

用于飞机飞行控制的再组织余度管理技术

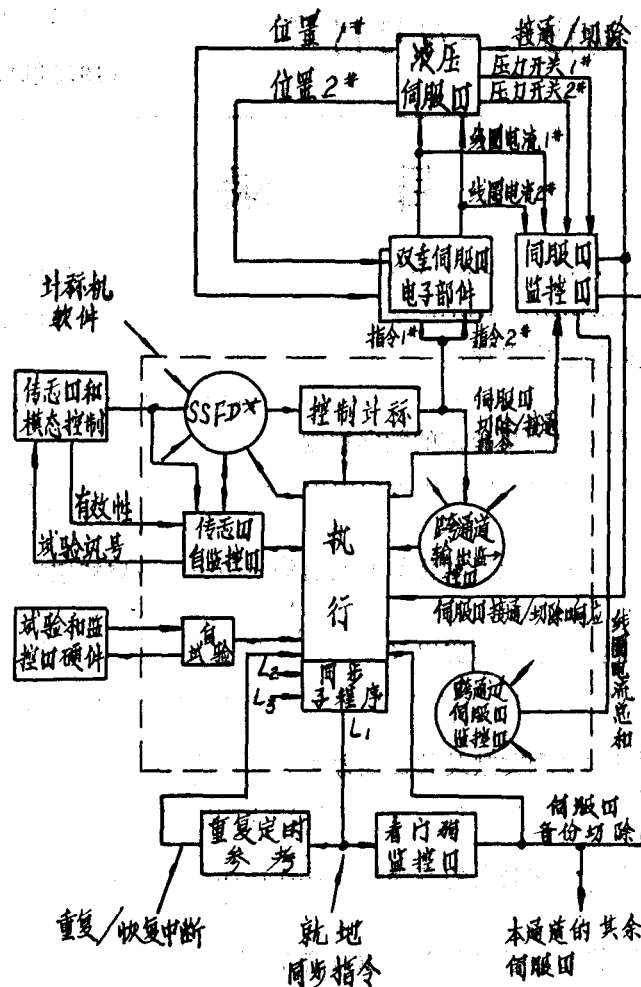
618所 李利春 编译自 AIAA G&C 76—1932

美国通用电气公司研制了一种第三代数字飞行控制用的“先进再组织计算机系统”(ARCS)，主要成果已经作为数字电传飞行控制系统的核心，应用到最新式战斗机F-18上。这个计算机的主要特点是它的“再组织”功能，即当余度飞行控制系统出现故障时，它能识别故障的性质，如果故障是瞬时性或短时性的，就能把已经被监控装置切除的故障通道重新接入系统，并使系统恢复到故障前的余度状态。在通常的计算机中，一旦故障通道被切除，就不能再接通。而且，根据美国的统计数字，战斗机的主飞行操纵系统的任务可靠性要比安全可靠性的约低二个数量级，这是因为造成飞行任务中断的原因，除了系统故障以外，还有由于监控器引起的误切警告和由于非本质性故障（例如系统短时间地达到监控器的灵敏度，而系统部件并未故障）所引起的警告与切除。所以提高任务可靠性就成为一个急需解决的问题，而再组织余度管理技术便能达到此目的。这个计算机的另一个特点是充分利用软件，最大程度地简化硬件，从而在三余度结构的基础上，能够获得二次故障工作能力。

下图为ARCS的余度管理框图，示出了一个通道的典型情况。这是一个具有两个表决点的三余度结构，一个表决点在传感器的输出端，另一个表决点是力综合式余度伺服器的输出机械表决器（力综合臂）。虚线方框内为软件，方框外为系统硬件，没有示出计算机的硬件与接口。从图可见，除传感器和伺服器具有自身的硬件监控器外，其余全部监控与隔离功能包括再组织功能，都是由软件实现的。这样的软件有一套完善的软件管理体制，以确保质量可靠。

为实现再组织余度管理，以及在三余度的基础上实现二次故障工作性能，不仅需要设计适宜的软件和语言，更重要的是确保获得尽可能高的试验复盖率。在这个系统中，对关键部件伺服器的监控作了很完善的双重设计。力综合式伺服器同时受硬件监控器和软件监控器的双重监控，而且在伺服器的每一通道中，又采用了双重伺服放大器，以确保第一次故障复盖率为1，计算机和接口组件的二次复盖率按0.95设计。此外，尚须消除计算机的单点故障源。

三余度系统的每一通道各有一台计算机，每台计算机包含一个先进的MCP-701A中心处理器和六个接口组件。所有跨通道传输是由单路串行数字数据母线实现的。计算机的输入和输出系统采用直接操作的输入和输出(DOIO)形式。中心处理器能同时适配于磁心式和半导体式存储器，而无须修改硬件和软件。MCP-701A的主要功能特性如表中所列。在物理结构上，整个计算机包括接口在内，按通道分成三个独立插件。软件使用的语言是适合于飞行控制应用的汇编语言。



• SSFD—跨通道訊號選擇故障鑒別余度盤ARCS余度管理框圖

MCP-701A中心處理器主要特性

形式：通用，存入程序，并行处理器

数体制：二进，定点，2补码，分块

数据字长：标准的16位，双倍精度的32位

指令字长：16位

寄存器：带有3个变址寄存器的累加器编制

指令：116组微程序，带有9个取决于应用的专用操作码

容量：420^kOPS，取决于高速暂存参考指令的运算时间：

85%—加 1.5微秒 10%—乘 5.75微秒 5%—除 10.5微秒

地址模式：直接，间接，程序计数器，相对的和立即的变址寄存器

中 断：软件可标记的8级 存 儲：独立程序和变量存储

输入输出：DO10原理——可按中断控制、处理器控制成无交联影响的DMA控制的输入和输出。