

# Analysis of the Fault Mechanism of the Flight Control Computer's Digital/Analog Constantly 5V

Li Zhang Zenghui Shi Jingfen Geng

Shijiazhuang Haishan Industrial Development Corporation, Shijiazhuang, Hebei, 050208, China

## Abstract

By introducing the application background of D/A technology, the working principle of D/A (input / output) technology of flight control computer, signal transmission and troubleshooting test method of VI characteristic curve, this paper discusses the failure of D/A constant 5V output in the repair of flight control computer, analyzes the causes of the failure, confirms the failure points, combs out the impact and laws of the failure on flight control computer, and puts forward some detection and prevention measures, improve the early fault elimination rate, and provide a theoretical basis and research direction for the future flight control computer fault analysis.

## Keywords

flight control computer; D/A; VI test; mechanism of fault

## 飞控计算机数 / 模恒为 5V 故障机理分析

张丽 史增辉 耿静芬

石家庄海山实业发展总公司, 中国·河北 石家庄 050208

## 摘要

论文主要通过介绍D/A技术的运用背景、飞控计算机的D/A(输入/输出)技术的工作原理、信号传递及VI特性曲线的排故测试方式,讨论飞控计算机在修理中发生的D/A恒为5V输出的故障情况,分析该故障产生的原因,确认故障点,梳理出该故障对飞控计算机的影响及规律,并提出一定的检测预防手段,提高故障早期剔除率,为以后飞控计算机故障分析提供理论依据及研究方向。

## 关键词

飞控计算机; 数/模; VI测试; 故障机理

## 1 引言

随着科学技术的快速发展,航空航天设备、武器系统等高科技产品的复杂程度日益提高。其电路设计也越来越复杂,作为飞机稳定性和操纵性保障的飞行控制系统,更是经过多年的换代升级以适应新的需要。其中飞控计算机采用了D/A转换来处理飞控计算机与外部交联产品及设备之间的信号交互。

## 2 飞控计算机数据输入

飞控计算机数据输入/输出过程是处理模拟量输入、模拟量输出、离散量输入/输出、频率量输入等类型的信号。每个通道采集所有速率组任务所需的以及测试接口发送所需的模拟量输入,每个模拟量信号的处理都在几十微秒。

模拟量输出是通过飞控计算机的中央处理器控制D/A转换器输出的,由输入输出控制经交叉通道数据链,进行交

叉数据传送,在飞控系统正常工作状态和系统地面启动完成期间进行模拟量输出。

在飞控计算机等电子产品的维护过程中,经常出现这样那样的电子线路故障,对于现有的电子线路,电路设计复杂,元器件密度高,信号交联复杂,在出现故障后,往往不能便捷地对故障电子元器件进行故障定位。为了能够快速定位故障,在电子元器件不脱离板卡的情况,针对可能存在故障的电子元器件采取安全有效并且便捷的方式进行故障定位,不失为一种较好的方法,而VI特性曲线测试简单安全,效率快精度高,并且能够针对电子元器件单独进行故障的排查,而且该方法广泛性用在各大行业。应用器件管脚阻抗特性测试手段,是重要的电路板卡维修方法。VI曲线就是在电路两个点之间施加一个幅度和频率的周期信号,形成一条电流随电压变化的函数曲线如图1所示,器件故障管脚阻抗通常会发生变化。

论文主要讨论飞控计算机数、模恒为5V的故障描述、故障原因、故障机理及预防措施等。通过修理中的经验积累,为与论文中故障类型相同的问题提供排故思路<sup>[1]</sup>。

【作者简介】张丽(1986-),女,中国河北石家庄人,硕士,工程师,从事航空电子产品技术与维修研究。

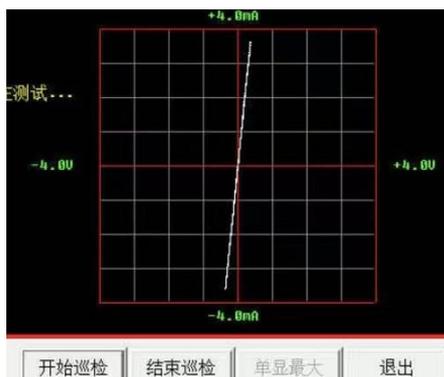


图 1 VI 曲线图

### 3 D/A 转换概述

D/A 转换在实际电路中应用非常广泛，它不仅常作为接口电路用于微机系统，而且还可利用电路结构特征和输入、输出电量之间的关系构成数控电流源、电压源、数字式可编程增益控制电路和波形产生电路等。数模转换器就是将一个输入的数字信号转换为一个输出的模拟信号，在数据传输系统、测试设备、医疗信号处理等方面都有应用。DA 转换原理是要将数字量转换为模拟量，必须先将每一位代码按其“权”的大小转换成相应的模拟量，然后各分量相加，其总和就是与数字量对应的模拟量。

#### 3.1 飞控计算机通过 D/A 转换与外部设备交联

飞机的控制系统利用飞控计算机中的测试接口传送有关信息至测试设备，以数字量和模拟量两种形式向测试设备输出数据，而飞控计算机各个通道分别经各自的串行通讯线路向测试设备输出数据。同时，测试设备在地址线控制下按照一定的采样要求，由通道向测试设备输出模拟信号。计算机与测试设备的接口原理图如图 2 所示，它就是通过 D/A 转换实现了与测试设备和控制系统之间模拟量与数字量之间的传输。

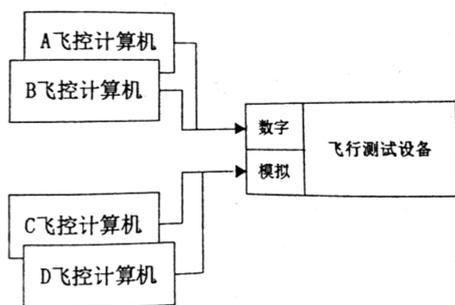


图 2 接口图

#### 3.2 模拟量输出 D/A 转换模式

模拟量输出 D/A 转换主要应用在飞控计算机向执行机构发送舵面指令时，将数字量按权的大小全部转化为模拟量进行相加后传输。模量输出信号如图 3 所示。在飞控系统正

常工作的状态下，飞控计算机通过输出指令经控制律计算获得。在系统地面启动完成期间，飞控计算机控制输出指令为渐变值，输入值渐变并通过 DA 转换发送各个指令给执行机构以控制舵面的动作<sup>[2]</sup>。

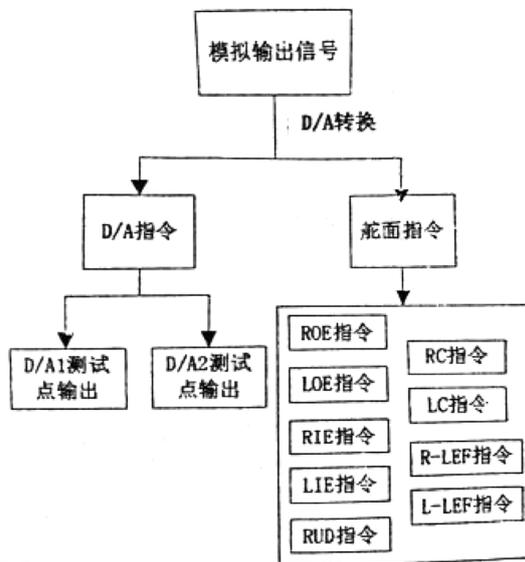


图 3 模拟输出框图

### 4 问题机理分析

#### 4.1 问题描述

故障现象：在进行产品整机试验过程中，测试人员发现飞控计算机上电后，D/A-OUT1 和 D/A OUT2 测试点在某通道一直存在 5V 电压，且不随输出地址变化而改变。

#### 4.2 故障分析

根据故障现象，测试人员研究飞控计算机运行原理，分析飞控计算机故障可能发生的原因，结合实际故障现象，对飞控计算机进行了以下试验：

①测试人员对飞控计算机进行仿真综合试验，通电后，设备测试某通道 D/A-OUT1 和 D/A OUT2 一直存在 5V 电压，并且测试设备显示飞控计算机工作的状态灯也出现异常，改变输入地址进行测试，电压一直为 5V。测试人员通过故障排除软件对该计算机进行清故，故障依然无法清除，确定计算机确实存在故障。根据飞控计算机设计及运行原理，测试人员建立故障树，依据故障树层层排查，对计算机故障进行深入分析，结合故障现象排除计算机软件问题，判断该故障为计算机存在硬件问题导致。

②由于此 D/A 测试故障为 SIO D/A 故障，测试人员通过测量机箱母板及插座，其性能良好，排除机箱问题。测试人员继续从 SIO 性能输出相关板卡入手，互换计算机两个通道的板卡。互换板卡后，对其进行上电观察，发现故障跟随该板卡进入另一通道，状态灯也在该通道出现异常。将计算机板卡恢复原状态后该故障又回到原通道，从而确定

故障点在此板卡上。对该板卡进行板级测试,在测试到 D/A OUT 路测试信号时报出电压超差,进一步确认该板卡确实存在故障。

③测试人员针对该故障深入板卡的元器件进行故障定位。首先,从整机及板卡 D/A 测试输出故障入手,将故障定位到板卡 D/A 输出工作电路上。其次,根据电路图逐个查找,找出信号的输出端,从而缩小故障元器件排查范围。因此信号为 DA 信号,将故障初步定位在输入输出控制芯片 D/A 芯片上。通电对 D/A 芯片进行测量发现,其第 16 脚电压存在异常,应为输出 0V 实际为 5V,与计算机整个 D/A 输出电压为 5V 一致。对该器件进行进一步隔离,发现隔离后故障依旧没有变化,排除此芯片故障。继续沿 D/A 输出电路向上端查找故障点,找到 D/A 芯片异常引脚电压由 IDT54FCT244 提供如图 4 所示。测试人员将该器件的输入输出管脚信号与无故障计算机板卡进行对比测量,发现输入电压正常,而输出电压异常。

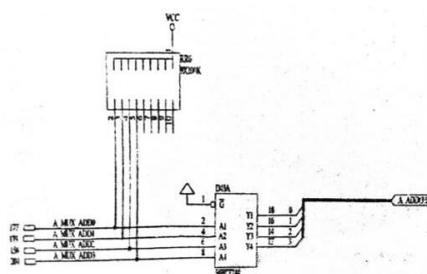


图 4 N43 信号采集原理图

④同时对该芯片进行 VI 特性曲线测试,对该器件的管脚电压与电流关系进行分析。通过对比,发现其管脚波形发生很大变化,与正常测试图形明显不符,确认 N43 为故障芯片。对其进行更换故障消失,确定该芯片为导致计算机 D/A 故障的原因。

### 4.3 机理分析

#### 4.3.1 输入输出板卡工作原理简介

飞控计算机输入输出控制板卡是针对该型飞机测试开发的板卡,主要实现前后舱的开关量、脚蹬信号以及一些离散量的处理,前舱主要控制飞机飞行,后舱配合前舱完成各项飞行任务,大大提升前后舱操作的配合性,飞行安全可靠性能更高。

#### 4.3.2 DA-OUT 工作电路分析

对 DA-OUT 工作电路进行分析,对 SIO DA MUX OUT

高端、低端分别进行测量。SIO DA MUX OUTH 作为双座输入输出板的模拟量多路输出高端,对输出电压起决定作用,在测试过程中,该点的输出电压应为 0V,实际输出一一直 5V。根据电路原理图可以看出,该信号来源于多路输出 D/A 转换芯片的第八脚,经过一级放大器放大后给到外部电路。放大器 LM118 输入端电压实际为 5V,放大器放大倍数与正常器件一样,说明放大器 LM118 工作正常。而多路输出器件 D/A 转换芯片也是根据指令将前端电压进行数字/模拟信号转换后输出,从电路图中可知多路输出器件 D/A 转换芯片的输入端电压与插针 192、194、197、200 输出电压相同,而插针 192、194、197、200 输出端的电压输出正常,故输入端电压正常,因此故障信号从多路输出器 N41 指令输入端引入。

八路缓冲器 N43 (见图 4) 的输出管脚 12、14、16、18 脚将指令信号送入多路输出器件 D/A 转换芯片。测量 173、177 管脚信号,未发现异常。在将插针 177、173 信号送出经过 N43 后,信号未正常给出。信号正常应输送 0V 电压信号,实际却输送了 3.7V 电压信号。导致多路输出器件 D/A 转换芯片的输出异常,从而导致放大器 LM118 的输出电压异常,飞控计算机 D/A 路输出电压故障<sup>[1]</sup>。

## 5 结语

飞控计算机双座输入输出 D/A 测试恒为 5V 故障,为输入输出控制板卡八路缓冲驱动器 N43 故障导致飞控计算机性能异常,更换该元器件后故障排除,为以后同类飞控计算机故障的排查提供了借鉴。

①在飞控计算机测试过程中应该针对数字模拟转换输出进行重点关注,在修理前期对改性能进行测试,及早发现剔除故障。

②八路缓冲驱动器 IDT54FCT244 在飞控计算机板卡电路中应用广泛,且大多数功能的实现都需要通过该型号器件。同时,在飞控计算机修理过程中发现比 IDT54FCT244 型芯片较容易损坏,因此在维修中应注意对使用该器件的电路重点检查,增加多形式测试手段。

### 参考文献

- [1] 李华,范多旺.计算机控制系统[M].北京:机械工业出版社,2021.
- [2] 朱小明.模拟电路与数字电路[M].北京:人民邮电出版社,2021.
- [3] 罗秋凤,李勇,高振.双核DSP28335飞控计算机的抗干扰设计[J].机电工程,2021(12):118-220.