

基于DSP的 X射线图像实时显示系统设计

摘要: 研究一种基于高速处理芯片 TMS320DM643 的 X 射线图像实时处理及显示系统, 针对 X 射线图像的特点, 分析系统整体性能, 包括接口电路, A/D、D/A 转换芯片、EDMA、二级缓存等。对应用的 DSP 等主要芯片进行了合理配置, 分析运用图像处理算法, 选择出适合的算法, 编写算法流程图, 达到了预期的显示效果。

关键词: X 射线图像实时处理; TMS320DM643; TVP5150; ASS7104H

中图分类号: TB852

文献标识码: A

文章编号: 1006-883X(2010)06-0030-04

► 杨洪泽 程耀瑜 任毅 赵金芳

一、前言

X 射线成像技术在工厂探伤领域中具有举足轻重的地位, X 光检查结果是当前焊缝检测中最重要的依据之一。根据近几年国内市场需求情况的分析, 用户对高精度、高效率的自动化、数字化探伤仪需求量明显增加, 特别是在数字 X 射线成像设备上, 然而这类设备主要依赖进口, 进口的质量虽好, 但价格过高, 不适合国内广大用户的购买能力。国内也有一些企业生产此类设备, 但普遍图像精度较低, 比如采用 8 位的视频采样, 而且功能较弱, 不具备网络功能等。数字 X 射线成像设备的核心部件就是实时视频处理系统^[4], 因此研制一款高精度、功能强大的实时影像处理系统的确很有必要。随着电子技术和计算机技术的快速发展, 提高读出和建像速度是目前 X 射线成像技术的主攻方向。

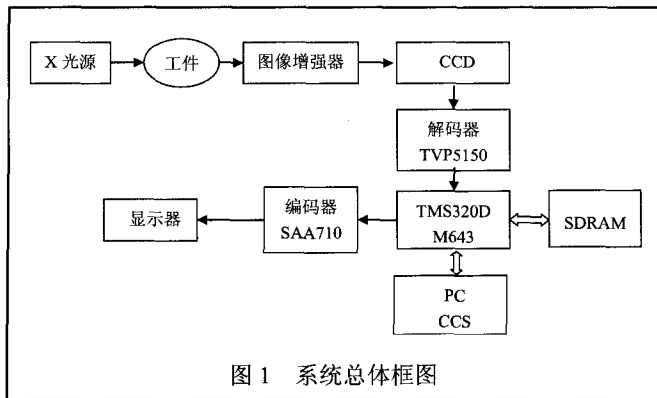


图 1 系统总体框图

二、系统硬件方案

本系统实际上是一个实时图像处理系统, 因数据吞吐量大, 而处理视频的路数也较多, 根据需求分析, 采用处理性能高, 最好具有专用视频接口的处理器。一般的实时处理器不能完成本系统提出的要求。因此, 采用一款针对多媒体处理领域应用的 DSP (数字信号处理器) TMS320DM643 (后面简称 DM643) 芯片作为 X 射线实时视频处理系统的主处理器。

TMS320DM643 主频达到 600MHz, 主要外围设备包括^[5]: 3 个可配置的视频接口, 可以和视频输入、输出或传输流输入无缝连接; VCXO 内插控制端口 (VIC); 10/100Mbps 以太网口 (EMAC); 数据管理输入输出模块 (MDIO); 多通道音频串行端口 (MCASP); I²C 总线模块; 2 个多通道有缓存的串口 (MCBSPS); 3 个 32-bit 通用定时器; 用户可配置的 16-bit 或 32-bit 的主端口接口 (HPI16/HPI32); 66Mhz32-bit 的 PCI 接口; 通用 I/O 端口 (GPIO)。64-bit 的外部存储单元接口 (EMIF), 支持和同步或异步存储单元的连接。主处理器

的诸多外设保证了此系统多功能的实现。系统总体框图如图 1 所示。

三、编解码器的配置

1、视频编解码

一个典型的数字视频编解码器的第一步是将从摄像机输入的视频从 RGB 色度空间转换到 YCbCr 色度空间，而且通常还伴有色度抽样来生成 4:2:0 格式的视频（有时候在隔行扫描的情况下会采用 4:2:2 的抽样方式）转换到 YCbCr 色度空间会带来两点好处：

（1）部分的解除了色度信号中的相关性，提高了可压缩能力。

（2）将亮度信号分离出来，而亮度信号对视觉感觉是最重要的，相对来说色度信号对视觉感觉就不是那么重要，可以抽样到较低的分辨率（4:2:0 或者 4:2:2）而不影响人观看的感觉^[2]。

输入的视频图像通常被分割为宏块分别进行编码，宏块的大小通常是 16×16 的亮度块信息和对应的色度块信息。然后使用分块的运动补偿从已编码的帧对当前帧的数据进行预测。之后，使用块变换或者子带分解来减少空域的统计相关性。

解码基本上执行和编码的过程完全相反的过程。其中不能被完全恢复原来信息的步骤是量化。这时候，要尽可能接近的恢复原来的信息。这个过程被称为反量化，尽管量化本身已经注定是个不可逆过程。

视频编解码器的设计通常是标准化的，也就是说，有发布的文档来准确的规范如何进行。实际上，为了使编码的码流具有互操作性（即由 A 编码器编成的码流可以由 B 解码器解码，反之亦然），仅仅对解码器的解码过程进行规范就足够了。通常编码的过程并不完全被一个标准所定义，用户有设计自己编码器的自由，只要用户设计的编码器编码产生的码流是符合解码规范的就就可以了。因此，由不同的编码器对同样的视频源按照同样的标准进行编码，再解码后输出图像的质量往往可能相差很多。

2、编解码芯片的配置

DM643 支持标准的 BT.656 格式的视频数据流的输入格式，能与 TVP5150 的视频数据流进行无缝连接，DM643 提供了两路 VP 口，将通道 A 配置为视频输入口。

VP1CLK0 作为视频源的输入时钟，VP1CLK0、1、2 作为 CAPEN/AVID/HSYNC、VBLNK/VSYNC、FID 输入同步

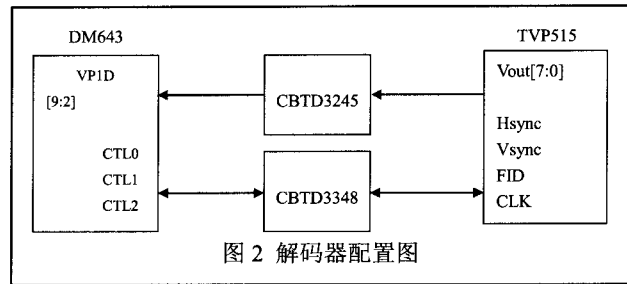


图 2 解码器配置图

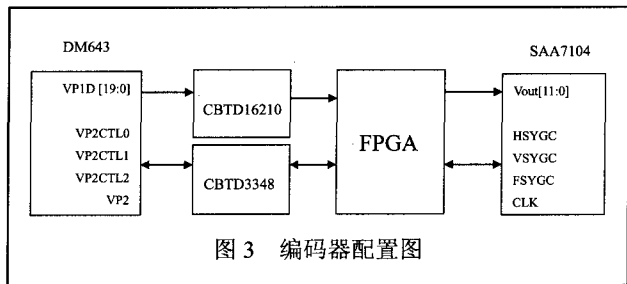


图 3 编码器配置图

信号。

视频编码器 SAA7104 支持 PAL 与 NTSC 格式的视频编码输出，同时可提供分辨率为 1280 X 1024 的 VGA 视频输出，可以直接驱动 PC 显示器，最大分辨率为 1920 × 1080 的高清视频输出。

VP2 配置为单通道的视频输入口时，CLK0 作为视频源的输入时钟，CLK1 作为视频源输出时钟，VP1CTL0、1、2 作为 CAPEN/AVID/HSYNC、VBLNK/VSYNC、FID 同步输入信号。

四、接口电路配置

本系统的 TMS320DM643 在视频图像的处理时，处理过程中会产生大量数据，而其内部最多仅有 256 KB 的 RAM，所以需要扩展大容量的外部存储器才能满足数据处理的需要。本系统选用一片 SDRAM 用于存储程序、数据和缓存数字视频信息，选用 1 片 FLASH 存储器用于固化程序和一些掉电后仍需保存的用户数据。SDRAM 芯片和 FLASH 芯片均通过 TMS320DM643 的 EMIF 口实现无缝连接^[3]。TMS320DM643 的 EMIF 有 4 个独立的可设定地址的区域，称为芯片使能空间（CE0~CE3），当 FLASH 和 FPGA 映射到 CE1 时，SDRAM 占据 CE0，CE3 的一部分被配置给 OSD 功能的同步操作和扩展的 FPGA 中的其他同步寄存器操作。本系统合并形成了一个 64 bit 长的外部存储器端口，将地址空间分割成了 4 个芯片使能区，允许对地址空间进行 8 bit、16 bit、32 bit 和 64 bit 的同步或不同步的存取，并且使用了芯片使能区 CE0、CE1 和 CE3。CE0 被发送给 64 bit 的 SDRAM 总线，CE1 被 8 bit 的 FLASH 和 FPGA 功能使用，CE3 被设

置成同步功能。

EMIF 缓冲器和解码器的功能通过 GAL16V8 普通逻辑数组驱动器实现。驱动器可以对 SDRAM 进行简单的解码处理, UART 与缓冲器共同控制 CE1、CE2 和 CE3。

VHDL 如下所示:

```
FLASH_CE <= '0' when A22='0' and
CE1='0' else '1';
```

```
UART_CSA <= '0' when A22='1' and
A8='0' and A7='0' and A6='0' and
CE1='0' else '1';
```

```
UART_CSB <= '0' when A22='1' and
A8='0' and A7='0' and A6='1' and
CE1='0' else '1';
```

```
EMIF_OE <= '0' when CE1='0' or
CE2='0' or CE3='0' else '1';
```

```
EMIF_DIR <= '1' when (CE1='0' and
AOE='0') or (CE2='0' and AOE='0')
or (CE3='0' and AOE='0') else '1';
```

五、视频图像处理

1、主要软件流程

本系统主要完成视频采集、视频图像处理、输出显示三个部分的工作。本设计的一个主要特点是采用了具有视频解码芯片 SAA7104H 作为视频采集前端,为视频处理器提供了高质量视频,且此芯片可以与主视频处理器进行无缝连接。视频图像处理部分由 TMS320DM643 完成图像的递归滤波、边缘增强、阴影校正、翻转和运动检测等。输出显示部分要驱动显示器,分别用来显示实时视频和静态图像。以下列出图像采集与处理的流程图,图像处理流程简介如下:

(1) DSP 上电启动,通过 DM643 的 BootLoad 从 BootRom 上加载程序到 DSP 内部的 RAM 空间,之后程序开始运行,完成 CPU、中断、外设、视频端口等的初始化。然后通过 IIC 总线对专用视频解码器芯片 TVP5150 以及编码芯片 SAA7104 进行寄

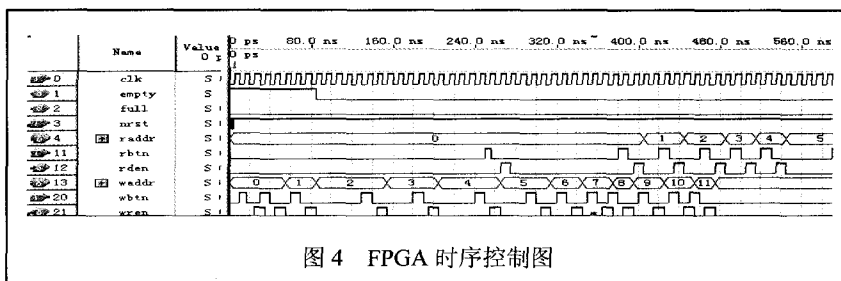


图 4 FPGA 时序控制图

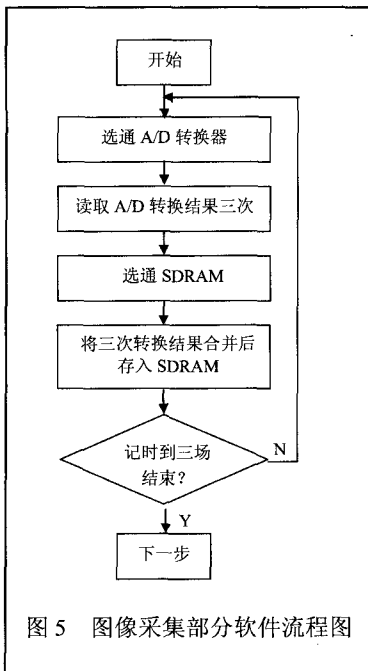


图 5 图像采集部分软件流程图

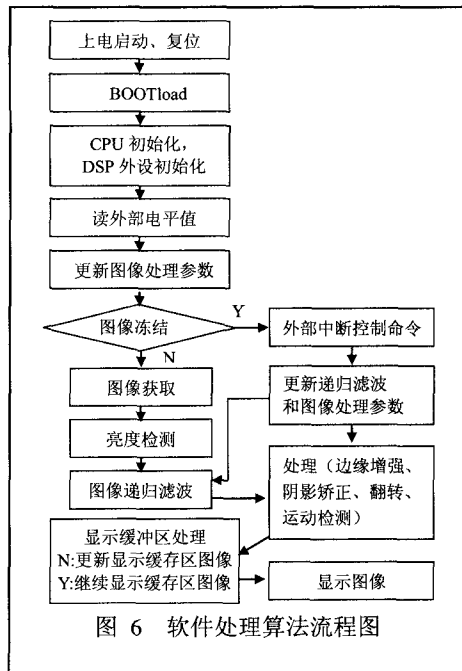


图 6 软件处理算法流程图

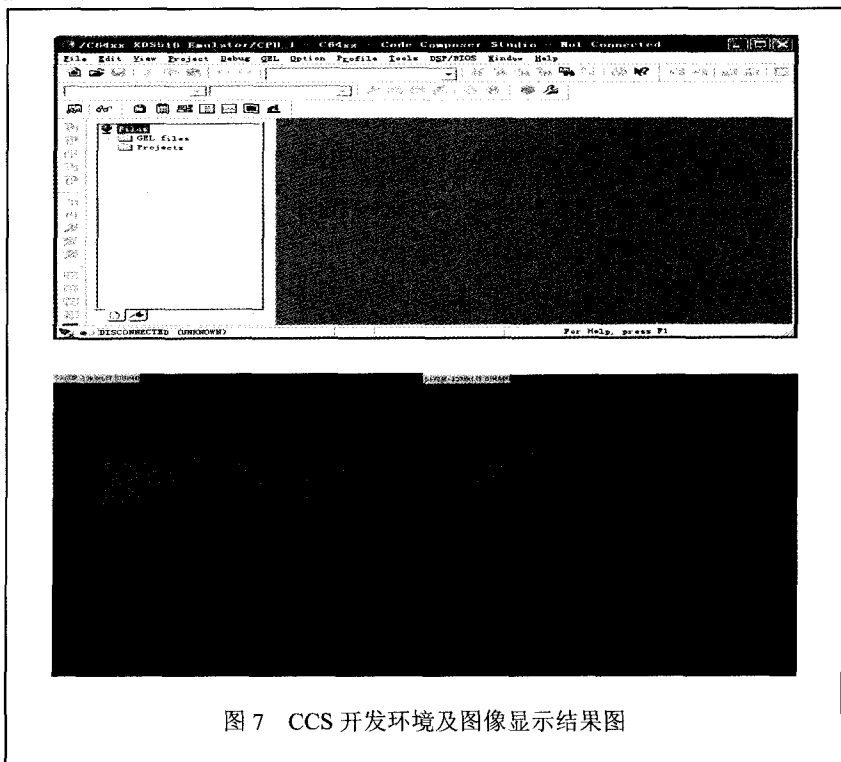


图 7 CCS 开发环境及图像显示结果图

寄存器配置,使其按照指定的工作模式进行视频编解码工作。

(2) 视频解码器芯片将采集的视频信号转制为数字视频格式 BT.656 后送入 DM642, DM642 通过视频端口配置的 EDMA 将视频帧搬到外部的 SDRAM 中,等待进一步的图像处理。

(3) DSP 通过 FPGA 读取外部端口的信号,并根据其电平以及外部中断提供的命令信息调整图像处理的各种参数要求,进而完成图像的递归滤波、边缘增强、阴影校正、负像、翻转和运动检测等。整个处理过程以流水线的方式实现。

(4) 将处理后的图像转换成一帧两场隔行的格式,由 DM643 的视频端口 0、1 以 100Hz 的场刷新频率输出显示。

2、结果分析

铅房里的 X 射线源打开以后,射线通过对工件如钢管焊缝, X 射线经过衰减,由图像增强器转换后,被 CCD 接收,视频输入线把图像送入 DSP 试验箱,再由装于 PC 的 DSP 的集成开发环境 CCS 的控制下,编写软件,实现图像的各种处理结果。如果相机焦距调节合适,所接收的图像直接显示后符合检测效果,可以直接进行检测,如果由于其他原因,造成图像不变检测时,在 CCS 环境下运行合适的软件,进行图像处理操作,达到预期的显示检测效果。图 7 为试验平台和直接显示的图像结果。

六、结束语

本系统采用的核心处理器是 TMS320DM643,主要是为实现低功耗、高性能而专门设计的定点 DSP 芯片。它具有高度灵活的可操作性和高速的处理能力,先进的多总线结构,主要应用在通信、数据采集等系统中。

本文使用 DSP 的集成开发环境 CCS,在利用 TI 的原有软硬件资源的基础上,通过对 FPGA、编解码芯片的配置,设计了一套便捷的 X 射线图像实时处理显示系统,所作研究工作有望为以后进一步研究基于 DSP 的实时图像处理打下基础。

参考文献

- [1]任丽香.TMS320C6000 系列 DSPs 的原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2000.
- [2]李方慧,王飞,何佩琨.TMS320C6000 系列 DSPs 原理与应用[M].北京:电子工业出版社(第 2 版).2003.
- [3]Texas Instruments Incorporated. TMS320DM642 technical overview[J]. DSP video and imaging digital applications. 2002.6:53-65
- [4]孙怡,孙洪雨,白鹏等.X 射线焊缝图像中缺陷的实时检测方法[J].焊

接学报,2003,25(2):115-120

[5]Texas Instruments, Incorporated[SLES098,*].Ultralow Power NTSC/PAL/SECAM Video Decoder.[Z]

Design of a real-time X-ray image processing and display system based on DSP

YANG Hong -ze , CHENG Yao-yu, REN Yi , ZHAO Jin-fang

(*Modern Nondestructive Testing Engineering Technology Research Center of Shanxi Province, North University of China, Taiyuan 030051,China*)

Abstract: A real-time X-ray image processing and display system on high-speed processing chip TMS320DM643 is researched in this paper. Aiming at the characteristics of X-ray image , an overall analysis of the system performances is given, which includes the interface circuits, A/D converter, D/A converter, EDMA, secondary cache etc. A reasonable configuration for the applied DSPs and other major chips are supplied. Based on the analyses of image processing algorithm, the appropriate algorithm is brought forward and the drawing flow chart of the algorithm is presented too. Results show that the desired display can be achieved .

Keywords: real-time X-ray image processing; TMS320DM643; TVP5150; ASS7104H

作者简介:

杨洪泽,中北大学信息与通信工程学院研究生,研究方向:信息获取与重建

通讯地址:山西省太原市学院路 3 号中北大学 456 信箱
邮编:030051

Email:hongze918918@126.com

程耀瑜,中北大学教授,研究方向:X 射线图像与远红外图像。

任毅,中北大学研究生,研究方向:信息获取与重建。

赵金芳,中北大学研究生,研究方向:测试技术计量与仪器。

读者服务卡编号 009□