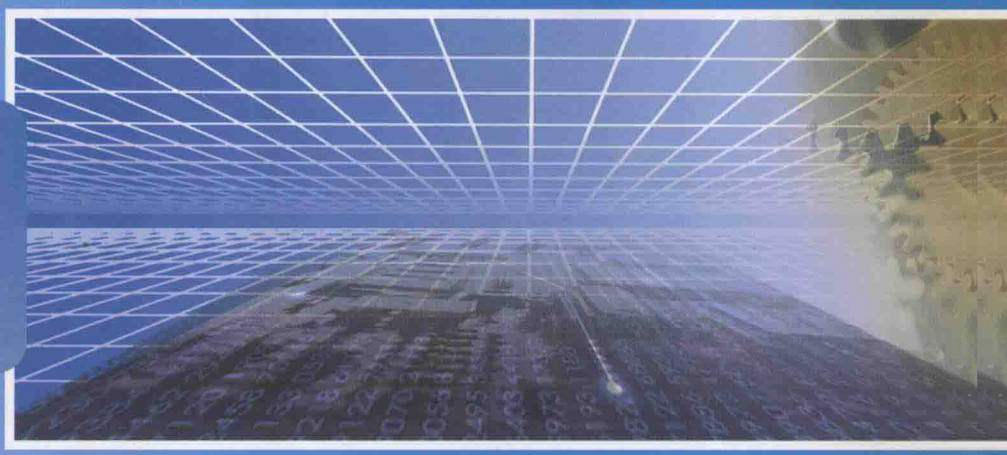
D-K-YT020-0D
空军航空机务系统教材

机载计算机系统

王勇　于宏坤　主编





國防工業出版社
National Defense Industry Press

需要全本请访问 www.ertongbook.com

D-K-YT020-0D

空军航空机务系统教材

机载计算机系统

王 勇　于宏坤　主编

中国科学技术大学 图书馆藏

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书介绍机载计算机系统的基本概念、基本原理、基本结构以及近年来的重要进展。

全书共分4章。第1章介绍机载计算机系统的基本概念、机载软件基本结构及其开发工具。第2章讲述国内外典型的机载计算机组成和原理。第3章论述现役和先进的机载数据总线。第4章进行知识综合，阐述计算机在飞机上的应用，即航空电子综合系统的基本结构、控制和设计方法。

本书内容丰富，附加了英语和俄语专业词汇解释，并给出了习题及答案，配合总线仿真实验，构成一个完整的教学体系。可作为航空工程类院校的相关专业本科和研究生层次的课程教材，同时面向航空兵部队、军事指挥机关及民航的工程技术和管理人员，也适合于有一定计算机基础的广大航空及计算机爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

机载计算机系统／王勇，于宏坤主编. —北京：国防工业出版社，2008.4

(空军航空机务系统教材)

ISBN 978-7-118-05419-4

Ⅰ. 机... Ⅱ. ①王...②于... Ⅲ. 机载计算机－教材 Ⅳ. V247.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第196138号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)

四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 **印张** 12 **字数** 280千字

2008年4月第1版第1次印刷 **印数** 1—5000册 **定价** 32.00元

(本书如有印装错误，我社负责调换)

国防书店：(010)68428422 发行邮购：(010)68414474

发行传真：(010)68411535 发行业务：(010)68472764

总　　序

发生在世纪之交的几场局部战争表明，脱胎于20世纪工业文明的机械化战争正在被迅猛发展的信息文明催生的信息化战争所取代。信息化战争的一个显著特点，就是知识和技术密集，战争的成败越来越取决于各类高技术、高层次人才的质量和数量，以及人与武器的最佳配合。因此，作为人才培养基础工作的教材建设，就显得格外重要和十分紧迫。为了加快推进中国特色军事变革，贯彻执行军队人才战略工程规划，培养造就高素质新型航空机务人才，空军从2003年开始实施了航空机务系统教材体系工程。

实施航空机务系统教材体系工程是空军航空装备事业继往开来的大事，它是空军装备建设的一个重要组成部分，是航空装备保障人才培养的一个重要方面，也是体现空军航空装备技术保障水平的一个重要标志。两年来，空军航空机务系统近千名专家、教授和广大干部、教员积极参与教材编修工作，付出了艰辛的劳动，部分教材已经印发使用，效果显著。实践证明，实施教材体系工程，对于提高空军航空机务人才的现代科学文化水平和综合素质，进而提升航空机务保障力和战斗力，必将发挥重要作用和产生深远影响，是一项具有战略意义的工程。

空军航空机务系统教材体系工程，以邓小平理论和“三个代表”的重要思想为指导，以新时期军事战备方针为依据，以培养高素质新型航空机务人才为目标，着眼空军向攻防兼备型转变和航空装备发展需要，按照整体对应、系统配套、紧贴实际、适应发展，突出重点，解决急需的思路构建了一个较为完整的教材体系。教材体系的结构由部队、院校、训练机构教育训练教材三部分组成，分为航空机务军官教育训练教材和航空机务士兵教育训练教材两个系列十六个类别的教材组成。规划教材按照新编、修编、再版等不同方式组织编修。新编和修编的教材，充实了新技术、新装备的内容，吸收了近年来航空维修理论研究的新成果，对高技术战争条件下航空机务保障的特点和规律进行了有益探索，院校的专业训练教材与国家人才培养规格接轨并具有鲜明的军事特色，部队训练教材与总参颁布的《空军军事训练与考核大纲》配套，能够适应不同层次、不同专业航空机务人员的教育训练需要，教材的系统性、先进性、科学性、针对性和实践性与原有教材相比有了明显提高。

此次大规模教材编修工作，系统整理总结了空军航空机务事业创业50多年来的宝贵经验，将诸多专家、教授、骨干的学识见解和实践经验总结继承下来，优化了航空机务保障教材体系，为装备保障人员提供了一套系统、全面的教科书，满足了人才培养对教材的急需。全航空机务系统一定要认真学习新教材，使其真正发挥对航空机务工作的指导作用。

同时，教材建设又是一项学术性很强的工作，教材反映的学术理论内容是随实践的发展而发展的。当前我军建设正处在一个跨越式发展的历史关键时期，航空装备的飞速发展和空军作战样式的深刻变化，使航空机务人才培养呈现出许多新特点，给航空机务系统教材建设带来许多新问题。因此，必须十分关注航空装备的发展和航空机务教育训练的改革创新，不断发展和完善具有时代特征和我军特色的航空机务系统教材体系，为航空机务人才建设提供知识信息和开发智力资源。

魏 钢

二〇〇五年十二月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

空军航空机务系统教材体系工程编委会

主　任　魏　钢

副主任　周　迈　毕雁翎　王凤银　袁　强　韩云涛
吴辉建　王洪国　王晓朝　常　远　蔡风震
李绍敏　李瑞迁　张凤鸣　张建华　许志良

委　员　刘千里　陆阿坤　李　明　郦　卫　沙云松
关相春　吴　鸿　朱小军　许家闻　夏利民
陈　涛　谢　军　严利华　高　俊　戴震球
王力军　曾庆阳　王培森　杜元海

空军航空机务系统教材体系工程总编审组

组　长　刘桂茂

副组长　刘千里　郦　卫　张凤鸣

成　员　孙海涛　陈廷楠　周志刚　杨　军　陈德煌
韩跃敏　谢先觉　高　虹　彭家荣　富　强
郭汉堂　呼万丰　童止戈　张　弘

空军航空机务系统教材体系工程
军械专业编审组

组　长　周志刚

成　员　查国云　刘应忠　杨　鸿　李建斌　那忠凯
王更辰　旷艾喜

前　言

本书从介绍新一代机载计算机结构和数据总线协议标准出发，力求建立航空电子综合化系统的新概念。背景以国内现役飞机为主，同时也兼顾国际军用 F－35、F－22、F－16、俄制及民航波音、空客等机型中的先进技术。内容由三部分组成：机载计算机、数据总线、航空电子综合化系统。

编写主线：基本概念—主要部件—整体构成，从简单到复杂，从单机到系统，同时配套专业英语、俄语词汇及习题。

本课程应在“数字电路”、“微型计算机原理”、“程序设计语言”等课程后开设，学生最好有“数据结构”、“操作系统”、“计算机网络”方面的知识。

参考学时为40学时：第1章4学时，第2章12学时，第3章12学时，第4章6学时，实验6学时。

本书在编写过程中得到了北京航空航天大学、西北工业大学、航空部631研究所以及空军工程大学的许多专家、教授的支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，时间仓促，教材中难免有不足及疏漏之处，诚恳希望广大读者予以批评指正。

作　者

2007年10月

目　录

第1章　概述 …… 1
1.1　机载计算机基本概念 …… 1
1.1.1　基本定义 …… 1
1.1.2　发展过程 …… 2
1.1.3　主要技术 …… 5
1.2　机载软件结构及开发 …… 8
1.2.1　软件体系结构 …… 8
1.2.2　飞行作战程序 …… 9
1.2.3　软件开发技术 …… 19
第2章　机载计算机原理 …… 23
2.1　大气计算机 …… 23
2.1.1　计算机系统结构 …… 23
2.1.2　计算机软件 …… 28
2.2　任务计算机 …… 32
2.2.1　计算机系统结构 …… 32
2.2.2　计算机指令系统 …… 43
2.3　火控计算机 …… 51
2.3.1　计算机系统结构 …… 51
2.3.2　输入输出系统 …… 57
2.3.3　中断系统 …… 62
2.3.4　指令与微指令 …… 65
2.4　通信计算机 …… 68
2.4.1　计算机系统结构 …… 68
2.4.2　计算机指令系统 …… 72
第3章　机载计算机数据总线 …… 77
3.1　MIL－STD－1553B 数据总线 …… 77
3.1.1　总线特征 …… 77
3.1.2　数据格式 …… 79
3.1.3　通信控制 …… 83
3.1.4　接口逻辑 …… 84
3.1.5　通信软件 …… 90
3.2　ARINC429 数据总线 …… 94

3.2.1 总线特征 …… 94
3.2.2 数据格式 …… 95
3.2.3 通信控制 …… 97
3.2.4 接口逻辑 …… 99
3.2.5 俄制飞机总线特点 …… 104
3.3 新型数据总线 LTPB …… 105
3.3.1 基本特征 …… 106
3.3.2 通信协议 …… 106
3.3.3 接口及应用 …… 110
3.4 新型数据总线 FC …… 119
3.4.1 基本特征 …… 119
3.4.2 协议结构 …… 119
3.4.3 系统结构 …… 120
3.4.4 消息格式 …… 121
3.4.5 通信控制 …… 122
3.4.6 接口及应用 …… 124
3.5 新型测试与维护总线 TM …… 129
3.5.1 基本特征 …… 129
3.5.2 通信协议 …… 129
3.5.3 接口及应用 …… 136
第 4 章 机载计算机系统 …… 140
4.1 系统设计方法 …… 141
4.1.1 基本设计原则 …… 141
4.1.2 基本设计步骤 …… 141
4.2 拓扑结构及控制方法 …… 143
4.2.1 单层次总线结构 …… 143
4.2.2 多层次总线结构 …… 144
4.2.3 控制方法综述 …… 147
4.3 多级总线的数据通信 …… 150
4.3.1 网关 …… 150
4.3.2 异步通信 …… 151
4.3.3 跨总线通信 …… 153
4.4 容错设计 …… 155
4.4.1 容错的概念 …… 155
4.4.2 容错技术 …… 155
4.5 同步传输及错误管理 …… 158
4.5.1 大周期与小周期 …… 158
4.5.2 同步传输调度 …… 159
4.5.3 异步任务插入 …… 159

4.5.4 错误管理 …… 160
4.6 自测试技术 …… 161
4.6.1 BIT 原理 …… 161
4.6.2 BIT 方法 …… 163
习题及答案 …… 165
附录 …… 171
附录 A 英—汉专业缩略词汇对照表 …… 171
附录 B 俄—汉专业缩略词汇对照表 …… 177
参考文献 …… 179

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第1章 概 述

1.1 机载计算机基本概念

1.1.1 基本定义

1. 机载计算机及系统定义

机载计算机是飞机上各种计算机的统称。它包括导航计算机、火控计算机、大气数据计算机、飞行控制计算机、飞行管理计算机、任务计算机、雷达数据计算机、显示控制计算机、通信计算机、非航电监控处理机和通用综合处理机等。

机载计算机系统是一架飞机中计算机及其配套的软硬件的总称。它能自动快速地输入和存储信息,进行计算或处理,并输出结果信息。它要求结构模块化和标准化并力求插件级的互换性,以降低制造和维修成本。机载计算机系统大多使用嵌入式计算机,通常由工业部门设计生产。机载计算机系统从广义的概念上讲,就是航空电子的综合,是一种计算机联网技术。

2. 机载计算机任务

机载计算机系统完成飞行的数据采集、信息处理和指挥控制任务。根据飞机各子系统的应用分工,有如下的具体任务。

(1) 数据处理:计算机接收基本参数传感器传送的数据,经过运算和处理形成一系列信号输出,供其他系统使用。在飞机上装配的惯性基准系统(IRS)和大气数据计算机(ADC)就是数据处理的典型实例。

(2) 实时控制:利用计算机作为自动控制系统中的一个信息处理环节,通过对预定的数学模型的计算,实现对系统的控制,使操作过程自动化。在飞机上用于实时控制的计算机是较多的,例如:电子推进控制系统(EPCS),它是一个全功能的微机控制系统,它能完成从发动机启动到停车期间,控制发动机变量,控制推力值和方向,完成自动推力补偿、计算并输出发动机工作特性和数据,自动进行故障检测、隔离和调节,完成燃油和滑油温度管理等工作。自动飞行控制系统(AFCS),可根据其他系统所提供的数据进行综合运算,产生飞机爬高、下降、倾斜转弯等操纵指令,输送到自动驾驶仪的各舵机,自动驾驶飞机按要求的航向和高度飞行。自动油门系统(A/T),由飞行管理计算机(FMC)向 A/T 计算机输送飞机爬高、巡航和复飞的发动机推力值、飞机全重、FMC 要求高度和设定空气温度等信号,A/T 计算机根据由 FMC 输来的这些信号进行运算后形成油门位置指令信号输送到油门杆机构,使油门杆自动处于正确的位置以产生符合要求的推力。环境控制系统(ECS),采用微机对飞机座舱环境进行实时控制、保证乘员有个正常舒适的生活环境。此外,还有数字式防滑刹车系统等。

(3) 信息显示:电子飞行仪表系统(EFIS)是飞行信息显示微机的典型代表。EFIS 的中心组件是 3 台由微机控制的符号发生器(SG),这 3 台 SG 通过数据传输总线连接到飞机上几乎所有的电子系统。微机控制的 SG 接收惯性基准系统(IRS)、大气数据计算机(ADC)、飞行控制计算机(FCC)、推力管理计算机(TMC)、飞行增稳计算机(FAC)、飞行控制组件(FCU)、全

向信标(VOR)、仪表着陆系统(ILS)、低高度无线电高度表(LRRA),自动定向仪(ADF)、飞行告警计算机(FWC)、飞行管理计算机(FMC)、测距机(DME)、气象雷达(WR)及离散输入信号,由微机对这些信号进行处理以产生所需要的图形符号,并把这些数字式符号换成模拟式视频信号,再输送到主飞行显示器(PFD)和导航显示器(ND)的彩色 CRT 进行显示。

(4) 信息存储与监视:信息存储计算机可存储飞行系统的信息,包括与其相连的监控组件的信息,存储的信息可以显示出来或供地面人员使用查阅。发动机指示和机组告警系统(EICAS)、电子中央监控系统(ECAM)就是其典型代表。

(5) 人机交互:它是人和飞行器相互联系与"对话"的微机。人可以操纵键盘上的开关和按钮与计算机通信联系,计算机将按着使用者的意图自动工作,可将处理的数据在 CRT 上显示,也可将数据输出给其他系统实施管理控制。

3. 机载计算机特点

与民用计算机相比,对机载计算机系统的要求是比较高的,具体有如下几点。

(1) 抗恶劣性强:如能在较大的温度变化范围(-60℃ ~ +60℃),冲击过载高达 40g,以及振动、潮湿、盐雾、电磁干扰、空间粒子辐射和核辐射等条件下工作,为此要采用经过严格筛选的元器件。

(2) 可靠性高、可维修性好、性能稳定:现代飞机价格昂贵,在飞行中无法维修,计算机一旦失效,后果严重。为保证其工作可靠,除采用高可靠性器件之外,还须采用余度技术、自检测和监控技术。用多台微机构成容忍出错的计算机系统,且能自动检测、诊断故障,重组计算机结构,保持系统总体能正常工作。

(3) 实时性强:飞机速度快,飞行环境和飞机姿态也瞬息多变,因此飞机上的计算机应当能够实时地采集数据进行运算,实施控制。它的数据采样间隔时间一般仅为几毫秒至几十毫秒,计算周期等于采样间隔时间或是它的几倍。随着飞行器性能的提高,需要运算和处理的数据信息不断增多,也要求计算机有更高的运算处理速度。

(4) 体积小、重量轻、功耗低:现代飞机所用微机多以大规模或超大规模集成芯片的 CPU 为核心,采用单片微机和二次集成微机。CMOS 集成芯片功耗低、可靠性高,是现代机载电子计算机较理想的元器件。

1.1.2 发展过程

1. 发展史

科学技术的发展总是率先应用于军事领域,微处理机的发展尤为突出。微处理机的出现及大规模集成电路技术的成熟和发展,给航空领域注入了新鲜血液。随着航空电子技术日新月异的发展和飞机性能要求和任务的急剧增长,对机载计算机提出了更高的要求,而且计算机在航空领域的应用日益广泛,涉及到飞机的各个方面。机载计算机的性能成为衡量飞机性能的标志之一。没有先进的机载计算机,就没有先进的航空电子综合系统,也就没有先进的作战飞机。机载计算机的发展与航空电子系统的发展紧密相关。它的发展经历了以下几个阶段。

1) 模拟式机载计算机

20 世纪 60 年代,航空电子系统由一些分散、功能单一的系统组成,其代表性的飞机有 F-100、F-4。随着数字技术迅速的发展,数字计算机开始用于机载导航和火控计算。

2) 数字式机载计算机

到了 20 世纪 70 年代,美国空军发起了数字式航空电子设备信息系统(DAIS)计划,提出

了从系统工程的观点来统筹设计航空电子系统,同时用多路传输总线将机上的各个计算机联成分布的网络,实现了座舱的综合显示和控制。计算机采用标准化、模块化设计,通过总线实现信息共享,使系统有重构容错能力,从而形成了新型的航空电子综合化系统。数字式计算机开始应用于航空领域。这时的战斗/攻击机的机载计算机分为两类:一类为中央任务处理机,即主子系统;另一类是大量嵌入式微处理机,即子系统处理机。这两类处理机通过1553B总线互连,构成分布式机载处理系统。中央处理机主要完成与飞机作战任务有关的计算,对各个子系统进行管理、调度和控制,对多路总线进行控制。另外还在检测、故障隔离以及系统重构和性能降级中使用。而各子系统处理机则完成各个子系统的信号处理和数据处理任务。此时的计算机大部分以单一任务为主,如导航计算机、火控计算机等。目前,在西方现役作战飞机上使用的任务计算机有3种代表机型:AN/AYK-14、SKC-3121和1750A机载计算机。其中以1750A应用最为广泛,分别用于A-10、B-1、F-111、F-16、F-4G以及ATF等飞机上。

3)分布式机载计算机

20世纪80年代,美国空军莱特实验室提出了"宝石柱(PAVE PILLAR)"计划。它利用了当时发展起来的分布式综合航空电子系统,突破了原有的子系统概念,整个结构按功能分为3个资源共享的功能管理区,即任务管理区、传感器管理区和飞机管理区。各个功能区之间通过高速多路传输总线互连。这种结构以高速集成电路(VHSIC)和通用模块为基础,实现了航空电子系统的高度综合。它不仅提高了故障检测和隔离能力,还简化了维护工作,减少了全寿命的维护费用。这个计划现已用于F-22和RAH-66飞机上。

4)高度综合化机载计算机

到了20世纪90年代,美国空军莱特实验室又提出了"宝石台(PAVE PACE)"计划。"宝石台"计划的出现使人们看到了21世纪先进作战飞机的雏型。它是在"宝石柱"计划的基础上,进一步扩大了任务功能的范围,提高了系统处理能力,采用了人工智能算法和神经网络等新技术,实现了模块化、综合化、通用化和智能化高度综合的航空电子系统。它的结构主要由综合射频部分(IRF)和综合核心处理机(ICP)组成。ICP是此结构的主要部件之一,它是一个模块化的处理机,由12个多芯片(MCP)和8种通用单个标准电子模块(SEME)组成。信号处理硬件采用综合的多功能芯片如32/64位RISC CPU芯片,每片的处理能力可达150百万条指令/秒。因此,机载计算机已成为新一代航空电子综合系统的核心。航空电子系统综合化程度越高,对机载计算机的要求也就越高。

目前,国内外的先进作战飞机已广泛应用了机载计算机,有的飞机装备的机载计算机达到上百台,如美国B-2轰炸机装备了200多台机载计算机。美国F-111攻击机中的中央控制计算机是PLESSY ELECTRONIC SYSTEM公司研制的AN/AYK-18计算机,运算速度达3MIPS,存储容量为256KW。美国F-16战斗机,其火控计算机是M372,它包括4个CPU模块,2个1553B模块。从1992年开始的F-15E战斗机改装计划,换装由VHSIC实现的计算机。这种计算机由3台并行的VHSIC处理器组成,运算速度达3MIPS,存储容量为6MB,是原来AP-IR的12倍,数据吞吐量是AP-IR的10倍。F-22先进战斗机的核心处理机为I80960,模块之间用PI总线和TM总线互连。它不仅能完成数据处理功能,还能满足1553B数据总线、TM总线以及HSDB总线接口的需要。F-35飞机使用了结构更为先进的PowerPC系列计算机。

2. 发展方向

1）高速 RISC CPU

由于航空电子系统的不断发展，所需要处理的信息不断增加，从而对计算机运算能力与速度的要求也不断提高。如 ATF 飞机的航空电子系统若实现自动目标识别、红外跟踪报警、雷达引导和实现合成孔径雷达数据处理等功能，要求核心处理机每秒能执行超过 2 亿条指令的通用数据处理能力和每秒 100 亿次的信息处理运算，因此必须尽可能采用高速的微处理机。RISC CPU 芯片因其精减了指令系统，并采用了一系列并行处理的体系结构如超标量、超长指令字和超流水线等，可在一个时钟周期执行一条或几条指令，从而实现高速处理。它还具有结构简单、易于实现和研制周期短等特点，所以采用 RISC CPU 已成为机载计算机发展的必然趋势。

2）并行处理技术

并行处理技术是利用多个微处理机获得高速处理速度的有效手段。目前实现万亿次运算的并行处理技术逐渐成熟。在实现实时决策动态目标的高速图像处理、支持传感器高速信号处理方面，都要求计算机处理速度必须达到每秒数百亿次运算，而单机和多机系统是不可能有如此高的性能，唯有并行处理系统才可能达到这一要求。

3）容错与重构技术

单一处理机仍然难以满足航空电子系统处理速度要求，尤其不能满足容错或可重构的需求。因此，模块式航空电子综合系统（IMA）采用了可重构多处理机系统。这一系统由若干通用处理机模块和通用接口模块组成，各模块之间通过一条标准的双余度并行底板高速总线互连，并配以实时多任务、多处理机操作系统，采用 ADA 高级语言编程。为了实现故障检测、隔离与分层次维修的需要，还设有一条测试总线即 TM 总线。当工作中的某一台处理机发生故障时，热备份的处理机可接替其工作从而提高系统的可靠性。

4）高速数据总线

目前最为广泛采用的是军用 MIL－STD－1553B 和民用 ARINC429 标准总线。1553B 总线传输速度只有 1Mb/s，支持 31 个终端。随着计算机之间信息的迅速增加，1553B 总线已无法满足要求。新型光纤总线能实现系统容错、重构和资源共享，并具有很高的数据传输能力。光纤总线与 1553B 总线相比，其性能要求和实现途径都发生了飞跃，它具有更宽的带宽、较小的体积和重量、更好的电隔离性，大大地提高了抗电磁干扰能力，加强了数据传输的保密性。F－22 飞机使用的 LTPB 总线的传输速率为 50Mb/s，支持 128 个远程终端，消息长度可达 4096 字。

5）通用模块结构

由于航空电子综合系统的综合程度越来越高，所以要求通用模块具有很强的故障检测、诊断、隔离和恢复功能。随着集成电路的高速发展，航空电子系统的各种完整功能可以浓缩在一个 SEM－E 的封装内。它包括完整的数据处理机、存储器、电源、总线控制器等部件，并且任何故障都能检测出来，并隔离到这样的模块上。这些模块具有很好的可用性，可使通用模块的种类减少到最低限度。因其具有完善的自检测能力而不需要任何辅助地面设备，大大减轻地面维护费用。

6）人工智能技术

人工智能技术是由计算机技术和微电子技术而形成的一种尖端技术，它在很大程度上依

赖于计算机技术的发展。美国正在研制的飞行员助手系统就是这一技术的代表。它可以完成数据的收集、推理和判断并作出决定，可以直接给出控制指令，也可以向飞行员提出处理建议，由飞行员决定及实施控制，它还具有自学习和自适应能力。智能化系统使飞行员从过量的任务中解脱出来，集中精力用于高层的判断，并可避免人脑在某些方面的不足。这种技术美军已应用于新型的 F－22 和 RAH－66 飞机上。

1.1.3 主要技术

1. 设计方法

由于越来越多的航空电子系统和设备广泛装备于用途各异的飞机，为了发挥系统的最大效能，有必要从系统级的高度进行全面的、综合的、优化的、自上而下的顶层研究与设计。

顶层设计方法一改过去单个功能设备间的机械组合，而采用在满足飞行作战总体需求下的系统设计方法。它把整个航空电子系统当做飞机的单一子系统对待，并当做一个统一的整体进行设计和优化。首先将系统自顶层划分为诸如传感器、核心处理、驾驶员接口和基本互连等功能部分，其次提出各通用模块以及其他系统部件的物理、电气和接口需求，以保证互换性。最后提出数据通路及其他互换协议与接口定义。所有部件必须符合总的系统工作规定，包括支持内部诊断。因此，机载计算机的设计与应用必须严格按照系统的各种需求和系统数据传输协议与接口定义进行。另外，系统设计由软件和硬件两大开发过程构成，两部分有着不可分割的关系，在工作中应协调进行并需要组织各阶段的评审工作，通过评审修改设计，有时甚至会出现需要修改前一阶段已经完成的设计方案的情况。因此，系统开发过程不仅仅是自上而下的，也需要自下而上，它是一个反复迭代的过程，最终达到系统总体指标的要求。

2. 数据总线

随着飞机性能的不断提高和任务的不断增加，用于完成各种功能的电子设备出现了激增的现象，大型客机上各种电子设备电缆总质量超过 1000 kg，这必然造成设备拥挤，布线复杂，相互间电磁干扰严重，可靠性及灵活性差，标准化程度低，飞行员工作负担重，从而影响飞机的飞行性能，维修工时大量增加，导致研制周期加长、费用激增，整个航空电子系统的寿命期成本上升。因此，对机载电子设备、电子系统共同关注的倾向是如何充分发挥它们的功能。许多电子设备水平是先进的，但是由于系统构成没有处理好，导致设备的效率不够高。20 世纪 70 年代初出现的航空电子综合化数字信息系统为解决这个问题提供了一条有效的途径。综合化是指用一种设备完成多种功能，代替原有多种设备的工作。由机载计算机实现信息处理的综合，实现机载信息资源的高度共享，最大限度地利用公用的硬件和软件，避免了不必要的设备重复和减少不必要的设备激增现象。由综合控制显示器实现信息控制或显示综合，可以大大减轻驾驶员管理工作的负担。其中用于各设备间信息传输综合与管理的系统体现在目前广泛使用的 ARINC429 与 MIL－STD－1553B 数据总线上。数据总线从狭义的角度看，就是规定了长度的电缆或光缆，以及连接设备和电缆或光缆的连接器、耦合器等。广义来看，它实际上就是一个计算机局域网，在此网中的各电子设备可以进行有序的信息传输，并实现资源的高度共享。

正如我们的身体需要中枢神经系统一样，飞机亦同样如此。就现代飞机而言，数据总线是飞机的中枢神经系统，但它又不完全像我们身体内的中枢神经系统，因为数据总线上信号传递的速度很快，且采用余度技术使系统能可靠工作。

多路传输是在一条公用通路上发送和接收多路信号，是构成数字式综合航空电子系统的

基础之一。多路传输允许数据和计算结果共享,因而将会减轻系统的重量。多路传输亦能使系统设计高度灵活,即当飞机任务改变时能增强和改变其功能。目前使用较多的数据总线技术有两大类,即 ARINC429 总线和 MIL - STD - 1553B 总线。

ARINC429 总线由美国航空无线电公司(ARINC)于 1977 年 9 月发表,它的全称是"数字式信息传输系统(DITS)",是为 ARINC700 系列产品间进行数字信息传输而开发的一种标准。ARINC429 用的传输介质为屏蔽的双绞电缆,传输的速率有 2 个,低速为 12Kb/s ~ 14.5Kb/s,高速为 100Kb/s。低速用于一般的低速电子设备,而高速则用于传输大容量的数据或飞行关键信息。如新的罗盘及采用 CRT 显示的姿态指示仪(EADI)等。ARINC429 是目前先进的民航客机如 B737、B757、B767、A310、A320、A300 - 600 和 MD - 82 上广泛使用的一种总线,ARINC429 用于民航客机有一定的优点,例如简单,无需像 1553B 总线那样有总线控制器,适用于分布控制,且成本较低,也不会将一个分系统的错误传到另一个分系统。正因为 ARINC429 总线具有这些优点,而且相当一批与 ARINC429 相兼容的航空电子设备至今仍在使用,所以预计 ARINC429 总线仍会在民用客机中使用一段时间。俄罗斯空军广泛使用了类似于 ARINC429 的总线系统。

MIL - STD - 1553 是美国汽车工程师协会(SAE)于 1973 年制定的用电缆作通信介质的军用机载数据总线标准。在 20 世纪 70 年代初开始用于军用飞机如 B - 1、A - 7、F - 15 中,两年后推出它的第一次修订版 MIL - STD - 1553A。考虑到军用和民用的兼容性,SAE 于 1978 年又推出第二次修订版本 MIL - STD - 1553B。由于 1553B 总线具有可检测性好、可靠性高以及综合性能突出的优势而得到普遍承认,成为一种国际性的航空航天总线标准。目前除了在军用飞机上使用外,也在航天飞机、军舰和坦克等很多方面应用,但 1553B 总线至今还未见到在民用飞机上采用。这并非是 1553B 总线技术不适用民用飞机的要求,而是由于技术、安全和价格等因素而未被采用。1553B 总线的拓扑结构为线型的,它为双向传输总线,信息传输率为 1Mb/s,是一种高速数据总线。就标准而言,1553B 较之 ARINC429 要复杂得多,涉及的面也要深、广得多。

随着 ARINC429 总线在民用飞机中的广泛应用,其固有缺陷也暴露了出来,波音公司经过近 10 年的研究,为民用飞机开发了一种新型总线 ARINC629,它是一种能取代 ARINC429 总线的较为理想和先进的数据总线规范。

3. 可靠性与容错技术

随着计算机性能的不断提高和应用的不断推广,其可靠性也就成了设计者、生产者及用户都十分关注的问题。所谓可靠性是指计算机在给定时间内能够按预定的要求完成指定功能的概率,即能够正常运行的概率。计算机可靠性与多种因素有关,如设计方案、采用的元器件的质量、工艺过程、工作环境、维修的水平等。因此,提高系统的可靠性要从多方面着手,主要的途径有两条:一是提高元器件的质量,严格老化筛选,改进工艺,完善结构,这是最主要的途径,但是在这方面无论怎样要求,都不可能做到绝对可靠;二是容错,就是即使出现故障,系统仍能正确地完成指定功能,系统具有容许出现错误的能力。这种计算机虽然在软、硬件上都变得更为复杂,却大大提高了系统的可靠性。

1) 可靠性技术

可靠性是指在规定期间和规定条件下,一个系统、设备或元件能正常工作的能力。计算机的可靠性技术包括系统的可靠性设计(含硬件和软件两方面)、可靠性建模与分析。

需要全本请访问 www.ertongbook.com