文章编号:1001 - 893X(2011)03 - 0059 - 04

某型机载导航计算机系统检测平台的硬件设计*

马二涛[1,2],余 涛[3],向 新[1]

(1.空军工程大学 工程学院,西安 710038;2.解放军 94371 部队,郑州 450008;3.空军驻西安军代表室,西安 710077)

摘 要:为解决导航计算机系统飞行训练故障多、排故难的问题,满足大修厂对航空导航计算机系统的检测需求,以工控计算机为平台,采用高精度的 14 位旋转变压器和大规模数字集成电路,设计出一种检测速度快、故障定位准确的自动检测平台,模拟角度精度可达到 1.3′。通过模拟机载设备之间的通信信号,可实现对数字计算机、控制台和代码转换装置的功能性能检测。

关键词:机载设备;导航计算机系统;工控机;检测平台;旋转变压器

中图分类号:TN964;TP273 **文献标识码**:A doi:10.3969/j.issn.1001 - 893x.2011.03.014

Design of Test Equipment for an Airborne Navigation Computer System

MA Er-tao[1,2], *YU Tao*[3], *XIANG Xin*[1]

(1.The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi′an 710038, China;2.Unit 94371 of PLA, Zhengzhou 450008,China;3.Air Force Military Representative Office for Xi′an Region, Xi′an 710077,China)

Abstract:There are more faults of the navigation computer system in flight training, and it is hard to clear them. In order to solve the problems and to meet testing requirement of navigation computer system in overhaul work,a check-up equipment based on industrial computer is designed in which 14 - bit high precision Revolver-to-Digital Converter and large-scale digital integrated circuits are adopted. Through simulating communication signals among airborne devices, the functional faults testing of the digital computer, console and code conversion device can be accomplished fast,accurately and automatically. The precision of angle simulation reaches 1.3′.

Key words:airborne equipment;navigation computer system;industrial computer;test platform;revolver-to-digital converter

1 引 言

航空导航计算机系统用于导航和战术任务的计算,以形成控制信号,保证自动、半自动或人工操纵飞行,完成导航信号的综合、计算、检测和控制,是航行驾驶综合系统的神经中枢和纽带。它与惯导系统、飞控系统、极限信号系统、近导系统、火控系统、卫星导航系统、无线电高度表都有密切的信号交联关系。导航计算机系统任一软件或硬件发生故障,都可能切断火控、飞行控制等外部机载系统所需的信息来源,影响作战训练任务的完成,甚至威胁飞行安全和飞行员生命[1]。

导航计算机系统信号格式繁多,既有模拟信号又有数字信号[2-3],具体包括模拟角度信号、模拟直流信号、20 位同步串行码信号、32 位异步双极性码、一次性指令信号,与外部系统信号交联关系复杂,其故障不易判断。文献[4 - 6]针对计算机系统不同检测功能进行过探究,但不能对全部功能进行系统检

* **收稿日期**:2010 - 11 - 24;**修回日期**:2011 - 01 - 25
基金项目:航空科学基金资助项目(20095596014);陕西省自然科学基础研究资助项目(2009JM8001 - 4)
Foundation Item:The Aviation Science Fund (No.20095596014); The Natural Science Basic Research Plan of Shaanxi Province (No.2009JM8001 - 4)

测和故障定位。

为此,本文研制了一种自动化、模块化、智能化高的导航计算机系统检测平台,可以对导航计算机、控制台和代码转换装置 3 种机载设备进行故障定位和功能检测。

2 硬件设计

根据检测平台要实现的功能,以工控机为硬件设计平台,确定硬件电路的组成。检测平台硬件设计方案框图如图 1 所示。

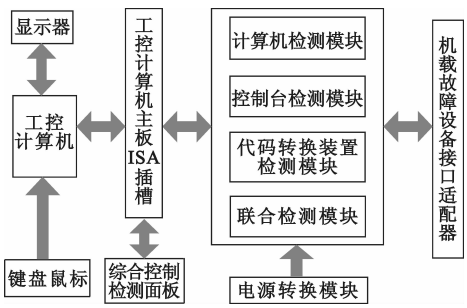

图 1 检测平台系统硬件功能框图

Fig.1 Equipment functional modules

3 FPGA/CPLD 功能模块设计

3.1 计算机检测模块

3.1.1 模拟信号发送电路

模拟信号发射电路如图 2 所示。由工控计算机产生 14 位二进制数据码,数据产生器的发送电路分两路向外传输,由于数字/角度转换器输入不带锁存,如何才能保证 14 位数据同时输入到旋转变压器,D/S 转换器是非常关键的,在此电路的设计中选用 3 个 74LS373 地址锁存器来实现此功能。在 14 位二进制码中,1、2 位控制象限选择开关,给正、余弦乘法器的输出模拟信号赋予适当的极性,由数字/角度转换器输出一组频率与参考电压频率相同、幅度受输入角度数码调制的交流正弦和余弦电压模拟信号,在地址码的控制选通下,把两路模拟信号分配给 8 组不同的数据通道。

14 位二进制数据码在送到数字/角度转换器的同时,也把信号传送给 D/A 信号匹配电路,再由数模转换芯片 AD7541ANK 把数字信号转换成模拟信号,其中数模转换器的5 V参考电压是 U_0,输出信号是 U_X。模拟信号 U_X在分配器的作用下分 4 路,并且每一路信号都与直流信号 U_0结成信号对。

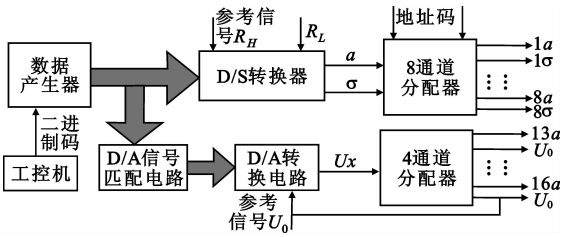

图 2 模拟信号发射电路

Fig.2 Simulated signals transmitter circuit

3.1.2 模拟信号接收电路

摸拟信号接收电路如图 3 所示。数据信号在工控机软件的控制下,由数据产生器生成导航计算机接收格式的 20 位串行归零码信号,导航计算机接收到码字信号后,把接收来的 20 位串行码字沿两路转换成模拟信号。

一方面,把数字信号转换成 8 对模拟角度信号,由八选一数据选择开关选通一对正余弦信号。角度/数字转换器输入模拟信号引脚为 S1、S2、S3、S4,接旋转变压器的四输出。使能信号控制端“EN”:当工控机需要读取转换器的数据时,可以通过读取控制字将“EN”端设置为低电平。禁止信号输入端“INH”,若“INH”为高电平,角度数据量就可打入锁存器,通过转换器的输出引脚输出至工控机 ISA 总线;数据输出端 1 ~ 14 为二进制数据输出端,1 为最高位(MSB),14 为最低有效位(LSB)。

另一方面,由导航计算机输出的模拟信号又分成 4 组,经过模数转换芯片 AD1674JNZ 转换后,把模拟 -4 ~ +4 V之间的直流信号转换成数字信号。

转换后的数字信号经过 ISA 接口,由数据读取电路把 16 位串行数字信号转换成并行信号,最后变成八进制码在综合显示器上进行显示。这时,可以把显示的数字信号与之前输入的信息进行比对,以判断导航计算机是否正确转换。

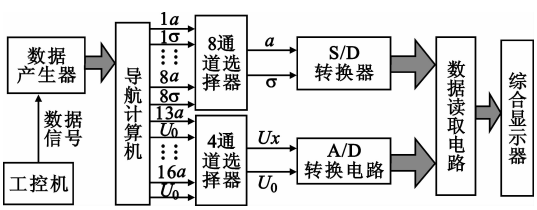

图 3 模拟信号接收电路

Fig.3 Simulated signals receiver circuit

3.2 控制台检测模块

检测平台同步码产生电路产生两路读/写有效信号和同步脉冲,控制寄存器接收控制台传输到检

测平台的 20 位归零码,由 20 位码接收电路对归零码进行采样,采样后转换成单极性 20 位同步码,地址产生电路生成 0000、0001、0010、0011 4 种地址码,4 种地址码与信息码字地址进行比较,从而识别出 CΠ0 ~ CΠ3 4 种码字中的一种,然后由译码处理模块对其中一种码字进行译码。串行码译码电路的功能是将输入缓冲区的 20 位串行码(CΠ0 ~ CΠ3)取出,并按 20 位码的编码格式翻译成 yΠ0 ~ yΠ3 格式的码字后送入显示缓冲区,再由信息处理单元对码字进行信息加载,加载后生成的 20 位串行码送到发送电路,发送电路把 20 位串行码转换成 20 位归零码,最后发送 yΠ0 ~ yΠ3 4 种码字的一种到控制台。控制台检测电路如图 4 所示。

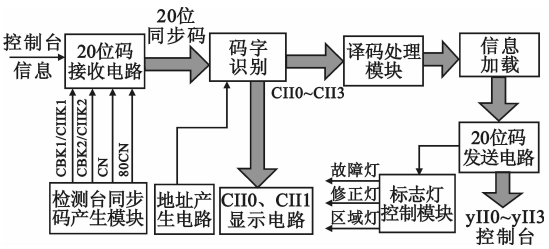

图 4　控制台检测电路

Fig.4 Console test circuit

3.3　代码转换装置检测模块

3.3.1　20 位同步码转换成 32 位双极性码电路

20 位码加载模块以并行码方式把寄存器中的数据信息送到发送电路,与此同时,检测平台同步脉冲产生电路产生发送码选通脉冲信号“CBK”、“CN”和“80CN”同步脉冲,在 3 种脉冲的触发下,20 位同步码发送电路以两个通道向代码转换装置循环发送 20 位归零码,代码转换装置接收码字后,转换成 32 位双极性码,32 位码接收电路把 32 位双极性码转换成 32 位单极性码,同步时钟提取电路输出选通脉冲,对同步信号(码字起始信号)进行提取。输出的 32 位码字经过码字采样电路进行精确采样,采样后与地址接收电路寄存器中的地址进行比对,经比对一致后,数据信息放入锁存器。同时,经过组合地址选择开关选择接通某一个码字,再经过信息提取电路,提取有效的 16 位数据信息,然后由工控机通过 ISA 总线读取 16 位数据信息。最后,在工控机综合显示面板上以 6 位八进制的形式显示数据信息。其电路如图 5 所示。

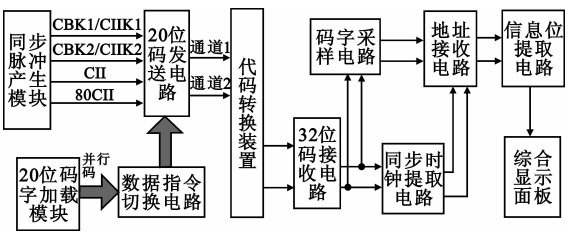

图 5　20 位同步码转换 32 位双极性码电路

Fig.5 Circuit for coverting 20 – bit synchronization code to 32 – bit double pole code

3.3.2　20 位串行码发送电路

20 位串行码发射电路在检测模块中多次用到,图 6 是数字电路芯片中 20 位码发射电路图。

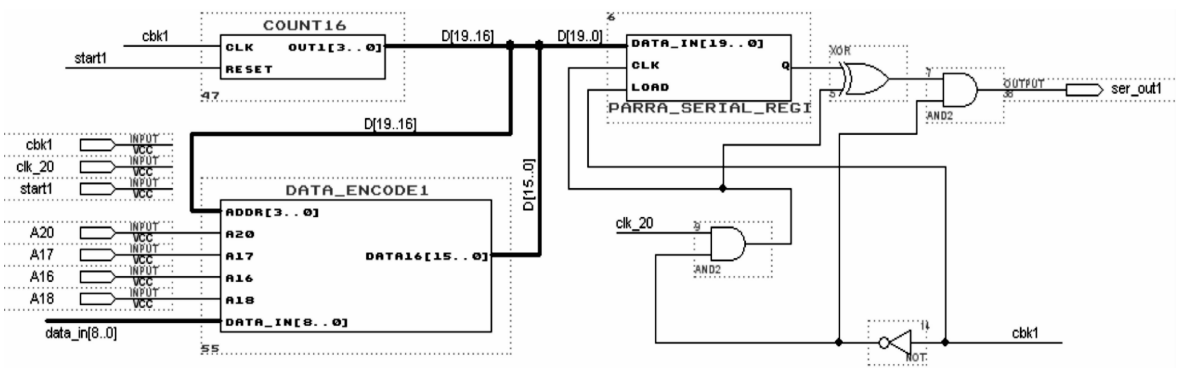

图 6　20 位串行码发射电路

Fig.6 20 – bit serial code transmitter circuit

由“COUNT16”地址码产生电路产生第 20 位到 17 位的 4 位组合地址码,A20、A18、A17、A16 组成控制电路,由“DATA _ ENCODE1”数据加载模块产生的 16 位数据和 4 位地址码共同组合成 20 位并行码 D[19…0]。控制电路控制 D[19…0] 20 位并行码送到发射电路。由几个逻辑门电路组成选通电路,由选通电路控制发射电路的“LOAD”端口,对 20 位并行码在发射电路中进行数据加载,在发射电路中,20 位串行码转换

成并行码。当发射条件满足时,在发送选通脉冲“CbK1”和同步脉冲“CLK_20”产生的 CLK 时钟触发下,发射 20 位串行码,20 位串行码再与 CLK 进行异或,最终在 ser_out1 输出端口产生符合机载设备码字要求的 20 位归零串行码。图 7 是发射电路的仿真图,其中,Start1 是使能信号,cbk1 为发送选通信号,clk_20 为同步时钟,ser_out1 为输出信号。

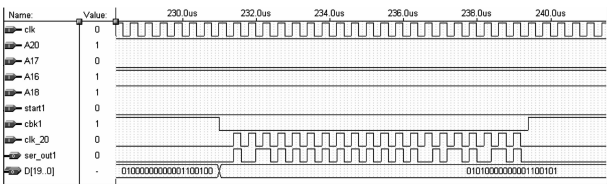

图 7 20 位串行码发射电路仿真图

Fig.7 Simulation result of 20 – bit serial code transmitter circuit

4 结束语

检测平台检测功能更加全面,不但可以对单个机载设备检测,而且可实现对组合系统的联测。该检测平台的设计打破了对国外技术的依赖,检测平台硬件数字电路设计采用 5 个可编程逻辑器件,提高了处理效率和抗干扰能力。由于器件的可编程特性,可以在不改变外接口的情况下,修改内部逻辑编程,电路功能的修改、系统维护、升级十分方便,减小了设计风险,节约了研发资金。但是该平台还存在较多可以改进的地方,如采用 PC104 作为开发平台,设计一款外场便携小型导航计算机系统综合检测平台,如果小型化研制成功,可以在各作战部队进行推广,对于提高飞机维护质量和维修效率有着重要的现实意义。

参考文献:

[1] 李建海,郝顺义,邓勇,等.飞机电子设备与维护[M].西安:空军工程大学出版社,2002.
LI Jian-hai, HAO Shun-yi, DENG Yong, et al. Synthesis Aviation Radio Navigation System[M]. Xi'an: Air Force Engineering University Press, 2002. (in Chinese)

[2] 黄胜,肖汉,张宗麟. 基于 DSP 的导航计算机数据通信设计研究[J]. 弹箭与制导学报,2004,24(1):82 – 84.
HUANG Sheng, XIAO Han, ZHANG Zong-lin. Research on the Design of the Communication for A Navigation Computer Based on DSP[J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2004, 24(1): 82 – 84. (in Chinese)

[3] 马二涛,李建海,刘保华,等.某型机载近距导航设备检测仪的设计与实现[J].电讯技术,2010,50(3):69 – 72.
MA Er-tao, LI Jian-hai, LIU Bao-hua, et al. Design and Realization of the Check-UP Equipment of Airborne Short-Rang-Navigation System[J]. Telecommunication Engineering, 2010, 50(3): 69 – 72. (in Chinese)

[4] 陈天如,周旭.基于 PC/104 总线的导航控制台仿真测试系统研制[J].航空维修与工程,2003(5):27 – 29.
CHEN Tian-ru, ZHOU Xu. The Design of Simulation System for Pilot Control Console Detecting Based on PC/104[J]. Aeronautics Maintain and Engineering, 2003(5): 27 – 29. (in Chinese)

[5] 许蕾.导航计算机控制台检测设备的设计与实现[D].南京:南京航空航天大学,2007.
XU Lei. The design and Realization of Control Device Test Equipment[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2007. (in Chinese)

[6] 马迎建,韩玉敏,潘江江.一种导航计算机检测设备[J].电子测量技术,2008,31(12):89 – 91.
MA Ying – jian, HAN Yu – min, PAN Jiang – jiang. Navigation Computer Testing Equipment[J]. Electronic Measurement Technology, 2008, 31(12): 89 – 91. (in Chinese)

作者简介:

马二涛(1982 –),男,河南周口人,2006 年于空军工程大学获学士学位,现为硕士研究生,主要研究方向为军事航空通信导航;

MA Er – tao was born in Zhoukou, Henan Province, in 1982. He received the B.S. degree in Air Force Engineering University in 2006. He is now a graduate student. His research direction is military aviation communization and navigation.

Email:652613812@qq.com

余 涛(1972 –),男,河南叶县人,2005 年于西北工业大学获硕士学位,现为工程师,主要研究方向为军事航空通信导航;

YU Tao was born in Yexian, Henan Province, in 1972. He received the M.S. degree in Northwestern Polytechnical University in 2005. He is now an engineer. His research interests include communication and information system and military aviation communization and navigation.

向 新(1971 –),男,湖北枝江人,2008 年于西安电子科技大学获博士学位,现为副教授、硕士生导师,主要研究方向为通信与信息系统、通信与信号处理。

XIANG Xin was born in Zhijiang, Hubei Province, in 1971. He received the Ph.D. degree in Xidian University in 2008. He is now an associate professor and also the instructor of graduate students. His research interests include communication and information system, communication and signal processing.