

自动飞行控制计算机通道故障逻辑电路设计

Automatic Flight Control Computer Channel Fault Logic Circuit Design

刘畅

Chang Liu

北京青云航空仪表有限公司 中国·北京 101300

Beijing Qingyun Aviation Instrument Co., Ltd., Beijing, 101300, China

摘要: 为了提高产品的可靠性和安全性,通过对自动飞行控制计算机电路工作原理的阐述和故障逻辑电路的分析,提出了一种基于自动飞行控制计算机的自监控结构通道故障逻辑电路的设计。

Abstract: In order to improve the reliability and safety of the product, by explaining the working principle of the automatic flight control computer circuit and analysis of faulty logic circuits, this paper proposes a design of a selfmonitoring structural channel fault logic circuit based on an automatic flight control computer.

关键词: 通道故障; 余度管理; 自监控结构

Keywords: channel failure; margin management; self-monitoring structure

DOI: 10.12346/etr.v4i7.6619

1 引言

随着自动飞行控制系统的发展,其任务可靠性和安全可靠性的要求日益提高,为提高系统执行任务期间的容错能力和可靠性,国际先进飞机的飞行控制系统主要采用了余度技术。自动飞行控制计算机作为自动飞行控制系统的核心部件,其可靠性和安全性直接影响到任务完成和飞机安全,因此自动飞行控制计算机采用余度技术成为提高系统可靠性的重要途径,而自动飞行控制计算机在增加余度资源的同时也增加了其本身的复杂程度和基本可靠性。为更好地保证余度飞行控制计算机的可靠性并能有效地将故障监控进行逻辑综合,为余度飞行控制计算机的每个通道设置通道故障逻辑电路,并为其故障后重构提供重要依据。

2 通道故障逻辑工作原理

对于余度飞行控制计算机随着余度数目的增加,相应的故障检测、判断隔离必然会增加。为了实现计算机各通道的硬件故障检测和申报,在每个通道都有通道故障逻辑电路,各通道输出本计算机的健康状态给通道切换逻辑电路,通道切换逻辑电路将根据各通道的健康状态切断故障通道的

输出。

在通道故障逻辑电路中,软硬件的故障覆盖率大小直接影响故障逻辑电路的有效性,同时关系到余度飞行控制计算机故障后重构和切换的数据依据真实性。因此在设计通道故障逻辑电路时,要遵循以下几个方面:

- ①充分考虑满足系统需要的软硬件故障覆盖率,防止有效的资源错误地否决。
- ②降低虚假故障概率及有故障不报概率。
- ③软硬件结合提高故障逻辑综合能力。

3 通道故障逻辑的设计方法

自动飞行控制计算机在满足系统任务可靠性的前提下,根据不同的硬件资源及余度架构对通道故障逻辑电路的要求也存在一定的差异性。设计的基本思想是分析导致系统致命性故障的软硬件监控资源、监控路径及监控方法,然后根据系统需要进行故障逻辑综合及告警处理。

对于自动飞行控制计算机,通道故障逻辑的主要监控资源包括:

- ①电源监控结果。二次电源故障时,可能危及本通道硬

件电路的正常工作，并使电路功能丧失。因此电源故障后本通道应能及时告警输出并在余度管理软件的控制下进行重构。

②看门狗监控结果。为检测定时器、控制流出错、系统软件中有死循环等故障增加了看门狗电路，看门狗对飞行控制软件的周期性执行进行监控，若软件能周期性复位看门狗，则看门狗输出有效。若看门狗在系统规定时间内未输出有效信号，本通道应能及时告警输出。

③ CPU 监控结果。在飞行中 BIT 周期性检查本通道计算机的工作状态，若发生致命性故障将告警输出。

根据各通道软硬件监控资源、系统告警或故障上报及故障瞬态恢复要求对本通道故障逻辑进行综合判断，若上述监控资源发生故障将输出“本通道故障”信号，并将判断结果作为通道切换逻辑和本通道数据是否输出的依据。

4 自监控结构通道故障逻辑电路设计

4.1 工作原理（实现故障—安全）

自监控结构自动飞行控制计算机的工作原理：在计算机内部输入的信号分别到主通道 CPU 和监控通道 CPU 进行监控表决，然后两个 CPU 通过共享存储器进行交叉链路通信，决定输入信号的对错。通过对主通道和监控通道的计算结果进行监控表决，结果正常则进行下一步处理，否则通过对主通道和监控通道的故障定位和故障诊断进行故障逻辑综合，

根据故障逻辑综合结果切断计算机的数据输出，以保证系统安全性。自监控自动飞行控制计算机结构框图见图 1。

根据自监控自动飞行控制计算机的体系架构，自监控自动飞行控制计算机的故障逻辑电路原理设计如图 2 所示，自监控结构的自动飞行控制计算机主要实现故障—安全功能。

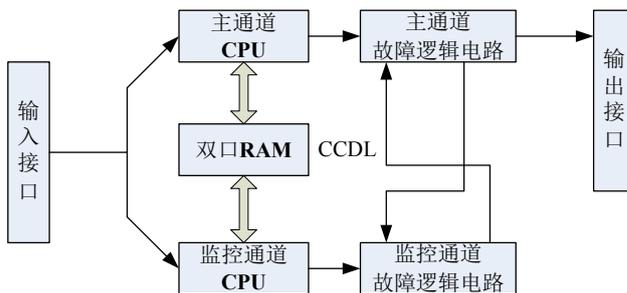


图 1 自监控自动飞行控制计算机结构框图

图 2 中表明自监控结构自动飞行控制计算机通道故障逻辑电路是将计算机内所有软硬件监控电路的监控结果进行综合的电路，它的输出用于故障切换和故障指示。自监控结构自动飞行控制计算机中的主通道和监控通道运行相同的软件，同时采集来自系统的信号、并进行相应的处理和计算。计算机管理通过通道之间的交叉数据比较监控，结合各通道内部的自监控（BIT）实现，当通道故障逻辑电路指出本通道计算机故障时，其输出将控制故障切换电路动作，将故障电路的输出隔离。

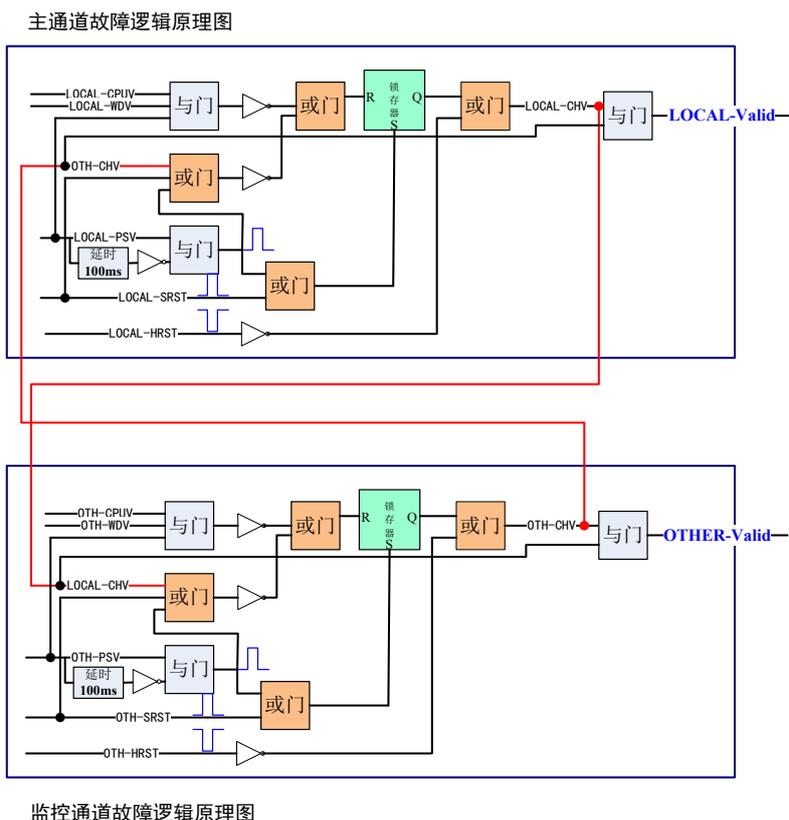


图 2 自监控结构自动飞行控制计算机故障逻辑电路

图 2 通道故障逻辑说明:

①通道有效 = 本通道有效 (LOCAL_CHV) & 另一个通道有效 (OTH_CHV);

②本通道有效 (LOCAL_CHV) = 电源有效 (LOCAL_PSV) & 看门狗有效 (LOCAL_WDV) & CPU 有效 (LOCAL_CPUV);

③另一个通道有效 (OTH_CHV) = 电源有效 (OTH_PSV) & 看门狗有效 (OTH_WDV) & CPU 有效 (OTH_CPUV)。

4.2 故障逻辑电路分析

为使自监控结构自动飞行控制计算机两个通道具有互换性, 图 2 中主通道和监控通道在故障逻辑综合上完全相同。每个通道自身的有效性通过本通道的电源监控信号、看门狗监控信号和 CPU 监控信号进行综合判断, 硬件监控为电源监控信号, 软件监控为看门狗监控信号和 CPU 监控信号。该故障逻辑电路主要实现的如下功能。

4.2.1 电源瞬态故障复位电路

电源监控主要用于监控每个通道电源的工作状态, 若电源在计算机工作状态下失效, 即电源有效信号 PSV 变为低电平, 此时 RS 锁存器的 R 端置高将 Q 端清零。将本通道有效信号 LOCAL_CHV 置为低电平, 若电源失效信号为瞬态故障, 可通过图 3 电路实现瞬态故障消除功能。

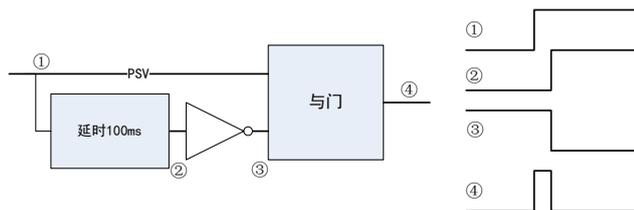


图 3 电源瞬态故障消除电路

图 3 中通过外部延时电路及逻辑门电路组合为 100ms 宽的复位脉冲 (高脉冲) 将 RS 锁存器的 R、S 端分别置为 0、1, 此时 RS 锁存器 Q 端输出为高电平, 恢复本通道有效状态。若为永久故障将使 RS 锁存器 Q 输出恒为低电平^[1]。

4.2.2 软件复位 (SRST) 电路

自监控结构自动飞行控制计算机在系统接通后由于 CPU 有效信号无法满足此故障逻辑电路的正常复位, 会将故障状态通过 RS 锁存器互锁, 此时需通过软件复位电路将此故障清除, 软件复位信号在计算机主通道和监控通道软件中必须保持同步输出, 否则无法清除通道故障状态。软件复位电路如图 4 所示。

图 4 中①表示软件复位电路, 当计算机上电后, 主通道和监控通道的 CPU 有效信号 CPUV 在系统软件未初始化之前为低电平, 此信号将使③端输出为低电平, 经非门后将 RS 锁存器 R 端置高并将 Q 端锁存输出为低电平。②端将本通道 (主通道或监控通道) 的输出信号送给另一个通道 (主通道或监控通道), 这时两个通道的低电平会使④端互锁为低电平, 经非门后将 R 端锁为高电平。若去掉软件复位电

路的支路⑤, 即使计算机软件上电初始化后将 CPU 有效信号置为高电平仍无法将 RS 锁存器输出端 Q 置为高电平 (通道良好), 此时计算机上报为系统故障, 此故障将无法清除。真值表 1 说明了软件复位电路的状态值。

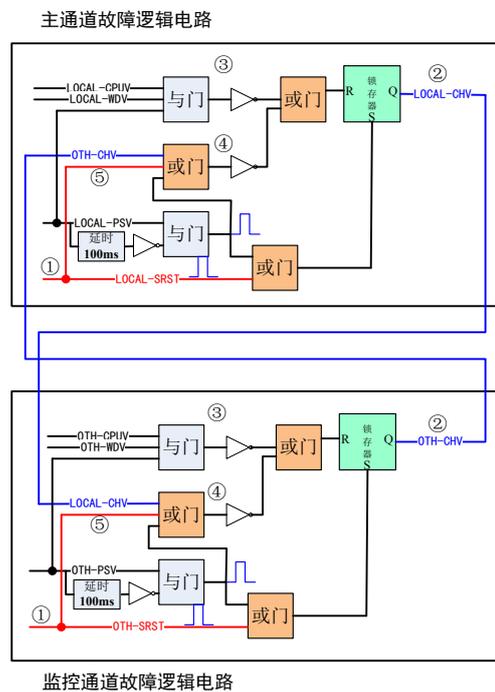


图 4 软件复位电路

表 1 软件复位电路真值表

输入状态			RS 锁存器状态			备注
①	③	④	R	S	Q	
1	1	1	0	1	1	复位后正常工作状态
0	0	0	1	0	0	上电后故障互锁状态
0	1	0	1	0	0	CPU 有效故障互锁状态

4.2.3 CPU 有效信号的故障覆盖率

图 2 中自监控结构自动飞行控制计算机故障逻辑电路上报系统的故障是否全面取决于 CPU 有效信号 CPUV 的故障覆盖率。作为自监控自动飞行控制计算机 CPU 有效信号应包括本通道计算机周期 BIT 硬件检测、交叉传输检测、同步检测、输入数据表决监控、输出数据表决监控。如果覆盖率不全将会出现有故障不报的情况^[2]。

5 结论

自监控结构自动飞行控制计算机的通道故障逻辑电路已成功地应用在产品设计中, 在各种试验中未出现虚警率, 运行稳定, 逻辑功能正常, 提高了系统的安全性和可靠性。

参考文献

- [1] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [2] 阎石. 数字电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.