

## 基于高速 DSP 的红外图像处理电路研究

邢素霞, 常本康, 钱芸生, 张俊举, 黄诚意, 何忠秋

(南京理工大学 电子技术工程与光学技术学院, 江苏 南京 210094)

**摘要:**介绍了一种基于高性能定点数字信号处理器(DSP)TMS320C6201 的图像处理系统, 该系统主要包括驱动电路模块、A/D 和 D/A 转换模块、数字信号处理模块和视频显示模块。由于该系统采用了高性能、低功耗的处理芯片, 使整个系统具有实时性高、性能稳定、精度高、体积小、功耗低等优点, 在红外热成像系统中有着广泛的应用前景。

**关键词:**数字信号处理器; 图像处理; A/D; D/A; 驱动电路

**中图分类号:**TN7 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2004)03-0292-04

## Study on infrared image processing circuit based on high speed DSP

XING Su-xia, CHANG Ben-kang, QIAN Yun-sheng, ZHANG Jun-jv

HUANG Cheng-yi, HE Zhong-qiu

(School of Electronic & Optoelectronics, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** A image processing system based on high performance fixed-point Digital Signal Processor (DSP)TMS320C6201 is discussed. This system includes drive circuit module, A/D and D/A transform module, digital signal processing module and video frequency display module. As a result of using high performance and low dissipation processing chip, the system owns the virtues of high real-time, performance stability, high precision, small bulk and low dissipation, and has wide application in the future.

**Key words:**DSP; Image processing; A/D; D/A; Drive circuit

### 0 引言

随着科学技术的高速发展, 红外热成像系统在军事、科研、工农业生产、医疗卫生等领域的应用越来越广泛。红外热成像系统是以焦平面阵列为核心器件, 加以外部处理电路和显示器件组成的系统。其中非

制冷红外焦平面阵列以其体积小、功耗低、成本低等优势, 在红外热成像系统中日益受到人们的重视, 并广泛地应用于各种成像系统中。由于红外焦平面阵列固有的非均匀性, 在红外图像处理过程中, 必须对每帧图像中的每个像素进行非均匀性校正处理, 才能得到较好的显示效果。同时, 由于焦平面阵列盲元的存在, 在非均匀性校正的同时要考虑盲元替换的问

收稿日期:2003-07-12; 修订日期:2003-08-10

作者简介:邢素霞(1975-), 女, 山东单县人, 博士, 主要从事红外方面的研究。

题。因此,红外图像实时处理的数据量很大,如  $320 \times 240$  的红外焦平面阵列,像素数为 75K,如果每个像素采用 12 bit 表示,图像 30 帧/s,则传输的数据量高达 3.375 Mbyte/s;如果要进行校正运算,计算量更大。数字信号处理器(DSP)为适用于体积小、运算速度快、运算量大、功耗低等性能的便携式系统,对数据量较大的系统,仍可以满足实时性的要求,因此 DSP 在红外热成像系统中具有广泛的应用前景。

本文介绍的是一种基于高性能定点型数字信号处理器 TMS320C6201 的高速数据采集与处理系统。定点 DSP 的成本远低于浮点 DSP,通信、语音、图像处理往往采用定点 DSP 就可以满足要求。定点 DSP 功耗也较低,一般在 0.5~1.5 W,低电压(2.5、3.3 V)型仅在 200 mW 以下,而且在休眠模式下(Power down 或 Sleep)功耗更低。浮点 DSP 由于片内集成度、运算复杂性较高,功耗是定点 DSP 的 3~5 倍。

TMS320C6201 为 TI 公司推出的高性能、低功耗定点 DSP 芯片,具有优化的 CPU 结构,提供两个双向通道缓冲串行口,支持 32、24、20、16、12 和 8 位数据传输。最高工作时钟频率可达 200 MHz,具有 2 个带引导装载功能的 DMA 通道。使得实现实时和小型化的红外图像处理器成为可能,为红外热成像系统的应用提供了更广阔的应用前景。

## 1 高速 DSP 红外图像处理系统原理

基于 TMS320C6201 芯片的红外热成像电路原理图如图 1 所示。本电路以 TI 公司的 TMS320C6201 为核心,外接 A/D 和 D/A 转换电路和数据/程序存储器,在驱动和时钟电路的作用下,焦平面阵列的信号被序列读出,经 A/D 采集后转换为数字信号,然后输给双口 RAM(DRAM)。由于本系统的采样速率高达几十兆 SPS,如果存储控制系统不能及时接收数据,则上次转换的数据马上就被下一个数据所覆盖,很容易造成数据混乱<sup>[5]</sup>。而 DMA 数据传输速率比数据转换速率慢,因此需要在 A/D 转换器和 DSP 之间加数据缓冲器。常用的数据缓冲器有 FIFO、DRAM 和 SRAM,这里采用 DRAM。

非均匀性校正偏移量和增益数据以及盲元替换列表存储在快速静态存储器 SRAM 中,当 DSP 芯片

对一帧数据进行校正时,根据地址查询从快速静态存储器 SRAM 读取数据,按照一定的算术逻辑运算,完成对红外图像的非均匀性校正及盲元替换,校正后的数据也需首先存储到另外的 DRAM 中缓冲,以供 D/A 转换器把校正后的数字信号转换为模拟视频信号,并在显示器上显示。

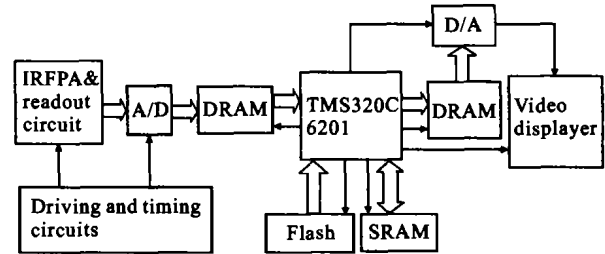


图 1 红外焦平面成像电路方框原理图

Fig.1 Block diagram for IRFPA imaging circuit

## 2 红外图像处理系统构成

### 2.1 驱动电路<sup>[4]</sup>

红外探测器采用 SOFRADIR 公司的  $320 \times 240$  芯片,该焦平面共需 6 个脉冲信号和 8 个电源信号,其中 5 个外置固定电压,2 个可调外置电压和 1 个热稳定器电源。

$320 \times 240$  型非制冷焦平面阵列的脉冲驱动电路主要采用了现场可编程器件 CPLD(XILINX 公司的 XC9500 系列产品)。脉冲信号主要有主时钟信号 MC、积分信号 INT 和复位信号 RESET。主时钟频率与  $320 \times 240$  非制冷焦平面(UFPA)阵列的输出数据速率相等,与视频显示格式有关。标准的 PAL 制视频信号的帧频为 60 Hz,对于每帧  $320 \times 240$  像素的视频信号,其每行有效像素是 320,对应的电视信号每行应该为  $320 \times 1.18 = 377.6 \approx 378$ 。对应视频信号的每帧像素应为 91665,则频率为 5.4999 MHz,近似为 5.5 MHz,可采用 11.0592 MHz 的晶振,通过两分频得到。

焦平面阵列需工作在稳定的温度环境下,内部集成的热稳定器(TEC)利用塞贝克效应来制冷或加热(TEC 是通过控制流过稳定器的电流方向制冷或加热,可以移去(或增加)的热量与流过 TEC 的电流大小有关)。电流越大,移去(或增热)的热量越多。同

时该电路还应满足温控精度的要求,即 $\leq 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

## 2.2 A/D 转换器

A/D 转换器在驱动电路提供的控制时序下完成对从 UFPA 出来的模拟信号到数字信号的采集与转换。

MAX1421 是一种高性能、低功耗、+3.3 V 供电、最高采样频率为 40MSPS 的 12 位 ADC,内部集成了基准电压源,是便携式成像系统应用的理想器件。便携式成像系统要求宽频带、良好的线性和动态性能,并且要求尽可能低的功耗。新型的转换器 MAX1421 工作在 3.3 V 电源下具有较低功耗,仅为 180 mW,且成本很低。其微分非线性误差为 0.5 LSB,差分输入的跟踪/保持放大器具有 400 MHz 全功率带宽。

## 2.3 DSP 处理器

TMS320C6201 是 TMS320C6x 系列中的高速定点数字处理芯片,是 TI 公司 20 世纪 90 年代后期的最新一代 DSP 产品<sup>[1]</sup>。最短指令周期为 0.5 ns,每个指令周期可执行 8 条指令,工作时钟频率最高为 200 MHz,每秒最大处理能力为 1600 MIPS, TMS320C6201 采用了 32 位高性能 CPU,具有特殊的 VelociTI 结构的指令集,支持 32、16 和 8 位数据,在片 64 Kb 静态 RAM,分为 4 个 8 K $\times$ 16 位存储器,CPU 可在一个周期内同时访问不同的 RAM 内数据,增强了数据采取的并行性,从而保证了它强大的运算能力、高度的并行性和良好的灵活性。同时其外围设备包括 DMA 控制器、主机接口(HPI)、中断选择器,能够很方便快速地与外围设备进行数据交换。

TMS320C6201 芯片在该系统中的主要功能是完成信号的非均匀性校正及盲元探测和替换功能。非均匀性校正算法的选择直接影响着图像处理的速度,决定了图像处理器是否能满足实时性的要求<sup>[3]</sup>。两点定标法是目前应用较为成功的一种非均匀性校正算法,该方法具有实时性强的特点,利用采样查找表的方法,把非均匀性校正增益和偏移量提前存储在数据存储器内。经 A/D 转换后的数据经过双口 RAM 缓冲后传输到 DSP 的同时,对数据存储器寻址,从存储器中读出增益和偏移量,在 DSP 内按  $y = ax + b$  进行运算, $a$ 、 $b$  分别为校正增益和偏移量, $x$  为

校正前的图像信号, $y$  为校正后的输出信号。校正后的一场数据在一场的消隐时间存储到双口数据存储器<sup>[2]</sup>。

在 DSP 芯片完成一系列的数据运算的同时,需要与数据存储空间不断地进行数据交换,因此,DSP 的处理速度与外围存储器的数据读取速度决定着整个系统是否能够满足实时性的要求。

## 2.4 D/A 转换器

本电路采用 AD 公司的 ADV7128 器件,该 D/A 转换器分辨率为 10 bit,采样率为 80 MHz;输入信号采用的是标准 TTL 电平接口,输出信号为视频信号,可与 RS-323A 或 RS-170 制式电视信号兼容。ADV7128 器件采用单+5 V 电压供电,外部参考电压为 1.25 V,由于采用了单片式 CMOS 结构,该芯片的功耗较低。28 引脚的小型封装形式,极适合于对功耗及价格敏感的图像处理及通讯应用。

## 2.5 数据/程序存储器

数据存储器用来存储非均匀性校正系数,其读取数据的速度是非均匀性校正运算速度的关键。TMS320C6201 共有 64 Kb 片内 RAM,存取速度很快,可以满足实时性的要求,但对于 320 $\times$ 240 的焦平面阵列来说,若每像素取一个采样点,采集一帧图像的数据量为 75 K,非均匀性校正增益、偏移量和盲元列表共需 75 K $\times$ 3=225 K 数据存储空间,因此需对外扩展数据存储空间。

另外,由于 A/D 和 D/A 转换器与 DSP 读取数据的速度不匹配,在 A/D 与 DSP 之间和 DSP 与 D/A 之间有必要采用高速的数据缓冲器<sup>[5]</sup>。目前常用的数据缓存器多为 FIFO(先入先出)、SRAM 及双口 RAM 等。双口 RAM 和 SRAM 一般存储量较大,但必须用到复杂的地址发生器。FIFO 芯片按数据顺序进出,且输入输出独立,在电路设计上相对简单得多,但由于数据不能按址查询,而是遵循先入先出的原则输出,在软件处理上要复杂一些。FIFO 一般价格较贵,且存储量不大。

在程序存储器中,Flash 存储器与 EPROM 相比,具有更高的性能价格比,且体积小,功耗低,可电擦写,掉电后数据不丢失,使用比较方便。3.3 V Flash 可直接与 DSP 相接。但 Flash 存储器的运行速度比数据存储器慢,因此在系统上电时,Flash 内

的程序被搬运到快速 SDRAM,以满足 DSP 高速读取的需要。掉电后 SDRAM 内的程序丢失。

可选的 SDRAM 器件有 TMS626812B-10(1 M $\times$ 8 bit $\times$ 2 bank,工作频率 100 MHz)和三星的 KM416S4030BT-8(1 M $\times$ 16 bit $\times$ 4 bank),存储速度都在 10 ns 左右。

### 3 红外图像处理器的技术特点

根据应用的需要,红外图像处理电路必须满足实时性、低功耗及小型化的工作要求。

(1) 实时性。文中采用的高速 TMS320C6201 是实现该系统实时性的关键。该高速 DSP 芯片几乎是目前处理速度最快的信号处理器,它拥有两个直接数据与高速数据存储器、高速程序存储器、高速数据缓冲器、高速数据转换器等相结合,使整个系统的实时性得到满足。

(2) 低功耗。在该系统中,采用的器件大多工作在 3.3 V 电压下,其功耗远远低于 5 V 电压的功耗,因而使整个系统的功耗大大减少。

(3) 小型化。该系统采用了密集型存储器 SDRAM、DRAM,驱动电路设计采用了 CPLD 器件,使电路具有小型化、集成度高等优点。由于所采用器件功能集成性高及贴片式封装,整个系统所使用的器件数大为减少,从而减小了系统的体积。

### 4 结束语

本文选用了 TI 公司的 32 位定点 DSP 芯片 TMS320C6201,该芯片几乎是目前处理速度最快的信号处理器,同时该芯片的功耗低、控制灵活。

与高速信号处理器 TMS320C6201 速度相匹配的高速存储器等外围器件组成的高速图像处理电路,具有实时性强、功耗低、体积小、性能价格比较高等特点,使该电路在图像处理中具有广泛的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 李武森,迟泽英,陈文建,等.嵌入高速 DSP 器件 TMS320C6201 的微光视频数字图像处理系统[J].光电子技术与信息,2002,15(5):36-38.
- [2] 曾祥鸿,师汉民,姜宏滨,等.基于 FPGA 的红外焦平面成像电路的研究[J].红外技术,2003,25(1):72-73.
- [3] 顾东升,杨南生,皮德富,等.一种基于 DSP+FPGA 技术的实时红外图像直方图均衡器[J].红外技术,2002,24(3):15-19.
- [4] 李颖文,易新建,何兆湘,等.320 $\times$ 240 红外焦平面阵列驱动电路的小型化设计研究[J].红外与激光工程,2001,30(3):230-234.
- [5] 徐桂芝,费飞,张慧芬,等.一种 12 位双通道高速数据采集处理系统[J].电子技术应用,2002,28(5):78-80.

### 书 讯

## 《光学系统设计》简介

《红外与激光工程》编辑部组织翻译的《光学系统设计》(内部资料)现已出版发行。该书主要内容包括:基础光学与光学系统技术要求;光阑、光瞳和基本原理;衍射、像差和像质;光程差的概念;几何像差及其消除方法;玻璃的选择(包括塑料);球面和非球面;光学系统的设计型式;光学设计过程;计算机性能评价;高斯光束成像;红外热成像基础和紫外光学系统;衍射光学;照明系统的设计;性能评价与光学测试;公差与生产工艺性;光学加工;光学设计中的偏振问题;光学薄膜;硬件设计问题;镜头设计优化实例;光学系统设计中的错误;经验法则和提示。该书适于光学领域的技术人员使用,也可作为大学教科书及研究生参考书,中译本 301 页,定价 160 元。英文简装本,定价 150 元,数量有限,欢迎订阅。有需求者请与《红外与激光工程》编辑部联系。联系电话:(022)23666400;(022)23363000 转 3087;通信地址:天津市 225 信箱 32 分箱(300192)。