

## 一种集成接口调试单元的设计和实现

湛文韬, 孙靖国, 解文涛, 李成文

(中航工业西安航空计算技术研究所, 西安 710065)

**摘要:** 基于综合化航电平台小型化需求, 设计了一种集成接口调试单元, 其采用商用 BCM53242 和 Nchip 芯片分别实现了以太网交换和协议转换, 设计了快速复位, 调试模式离散量控制上下电等功能; 集成的软件配置管理工具能快速的进行配置管理、设备管理以及串口虚拟, 便于航电平台通过一路以太网管理其他的以太网设备和 RS232 串口设备, 实现了平台的小型化及接口的通用化和网络化; 该调试单元体积小、重量轻, 接线简单, 无额外功率消耗, 能方便地应用于综合化航电平台等复杂系统, 不影响用户调试习惯, 值得推广应用。

**关键词:** 综合化航电; 集成接口; 以太网; RS232

## A Design and Implementation of Integrated Interface Debugging Unit

Zhan Wentao, Sun Jingguo, Xie Wentao, Li Chengwen

(Aeronautical Computing Technique Research Institute, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** Based on the need for miniaturization of Integrated Modular Avionics, this paper designed an Integrated Interface Debugging Unit, which uses commercial chips of BCM53242 and Nchip implementing Ethernet exchange and protocol transformation, also implements functions like fast reset and Power-ON-OFF Control using debug control disperses. The software tools of configuration and equipment management and serial port virtualization, which is convenient for miniaturization and network management of Ethernet and RS232 serial devices of the platform. The Integrated Interface Debugging Unit, with little volume, light weight and simple connection which had no affection to user habits, can be conveniently applied in Integrated Modular Avionics and widely popularized.

**Keywords:** integrated interface; IMA; ethernet; RS232

## 0 引言

先进的综合化航电平台 (integrated modular avionics, IMA) 对于实现航电系统的功能、性能及提高飞机的作战和生存能力, 起着决定性的作用<sup>[1]</sup>。综合化航电平台的处理任务分别由基于 MPC8640<sup>[2-3]</sup> 的高性能数据处理模块及基于 TMS320C6455<sup>[4]</sup> 的高性能信号处理模块实现, RS232 串口及以太网是其输入输出最主要的通信方式<sup>[5]</sup>。综合化技术本来就是面向航空电子系统呈现复杂系统特征而快速发展起来的, 其本身系统规模大<sup>[6-8]</sup>, 功能需求多, 集成的节点也多。因此, 对外通讯需要引出大量的 RS232 信号及以太网信号, 占用面板空间及连接器定义, 无法适应航电平台小型化、轻量化的趋势<sup>[9]</sup>。另外, RS232 串行通讯传输距离短、不支持热插拔等缺点也越来越难以满足现有复杂系统调试需求。而以太网传输距离远、支持热插拔、经济性好, 能很好地弥补 RS232 串口通信的不足。因此, 在综合化航电处理平台中将 RS232 串口设备接入以太网, 实现高速的网络管理和通信, 是一种比较理想的方式<sup>[10]</sup>。

本文的集成接口调试单元主要基于综合航电平台应用, 集成了多路以太网接口和 RS232 接口, 有利于平台的小型化及调试接口的网络化和通用化。

## 1 系统结构

## 1.1 应用模式

系统应用模式如图 1 所示, 通过集成接口调试单元, 综合

航电平台对外仅需要通过一路以太网接口 (一般引出两路, 互为备份, 防止单路失效, 两路需避免同时插入商用以太网交换机) 就能实现和平台内部各模块以太网接口和 RS232 接口之间的通讯, 支持多台 PC 对平台的同步调试访问。通过以太网访问 RS232 接口, 实现了串口的网络化管理, 支持热插拔, 满足更加方便快捷的调试需求。同时, 航电平台不需要对外引出大量的以太网和 RS232 接口信号线, 减少了连接器的使用, 更有利于进行轻量化和小型化设计。

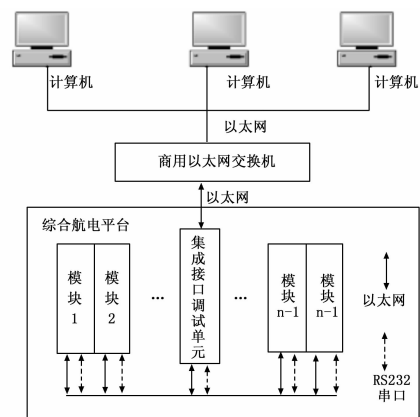


图 1 集成接口调试单元应用模式

## 1.2 硬件结构

综合化航电平台本身集成度高, 节点数量多, 单个平台节点数都在 20 个左右, 因此, 集成接口调试单元的以太网接口及 RS232 接口也至少需要 20 路 (以太网和 RS232 接口是一一对应关系)。集成接口调试单元是使用者和航电平台之间的接口, 对可靠性等要求较高, 基于成熟设计的原则, 优先选用成熟的商用芯片实现。

集成接口调试单元的硬件部分主要由以太网交换单元、协

收稿日期: 2015-02-01; 修回日期: 2015-03-24。

基金项目: 国家重大科技专项项目 (2012ZX01041-006); 航空科学基金 (2013ZC31005)。

作者简介: 湛文韬 (1984-), 男, 湖南汨罗人, 硕士, 高级工程师, 主要从事机载航电系统核心计算平台技术方向的研究。

议转换单元、复位及供电控制等部分组成，其组成结构如图 2 所示。以太网交换单元主要功能是将一路以太网接口扩展成多路完全等效一致的以太网接口，在不考虑有阻交换的情况下，这些以太网接口之间的数据交换是等价的。协议转换单元主要是通过以太网的接入，将主机的以太网操作请求转换为实际串口操作，并将串口数据转发到相应的串口操作请求主机来保证对串口的读写操作，实现对串口的控制，需要完成网络监听、数据解析、协议转换以及串口数据读写等功能。另外，集成接口调试单元仅用来调试和加载，要求上电后在短时间(100 ms)内准备就绪，对复位电路的上电时间有特殊要求。调试单元作为航电平台的一部分，在完成调试后的大部分时间内不能加电工作，避免额外消耗有限功率。因此，要求集成接口调试单元设计可靠的供电控制电路，灵活控制集成接口调试单元的上下电状态，以适应综合航电平台需求。



图 2 集成接口调试单元的硬件结构

## 2 硬件设计

### 2.1 以太网交换单元

基于成熟设计的原则，以太网交换单元采用博通公司的 BCM53242 芯片<sup>[11]</sup>为交换核心。BCM53242 是博通公司的一款高性能千兆比特交换芯片，支持共享存储器交换方式及 IEEE802.1p、VLAN、广播风暴保护、流控、全双工/半双工检测等以太网交换特性，在 27 mm×27 mm 的尺寸上提供 24 个 10/100 Mbps 以太网接口，还可通过外接 PHY 扩展 2 个 1 000 Mbps 以太网接口，在端口数量及尺寸上能满足综合航电平台的需求。BCM53242 支持自动配置和 EEPROM、串行配置，根据实际系统需求，设计时可采用自动配置方式。以太网交换单元具体架构如图 3 所示。

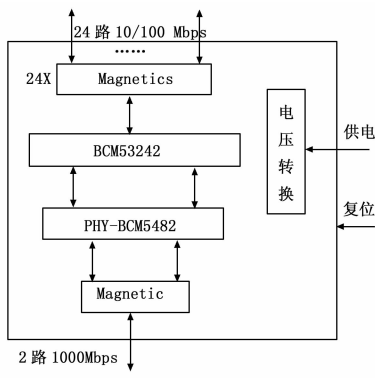


图 3 以太网交换单元

### 2.2 协议转换单元

协议转换单元需要完成网络监听、数据解析、协议转换以及串口数据读写等功能。网络监听就是实时监听网络上的数据请求，并捕获请求数据包，存储在本地缓存。数据解析则是将

捕获的请求数据包按照协议进行解析，并根据定义的通信协议重新打包，为数据向串口的传送做好准备。协议转换就主要是完成以太网数据和 RS232 串口协议数据的转换。数据下行时，系统将解析的数据根据 TCP/IP 通信协议的数据帧查询到系统当前数据包应该发向的串口端口号，再次打包之后，就将此数据包发向指定串行口终端。当数据上行时，其传输过程相反：由串行口终端传输给串口服务器的数据通过解包和再次打包的过程将数据包以 TCP/IP 的数据格式向远端传输。

系统协议转换单元主要是通过 NeChip 芯片实现的<sup>[12]</sup>。NeChip 内部基于 32 位 ARM 核，集成了 10/100 M 以太网接口完整的网络协议栈和设备驱动，完成了以太网和串行口之间的数据转换。本文基于实际应用选用的是波特率最高支持 115 200 bps 的芯片，其采用 3.3 V 的电源供电，功耗极低。它在内部实现了数据监听、数据管理、数据读写以及健康检测等功能，支持 DHCP、ARP、UDP 等多种协议以及 TCP Server/Client 等多种应用模式。芯片上的串口都属于独占式资源，即某一时刻只服务于一个应用。在设定时间范围内没有数据通过串口时，串口自动恢复为空闲状态，这样可以方便其他应用或者服务使用串口。协议转换单元原理如图 4 所示。

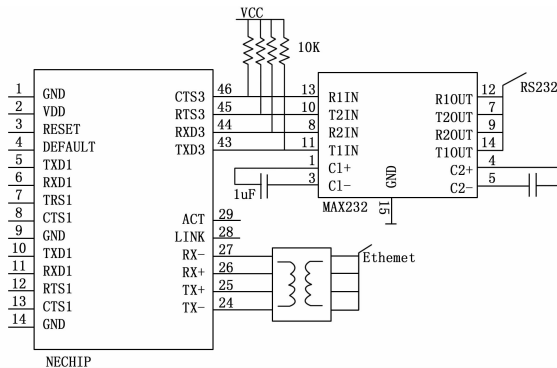


图 4 协议转换单元原理

### 2.3 复位电路设计

集成接口调试单元主要应用在综合化航电平台中，平台要求实时性高，启动快，部分应用要求在 100 ms 内就要必须完成启动；而且，集成接口调试单元不涉及重配置等功能，因此，复位电路仅提供上电复位即可，上电复位启动时间控制在 50 ms 以内。基于以上需求，集成接口调试单元设计复位电路如图 5。VCC 上电，串联 RC 电路开始充电，充电过程中，RST# 经过两次反相，建立并输出 RESET# 复位信号。串联的充电时间  $t=R \times C=8 \text{ ms}$ ，反相器响应时间是 ms 级，因此，集成接口调试单元肯定能在 50 ms 内完成上电复位，开始工作，能满足综合化航电平台指标需求。

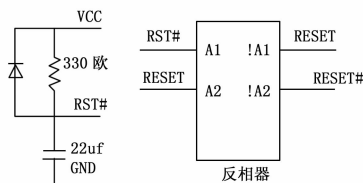


图 5 上电复位设计

### 2.4 供电控制设计

集成接口调试单元仅在前期调试的时候用，调试工作完成后基本处于闲置状态。这些模块集成在综合航电平台内，采取

了加固措施, 不能拆卸。综合航电平台中所有的模块采取的是统一供电模式, 调试单元如果在不使用时保持上电状态, 势必会占用平台有限功率。为避免额外消耗, 必须要进行上下电控制。集成接口调试单元利用了综合化航电平台本身的离散量来进行上下电控制设计。

集成接口调试单元用到了一种电压转换器, 能将平台上的统一供电电压直接转换成单元模块内部需要的各种电压。电压转换器上有一个使能管脚, 用来控制电压转换器是否工作。该使能管脚分为正逻辑和负逻辑两种, 负逻辑表示使能管脚信号为低电压时, 使能信号有效, 电压转换器正常输出, 使能管脚信号为高电压或者浮空时, 使能信号无效, 电压转换器无输出。正逻辑刚好相反, 目前大部分电压转换器用到的是负逻辑, 本单元模块中用到的电压转换器为负逻辑电压转换器。

综合航电平台上有一个统一的开关调试控制信号 GSE#, 用来控制调试模式和非调试模式, 在集成接口调试单元中可用来进行上下电控制, 即调试模式下上电工作, 非调试模式下不上电。其设计如图 6 所示, GSE# 信号有浮空和接地两种状态。当 GSE# 信号浮空时, 表示模块处于非调试模式下, 光电隔离器左边的 V<sub>in+</sub> 和 GSE# 被隔离, 右边的 EN 信号和 V<sub>out+</sub> 信号之间也被隔离, EN 信号处于浮空态 (V<sub>out+</sub> 信号此时无输出, 辅助上拉是为了避免干扰), 电压转换器使能信号无效, 无电压输出, 模块处于下电状态。当 GSE# 信号接地时, 模块处于调试模式下, 光电隔离器左边的 V<sub>in+</sub> 和 GSE# 信号导通, 同时右边的 EN 信号和 V<sub>out+</sub> 信号之间也导通, EN 信号处于低电压, 电压转换器使能有效, 有电压输出。

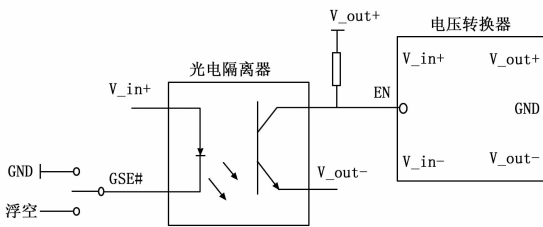


图 6 GSE# 控制上下电设计

### 3 软件配置管理

#### 3.1 配置管理

以太网交换是对等交换, 其自协商和自适应等机制相当成熟, 不需要任何其他应用参与, 因此集成接口调试单元的配置主要是针对协议转换单元, 其配置模式如图 7 所示。PC 端安装了设备管理工具及虚拟串口工具, 他们和集成接口调试单元一起构成了二级 C/S 结构, 通过 TCP/UDP 协议进行通讯。设备管理工具和虚拟串口工具以 Client 模式工作, 集成接口调试单元以 Server 模式工作。

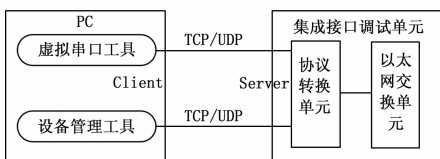


图 7 集成接口调试单元的配置模式

#### 3.2 设备管理工具

设备管理工具是安装在 PC 端的管理软件, 该软件主要和集成接口调试单元通讯, 可快速有效地设置调试单元的各种参

数。本工具主要由管理人员掌握并进行配置, 配置完成后形成一张配置表, 对实际的使用者来说, 可以不用关心具体的配置方法, 只要获得配置表即可。通过设备管理工具查找到集成接口调试单元下对应有多个设备端口号, 将这些端口号按照一定的规律进行配置, 配置完成后记录到配置表中, 虚拟串口工具根据配置表中的设备端口号来映射串口号。

#### 3.3 虚拟串口工具

虚拟串口工具是安装映射在 PC 机的虚拟 COM 口, 每一个虚拟 COM 口映射一个设备端口号, 也就是说, COM 口和设备端口号是一一对应的。实际上对集成接口调试单元来说, 端口就相当于 COM。通过设备管理工具可设置端口号的波特率、工作模式、超时时间等参数, 实际上就设置的是 COM 口参数。在虚拟串口工具创建 COM 口且显示成功连接后, 用户可以直接在本地使用串口终端打开该 COM 口, 对该 COM 口的一切操作就相当于对串口的操作。

### 4 试验结果与分析

集成接口调试单元在综合化航电平台上进行了初步应用, 实践表明, 集成接口调试单元功耗低, 体积小, 重量轻, 支持长距离并行调试通讯, 支持热插拔, 能进行上下电控制, 避免额外消耗功率, 不影响用户调试习惯, 应用到综合化航电平台后, 不需要接出大量的 RS232 和以太网调试信号线, 只需引出一路以太网信号, 再加上相关的配置工作就能实现接口的集成和网络化管理, 满足平台的小型化和轻量化发展要求。

### 5 结束语

集成接口调试单元集成了多路以太网接口和 RS232 接口, 接线简单, 值得推广应用。但是, 该调试单元的软件对二次开发的支持不够, 对一些特殊要求应用无法进行扩展, 后续还需要继续完善和升级。

#### 参考文献:

- [1] Reed Morgan D. Military avionics twenty years in the future [A]. New York: Proceedings of IEEE on Avionics [C]. 1999. 438-490.
- [2] Freescale Inc. MPC8640D Microprocessor Family User's Manual [M]. Arizona: Freescale Inc, 2010.
- [3] Freescale Inc. MPC8641 Design Checklist [M]. Arizona: Freescale Inc, 2011.
- [4] Texas Instruments. TMS320C6455 fixed-point digital signal processor [M]. Dallas: Texas Instruments, 2009.
- [5] 苑玮琦, 莫云鹏. 串口-以太网转换器的设计与实现 [J]. 微机计算机信息, 2007, 23 (11): 46-48.
- [6] 王国庆. 面向新一代通用教练机航空电子系统综合化技术 [J]. 教练机, 2013, (3): 67-72.
- [7] 王树义, 南建国, 赵松云. 综合化航电核心处理系统容错设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (8): 2248-2250.
- [8] 臧红伟, 王卫东, 高德远, 等. 综合化航电核心处理系统 (IAPS) 研究与设计 [J]. 计算机工程与设计, 2005, 26 (10): 2805-2807.
- [9] 孙欢庆. 民用飞机综合航电系统技术发展研究 [J]. 航空科学技术, 2010, 3: 6-8.
- [10] 李 阳, 吴成富, 邓红德. 基于 DSP 和 ENC28J60 的多串口与以太网数据传输系统设计 [J]. 测控技术, 2011, 30 (12): 61-65.
- [11] BROADCOM Corporation. BCM53242 data sheet [EB/OL]. <http://www.broadcom.com>. 2012.
- [12] Conextop Technologies Co. Ltd. Nechip\_Hardware Datasheet\_cn [M]. 2008.