

文章编号 1004-924X(2005)06-0721-06

电晕探测系统中 JPEG 截图文件系统设计

于晓^{1,2,3}, 王欣⁴, 阎丰¹, 隋永新¹, 金春水¹, 杨怀江¹

(1. 中国科学院长春光学精密仪器机械与物理研究所应用光学国家重点实验室, 吉林长春 130033;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 空军航空大学, 吉林长春 130022;

4. 吉林大学计算机科学与技术学院, 吉林长春 130012)

摘要:针对检测及定位紫外电晕的问题,介绍了利用 TMS320DM642 高速 DSP 芯片设计的一种紫外电晕探测系统。该系统采用可见光和紫外光两台相机在同一视场采集图像,在 LCD 上实时显示两路信号经处理后的叠加图像,便于在观测电晕的同时确定电晕产生的部位。用户可将感兴趣的画面截获后压缩成 JPEG 图像存储到系统内部的 FLASH 中,并可以在 LCD 上浏览这些画面或通过 USB 接口将它们下载到 PC 机中。设计了一种用于存放截图的 JPEG 图像文件系统,给出了文件系统的原理框架,讨论了利用 RF5 参考框架实现 JPEG 编解码算法的方法,详细设计和实现了文件系统的存储空间组织、目录区结构和初始化、读写等基本操作。经测试,对分辨率为 720×576 的图像进行 JPEG 编、解码的平均时间分别为 10.5 ms 和 9.6 ms;耗时较多的截图保存操作所需时间约为 4~6 s;文件系统可以存放约 70 个图像。

关键词:DSP; JPEG; 文件系统; RF5; 紫外电晕

中图分类号: TP317.4 **文献标识码:** A

Design of JPEG image file system in corona detection system

(YU Xiao^{1,2,3}, WANG Xin⁴, YAN Feng¹, SUI Yong-xin¹, JIN Chun-shui¹, Yang Huai-jiang¹)

(1. *State Key Laboratory of Applied Optics, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;*

2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;*

3. *Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China;*

4. *College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China)*

Abstract: An ultraviolet corona detecting system was proposed for detecting and locating corona, in which TMS320DM642 was used as primary processor. A visible camera and an ultraviolet camera were used for inputting in the system. Two cameras have same visual field, so the processor can compose those input videos, and then display the result on LCD for user easy to observe and locate the corona. The interested images can be captured and saved into the internal FLASH of the system before it is encoded to JPEG files. The images in the internal FLASH can be displayed on LCD or downloaded into PC using USB interface. A kind of JPEG image file system was designed for saving these images, and implementation of JPEG algorithm based on RF5 was discussed. The design of storage space,

收稿日期:2005-06-22;修订日期:2005-08-18.

基金项目:中国科学院国防创新基金和中国科学院长春光学精密机械与物理研究所创新基金资助项目。

structure of directory area, and the implementations of basic operations such as initialization, reading and writing in the file system were particularly discussed. The experimental results show that it respectively spends 10.5 ms and 9.6 ms for JPEG encoding and decoding operations on the image of 720×576 resolution, and it spends about 4~6 s for capturing and saving operations, and 70 images can approximately be saved in the file system.

Key words: DSP; JPEG; file system; RF5; ultraviolet corona

1 引言

以高速数字信号处理器(DSPs)^[1]为基础的实时信号处理技术近年来发展迅速,并获得了广泛的应用。TMS320DM642^[2](以下简称DM642)是美国德克萨斯州仪器公司(Texas Instrument; TI)新近推出的高速定点 DSP 芯片,其峰值处理能力达到 5760MIPS,是目前国际上性能最好的 DSPs 之一。本文介绍了利用此款芯片设计的一种紫外电晕探测系统,该系统利用两台相机采集图像,其中一台是紫外像增强 CCD,另一台为可见光相机。令两相机的视场重合,即可利用紫外相机检测电晕,并利用可见光相机进行定位。在 LCD 上实时显示两路输入视频经处理后的叠加视频图像,便于观测电晕的同时确定电晕产生的部位。用户可将感兴趣的画面压缩为 JPEG 图像文件^[3-9]存储到系统内部的 FLASH 中,然后在 LCD 上浏览这些画面,也可通过 USB 接口将这些文件下载到 PC 机中。本文详细讨论了如何在 DM642 中实现 JPEG 编解码算法及 JPEG 图像文件系统的设计与实现。

2 高速 DSP 应用系统

在电力行业中,绝缘子的缺陷、导体的破损或污染会导致高压电力设备的电晕放电,因此可以通过检测电晕的位置来定位上述故障点。一般而言,电晕放电在可见光波段的能量非常微弱,而在紫外波段则相对较强,但是单独使用紫外探测器却无法获得可见光图像进行定位。为此设计了一种紫外电晕检测系统用于电晕的检测与定位。

2.1 紫外电晕探测系统原理框图

如图 1 所示,可见光相机和紫外光相机输出

的两路视频模拟信号经解码器转换为两路数字信号并输入到 DM642 中;DM652 将处理好的实时数字图像信号输出到编码器,由编码器将数字信号转换为标准的 PAL 制模拟视频信号输出到 LCD 模块上,用户也可将此输出信号连接到通用录像机上转录感兴趣的视频;片外 4M FLASH 用于存放 DM642 的程序代码、JPEG 图像文件系统和用于 OSD(On Screen Display)的点阵字库;用户通过键盘向系统发送指令;控制板接收并根据用户指令来控制 DM642 程序的运行,如将当前输出画面压缩后保存到文件系统中、用 OSD 方式显示系统状态、将文件系统中的 JPEG 图像通过控制板和 USB 接口下载到 PC 机中等。

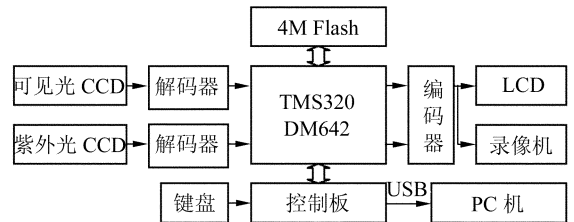


图 1 紫外电晕探测系统原理框图

Fig. 1 Principle diagram of ultraviolet corona detection system

DM642 是系统核心处理单元,主要完成两路视频信号的优化(如:去噪、增强等)及复合为一路输出视频信号;根据控制板给出的 OSD 相关指令,将 OSD 信息复合到输出视频信号中;维护 JPEG 文件系统;根据控制板给出的 JPEG 文件系统相关指令压缩和存储当前显示画面,解压已有 JPEG 文件并显示到 LCD 上,辅助控制板将文件系统中的 JPEG 图像下载到 PC 机中等。

2.2 JPEG 图像文件系统软件框架

如图 2 所示,整个文件系统相关软件由 6 个模块组成:

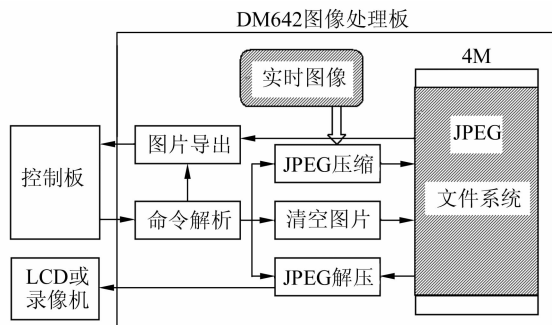


图 2 JPEG 图像文件系统软件框架

Fig. 2 Software architecture of JPEG image file system

• JPEG 文件系统模块:位于 FLASH 中的某段空间中,以一定规则组织和存储截获的 JPEG 图像(详见 4.1 节);

• 命令解析模块:解析由控制板输入的 JPEG 文件系统相关指令,根据所得到的解析结果调用适当的处理函数去完成相关的任务,如图像压缩与存储、图像解压与显示、清空 FLASH 中的图像等;

• JPEG 压缩模块:压缩当前画面并将压缩后的 JPEG 图像存储到文件系统中;

• JPEG 解压模块:解压文件系统中的某个 JPEG 图像并将压缩后的画面显示到 LCD 或录像机上;

• 清空图片模块:清空文件系统中已保存的所有 JPEG 文件。这里要说明一下,由于每次获得的 JPEG 文件大小是不同的,并且存储方式为依次烧写到文件系统的数据区中,如果此处设计成可随机删除某几个文件方式,文件系统会较复杂,并且由于 FLASH 的特性,文件的增加和删除操作执行效率会很低。因此,仅保留每次清空操作擦除掉所有 JPEG 文件的功能;

• 图片导出模块:根据命令解析模块给出的参数的不同,导出文件系统中某几个或所有 JPEG 文件。

3 JPEG 编解码算法的实现方法

TI 公司将标准的 JPEG 编解码算法(ISO DIS 10918)经针对 DM642 芯片的优化后,形成

XDAIS^[10]标准兼容算法,而 XDAIS 标准兼容算法可以方便地在 RF5^[11-12]中被使用。本文即利用 RF5 完成了 JPEG 编解码算法的实现。

3.1 RF5 简介

RF(Reference Frameworks)是 TI 公司新近推出的 DSP 软件开发的起步代码参考框架,它以 DSP/BIOS^[10]和 XDAIS 为基础,开发人员可利用其中的数据处理元素和数据通信元素方便快捷地完成 DSP 软件的设计与开发。RF5(Reference Frameworks level 5)是 RF 的最新版本,其区别于先前的 RF1 和 RF3 的显著特点是其支持动态对象创建和支持线程(任务)挂起功能,因此适合系统较复杂的应用场合。

3.2 RF5 下 JPEG 编解码算法实现方法

如图 3 所示, JPEG 压缩过程在压缩任务中完成。当命令解析模块接收到保存当前画面指令后,将首先启动此压缩任务。压缩任务中有一个压缩通道,其职责为将进入此通道的待压缩数据编码成 JPEG 图像后输出到“压缩图像”缓冲区中;通道中包含两个细胞,前一个细胞中装载 YUV422 转 420 算法,用于将 YUV 4:2:2 格式的标准 NTSC 制式视频数据帧重采样生成 JPEG 压缩算法所需的 YUV 4:2:0 格式数据帧;后一个细胞中装载 JPEG 压缩算法完成图像压缩的任务。

JPEG 解压过程在解压任务中完成。当命令解析模块接收到显示某个保存在文件系统中的画面指令后,将会使用此解压任务。解压任务中有一个解压通道,其职责为将进入此通道的数据解码成 YUV422 格式图像后输出到“解压图像”缓冲区中;通道中包含两个细胞,前一个细胞中装载 JPEG 解压算法,完成将 JPEG 图像解压为 YUV 4:2:0 格式的数据帧;后一个细胞中装载 YUV420 转 422 算法,用于将 YUV 4:2:0 格式的数据帧重采样生成 YUV 4:2:2 格式的标准 NTSC 制式视频数据帧。

经实验测试,使用上述方法在紫外电晕探测系统的图像板上(TMS320DM642-600MHz)对分辨率为 720×576 的图像进行编码(压缩)的平均时间为 10.5 ms,解码(解压)的平均时间为 9.6 ms。

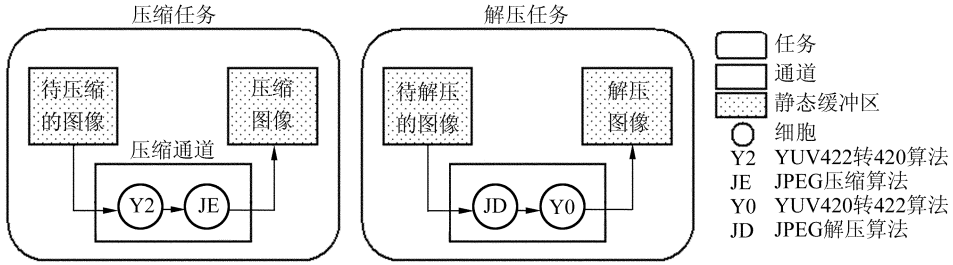


图 3 基于 RF5 的 JPEG 算法实现示意图

Fig. 3 Sketch map of JPEG arithmetic implementation based on RF5

4 JPEG 文件系统设计

4.1 片外闪存使用规划

紫外电晕探测系统的图像板上有一片 $4\text{M} \times 8\text{bit}$ FLASH 芯片, 通过外部存储器接口 (EMIF)^[13] 映射到 DM642 的 CE1 地址空间上 ($0\text{x}90000000 \sim 0\text{x}903\text{FFFFFF}$)。这片 4M FLASH 有 3 个作用: 首先是存储 DM642 的启动代码和程序代码。当系统上电或复位时, DM642 会自动将启动代码装载入内存中, 然后在启动代码的引导下将程序代码装载入内存中; 接着存储 OSD 会用到的一些汉字、数字和特殊图形的点阵字库; 最后是存储 JPEG 文件系统, 其空间使用规划如图 4 所示。将 $0\text{x}90100000 \sim 0\text{x}9037\text{FFFF}$ 用于文件系统, 分为两部分: 目录区 ($0\text{x}90100000 \sim 0\text{x}9010\text{FFFF}$) 和数据区 ($0\text{x}90110000 \sim 0\text{x}9037\text{FFFF}$)。其中, 目录区前 14 个字节用于存放目录区头, 目录区剩余部分用于存放目录区记录。

数据区的使用较简单, 将 JPEG 图像数据依次烧写入其中即可。一般情况下, 一幅 JPEG 图像 (720×576) 大小为 36 KB 左右, 数据区空间为 $0\text{x}270000$, 因此可存放约 70 个图像。

目录区的结构如表 1 和表 2。通过目录区头可反映出文件系统的一些基本状态, 如当前文件系统中有多少个文件, 剩余空间有多少等; 目录区的记录部分存放每个文件的基本信息, 如文件名、文件大小、在数据区的相对位置和截图时间等。通过这些信息就可很容易地对文件系统进行管理和操作。

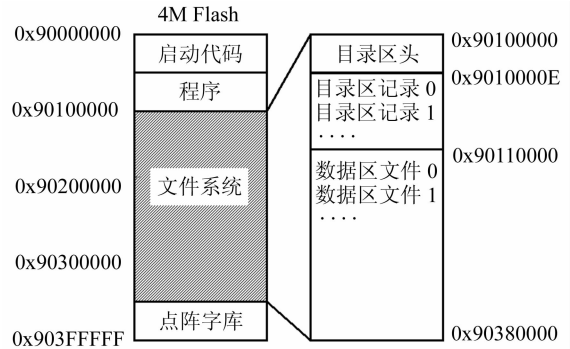


图 4 芯片外部 4M FLASH 使用规划

Fig. 4 Layout of using chip-external 4M FLASH

表 1 目录区头结构

Tab. 1 Head structure of directory area

偏移地址	意义	占用字节	初始值
0x000000	目录区标识	2	0x55AA
0x000002	目录区头长度	2	0x000E
0x000004	数据区大小	4	0x00280000
0x000008	数据区剩余大小	4	0x00280000
0x00000C	JPEG 文件数量	2	0x0000

表 2 目录区记录结构

Tab. 2 Record structure of directory area

(以第 N 个记录为例)

偏移地址	意义	占用字节
$0\text{x}00000\text{E} + (N \times 18)$	JPEG 文件名	2
$0\text{x}000010 + (N \times 18)$	JPEG 文件大小	4
$0\text{x}000014 + (N \times 18)$	数据区地址偏移量	4
$0\text{x}000018 + (N \times 18)$	截图时间	8

4.2 文件系统基本操作

如表 3 所示, 为了便于程序对文件系统的操作, 定义了两个结构体变量 `dir_head` 和 `file_item`

[100],使用时通过它们在内存中实时反映文件系统目录区的状态信息。文件系统的基本操作有初始化文件系统、写文件、读文件和清空文件系统等等。

文件系统初始化的方法为:首先判断当前目录区标志是否正确(等于 0x55AA),如果正确则将目录区的头和所有记录拷贝到内存中的 dir_head 和 file_item 变量中;如果不正确则需要完成 4 个步骤的操作。第一,擦除 FLASH 中文件系统区域所有数据;第二,将变量 dir_head 置为空文件模式,即其中的 flag 为 0x55AA,dir_occupy 等于 0x0E,jpg_file_num 等于 0(表示文件系统中文件数为 0),其它两个变量为 0x280000(表示文件系统中数据区的空余大小);第三,用 dir_head 初始化 FLASH 目录区;最后,将目录区的头和所有记录拷贝到内存中的 dir_head 和 file_item 变量中。

文件写操作:假设当前需要保存的是第 N 个文件,首先 dir_head 中的 jpg_file_num 加 1;然后更新 file_item 数组的第 N-1 个元素,将当前文件的一些属性如文件名、大小、在数据区的偏移地址(根据 dir_head 中的 data_area_nouse 计算得出)、截图时间等填入其中;最后,判断数据区中是否有足够的空间存放此文件,如果空间不足,则恢复 dir_head 和 file_item 的改动,并给出警告信息;如果有足够的空间,则根据前面算得的文件偏移地址将文件烧写入数据区相应位置中。由于此烧写过程速度较慢,为了不影响整个系统的实时显示,需要独立创建一个优先级较低的线程来完

成写操作。经测试,截图保存操作所需时间约为 4~6 s。

文件读操作:根据 dir_head 中的 jpg_file_num 可得知当前文件系统中保存的文件数。以读出第 N 个文件为例:首先从 file_item 的第 N-1 个元素中获得这个文件的基本属性,然后根据其中的 file_offset 和 file_size(即偏移量和文件大小)便可从数据区读出此文件的完整数据。



图 5 读出到 PC 机中的 JPEG 图像文件

Fig. 5 List of downloaded JPEG image files in PC

对于清空操作,可通过改变目录区标识然后调用初始化操作来完成。图 5 给出了系统调试时存放在文件系统中利用读操作读出的到 PC 机中的图像。值得注意的是,DM642 对于 FLASH 的操作是一个快速设备与一个慢速设备的操作,为了在文件系统操作过程中减少对整个系统的实时显示的影响,应将这些操作放到优先级较低的任务中去完成,并适当使用信号量控制这些操作,避免资源的读写冲突。

表 3 目录头和文件记录的变量结构

Tab. 3 Structure of dir_head and file_item

/* * 目录区头结构 * */	/* * 日期/时间结构 * */	/* * 目录区记录结构 * */
typedef struct DirHead	typedef struct date_time	typedef struct FileItem
{ UInt16 flag;	{ UInt16 year;	{ UInt16 file_name;
UInt16 dir_occupy;	U8 month;	UInt32 file_size;
UInt32 data_area_size;	U8 day;	UInt32 file_offset;
UInt32 data_area_nouse;	U8 hour;	date_time datetime;
UInt16 jpg_file_num;	U8 minute;	} FileItem;
} DirHead;	U8 second;	
	} date_time;	
DirHead dir_head;		
FileItem file_item[100];		

5 结 论

将对同一视场采样的可见和紫外双谱段图像叠加可以用于电晕的检测与定位,据此介绍了一种以 DM642 为主处理器的紫外电晕探测系统。为该系统加入了画面截图功能,并为此功能专门设计了一种可存放 70 个左右文件的 JPEG 图像文件系统。实际应用表明有以下特点:采用 TI 公司专为 DM642 优化的 JPEG 算法代码执行效

率较高,经测试,对分辨率为 720×576 的图像进行 JPEG 编、解码的平均时间分别为 10.5 ms 和 9.6 ms;使用 RF5 中的任务、通道和细胞等的基本数据元素实现调用 XDAIS 兼容算法和组织程序流程思路清晰且可大大缩短软件开发周期;充分利用 DSP/BIOS 对多线程的支持,将文件系统的操作过程放在后台优先级较低的任务中运行,如耗时较多的截图保存操作(所需时间约为 4~6 s),可保证操作的正确执行,同时确保不影响整个系统的实时显示。

参考文献:

- [1] 郭景富,梁士利,古力,等.一种 DSP 应用系统的 USB 接口实现方案[J].光学精密工程,2003,11(2):146-150.
GUO J F, LIANG SH L, GU L, *et al.* A scheme of the applied DSP system with USB interface[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2003, 11(2): 146-150. (in Chinese)
- [2] TMS320DM642 video/imaging fixed-point digital signal processor data manual[M]. Texas Instruments Incorporated, 2003, 5:17-168.
- [3] TMS320C64x image/video processing library programmer's reference [M]. Texas Instruments Incorporated, 2002, 4:26-112.
- [4] TMS320C6000 imaging developer's kit (IDK) user's guide [M]. Texas Instruments Incorporated, 2001, 9:27-150.
- [5] TMS320C6000 JPEG implementation [M]. Texas Instruments Incorporated, 2000, 12:3-18.
- [6] 齐美彬,杨艳芳,蒋建国. JPEG 编码算法的 DSP 优化实现[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2002, 25(4): 531-534.
QI M B, YANG Y F, JIANG J G. Realization of JPEG coding based on DSP [J]. *Journal of Hefei University of Technology*, 2002, 25(4): 531-534. (in Chinese)
- [7] 刘杰,康克军,李政.并行 DSP 处理器上 JPEG 算法的实现研究[J]. 计算机工程, 2000, 26(11): 50-52.
LIU J, KANG K J, LI ZH. The study of image compression of JPEG based on parallel DSP processor [J]. *Computer Engineering*, 2000, 26(11): 50-52. (in Chinese)
- [8] JPEG-2 Encoder + Decoder For DM642 RTM demonstration software release report [M]. Texas Instruments Incorporated, 2003, 6: 1-7.
- [9] Implementing JPEG with TMS320C2xx assembly language software [M]. Texas Instruments Incorporated, 2000, 1: 3-8.
- [10] TMS320 DSP/BIOS User's Guide [M]. Texas Instruments Incorporated, November 2002:20-21.
- [11] Reference frameworks for expressDSP software: RF5, an extensive, high-density system [M]. Texas Instruments Incorporated, 2003, 4:2-17.
- [12] An RF5 adaptation for IDMA2-based algorithms: a JPEG example [M]. Texas Instruments Incorporated, 2003:2-17.
- [13] TMS320C6000 EMIF to external flash memory [M]. Texas Instruments Incorporated, 2002, 2:2-33.

作者简介:于 晓(1973—),男,吉林通化人,博士研究生,主要研究方向为计算机网络及信息安全技术、嵌入式系统。
wx_yxy@163.com