的地方,图像的灰度值离散性最高<sup>[15]</sup>,因此可以判定此处为目标位置。最后将目标的坐标信息返回给FPGA,以进行下一步操作。

#### 5 实验与分析

实验采用的硬件平台编译环境为TI公司提供的Code Composer Studio(CCS5.2)。结合项目指标要求以及对本系统进行的多次试验,得出结果如表1所示。

表1 系统测试结果

被测项目	系统指标	实测结果
图像制式	复合式制式	SDI
分辨率	720 P	1 280 × 720
DSP 主频/GHz	1.2	1.2
EMIF 位宽/bit	64/32	64
局域熵时间/ms	33	26.2

当视频流处理帧频为每秒30帧时,给数据传输以及目标检测跟踪的时间只有33ms。而在硬件平台上,通过对算法进行拆分嵌套循环函数及使用内联函数的方法进行优化,测算得出的图像处理的时间为26.2ms,所以当一帧图像进行目标检测跟踪以后,系统平台有空余时间将该帧图像的目标信息返回给FPGA,FPGA经过一系列操作将跟踪结果通过显示器显示出来。因此,可以看到硬件平台对于图像处理速度的提升是非常显著的。

#### 6 结论

实现了一种基于DSP+FPGA架构的目标跟踪系统的设计。DSP作为高速数字信号处理器通过局域熵算法对FPGA预处理以后传来的图像数据进行检测跟踪。获

取目标信息以后将坐标位置重新返回给 FPGA。FPGA 再将跟踪结果与原始图像叠加以后输出。局域熵算法经过优化以后,消耗时间大量减少,满足实时性跟踪系统的要求。

#### 参 考 文 献

- [1] 郑毅,郑苹. 基于模糊熵和模拟退火算法的双阈值图像分割[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(4): 360-367.
- [2] 张廷华,樊桂花. 基于 DSP 和 FPGA 的视频格式转换[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(2): 57-59.
- [3] 尹传历,丁策. 机载嵌入式图像增强系统设计与实现[J]. 液晶与显示, 2013, 28(4): 604-607.
- [4] 管庆,朱海,王凯,等. 基于 TMS320DM8168 的视频监控跟踪系统[J]. 数据采集与处理, 2012, 27(6): 652-657.
- [5] 李素芬. 嵌入式图像识别硬件平台研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2008.
- [6] 谢瑞雯,陈国兴. TMS320C6455 的硬件资源分析[J]. 通信技术, 2010, 43(7): 230-232.
- [7] 彭宇,姜红兰,杨智明,等. 基于 DSP 和 FPGA 的通用数字信号处理系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(1): 17-21.
- [8] 丁军怀,张峰. 单片机控制的直流并联供电系统的设计与研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2014(11): 5-7.
- [9] 黄朋. 基于 FPGA 的雷达信号预处理系统设计[D]. 西安:西安电子科技大学, 2014.
- [10] 林文长. 高速飞行器测控系统波束跟踪算法及 DSP 实现[D]. 成都:电子科技大学, 2012.
- [11] TMS320C645x DSP External Memory Interface (EMIF) User's Guide[R]. Report of Texas Instruments, 2008.
- [12] 李易难,牛燕雄,杨露. 基于 DSP+FPGA 视频图像采集处理系统的设计[J]. 电子测量技术, 2014, 37(1): 58-61.
- [13] 周冰,王永仲,孙立辉,等. 图像局部熵用于小目标检测研究[J]. 光子报, 2008, 37(2): 381-387.
- [14] 赵齐月,毛征,张庆龙,等. 基于局域熵值分布图的目标分割及质心计算[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(2): 33-36, 48.
- [15] 孙乐公,毛征,高安洁,等. 空中小目标实时检测的快速局部熵算法研究[J]. 国外电子测量技术, 2011, 30(6): 28-32.

#### 作 者 简 介

**张庆龙**, 1988 年出生, 在读硕士研究生。主要研究方向为光电跟踪技术研究及相关硬件。

**张辉**, 1982 年出生, 工学博士。主要研究方向为光电跟踪技术研究及相关硬件。

**毛征**, 1959 年出生, 工学博士, 教授。主要研究方向为兵器系统仿真与光电跟踪技术。

E-mail: maozheng@bjut.edu.cn