

●应用与设计

改进的基于 TMS320DM642 的疲劳检测系统

耿磊, 吴晓娟, 彭彰

(山东大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250100)

摘要:针对疲劳检测算法中大数据量、高速传输、复杂运算的实际需要,设计了以 SAA7115 为视频采集 A/D、DSP TMS320DM642 为核心处理器、SAA7105 为视频输出 D/A,并以 FPGA 控制输出来实现增强显示功能的实时视频处理系统。该系统采用双摄像头控制采集数据,可以满足多路视频的实时采集、处理、显示需求,可以作为疲劳检测算法、视频处理和图像处理的硬件平台。

关键词:TMS320DM642; 疲劳检测; EDDDS; FPGA; OSD

分类号:TN919.81

文献标识码:A

文章编号:1006-6977(2005)08-0004-04

Enhanced fatigue detecting system based on TMS320DM642

GENG Lei, WU Xiao-juan, PENG Zhang

(School of Information Science & Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China)

Abstract:Aiming at the needs of large data, high transport and complex operation, a real-time video-based processing system using SAA7115 as its capture A/D, TMS320DM642 as its core, SAA7105 as its display D/A, is designed, and FPGA is used to control the display to achieve advanced function. The system using two cameras to capture image data can fulfil the demands of capture, processing and display of multi-channel video. Furthermore, it can be used as the video and image processing platform.

Keywords:TMS320DM642; fatigue detection; EDDDS; FPGA; OSD

驾驶员疲劳、睡眠不足是引发严重交通事故的重要诱因之一。统计表明,由于疲劳/瞌睡造成的交通事故在交通事故总数中占 7%左右,在严重交通事故中占 40%,而在重型卡车和高速路上的交通事故中则占到 35%左右。因此许多国家对司机在驾驶中的“瞌睡”检测的研究非常重视。为了适应多媒体通信的发展,美国德州仪器公司推出了新一代数字多媒体处理器 TMS320DM642(以下简称 DM642)。它是 TMS320C6000 家族中性能最高的定点 DSP,基于 C64x CPU 核,具有极强的处理能力、高度的灵活性和可编程性,同时又集成了音视频和网络通信等外设,特别适于多媒体通信应用。DM642 可广泛应用于基于 IP 的音视频传输、数字视频记录、机器视觉、医学成像、安全监视、数字相机等领域。针对疲劳检测算法中要求精确定位人眼并要求提供高精度的人

眼图像的需求,笔者改进了前期设计平台,采用双 CCD 摄像头捕获驾驶员红外滤波后的头部图像来实现疲劳检测算法,一个摄像头定位人脸,一个摄像头定位人眼,建立了以 DM642 为核心处理器的实时图像采集、处理和显示平台。

1 TMS320DM642 简介

TMS320DM642 建立在 C64x DSP 核基础上,采用德州仪器公司开发的第二代高性能超长指令字结构 VelociTI.2™,其每个乘法器在每个时钟周期内可执行 2 个 16×16 位的乘法或 4 个 8×8 位的乘法。TMS320DM642 内含 6 个算术逻辑单元,在每个时钟周期内都可执行 2 个 16 位或 4 个 8 位的加减、比较、移位等运算。在 600MHz 的时钟频率下,DM642 每秒可以进行 24 亿次 16 位的乘累加或 48 亿次 8

位的乘累加。这样强大的运算能力,使得 DM642 可以进行实时的多视频处理和图像处理。DM642 还在 C64x 的基础上增加了很多外围设备和接口。其主要的结构特征如下:

- 600MHz/4800MIPS 的工作频率;
- 两级缓存结构;
- 64bit EMIF;
- 64 个 EDMA 通道;
- 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);
- 多通道音频串行端口 (McASP);
- 两个多通道有缓存的串口 (McBSP);
- 3 个 32bit 通用定时器;
- 用户可配置的 16bit 或 32bit 的主端口接口 (HPI16/HPI32);
- 66MHz 32bit PCI 接口;
- 10/100 Mbps 以太网 (EMAC);
- MDIO 模块。

2 疲劳检测系统概述

本设计系统的目的是检测驾驶员是否疲劳,以避免因疲劳造成的交通事故。根据疲劳检测算法中要精确定位人眼的要求,笔者对前期设计的系统进行了改进,采用了双摄像头采集数据。EDDDS 系统结构如图 1 所示。由图 1 可以看出,主要包括以下设备:

- (1) 两个红外线敏感的黑白 CCD 摄像机,在 800~900nm 处有较高的灵敏度。
- (2) 红外线带通滤波器。中心频率为 850nm,半带宽为 12nm,峰值通透率为 83%。
- (3) 红外光源。发光二极管的中心频率为

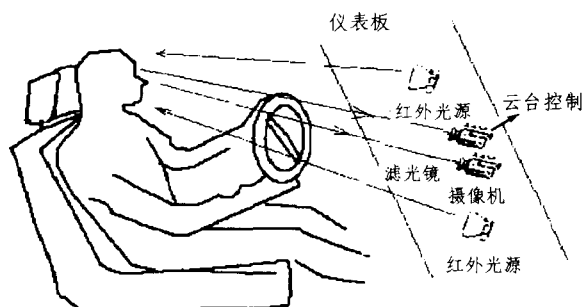


图 1 改进的驾驶员瞌睡检测系统(EDDDS)结构

850nm,功率是 10mW。

- (4) 云台控制其中的一个摄像头来跟踪人眼。构成 DDDS 时还应注意以下几点:

(1) 安装的红外光源应和摄像机成一定的角度,以消除由于光源与摄像机距离过近造成“红眼”现象,影响测量效果。

(2) 应使用固定波长的红外光才能通过的红外带通滤光片,以滤除可见光影响,使白天和晚上成像效果相差不大。

(3) 使用黑白的红外摄像机,在 800~900nm 处有最好的成像效果。红外光线对人的视觉没有干扰。

(4) 使用两个摄像头,一个定位人的脸,一个定位人的眼睛。这样可以获取更高分辨率的人眼图像。

获取较好的头部图像和人眼图像是后续处理的保证,以上的方案会获取亮瞳孔效果,这对眼睛的精确定位有极大的帮助。有了较好的图像效果后就可以对图像进行采集和处理。

3 疲劳检测系统的电路实现

3.1 总体框图

疲劳检测实时采集处理系统由图像采集、图像处理和图像输出模块构成。基本的工作原理是先由 CCD 采集经过红外滤波的连续的模拟信号,并经过图像采集模块中的 A/D 转换,变成数字图像信号,然后再由图像处理模块对数字图像信号进行运算处理,主要包括图像的预处理、图像分割、特征提出、识别等算法的实现和通过输出模块显示期望结果及报警等。系统结构框图如图 2 所示。

实时图像处理系统设计的难点是如何在有限的时间内完成大量图像数据的处理。从人的视觉理论分析,只有图像处理系统的处理速度达到每秒 25 帧以上时才能达到实时的效果,即要求实时图像处理系统必须在 40ms 内完成对一帧图像的运算处理,才能保证图像的实时性。TMS320DM642 强大的功能可以很好地满足上述要求。

3.2 图像采集模块设计

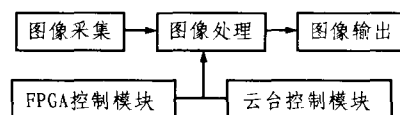


图 2 系统模块示意图

在系统设计中,使用的图像采集设备是 CCD 摄像头。由于 CCD 摄像头输出的信号为模拟信号,不能被 DSP 直接处理,因此选用 Philips 公司的 SAA7115 型图像解码器来完成图像的数字化以及同步水平和垂直同步等信号的分离。SAA7115 是唯一可提供双 9 位低噪声、2x 过抽样模拟到数字转换的视频解码器。SAA7115 的信噪比为 10~15dB,是同类产品中视频解码性能最高的。图像采集模块的电路图如图 3 所示。

TMS320DM642 使用所有的三个视频端口,为了扩展功能,设计时把视频端口 0 和视频端口 1 用作输入端口,视频端口 2 用作显示端口。可再分的视频端口 0 和视频端口 1 用作捕获输入端口,并连接到 SAA7115H 解码器。捕获端口 1 通过一个 RCA 类型的视频插座和一个 4 针的低噪声 S-Video 接口连接到视频源。输入的必须是合成的视频源,如 DVD Player 或视频相机。SAA7115 可通过 TMS320DM642 的 I²C 总线进行编程,并且可以连接所有的主要合成视频标准,例如 NTSC、PAL 和 SECAM,这些都可以通过解码器的内部寄存器进行适当的编程。SAA7115 的输入晶振频率为 24.576 MHz,实际工作频率为 13.5 MHz。在 PAL 制式下,一行最多能采集 720 点(不包括行消隐信号),一帧最多采集 625 行(包括场消隐信号)。SAA7115 有多种功能供用户选择,功能的选定可以通过对寄存器的设置来完成。由于系统的研究对象是 256 级灰度图像,其输入信号采用 PAL 制式,因此结合系统处理速度的具体要求,对 SAA7115 作如下配置:

(1)格式采用 4:2:2 YUV 信号机制,只取 Y(亮度)信号。

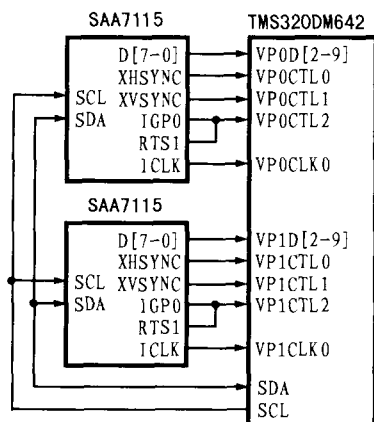


图 3 图像采集模块电路框图

(2)分辨率为 512x256 像素或者 256x256 像素。

3.3 图像处理模块设计

TMS320DM642 的结构特征给设计带来了很大的自由空间。在图像处理模块中,可以扩展数据存储器 and 程序、存储器。TMS320DM642 的 EMIF(外部寄存器端口)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 64bit 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 8bit、16bit、32bit 和 64bit 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 64bit 的 SDRAM 总线,CE1 被 8bit 的 Flash 和 FPGA 功能使用,CE3 被设置成同步功能。

(1)SDRAM 寄存器端口

在 CE0 空间连接了 64bit 的 SDRAM 总线。选取 2 片 MT48LC4M32B2 来构成 SDRAM。这 32M 的 SDRAM 空间用来存储程序、数据和图像处理中间结果等信息。总线由外部 PLL 驱动设备控制,在 133MHz 的最佳运行状态下运行。SDRAM 的刷新由 TMS320DM642 自动控制。

(2)Flash 寄存器接口

本系统扩展 4M 的 Flash,映射在 CE1 空间的低位。Flash 寄存器选用 4Mx8 的 AM29LV033C。Flash 寄存器主要用来导入装载和存储 FPGA 的配置信息。CE1 空间被配置成 8bit,Flash 寄存器也是 8bit。由于 CE1 的可利用地址空间小于 Flash 的空间,所以利用 FPGA 可产生 3 个扩展页。这些扩展的线形地址通过 FPGA 的 Flash 基础寄存器进行定义,复位后的默认值是 000。Flash 寄存器端口如图 4 所示。

(3)FPGA 异步寄存器端口

本系统采用 Xilinx XC2S300E 系列 FPGA 来实现视频增强和其他的一些连带功能。在默认模式下,FPGA 通过 TMS320DM642 的视频端口 2 输出视频

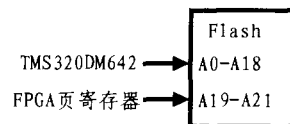


图 4 Flash 寄存器端口

到 SAA7105。视频编码器 FPGA 有 10 个定位在 CE1 空间高位的异步存储寄存器。这些寄存器可实现 OSD 控制寄存器、DMA Threshold LSB 寄存器、DMA Threshold MSB 寄存器、中断状态寄存器、中断使能寄存器、GPIO 方位寄存器、GPIO 状态寄存器、LED 寄存器和 Flash Page 寄存器。

(4)FPGA 同步寄存器端口

FPGA 在 CE3 地址空间开设同步寄存器。这些寄存器主要实现 OSD 功能和一些连接。

以上设计方案解决了视频处理中需要大量的数据存储空间和程序存储空间的问题。假如要求图像分辨率为 640×480 像素,每个采样点的灰度层为 8 位,则 1 帧单色图像所占的存储空间为 1MB,如果处理算法涉及到 n 帧图像,存储空间就为 n 倍。在疲劳检测算法中需要存储前后 2 帧图像,那么 32M 的数据存储器足够使用而且可以做一些算法上的扩展。图像处理模块框图如图 5 所示。

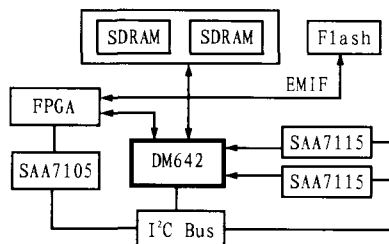


图 5 图像处理模块框图

3.4 图像显示模块设计

TMS320DM642 的视频端口 2 用来驱动视频编码器。它通过 FPGA 发送以实现高级功能(如 OSD)。该端口在默认方式下直接通过视频连接到 SAA7105 视频编码器。这个编码器可以进行 RGB、HD 合成视频及 NTSC/PAL 复合视频的编码,也可对依靠 SAA7105 内部寄存器进行编程的 S-Video 进行编码。SAA7105 的内部编程寄存器通过 DM642 的 I²C 总线进行配置。图像显示模块框图如图 6 所示。

HDTV、FPGA 提供增强的时钟,对于 OSD 功

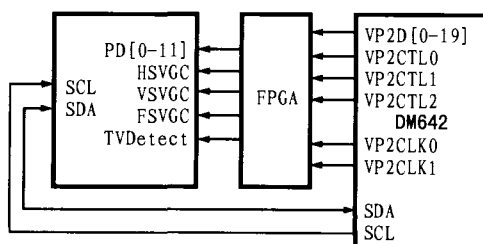


图 6 图像显示模块框图

能,FPGA 提供了 FIFOs,将视频端口 2 的数据与 FIFOs 端口的数据进行混合。FPGA 的 FIFOs 在通过 CE3 空间的同步模式下,通过 TMS320DM642 的 EMIF 进行存取。

3.5 云台控制模块

采用通用的异步串口,接口标准可以由软件配置为 RS232/RS422/RS485,可以方便控制云台。双重的 UART 寄存器被映射在 DM642 的 CE1 空间的高位,随同 FPGA 异步寄存器一起。每一个 UART,A 和 B 产生 8 位的地址。DM642 将 CE1 空间配置成 8 位存取。表 1 显示了地址值。

表 1 UART 地址

UART	地址
A	0x90080000 - 0x90080007
B	0x90080008 - 0x9008000F

UART A 通过 MAX3243 RS-232 驱动缓冲,发送到 9 针 D 型插针,UART B 通过 MAX3243 RS-232 驱动缓冲,发送到 5×2 双排插针。针脚数和其相应的信号对应于个人计算机上的标准双排 DB-9 连接器。

4 结束语

实现疲劳检测是交通部门和驾驶员非常迫切的需求。本文设计的基于 TMS320DM642 的疲劳检测系统改进了笔者前期设计的系统,采用了云台控制其中一个摄像头来捕捉人眼的图像,提高了人眼图像的分辨率,使之能更好的适合疲劳检测算法的实现。在硬件性能方面,本系统具有结构紧凑、调节灵活、可靠性高、实时性强的特点,为实现视频处理算法提供了一个硬件平台。

参考文献

- [1] 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,2002.
- [2] TMS320DM642 Evaluation Module Technical Reference[Z]. Texas Instrument, 2003.
- [3] 赵训威.基于 MS320C6200 系列 DSP 芯片的应用与开发[M].北京:人民邮电出版社,2002.
- [4] 徐志军,徐光辉.CPLD/FPGA 的开发与应用[M].北京:电子工业出版社,2002.

收稿日期:2005-02-26

咨询编号:050801