

引用格式:田心宇,姚英.一种新型 BIT 技术在机载计算机设计中的应用研究[J].微电子学与计算机,2019,36(4):29-32.
[TIAN X Y, YAO Y. On implementing and researching BIT capability in airborne computer [J]. Microelectronics & Computer, 2019,36(4): 29-32.]

一种新型 BIT 技术在机载计算机设计中的应用研究

田心宇¹, 姚 英²

(1. 西北工业大学 365 所, 陕西 西安 710065; 2. 西安邮电大学 电子工程学院, 陕西 西安 710199)

摘 要: BIT (Built-in Test) 技术由于其不依赖外部设备, 仅使用自身软、硬件完成故障诊断及隔离的特点, 目前成为提高机载计算机测试性和维修性的有效措施。“故障覆盖率”和“虚警率”是评价 BIT 系统的两个重要因素, 较低的故障覆盖率是阻碍 BIT 技术在机载计算机中广泛应用的一个重要原因。本文在对机载计算机 BIT 故障检测机理进行分析的基础上, 提出一种新型的机载计算机 BIT 故障检测方法, 并给出关键技术解决方案, 经过实践证明使用该策略后机载计算机 BIT 系统的故障覆盖率显著增长, 机载计算机的可靠性及可维护性明显提高。

关键词: BIT; 机载计算机; 可靠性; 可维护性

中图分类号: TH873.7

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2019)04—0029—04

On Implementing And Researching BIT Capability In Airborne Computer

TIAN Xin-yu¹, YAO Ying²

(1 No. 365 Institute, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710065, China; 2 Department of Electronic and Information Engineering, Xi'an University of Post and Telecommunications, Xi'an 710199, China)

Abstract: BIT (Built-in Test) technology is an effective measure to improve the testability and maintainability of the airborne computers for the Characteristics that it does not rely on external equipment and uses its own software and hardware to complete fault diagnosis and isolation. “Fault coverage” and “false alarm rate” are two important factors in evaluating BIT systems. Lower fault coverage is an important reason to hinder the widespread use of BIT technology in airborne computers. Based on the analysis of the BIT fault detection mechanism in the airborne computer, a new BIT fault detection method in the airborne computer is proposed, and the key technical solutions are given in this paper. It is proved by practice that the Fault coverage has increased significantly of the airborne computer BIT systems, the reliability and maintainability of the airborne computer have increased significantly after using this strategy.

Key words: BIT; The airborne computer; Reliability; Maintainability

1 引言

机载计算机是无人机的核心部件, 是无人机控制与管理的核心, 其可靠性直接关系到整个无人机生存能力及任务的完成。机载计算机的可靠性要求

越高越好, 单一的提高元器件质量或装配工艺难以从根本上提高机载计算机的可靠性, 需要从体系结构入手, 采用新的技术来提高系统可靠性及生存能力。

BIT (Built In Test) 技术作为系统故障诊断与

隔离的一种新技术,目前广泛应用于军事装备研制及航空航天系统中,已成为提高复杂系统测试性、维修性的有效途径。

随着机载计算机系统复杂性的越来越高,BIT的功能不仅提高了其维护性,还是机载计算机的可靠性、可维护性及安全性提高的重要措施。BIT系统能够及时报告系统和设备的状态,显著降低了系统的有效维修时间和总体费用^[1-3]。

通过设计专门的 BIT 算法和电路能够在机载计算机中实现“覆盖率高”、“虚警率低”的 BIT 检测,大幅度提高机载计算机的可靠性和安全性。

2 BIT 故障模型分析

2.1 概述

由于 BIT 系统能够对系统各部分进行准确的故障诊断、测试及故障隔离,使得系统可靠性、生存能力及平均故障间隔时间 (Mean Time Between Failure, MTBF)大大提高。

目前衡量 BIT 的指标主要有故障检测率、故障隔离率、虚警率等。其中“故障检测率”是 BIT 系统的基础,如果无法满足较高的“故障检测率”那么其他指标的度量就无从谈起。目前国外航空电子设备的常规 BIT 故障检测率为 50%—70%^[4-6],所以提高 BIT 故障检测率成为 BIT 技术发展的瓶颈。

如图 1 所示为包含 BIT 系统的系统框图:

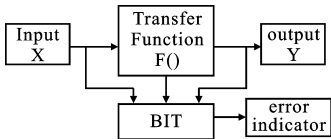


图 1 系统框图

如图 1 所示, X 为输入, Y 为输出, F() 为传递函数,如下式所示。

$$Y = F(X)$$
 (1)

如 BIT 系统报故时 $Y \neq F(X)$, 那么表示 BIT 系统工作正常;如果 $Y \neq F(X)$ 而 BIT 系统未报故,那么表示系统出现了故障检测问题。

故障检测率越高代表 BIT 系统检测越完善,而进行故障检测的基础是故障模型的建立,故障模型的准确性及完备性直接决定了 BIT 系统故障检测的成败。

2.2 机载计算机故障建模方法

2.2.1 概述

机载计算机作为系统的核心部件,其安全性直

接决定了全系统的可靠性及安全性。其主要由中央处理器 (CPU)、模拟量处理模块 (AIO)、串口收发模块 (SIO)、数字量输入输出接口 (DIO)、电源模块 (PS) 以及其他功能模块构成。

在进行 BIT 设计时需要根据各模块的特点进行故障建模并得出故障树。并根据故障模型和故障树设计出其 BIT 检测算法。

2.2.2 机载计算机离散量模块工作原理

无人机许多设备采用离散量进行控制,如起落架收/放、机轮承载/不承载、液压压力值等等,所以离散量输入、输出通道也是机载计算机中不可或缺的重要组成部分。

离散量输入主要将机载计算机内部及外部的开关量信号转换成和机载计算机内部工作电平相兼容的信号,以便机载计算机进行处理。本文以离散量模块为例介绍机载计算机故障建模策略。

机载计算机离散量模块原理图如图 2 所示:

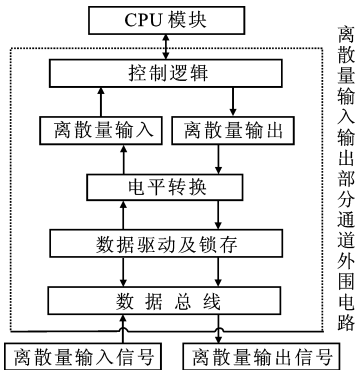


图 2 机载计算机离散量模块原理框图

由图 2 可以看出机载计算机离散量模块组成较复杂,某一个组成部分故障都有可能造成离散量模块的工作不正常,本文从功能出发将机载计算机离散量模块分为 CPU 模块和离散量模块外围电路两部分进行故障分析。如图 2 所示虚线框内部分为离散量模块外围电路部分。

2.2.3 机载计算机离散量模块故障建模

由于机载计算机离散量模块结构较复杂,用单一的故障模式无法准确、全面的描述本部分的故障情况,故使用故障树分析法对其进行描述。

在建立故障树之前需对该部分的故障逻辑进行清楚的描述,机载计算机离散量通道故障逻辑如下所示:

离散量模块故障 = 外围电路故障 * CPU 模块故障 (2)

外围电路故障 = (输入输出设备故障 * 输入输

出电路故障) * (控制逻辑故障 * 电平转换电路故障) * (数据驱动及锁存部分故障 * 总线故障) (3)

数据驱动及锁存部分故障 = 驱动电路故障 * 锁存器故障 (4)

式(2)、(3)、(4)描述了机载计算机离散量输入、输出部分的故障逻辑,其故障树如图 3 所示:

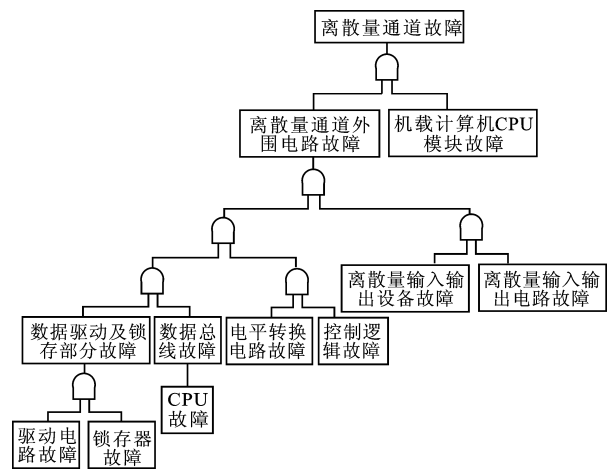


图 3 机载计算机离散量部分故障树

机载计算机离散量部分故障可分为以下几类:

- (1)离散量输入信号固定高或低;
- (2)离 散量输入信号自动由高跳转为低或自动由低跳转为高;
- (3)离散量输出信号固定高或低;
- (4)离散量输出信号自动由高跳转为低或自动由低跳转为高;
- (5)离散量输入、输出无信号.

3 机载计算机离散量模块 BIT 系统设计

3.1 设计准则

机载计算机离散量通道数量较多,受系统资源和规模等限制无法针对每一路离散量通道专门设计 BIT 电路. 本文采用重复测试的方法,通过设计专门的离散量通道 BIT 电路及算法对各离散量通道进行检测.

3.2 离散量输入通道 BIT 设计

机载计算机离散量输入通道系统如图 4 所示.

对于输入通道的检测,将离散量信号从输入通道输入的同时再通过 BIT 测试离散量输入通道同时输入,将输入值进行比较,按少数服从多数的原则进行判断,若一致,则此通道正常,否则判断为故障,并将其隔离. 其 BIT 检测系统如图 5 所示.

3.3 离散量输出通道 BIT 设计

机载计算机离散量输出通道系统如图 6 所示.

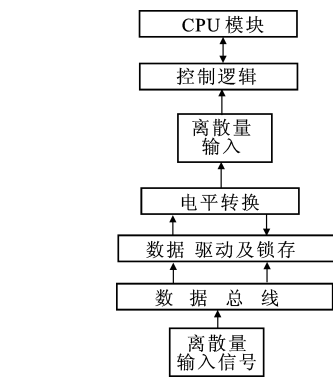


图 4 机载计算机离散量输入通道系统框图

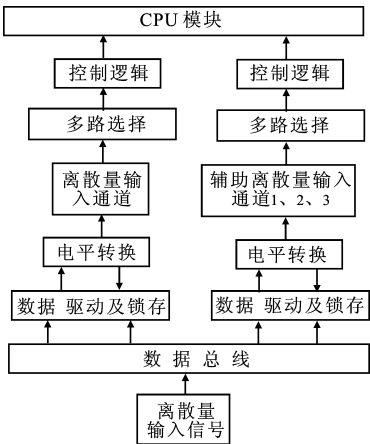


图 5 离散量输入通道部分 BIT 系统框图

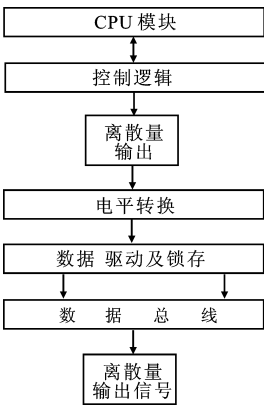


图 6 离散量输出通道系统框图

对于离散量通道中的输出通道,将预先设定的输出信号从输出通道输出后再从 BIT 检测电路中的离散量输入通道读入,并将结果进行比较,按少数服从多数的原则进行判断,若一致,则通道正常,否则为故障,并将故障状态上报同时将其从系统中隔离. 带 BIT 检测系统的离散量输出通道框图如图 7 所示.

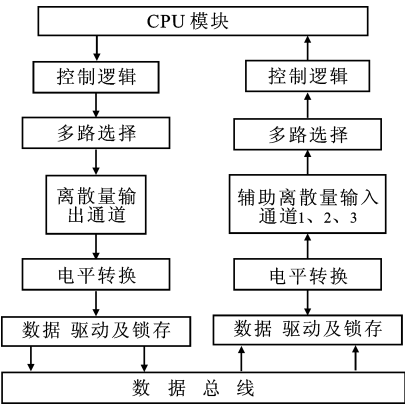


图 7 离散量输出通道 BIT 系统框图

3.4 离散量输出通道 BIT 软件设计

BIT 系统设计通常采用软、硬件结合,软件为主的方式,BIT 软件性能直接决定了 BIT 系统的好坏.机载计算机离散量通道的 BIT 检测软件流程图如图 8 所示:

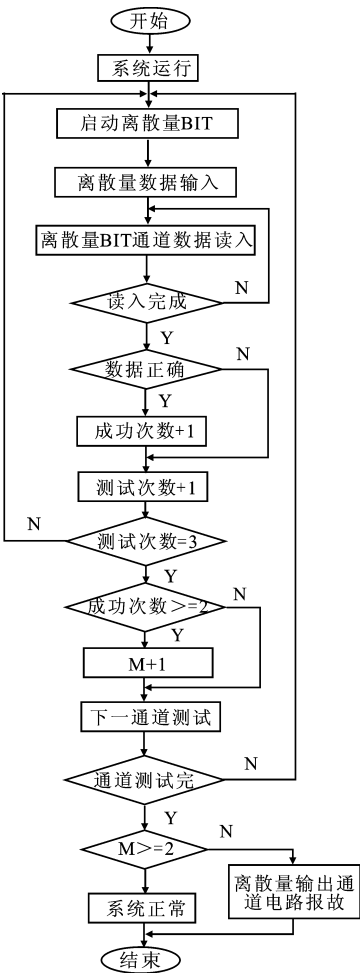


图 8 离散量输出通道 BIT 检测软件流程图

3.5 试验结果

针对某型机载计算机计算得出其故障率为 0.005 82,同时对本文设计的离散量通道 BIT 系统进行测试,测试结果如表 1 所示:

表 1 BIT 系统测试结果对照表

BIT 设计要求	本文设计的 BIT 算法设计结果
系统的故障率	0.005 82
故障检测正确率 ≤ 0.01	0.006 48
故障覆盖率 ≥ 0.9	0.973

根据表 1 可得,本文设计的 BIT 算法显著提高了 BIT 故障覆盖率及检测正确率.

4 结束语

BIT 设计已经成为现代机载计算机设计中的重要指标,也成为其性能进一步提高的瓶颈.实践表明本文提出的机载计算机 BIT 策略明显提高了系统的故障覆盖率及检测正确率,使系统的可靠性及可维护性显著提高,而为此付出的软硬件代价较小.

参考文献:

[1] 田心宇,张小林,吴海涛,等. 机载计算机 BIT 虚警及解决策略研究[J]. 西北工业大学学报,2011,29(3) : 400-404.

[2] SHI J Y, LI J Z, SHI M. Method of automated BIT false alarms simulation based on EDA [C]//Industrial Electronics and Ap-plications (ICIEA) , 2011 6th IEEE Conference on. Beijing: IEEE Press, 2011: 1449-1453.

[3] JEFFEY SMITY, Built in Test - Coverage and Diagnostics [J]. 978-1-4244-4981-1/09/2009 IEEE.

[4] 张小林. 小型飞行器机载计算机的冗余设计技术[J]. 西北工业大学学报,2001, 19(2) : 274- 278.

[5] CHEN PU, XU HENG-CHENG. Aviation Electron System BIT Summary [J]. China Water Transport(Academic Version), 2002, 6(2):108-110.

[6] 吕学志,于永利,张汉峰,等. 具有机内测试设备的复杂可修系统的建模与仿真方法[J]. 兵工学报,2011, 32 (3) : 378-384.

作者简介:

田心宇 男,(1977-),博士,高级工程师.研究方向为无人机机载计算机方面的研究. E-mail: windtian2002@163. com.

姚 英 女,(1979-),硕士,工程师.研究方向为通信技术及控制方面的研究.