

TMS320DM642 在移动平台 ATP 技术中的应用

吴钟乐, 尚勇, 周潜

(武汉大学 电子信息学院, 湖北 武汉 430079)

摘要:介绍了一种 DSP 数字处理器 TMS320DM642 在移动平台 ATP 技术中的应用。DSP 处理 CCD 采集的图像信号, 并将相应信息实时反馈给电机控制部分, 立即作出相应调整从而控制 CCD 运动, 使光斑落在视场中心。移动平台 ATP(信标光捕获跟踪瞄准)技术是实现空间激光通信的关键技术, 在卫星和航空航天等大容量通信方面具有巨大应用前景。

关键词: ATP; TMS320DM642; 空间光通信; 图像处理

中图分类号: TP37

文献标识码: A

文章编号: 1006-6977(2009)02-0048-02

Application of moving platform ATP technology based on TMS320DM642

WU Zhong-le, SHANG Yong, ZHOU Qian

(School of Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract:The paper introduces the application of DSP TMS320DM642 in ATP technology among moving platforms. DSP is used mainly for image signal processing, which are captured image signals from CCD. The results from the DSP are transmitted to the part of controller in time. The controller makes the two-axis platform, which is equipped with CCD, adjusts real time according to the results. So that to make sure the beacon continually appears on the center of CCD. The technology of ATP (Acquisition, Tracking, Pointing) is the key technology for space laser communication among moving platforms and has great applied future in the area of large data communication, such as satellite, aviation and spaceflight.

Key words: ATP; TMS320DM642; space optical communication; image processing

1 引言

空间光通信采用激光作为载波。与传统微波通信相比, 空间光通信具有传输容量大、方向性强、传输速率大、保密性好等优点, 在卫星和航空航天等大容量通信方面具有巨大的应用前景。但由于激光具有波束窄、发散角小的特点, 空间太阳、月亮等星体背景光的干扰, 加之远距离通信信道对光信号的极大衰减等因素, 因而空间光通信能够快速实现卫星、飞机等空间移动平台的捕获、跟踪和瞄准 (Acquisition, Tracking, Pointing, 简称 ATP), 并建立稳定而有效的通信链路^[1]。因此, 介绍了一种基于 DSP 的移动平台 ATP 技术的应用设计。

2 系统硬件设计

2.1 ATP 系统架构

为了模拟实验空间移动平台 ATP 过程, 设计一套地面模拟 ATP 系统。整个系统分为图像处理模块、电机控制及驱动模块、二轴电控转动平台、光学系统等^[2], 如图 1 所示。

图像处理模块核心是图像处理器。采用 TMS320DM642 (简称 DM642) 作为图像处理器, 该器件是 TI 公司推出的一款针对多媒体处理应用的高性能定点 DSP 器件, 它具有 C64X 内核, 指令集与 C64X 全面兼容, 其内部工作时钟达 600 MHz, 指令执行速度高达 4 000~4 800 MI/s, 它拥有 3 个

独立配置的视频端口, 可独立配置为视频采集或显示端口, 采用 EDMA 方式快速地在存储器与视频端口之间传输视频信号, 另外 DM642 还拥有多路音频端口 (McASP0), 32 位主机接口 (HPI), PCI 总线接口, 16 位通用 I/O 端口 (GPIO), 3 个定时器以及 I²C 总线模块^[3]。DM642 对 CCD 采集的图像信号进行图像处理和分析, 判断信标光是否进入视场, 并利用灰度直方图算法计算目标与背景间的阈值, 再利用质心算法得出信标光坐标, 并将信息实时传输给电机控制部分。

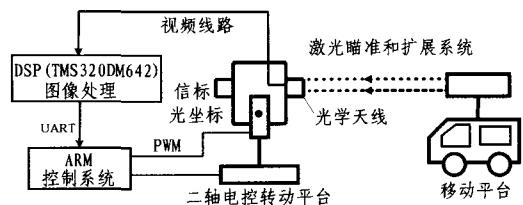


图 1 总体结构图

电机控制器采用专门用于工业控制的 LPC2114 ARM 及其外围电路。LPC2114 ARM 采用 ARM7TDMI-S 核技术, 采用 RISC 指令, 流水线执行结构, 嵌入式操作系统移植性强。根据 DSP 处理后的信息调整载有 CCD 的二轴电控转动平台。

电机驱动器采用新型的双极性恒流斩波驱动技术, 光电隔离信号输入, 自动半流, 可设置最大 2 A 电流和最大 125 级细分, 振动和噪声小。

二轴电控转动平台按照水平和俯仰两个方向转动, 其水平方向无最大角度限制, 而俯仰方向接近 360°, 通过 ARM 控

收稿日期: 2008-10-12 稿件编号: 200810065

作者简介: 吴钟乐 (1986-), 男, 江西人。研究方向: 空间光通信。

制器实现该转动平台的方位和俯仰角的精密转动。驱动器为最大值 128 细分时,其方位和俯仰角的转角精度达 $2.725 \mu\text{rad}$ 和 $1.635 \mu\text{rad}$ 。

光学系统由信标光发射和 CCD 接收部分组成。CCD 有效像素为 $582(\text{H}) \times 512(\text{V})$,像素尺寸为 $8.25(\text{H}) \mu\text{m} \times 7.03(\text{V}) \mu\text{m}$,接收灵敏度为 0.005 勒克斯,CCD 的视场角为 $3^\circ \times 3^\circ$ 。CCD 安装于二轴电控转动平台,相当于光学天线,用于接收光信号,通过 ARM 电机控制实现 CCD 的全空间扫描和信标光接收。信标光置于单片机控制的小车,模拟实现空间移动平台的运动。

2.2 图像处理硬件设计

该系统设计的图像处理模块采用 DM642 作为图像处理核心器件以及其外围电路组成的视频通讯模块 (VCM) 完成 CCD 视频信号的采集和处理。VCM 是由视频处理单元、音频处理单元、SDRAM、Flash、UART、以及网、PC、JTAG 单元等^[3],其中视频处理单元主要由 DM642、视频解码器 TVP5150 APBS、视频编码器 SAA7104、同步动态存储器 SDRAM 以及控制部分的通信器件 UART 等组成,如图 2 所示。

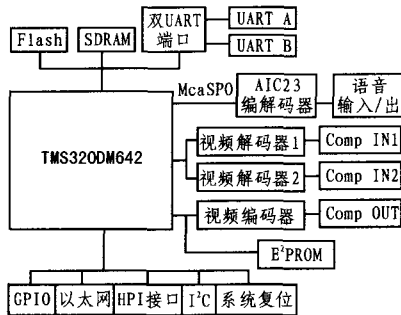


图 2 视频处理单元硬件框图

DM642 首先启动视频解码器 TVP5150APBS,捕获并解码 CCD 摄像头的每一帧视频信号,然后读取并存储在 SRDRAM 中,然后处理所存储的数据并提取信标光坐标,通过 UART 将相应信息实时反馈给控制部分,同时输出处理的数据,经视频编码器 SAA7104 编码,经 VPout 端口输出显示。

由于 DM642 功能强大,其应用电路涉及到大量外围电路,因此整个图像处理电路 VCM 相当复杂,限于篇幅原因,这里只给出电源部分电路,以供参考。VCM 采用 12 V 直流电源供电,经 DC/DC 转换器 TPS54350PWP 转换成 3.3 V 直流

电压作为 DM642 的电源,由于 DM642 工作在 600 MHz 的高频率下,因此对电源稳定性要求极高,其电路如图 3 所示。

3 系统软件设计

当 CCD 采集的视频信号通过 DM642 的视频输入端口进入视频处理单元模块,若发现信标光不在视场中,则执行光栅螺旋扫描算法,直到信标光进入视场,此时图像处理模块将提取出信标光光斑的坐标通过串口发送给电机控制模块,电机控制模块根据接收的信标光坐标信息对二轴电控转动平台执行基于增量式 PID 跟踪算法控制,该过程不断反复,直到信标光光斑始终保持在视场的中心位置,则建立通信链路,从而实现通信;另外,若信标光一开始就位于视场,则直接进入跟踪过程,且整个扫描和跟踪过程是相互嵌套的。跟踪过程中一旦目标突然从视场中丢失,则系统则转去执行扫描过程,直到再次发现目标。整个 ATP 控制过程主要由扫描、捕获和跟踪 3 部分组成^[4-6]。图 4 示出软件设计主程序流程图。

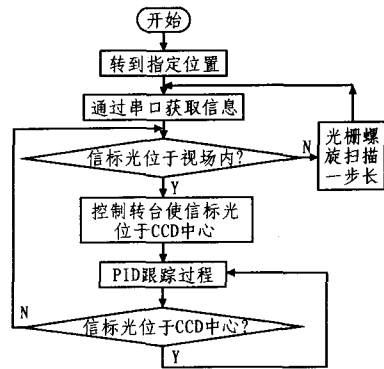


图 4 软件设计主程序流程图

3.1 信标光坐标阈值提取算法

系统首先采用直方图法确定信标光坐标提取的阈值,具体做法:将 CCD 采集的 $M \times N$ 像素的黑白图像存入数据缓存器,以灰度值 (0~255) 为 x 轴,以该灰度值的像素点个数为 y 轴。由于背景和目标灰度值的不同,必然在坐标系中形成两个峰值,在两峰值之间选取像素点个数最少的灰度值为阈值,可以使目标和背景分割误差最小^[7]。

3.2 信标光坐标质心算法

DM642 必须精确地从目标图像提取目标(下转第 52 页)

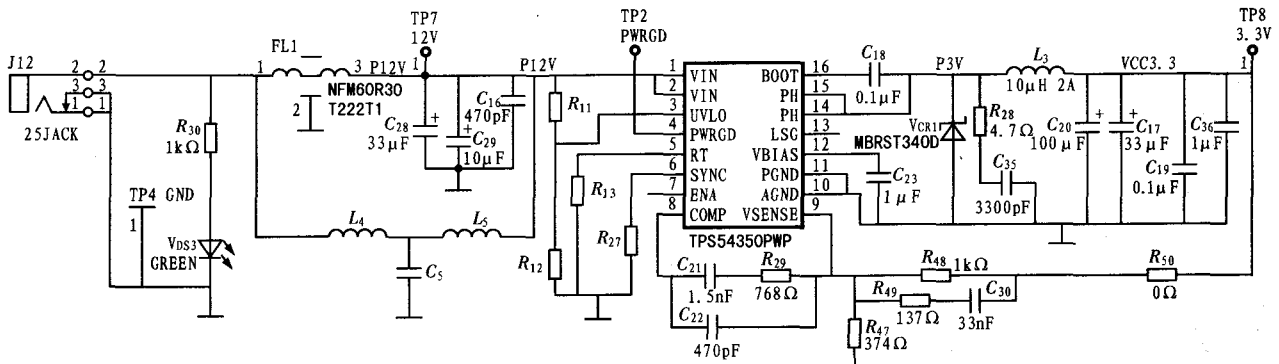


图 3 DM642 电源转换电路

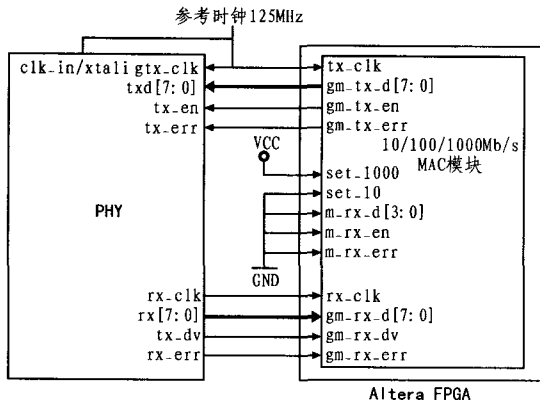


图4 MAC核与吉比特PHY芯片通过GMII接口的连接

图5所示,SOPC开发流程比FPGA的开发流程(细线框)多增加处理器及其外设接口的定制步骤和软件开发步骤(粗线框)。这些新增加的步骤在SOPC Builder,niosII IDE工具的协助下能够轻松完成。

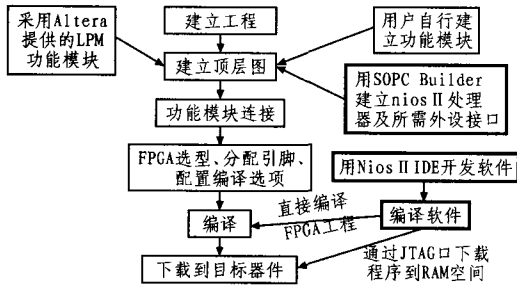


图5 SOPC设计流程

(上接第49页)位置信息。常用的定位算法:质心算法、形心定位法、峰值定位法、匹配定位法和投影中心法。质心算法的精度高、且算法简单,该系统设计选用质心来定位目标。质心法反映了目标的能量的分布状况。该方法在理想的情况下定位精度小于0.05个像素,且适用的光斑范围大^[6]。

4 结论

在脱离PC机情况下对移动平台信标光的捕获与跟踪进行实验。利用载有信标光的小车以不同速率在已设计的线路上运动,控制器控制二轴电控转动平台进行光栅螺旋扫描,一旦捕获信标光则转入到跟踪状态并锁定目标。如果信标光突然脱离CCD视场,程序将自动重新进入扫描捕获状态。

实验表明,系统跟踪角速度范围是0~10 rad/s,跟踪精度优于0.5 mrad,基本达到移动平台ATP技术粗跟踪要求,也进一步证明基于DM642的移动平台ATP技术在卫星和航空航天等大容量通信方面具有更大的应用潜力,特别是在改进和优化系统若在灵活性和实时性以及算法,将使ATP系统跟踪精度进一步提高。

6 结语

使用千兆网系统可直接将处理的高速信号从网口发送给远端处理计算平台,节省功率放大器和高频电缆等,减少投入,加强系统的集成性和可靠性,更便于设计人员的调试,且接口更具通用性和扩展性。

参考文献:

- [1] IEEE802.3.Part3:Carrier sense multiple access with collision detection(CSMA/CD) access method and physical layer specification[S],2005.
- [2] 李璇,教光良.基于FPGA的千兆以太网设计[J].网络安全技术与应用,2008(5):63-64.
- [3] 柳利军,熊良芳.基于FPGA的千兆以太网交换芯片的设计[J].微电子学与计算机,2006,23(3):80-82.
- [4] Altera Corportion. Triple speed ethernet mega core function user guide[DB/OL].2008. <http://www.alteracomcn>.
- [5] National semiconductor.DP83865 Gig PHYTERV 10/100/1000 Ethernet Physical Layer [DB/OL]. (2004-10)<http://www.alldatasheet.com>.
- [6] National semiconductor.DP83865 Gig PHYTER V 10/100/1000 Ethernet Physical Layer Design guide[DB/OL].2005.<http://www/alldatasheet.com>.
- [7] 徐欣,于红旗.基于FPGA嵌入式系统设计[M].北京:机械工业出版社,2005.

参考文献:

- [1] 李晓峰,胡渝.空间光通信ATP系统设计中的基本概念及关键参数探讨[J].应用光学,2003,24(3):11-13.
- [2] TI Integrated Products. TMS320DM642 Datasheet [DB/OL]. 2007.<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tms320dm642.pdf>.
- [3] TI Integrated Products. TMS320DM642 Technical Overview [DB/OL].2002.<http://focus.ti.com/lit/ug/spru615/spru615.pdf>.
- [4] TI Integrated Products.TMS320C6000 DSP General-Purpose Input/Output(GPIO) Reference Guide[DB/OL].2004.<http://focus.ti.com/lit/ug/spru584a/spru584a.pdf>.
- [5] 曹阳,艾勇,叶德茂,等.空间移动平台ATP系统研制[J].电光与控制,2008,15(7):63-66.
- [6] 李方慧,王飞,王佩琨.TMS320C6000系列DSPs原理与应用[M].2版.北京:电子工业出版社,2003.
- [7] 曹阳,艾勇.基于DM642的信标光实时图像处理[J].空间光通信,2007(7):53-55
- [8] 张叶,曲宏松,李从善,等.基于TMS320C6x系列DSP/BIOS平台的实时电视跟踪系统设计[J].电子器件,2007,30(1):300-302.