

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2013.08.003

# 某型运输机机载防撞系统交联实现方案\*

田建学\*\*,魏俊淦,贾绍文

(海军航空工程学院 青岛校区,山东 青岛 266041)

**摘要:**为了减少和避免飞机相撞的危险,飞机上需要加装机载防撞系统。但是机载防撞系统不是一个独立的系统,需要与其他机载设备交联。通过分析机载防撞系统交联关系以及与机载设备的接口特性,提出了某型运输机机载防撞系统与原机设备通过研制接口适配器实施交联的方法,给出了接口适配器的技术实现方案。据此方案研制的接口适配器已成功应用于某型运输机机载防撞系统改装工程,实现了机载防撞系统与机载设备的交联,提高了飞机空中防撞能力。

**关键词:**运输机;机载防撞系统;交联;接口适配器;信号处理

**中图分类号:**V243 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2013)08-0983-05

## Realization of Crosslink between TCAS and Avionics for a Transport Aircraft

TIAN Jian-xue, WEI Jun-gan, JIA Shao-wen

(Qingdao Branch, Naval Aeronautical Engineering Institute, Qingdao 266041, China)

**Abstract:** In order to reduce and avoid the risk of aircrafts collision, it is necessary for aircraft to install a traffic alert collision avoidance system (TCAS). But the airborne collision avoidance system is not an independent system, it needs to connect with other airborne equipment crosslink. Through analyzing the crosslinked relationship between TCAS and airborne equipment and interface characteristics, a method is put forward to develop the interface adapter to implement crosslink between TCAS and original equipment for a transport aircraft, and a technical implementation scheme of the interface adapter is given. The interface adapter accordingly designed has been successfully applied to a transport aircraft airborne collision avoidance system installation works, and the crosslinking between TCAS and airborne equipment is realized, and the aircraft collision avoidance capability is enhanced.

**Key words:** transport aircraft; TCAS; crosslink; interface adapter; signal processing

### 1 引言

为了减少和避免空中飞机相撞的危险,航空界持续开展了防撞技术和设备的研究,目前国际上研制开发空中防撞系统的厂家主要有 Honeywell 公司、Rockwell Collins 公司和 ACSS 公司等<sup>[1]</sup>。为了符合国际民航组织 (ICAO) 和中国民航总局关于空中交通管制的要求,提高飞机空中防撞能力,某型飞机需要加装机载防撞系统,又称交通告警与防撞系统

(Traffic Alert Collision Avoidance System, TCAS)。机载防撞系统虽然在技术上十分成熟,但是由于机载防撞系统并不是一个独立的系统,通常需要与飞机上的航向姿态系统、大气数据系统、无线电导航设备、座舱音频系统等其他机载设备交联组成一个复杂的系统<sup>[2]</sup>。由于机载防撞系统的交联接口已经标准化,而原机相关设备没有对应的标准接口,因此将机载防撞系统应用到某型运输机上面面临着交联实现的技术和工程难题。

\* 收稿日期:2013-01-08;修回日期:2013-04-25 Received date:2013-01-08;Revised date:2013-04-25

\*\* 通讯作者:tjx618@126.com Corresponding author:tjx618@126.com

为了在某型运输机上加装机载防撞系统,需要研究机载防撞系统与原机机载设备的交联实现方案。本文对某型运输机机载防撞系统及其交联关系、交联接口以及原机相关设备的接口特性进行了分析研究,提出了机载防撞系统与原机设备交联的实施实施方案。

## 2 机载防撞系统及其交联关系

不同公司生产、不同型号的机载防撞系统组成不尽一致,但大体上都包含以下部件:收发主机1部、S模式应答机2部、控制盒1个、显示器2个、定向天线2个、全向天线2个。

TCAS收发主机是机载防撞系统的核心,包括对其他装有应答机的飞机进行询问和接收应答信号所必需的RF发射和接收模块,其中的双微处理器分别用来实现目标监视和防撞计算,并将交通态势数据输出到显示器<sup>[3]</sup>。S模式应答机为地基和机载询问机提供监视功能,甚至具有数据链功能,可作为航空电信网(ATN)的一部分,为机上系统提供通信功能。显示器把TA/RA告警信息显示和垂直速度指示结合在一起,TCAS产生的交通告警信息(TA)指示入侵者的距离、方位、相对高度和威胁类型,决断告警信息(RA)通过图形显示的方式给出垂直规避策略,同时显示器能够显示飞机的爬升/下降速度。

控制盒用于控制所有的ATC/TCAS功能。两个定向天线要分别安装到上部和下部,为四单元相控阵天线,使用4根同轴电缆与TCAS收发主机相连<sup>[4]</sup>。

由于机载防撞系统为引进成品,系统工作时所需的载机航向、姿态、无线电高度、气压高度、起落架、空地状态等信号以及系统输出的音频告警、总线式RA/TA告警等信号均需与原机机载设备交联。为了在某型运输机上加装机载防撞系统,通过分析,确定某型运输机上与机载防撞系统交联的主要机载设备包括感应式陀螺磁罗盘、远读地平仪、高精度气压高度表、无线电高度表、机内通话器、飞行数据记录系统、前起落架、主起落架、机上静压系统等(见表1),机载防撞系统与原机设备的交联关系如图1所示。

表1 与机载防撞系统交联的主要机载设备(或系统)  
Table 1 The main airborne equipment or system interfaced with TCAS

序号	设备(或系统)名称	交联目的
1	感应式陀螺磁罗盘	提供航向信号
2	远读地平仪	提供姿态信号
3	高精度气压高度表	提供气压高度信号
4	无线电高度表	提供无线电高度信号
5	机内通话器	输入语音告警信号
6	飞行数据记录系统	记录告警信息
7	前起落架	提供起落架状态
8	主起落架	提供飞机空地状态信号
9	机上静压系统	为机载防撞系统静压

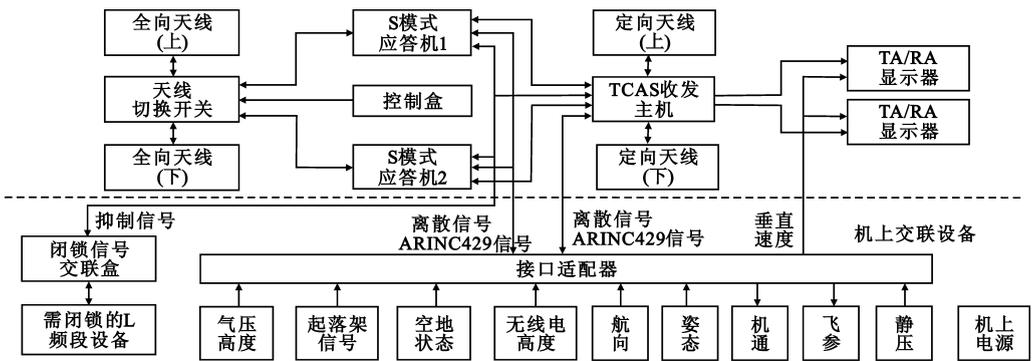


图1 某型运输机机载防撞系统的组成及其与原机设备的交联关系  
Fig.1 TCAS composition and the original equipment interface of a transport aircraft

机载防撞系统的输入输出信号均为通用航空标准格式信号<sup>[5]</sup>,而加装机载防撞系统的载机相应设备输出信号均不能满足机载防撞系统输入信号格式要求,同时机载防撞系统输出的信号也不符合原机设备接收要求,因此机载防撞系统不能与载机机载设备直接交联,需要进行信号变换处理后才能实现

交联。

## 3 机载防撞系统交联信号分析

通过分析机载防撞系统的接口要求以及原机机载设备的输入/输出信号<sup>[6]</sup>可知机载防撞系统和原机机载设备的交联信号,见表2。

表 2 机载防撞系统和原机机载设备交联信号分析  
Table 2 Analysis of interface signal between TCAS and airborne equipment

信号类别	原机机载设备	机载防撞系统	说明
激磁信号	36 V AC/400 Hz	26 V AC/400 Hz	需变换处理
航向姿态信号	航向信号 ARINC407 格式(XYZ 同步器,36 V AC/400 Hz 激磁)	ARINC407 格式(XYZ 同步器,26 V AC/400 Hz 激磁); ARINC429 格式	需变换处理
	姿态信号 ARINC407 格式(XYZ 同步器,36 V AC/400 Hz 激磁)	ARINC407 格式(XYZ 同步器,26 V AC/400 Hz 激磁); ARINC429 格式	需变换处理
有效信号	开关量 28 V DC	开关量 28 V DC	可直接使用
气压高度	格雷码;RS422 格式	ARINC429 格式	需变换处理
无线电高度信号	高度信号 ARINC429(低速)格式; 模拟量,0 ~ 146 m 范围输出电压为 $0.02 \times (h + 20)$ V,146 ~ 762 m 范围输出电压为 $10 \times \ln(h + 20) - 52.146$ V	ARINC429(高速)格式; ARINC552 格式	需变换处理
	高度有效	开关量 28 V DC	可直接使用
音频信号	20 kΩ(两路,隔离输入,300 mW 可调); 300 Ω(两路,隔离输入,300 mW 可调)	600 Ω,100 mW	需变换处理
空地状态(起落架信号)	地面接地,空中 28 V DC	地面接地、空中断开; 地面断开、空中接地	需变换处理

通过对机载防撞系统交联信号的分析可知,机载防撞系统与原机机载设备的交联信号除开关量以外都是不匹配的,必须通过信号的变换处理才能实现交联。也就是说,在不改变机载防撞系统和原机机载设备的前提下,需要对原机机载设备的激磁信号、航向信号、姿态信号、气压高度信号、无线电高度信号进行变换处理,以满足机载防撞系统的需求,同时由于起落架空地状态信号的逻辑关系不满足机载防撞系统的要求,也需要进行变换处理。此外,机载防撞系统的音频输出信号不能满足机内通话器和飞行参数记录仪的要求,因此需要变换处理,以分别满足机上机内通话器和飞行参数记录仪的需求。

## 4 机载防撞系统交联实现方案

### 4.1 研制接口适配器实现系统交联

机载防撞系统与原机机载设备的输入输出信号需要进行信号变换处理才能实现交联。需要进行变换处理的信号包括激磁信号、航向信号、姿态信号、气压高度信号、无线电高度信号以及起落架空地状态信号和音频信号,这些信号的处理变换由接口适配器统一完成,就是说机载防撞系统的交联关系通过接口适配器来实现,因此接口适配器的研制就成为某型运输机机载防撞系统交联关系实现的关键。在切实掌握输入输出信号参数的基础上,按照国军标有关规定,确定接口适配器技术指标,进而开展接

口适配器的研制工作。

### 4.2 接口适配器的基本组成单元

机载防撞系统接口适配器以微处理器为核心,采用模块化结构,其基本组成如图 2 所示。

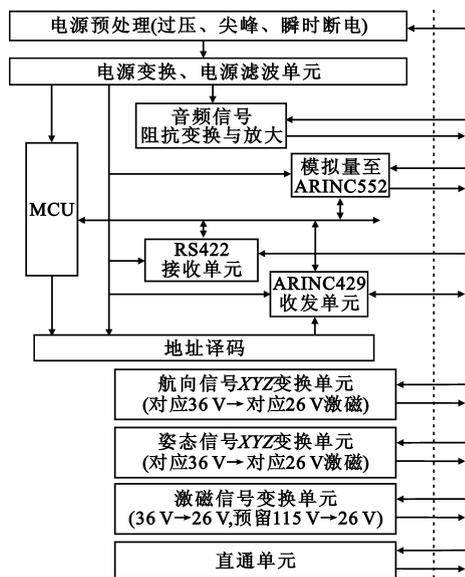


图 2 接口适配器基本组成单元

Fig.2 Basic composition unit of interface adapter

机载防撞系统接口适配器由以下部分组成:电源预处理单元、电源变换与电源滤波单元、音频功率放大单元、MCU 微控制单元、地址译码单元、气压高度表 RS422 接收单元、ARINC429 收发单元、模拟量至 ARINC552 变换单元、航向信号变换单元、激磁信

号变换单元、信号直通单元、检测接口输出单元。

电源预处理单元实现电源输入的预处理,对于电源接反、过压、尖峰、瞬时断电提供保护。

电源变换、电源滤波单元实现输入 28 V 电源到综合信号转换板各单元所需电压的转换。

RS422 接收单元接收气压高度表输出的 RS422 信号,同时提供输入信号保护电路,提供接收单元的可靠性。

ARINC429 收发单元实现 ARINC429 信号的输入输出,包括低速 ARINC429 信号到高速 ARINC429 信号的转换、RS422 信号转换为 ARINC429 信号的输出等。ARINC429 收发单元可以使用 HS3182、HS3282 芯片组,时钟由宽温晶体振荡器提供。

MCU 微控制器单元实现整个接口适配器的工作协调和控制,接收气压高度表输出的 RS422 数据信号,并转换为 ARINC429 数据格式,通过 ARINC429 收发单元输出至 TCAS 收发主机;从 ARINC429 收发单元接收的无线电高度表信号(低速 ARINC429)转换为高速 ARINC429 信号进行输出。MCU 微控制器可以选用 Intel 公司的 51 核微处理器 89C51FA(军品级)。

航向(姿态)信号 XYZ 变换单元实现 36 V 激磁航向信号到 26 V 激磁航向信号的变换。由于此变换为线性变换,设计时可以使用线性网络进行变换。

激磁信号变换单元实现 36 V(或 115 V)激磁信号到 26 V 激磁信号的变换,同样可以使用线性网络进行变换。

此外,还提供了对输入机载信号直接输出的接口单元,通过该接口可以方便检测机载信号的状态,对机载防撞系统及交联设备的维护和故障定位提供依据。

### 4.3 接口适配器软件设计方案

由于机载防撞系统交联信号的变换处理以微处理器为核心,因此其软件设计也是非常重要的环节。根据 GJB437-1988《军用软件开发规范》和 GJB439-1988《军用软件质量保证规范》的要求,信号的变换处理软件为 MCU 微控制器的内部软件,考虑使用软件工程设计方法,把软件工程质量的设计理念融入到整个软件开发过程中<sup>[7]</sup>。软件编程时,采用成熟的软件开发环境(如 Keil-C51),使用高级语言(C 语言)进行编程。

## 5 结束语

本文对某型运输机机载防撞系统交联关系和相

关机载设备的交联接口进行了研究,分析了交联信号的输入输出特性,提出了通过接口适配器实现机载防撞系统交联的方案,并论述了接口适配器各功能模块的实现方案。通过接口适配器进行信号变换处理后,就可以在机载防撞系统和原机设备都不改变自己原有接口的情况下实现交联,可大大降低系统(设备)改进的技术难度和经费成本,也可加快机载防撞系统改装的周期和进度。本文所述机载防撞系统交联关系实现方案已经在某型运输机上得到验证,研制的接口适配器成功实现了进口机载防撞系统与原机设备的交联关系,该型运输机的空中防撞能力得到有效提高。该交联实现方案正在推广应用于其他型号运输机上,考虑到不同型号运输机机载设备存在差异,目前正在进一步开展适用于多型运输机的通用综合适配器研究。

### 参考文献:

- [1] 沈佳峰,肖刚,敬忠良. 空中交通警戒和防撞系统机动策略及仿真研究[J]. 电光与控制,2011,18(10):20-23. SHEN Jia-feng, XIAO Gang, JING Zhong-liang. Study on Maneuvering Strategy and Simulation of TCAS[J]. Electronics Optics & Control, 2011, 18(10):20-23. (in Chinese)
- [2] 彭良福,林云松. 机载防撞系统垂直防撞的物理模型[J]. 电讯技术,2010,50(8):7-11. PENG Liang-fu, LIN Yun-song. Physical Model for Vertical Collision Avoidance in Traffic Alert and Collision Avoidance System(TCAS)[J]. Telecommunication Engineering, 2010, 50(8):7-11. (in Chinese)
- [3] 朱军. 交通提醒及防撞系统介绍及其常见故障分析[J]. 江苏航空,2012(2):43-46. ZHU Jun. Introduce and analysis of the common faults for traffic alert and collision avoidance system[J]. Jiangsu Aviation, 2012(2):43-46. (in Chinese)
- [4] 韩艳茹,敬忠良,龚嘉琦. 空中交通预警与防撞系统(TCAS)风险及对策分析[J]. 计算机测量与控制,2012,20(3):737-740. HAN Yan-ru, JING Zhong-liang, GONG Jia-qi. Research of Traffic Alert and Collision Avoidance System(TCAS) Risk and Countermeasure[J]. Computer Measurement & Control, 2012, 20(3):737-740. (in Chinese)
- [5] 刘志刚,林云松,彭良福. ARINC735A 接口协议的设计与实现[J]. 计算机工程与设计,2009,30(4):819-823. LIU Zhi-gang, LIN Yun-song, PENG Liang-fu. Design and implementation of ARINC 735 protocols[J]. Computer Engineering and Design, 2009, 30(4):819-823. (in Chinese)
- [6] 田建学. 机载卫星导航系统交联接口研究[J]. 导航,2002(3):46-49. TIAN Jian-xue. Study on crosslinking interface airborne satellite navigation system[J]. Navigation, 2002(3):46-49. (in Chinese)
- [7] 田建学,顾德均,刘水. 直流电压比率信号变换 AR-

INC429 数据信号的方案研究[J]. 飞机设计, 2007, 27(5): 72 - 75.

TIAN Jian-xue, GU De-jun, LIU Shui. Conceptual Study of DC Voltage Ratio Signal to ARINC 429 Data Conversion[J]. Aircraft Design, 2007, 27(5): 72 - 75. (in Chinese)

## 作者简介:



田建学(1967—),男,河南荥阳人,2006年获硕士学位,现为副教授、硕士生导师,主要研究方向为无线电传输技术、电磁兼容技术、机载设备维护技术;

TIAN Jian-xue was born in Xingyang, Henan Province, in 1967. He received the M. S. degree in 2006. He is now an associate professor and also the instructor of graduate students. His research concerns radio transmission technology, electromagnetic compatibility technology and airborne equipment maintenance technology.

Email: tjsx618@126.com

魏俊淦(1964—),男,江苏兴化人,2002年获硕士学位,现为副教授、硕士生导师,主要研究方向为机载设备集成技术、机载设备维护技术;

WEI Jun-gan was born in Xinghua, Jiangsu Province, in 1964. He received the M. S. degree in 2002. He is now an associate professor and also the instructor of graduate students. His research concerns integration technology of airborne equipment and airborne equipment maintenance technology.

贾绍文(1968—),男,山东栖霞人,2007年获硕士学位,现为副教授,主要研究方向为无线电传输技术、航空电子技术。

JIA Shao-wen was born in Qixia, Shandong Province, in 1968. He received the M. S. degree in 2007. He is now an associate professor. His research concerns radio transmission technology and avionics technology.