

多波段实时红外图像信号采集处理系统的设计

陈立法 崔春明 葛 军 周起勃

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

摘 要 介绍了一种高精度、实时红外图像采集处理系统的原理、构成及特点。系统选用 12Bit 高速 A/D 转换器, 并采用 CPLD 进行时序逻辑电路设计, 采用 DSP 进行非均匀性校正。特别适用于高精度的红外辐射特性测量。

关键词 红外辐射特性, 实时信号采集, 非均匀性校正。

DESIGN OF MULTICHANNEL REAL-TIME IR IMAGE SIGNAL ACQUISITION AND PROCESSING SYSTEM

CHEN Li-Fa CUI Chun-Ming GE Jun ZHOU Qi-Bo

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract The principle, composing and peculiarity of high-precision real-time IR image signal acquisition and processing system were introduced. 12-Bit A/D converter was selected in the system. DSP and CPLD were adopted, which make it suitable for high precision measurement in IR radiation characteristics.

Key words infrared radiation characteristics, real-time signal acquisition, nonuniformity correction.

引言

红外热成像系统通过摄取目标发射的红外辐射, 将其转换为电信号输出, 形成可视图像实现对目标的热场进行观测和测量。随着红外探测器和计算机技术的发展, 红外成像技术越来越成熟, 并以其远距离、无损测量的优点被广泛应用于军事、公安、医疗、工业监控、交通管理、环境保护及地质勘探等领域。

红外热成像系统获取大量的热辐射信息, 如何实时而又准确地处理所获取的热图像是当前红外热图像处理领域一个难题。本文介绍一种基于 DSP 芯片和 Pentium I 微机的红外热图像采集与处理系统。该系统主要用于对空中小目标(如飞机)的红外

辐射特性进行定量测量, 可同时测量视场内辐射量最高的 3 个目标的辐射特性, 并实时记录数字图像。红外辐射特性测量系统结构示意图如图 1 所示。

1 系统硬件设计

红外辐射特性测量实时信号采集与处理系统的硬件原理图如图 2 所示。按电路功能该系统可分为图像预处理及数字化模块、非均匀性校正模块、帧存储器模块和时序逻辑控制模块^[1]。

1.1 图像预处理及数字化模块

该模块的作用是将红外成像头部输入的模拟图像信号进行放大, 调整到 A/D 转换芯片所需要的电平要求。系统 A/D 芯片采用美国 Analog Device 公司生产的 AD9224 芯片, 其最高采样率为 40 MHz,

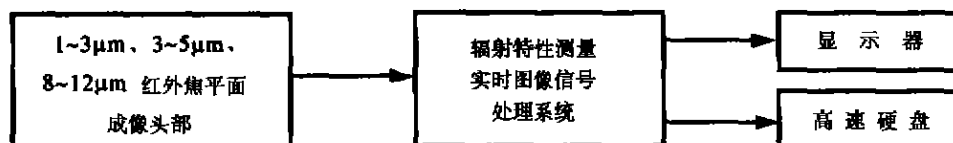


图 1 红外辐射特性测量系统结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of construction of the IR radiation characteristic measuring system

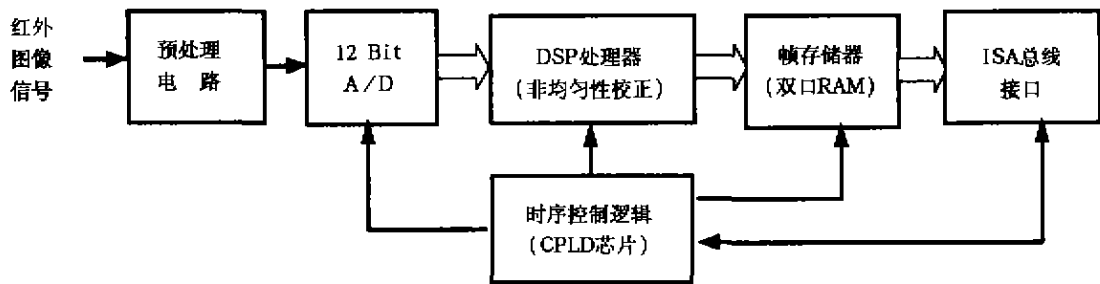


图 2 实时信号采集与处理系统硬件原理示意图

Fig. 2 Schematic diagram of hardware of the real-time signal acquisition and processing system

数据宽度为 12 Bit. 该芯片由单电源供电, 功耗低, 差分非线性误差为 ± 0.5 LSB, 内部包含了采样保持放大器和参考电压电路, 输入信号带宽为 200 MHz, 适用于高速、精确的 A/D 转换场合.

1.2 非均匀性校正模块

产生红外图像非均匀性的原因有多种, 从红外图像的信号传递过程看, 首先是探测器像元响应率或光谱响应率的非均匀性, 其次是读出电路自身及读出电路与探测器的耦合因素, 以及红外光学系统的影响等等. 对于红外焦平面阵列探测器, 响应的非均匀性存在于整个像平面上, 严重影响了红外图像的成像质量, 因此必须进行红外非均匀性校正.

文献[2,3]对红外非均匀性的来源进行了比较细致的分析, 通过对红外非均匀性来源的分析可见, 如果探测器各单元的响应特性在时间上是稳定的, 在需测量的温度范围内是线性的, 则红外图像的非均匀性引入固定模式的乘性和加性噪声^[3], 此时, 对于均匀辐射体, 焦平面阵列元的响应输出为

$$x_i(\Phi) = u_{ij}\Phi + v_{ij}, \quad (1)$$

式中(1)中 Φ 为辐射通量, u_{ij} 和 v_{ij} 分别为增益和偏移量(即暗电流), 对于特定的阵列元, u_{ij} 和 v_{ij} 都是常数. 因此, 采用两点校正法即可实现红外焦平面阵列图像的非均匀性. 即

$$y_{ij} = G_{ij}x_{ij}(\Phi) + O_{ij}, \quad (2)$$

式(2)中 G_{ij} , $x_{ij}(\Phi)$ 和 O_{ij} 分别为两点校正法的校正增益和校正偏移量, y_{ij} 为校正的输出. 在红外成像头部前放入辐射均匀的高温 and 低温两种面黑体, 由其响应可计算出 G_{ij} 和 O_{ij} , 从而可实现非均匀性校正.

本系统采用 TMS320C50 系列 DSP 芯片进行两点校正, 校正系数 G_{ij} 和 O_{ij} 先存放在 DSP 外挂的 EPROM 中, DSP 芯片对每个阵列元数据完成一次乘法 and 一次加法运算, 从而实现非均匀性校正.

1.3 帧存储器模块和时序逻辑控制模块

由于输入的数字图像为 12Bit 的灰度图像, 系统所采用的红外成像头部探测器的最大分辨率为 320×240 , 因此系统帧存储器选用 128K \times 16Bit 的双口 RAM. 采用双口 RAM, 存储速度快, 而且可起到在采集处理板与微机之间的缓冲作用. 在帧存储器数据读取电路设计中, 采用“直接存储器内存映射法”, 即系统图像帧存储器直接映射为微机内存, 占用微机内存的 D 段和 E 段共计 128K Bytes 的内存空间, 采用此种方法无需外加接口电路, 可提高系统的数据传输速度.

时序逻辑是整个采集处理板的“控制中心”, 其功能主要是协调各模块之间的时序关系. 为了减少系统使用的逻辑门数, 降低印刷电路板的元器件分布密度以改善热分布和提高系统的可维修性, 可采用复杂可编程逻辑器件(CPLD)设计时序电路. 本系统选用美国 Xilinx 公司的 XC95108 芯片进行时序逻辑设计, 输入信号只有 3 个, 即时钟、行同步信号和帧同步信号, 通过内部计数器实现每行采集 320(或 256)个像素, 每帧采集 240(或 256)行, 并产生其它芯片所需的时钟、片选或地址信号.

2 系统软件功能

系统采用 Visual C++ 语言编写硬件驱动程序及显示界面, 完成图像采集、处理、显示、波段切换以及存盘等一系列功能. 微机通过直接访问存储器方式将帧存储器中的灰度级图像数据读入到内存中进行伪彩色查表转换成 RGB 3 个分量, 然后以窗口形式在显示器上显示目标和背景的伪彩色图像. 工作界面上可显示鼠标点位置的目标或背景的辐射量. 此外, 可人工干预选择数字灰度图像数据的存储起始时间, 将数据记录到大容量高速硬盘上, 连续记录时

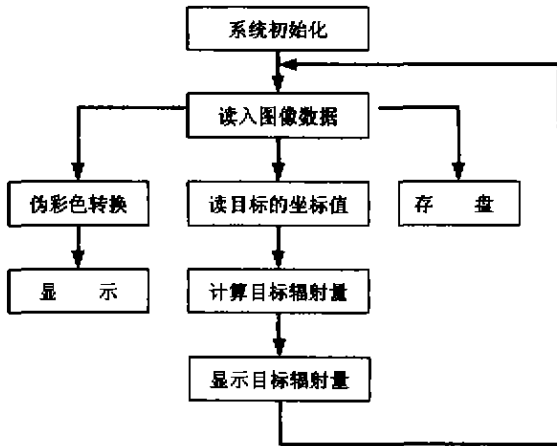


图 3 软件流程示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the software flow

间 10 min 以上,记录的数据可用伪彩色方式在显示器上回放,以便事后进行分析.软件流程示意图如图 3 所示.

3 结语

作为高速信号采集与处理系统,本系统的主要特点有:(1)高精度,高信噪化,采用 12Bit A/D 转换器,适合于高精度的辐射量测量和分析;(2)采用

双口 RAM 作为帧存储器,并直接映射到微机内存地址空间,可随时访问;(3)具有多目标处理功能,可同时测量出视场内辐射量最高的 3 个目标的辐射特性.

红外辐射特性测量以其无损、远距离测量的优点在工业和民用等方面的应用将会越来越广,相应地,对红外图像处理技术实时性的要求将越来越高.随着经济和技术的发展,DSP 芯片和 CPLD 芯片的应用将成为以后实时红外图像处理系统发展的一个重要方向.

REFERENCES

- [1] PANG Chang-Fu. The design and features of a new type of high precision image acquisition system. *Optical Technology* (庞长富.一种高精度图像采集系统的设计与特点. *光学技术*), 1997, (1): 22-22
- [2] ZHOU Jian-Xun, WANG Li-Ping, LIU Bin. Analysis of the cause for the nonuniformity of infrared image. *Infrared and Laser Engineering* (周建勋,王利平,刘滨.红外图像非均匀性产生原因分析. *红外与激光工程*), 1997, 26(7): 11-13
- [3] XIONG Hui, YANG Wei-Ping, SHEN Zhen-Kang. Study on infrared FPA nonuniformity correction. *Systems Engineering and Electronics* (熊辉,杨卫平,沈振康.红外焦平面阵列非均匀性校正算法研究. *系统工程与电子技术*), 1998, 20(12): 40-43