

基于 ARM 和 uC/OS- II 的 PC/104 总线 无人机火控计算机设计

李伟¹, 张岩²

(1. 中国航天空气动力技术研究院, 北京 100074; 2. 北京航空航天大学, 北京 100191)

摘要: 针对无人机本身的特点并结合 PC/104 总线计算机, 设计的一种基于激光制导导弹的机载火力控制计算机; 阐述了机载火力控制计算机的构成、特点以及防止激光后向散射的激光编码板的设计方法和原理。

关键词: 无人机; 火控计算机; 激光制导导弹

中图分类号: V247.1⁺3

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2013)11-0125-03

Design of PC/104 Bus UAV Fire Control Computer Based On ARM and uC/OS- II

LI Wei¹, ZHANG Yan²

(1. China Academy of Aerospace Aerodynamics, Beijing 100074, China;

2. Beijing University of Aeronautics & Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: Combining the characteristic of the UAV and PC/104 computer, a kind of airborne fire control computer is designed based on the characteristics of laser-guided missile. This study describes the airborne fire control computer structure, features and the design method and principle of laser encoder board for preventing laser backscatter.

Key words: UAV; fire control computer; laser-guided missile

随着无人机的飞速发展, 武装无人机和无人作战飞机等新的武器系统概念也出现在人们的视野当中。武装无人机是把武器加装或综合到一个主要用于监视、侦察 (ISR) 的无人机系统中形成的具有攻击能力的无人机^[1]。现代战争中, 由于作战环境和作战模式的变化, 打击一些稍纵即逝的机动目标和即时发现的时间敏感性目标已成为作战的关键, 这就要求无人机在侦察到目标后, 立即做出判断和决策, 对其进行识别、跟踪和打击^[2]。为了适应新的任务需求, 就需要对无人机进行改造, 加装配套的侦察载荷、火控系统以及发射投放装置, 其中的火控系统是联系武器与无人机的关键。武装无人机中的火控系统是无人机侦察/打击一体化能力的重要组成部分, 是衡量武装无人机作战性能的重要依据。

为了实现无人机的察打一体功能, 本文设计了一种针对激光制导导弹的机载火力控制计算机, 从而解决了采集无人机飞行参数、目标参数, 进行火控参数解算, 多路设备大数据

量数据收发分配以及减少激光制导中的后向散射干扰等关键性技术问题。

1 系统组成

火控计算机主要与以下设备发生胶连: 飞行控制计算机; 稳瞄/夜视系统; 外挂物管理单元; 指挥通讯单元。火控计算机主要采用 RS422 串行总线与这些设备通讯。火控计算机主要由以下几部分组成: PC/104 总线 CPU 板; PC/104 总线扩展板; 电源及串口转换隔离底板。

其中, PC/104 总线 CPU 板主要对火控计算机所得的信息进行处理和计算。PC/104 总线扩展板主要有 2 种功能: 对火控计算机的串口扩展, 以满足火控计算机所需的多路串口的通讯需求; 根据 CPU 板计算的激光照射同步时间和距离波门产生激光照射及对比所需的 PCM 编码脉冲信号, 该

功能可有效地屏蔽导引头跟踪目标时所受的激光后向散射的干扰。电源转换及串口转换隔离底板实现将机载的 28 V 电源转换成火控计算机各板所需的 5 V、3.3 V 电源,并根据所胶连设备的实际需求对火控计算机的各串口进行电平转换和光耦隔离。火控计算机系统组成原理图如图 1 所示。

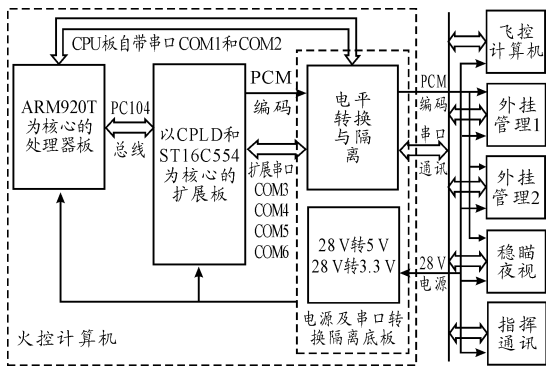


图 1 火控计算机系统组成原理

2 系统设计与实现

2.1 火控计算机架构设计

火控计算机的硬件架构采用堆栈式连接,电源底板置于最下方,PC/104 总线 CPU 板放置于中间,PC/104 总线扩展板放置在最上方。3 个板通过 PC/104 总线和符合 PC/104 总线规范连接器相连,上层的针和下层的孔相互咬合相连,连接之后在各板之间增加金属支柱级联固定,构成稳定的整体,这种连接方式结构紧凑,便于维护且可扩展性强。火控计算机结构图如图 2 所示。

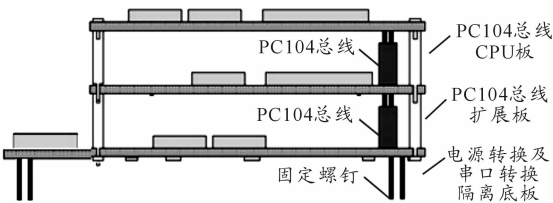


图 2 火控计算机结构

2.2 火控计算机 CPU 板设计

火控计算机核心板主要包括 CPU、内存 SDRAM、存储器 Flash、可编程逻辑器件 CPLD 及相关外围器件,32 位结构的内存通过 2 片 32M 的 16 位 SDRAM 构成,CPU 采用 SAMSUNG 公司的 S3C24x0 系列 ARM 处理器,该芯片基于 ARM920T 内核,支持 NAND Flash。因此,采用从 NAND Flash 启动和引导程序,并在 SDRAM 上执行主程序代码的模式。火控计算机 CPU 板原理图如图 3 所示。

由于没有通用的 PC/104 支持芯片,因此采用 XILINX 的 XC9500 系列 CPLD 来实现 PC/104 总线控制器的功能,同时出于信号完整性等考虑在 PC/104 总线和 CPLD 之间加入 BUFFER 来进行 LVTTTL 和 TTL 的电平转换。由于 ARM 处理

器总线与 PC/104 总线的速度差异,在对 PC/104 总线访问时,需采用变延迟 IO 的访问模式,总线速度通过 CPLD 对 nWAIT 信号的控制来实现。PC/104 的时钟信号通过 CPLD 对 ARM 输出的 50 MHz 时钟 8 分频来得到。

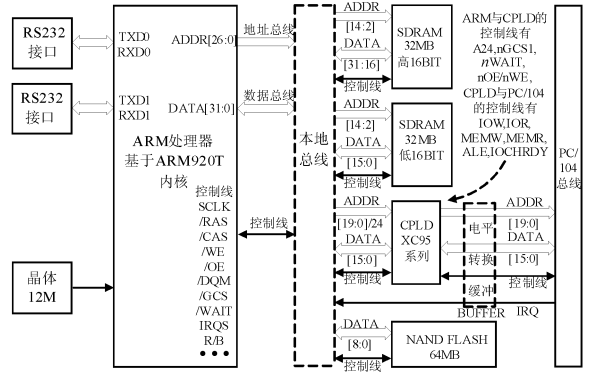


图 3 火控计算机 CPU 板原理

2.3 火控计算机扩展板设计

火控计算机扩展板核心器件主要有 CPLD 和 ST16C554。其中 ALTERA 公司的 MAX7000 系列 CPLD 作为主处理器,用以实现 PC/104 总线地址线 SA[19:0]到 ST16C554 地址线 A[4:0]转换以实现 COMA ~ COMD 的选择以及 COM 口寄存器如 THR、RHR、FCR、ISR、LSR 等的选择同时根据寄存器数据把 ST16C554 的 IRQ 转换成相应的 PC/104 总线上的中断号如 IRQ5、6 等;同时还要根据 CPU 板的命令产生相应的精确度达到 0.1μs 的 PCM 激光编码脉冲。ST16C554D 作为与 Intel8250 兼容的串口扩展芯片,包含了 4 个可独立操作的可编程异步收发单元 16C550。它们共用 8 位数据线,通过寄存器地址线 A0 ~ A4 来选择相应的 COM 口的寄存器,通过对寄存器的读写来实现并/串的转换。ST16C554 的发送器和接收器都包含 16 个字节的 FIFO,从而减少了对 CPU 的中断次数。火控计算机扩展板原理图如图 4 所示。

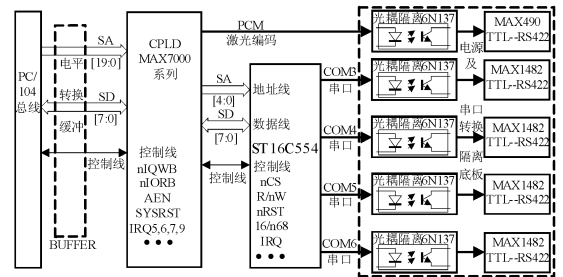


图 4 火控计算机扩展板原理

激光散射尤其是后向散射对激光制导武器的影响最大,它会使得导弹转而锁定照射源而不是目标。为了提高激光制导武器瞄准以及攻击过程中的抗干扰能力,需要对激光脉冲制导信号进行编码,以及设置同步时间信息^[3]。CPU 板通过与导弹的串行通讯告知激光编码的各种信息,导弹通过比对接收到的激光照射回波来屏蔽后向散射信号和其他干扰

信号,以达到抗后向散射干扰的目的。激光脉冲产生与传送网络图如图 5 所示。

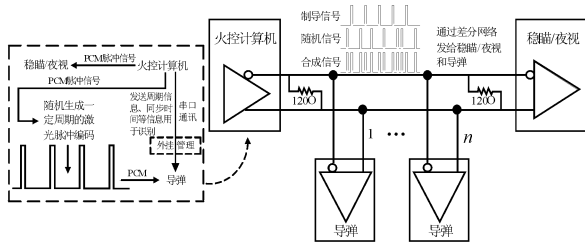


图 5 激光脉冲产生与传送网络图

2.4 火控计算机软件设计

uC/OS-II 是一个可裁减的、抢占式实时多任务内核,具有高度可移植性,特别适合于微处理器和控制器。尤其值得一提的是,该系统自从 2.51 版本之后,就通过了美国 FAA 认证,可以运行在诸如航天器等对安全要求极为苛刻的系统之上。由于火控计算机对实时性的需求,加之其只需要开发串口驱动和 PC104 总线驱动,因此选择 uC/OS-II 作为计算机的操作系统。首先是 uC/OS-II 在 ARM 上的移植,uC/OS-II 与处理器相关的代码只有 OS_CPU.H、OS_CPU_A.ASM 和 OS_CPU_C.C。移植中只需要在这 3 个文件中添加的相应的硬件抽象层,如开关中断的方式选择直接开,利用 CPSR 恢复;堆栈增长方向选择从上往下等。同时虽然 ARM 处理器和 ST16C554 都支持 16 字节的硬件 FIFO,但是火控计算机的各个外设设备通讯波特率、通讯周期和数据量存在很大差异,因此还需在程序中添加 1 K 字节的软件 FIFO。

CPLD 中的 PC/104 总线控制器软件采用 VHDL 语言实现,通过设计时钟分频状态机、时序转换状态机和总线操作状态机来实现总线控制功能。其中时钟分频状态机主要对控制器的 50 MHz 时钟进行 8 分频,提供给 PC/104 总线作为主时钟。时序转换状态机主要实现 ARM 本地总线与 PC/104 总线的时序转换,状态机选择 ARM 的 nGCS1 信号作为触发信号,通过 ARM 的 ADDR24 地址线来区分是读/写操

作,结合 PC/104 总线的 IOCHRDY 信号判断操作是否完成。在读/写时序过程中,控制器通过 ARM 的 nWAIT 信号使 ARM 等待。总线操作状态机主要实现基本的总线操作,并在不操作时将总线输出到高阻态。

3 结束语

本文基于 ARM 处理器采用实时的 uC/OS-II 操作系统并针对无人机的特点,研制出具有发射激光制导导弹能力的机载火控计算机,该型火控计算机采用 PC/104 总线,具有良好的可扩展性。该型火控计算机解决了无人机上多组设备大数据量收发分配问题;实时解算射击诸元问题;消除激光后向散射干扰问题,对后续无人机火控计算机的研制有一定的借鉴和参考价值。

参考文献:

- [1] 王立伟,陈建明.武装无人机——一种重要的空中武器发射平台[J].电光与控制,2006,13(2):49-53.
- [2] 张会军,翟彬.侦察打击一体化无人机关键技术分析[J].电光系统,2007(3):43-45.
- [3] 巨养锋.激光制导信号的编码和干扰技术[J].电光与控制,2007(1):85-86.
- [4] 孙苏伟.基于 uC/OS-II 嵌入式系统的低功耗开发[J].中国集成电路,2007(6):18-20.
- [5] 李臻君,黎福海,柳笛.基于 ARM 处理器的 PC/104 总线嵌入式计算机的设计[J].计算机工程与科学,2009,31(2):100-103.
- [6] 陈勇,刘晓平,应怀樵.基于 PC104 的高性能便携式数据采集系统[J].测控技术,2009,28(1):24-27.

(责任编辑 周江川)