

# 飞机防滑刹车系统检测装置

Detector for Aircraft Anti-skid Braking System

朱丹 张伟

(空军第一航空学院航空机械工程系,河南 信阳 464000)

**摘要:** 根据某型飞机防滑刹车系统的工作原理,采用嵌入式技术,研制了系统检测装置,并给出了硬件、软件的设计方案。系统设计运用了液晶图形化显示、波形模拟、测量和控制数据处理、信息存储和管理以及远程通信等技术;同时,结合  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  操作系统、文件系统  $\mu\text{C}/\text{FS}$ 、图形用户界面  $\mu\text{C}/\text{GUI}$  和各种硬件的驱动程序构建了软件平台,利用任务机制设计开发了上层应用程序。实践证明,系统准确可靠、实时性好、操作简便,满足机务工作的实际需求。

**关键词:** 防滑刹车系统 检测装置 嵌入式技术 波形模拟 多任务操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$

**中图分类号:** TP216 **文献标志码:** A

**Abstract:** In accordance with the operational principle of certain type of aircraft anti-skid braking system, by adopting embedded technology, the detection system is researched and developed. The design strategies of the hardware and software are given. The technologies of LCD graphical display, waveform emulation, measurement and control data processing, information storage and management as well as remote communication, etc., are used in the design of system. In addition, the software platform is structured by combining the  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  operating system, file system  $\mu\text{C}/\text{FS}$ , graphic user interface  $\mu\text{C}/\text{GUI}$  and various hardware driving programs; the upper level application programs are designed and developed by adopting task mechanism. The practice verifies that the system features reliable, accurate, ease operation, and meets practical requirements of the maintenance job.

**Keywords:** Anti-skid braking system Detector Embedded technology Waveform emulation Multi-task operation system  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  单、携带方便、成本低廉、工作可靠等特点。

## 0 引言

飞机防滑刹车系统是机载设备的重要组成部分,其作用是充分利用地面与机轮胎面的摩擦阻力,实现飞机起飞、着陆、滑行、转弯时的制动和控制。据调查统计,全世界 49.1% 的飞行事故发生在着陆阶段<sup>[1]</sup>。因此,刹车系统性能的好坏直接关系到飞行员的安全和飞机持续作战的能力。对防滑刹车系统进行准确、快速的检测,确保其安全可靠地工作成为必要。原有的检测仪体积大、精度低、测试周期长、自动化程度低,测试中需人工不断扳动电门、开关或旋钮,读取参数,记录检测值,整个检测过程操作繁琐。

基于上述原因,本文针对国内某机型防滑刹车系统,结合当前热门的 ARM7 嵌入式微处理器、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  操作系统、 $\mu\text{C}/\text{FS}$  文件系统和  $\mu\text{C}/\text{GUI}$  图形用户界面,构建了一种检测装置。该装置通过触摸屏实现人机交互,采用无线射频通信方式与上位机连接,可进行语音播报,以 SD 卡作为测量数据的存储介质,具有结构简

## 1 系统总体设计

飞机防滑刹车系统的控制逻辑如图 1 所示<sup>[2-5]</sup>。

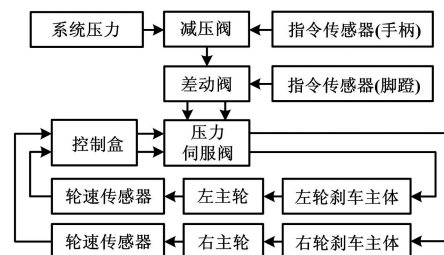


图 1 防滑刹车系统控制逻辑

Fig. 1 Control logic of anti-skid braking system

防滑刹车系统主要由减压阀、差动阀、压力伺服阀、控制盒、轮速传感器、刹车主体、指令传感器等组成。其中,减压阀的作用是将主系统的液压压力减压,供刹车系统使用;差动阀用于差动左右主轮的刹车力矩。当飞机着陆时,轮速传感器将输出一个频率与机轮转速成正比的交流电压信号给控制盒,控制盒接收此信号并进行比较运算。当飞机以小于设计的速度衰减率进行刹车时,控制盒不向压力伺服阀输出电流,这时压力伺服阀相当于通路,刹车压力直接受控于飞行

修改稿收到日期:2013-02-09。

第一作者朱丹(1979-),男,2010年毕业于东南大学检测技术与自动化装置专业,获硕士学位,讲师;主要从事测试技术与仪器、模拟仿真方面的研究。

员的操纵指令;当飞机的速度衰减率大于设计值时,表明这时机轮产生拖胎,控制盒将发出一个电流信号给压力伺服阀。压力伺服阀为一反向阀,即输出的刹车压力与输入的电流成反比,以解除打滑状态。

对防滑刹车系统进行检测,就是要测试其输入-输出关系是否符合判据要求。因此,系统的硬件设计要能够模拟控制盒的输入信号,测量控制盒的输出信号。防滑刹车系统的输入信号有正弦电压和开关量两类。其中,正弦电压来自轮速传感器;开关量包括起落架落地、停机刹车、主起落架负载等信号。防滑刹车系统的输出信号有电压、电流和开关量三类。其中,电压包括内部电源电压、内部参考电压、鉴频电压;电流为压力伺服阀的控制电流;开关量用来指示刹车系统的各种工作状态。

检测系统组成如图2所示,主要由控制模块、测量模块、输入输出模块以及人机交互模块和电源模块等组成。

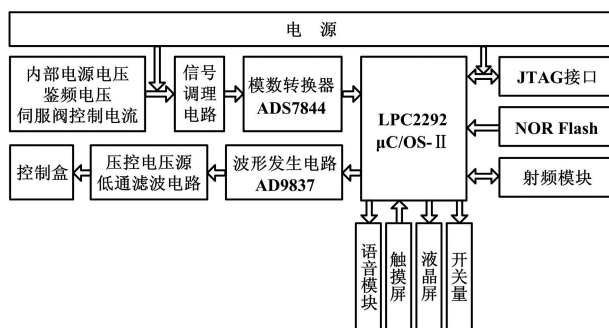


图2 检测系统组成框图

Fig.2 Block diagram of the detection system composition

检测系统以 ARM7 微处理器 LPC2292 作为控制核心,通过波形发生芯片 AD9837 生成交流信号;通过 8 通道 12 位模数转换器 ADS7844 实现多路信号采集、处理和存储。触摸屏控制芯片采用 ADS7843,语音播报模块采用 VS1003 MP3 解码芯片,射频模块采用北欧集成电路公司(NORDIC)的 nRF2401 低功耗系统级

RF 芯片<sup>[6]</sup>。同时,利用数字滤波光电隔离、电源隔离等技术解决了外界环境干扰问题。ADC、波形发生芯片、开关量输入采用高速光耦 6N137 进行隔离,由 I/O 量控制多个继电器实现被检设备多路信号量状态的转换。

## 2 核心元件与部分硬件模块

### 2.1 微处理器 LPC2292

LPC2292 是 NXP 公司研制的 ARM7TDMI 内核的 32 位微处理器,RISC 结构,低功耗,主频可达 60 MHz,有 16 kB 的内部 RAM、256 kB 的内部 Flash<sup>[7]</sup>。此外,外扩了 2 MB 的 NOR Flash 芯片 SST39VF1601。片内 Flash 用来存放引导程序和硬件驱动程序,这使得程序运行速度更快。NOR Flash 芯片主要用来存放操作系统、用户应用程序、文件系统、图形用户界面和语音播报所使用的 MP3 语音文件。

### 2.2 轮速传感器信号产生电路

轮速传感器实际上是一个小型变磁阻式发电机,其安装在主轮上,用来测量机轮转速。定子的内圈和转子的外圈均带有矩形齿槽。当轮速传感器由机轮带动旋转时,定子和转子上的矩形齿交替对准和偏离,引起闭合磁路中的磁阻周期性变化,在线圈上产生了一个与磁阻变化频率相同的、近似正弦变化的感应电压,经整形后,得到频率与机轮转速成正比的电压信号。机轮的转速范围为 0 ~ 3 000 r/min,对应的轮速传感器输出信号的频率为 0 ~ 6 000 Hz。

检测仪采用 AD 公司的低功耗、高精度、可编程波形发生器 AD9837 来模拟产生轮速传感器信号。它与微处理器通过 SPI 总线进行通信,内置 28 位频率寄存器和 12 位相位寄存器,可通过编程来调节输出波形的频率和相位。AD9837 输出波形的峰峰值为 0.61 V,不具备调幅功能。因此,在 AD9837 输出端先加入高通滤波器滤去偏置电压,随后通过压控电压源低通滤波电路,在滤波的同时进行幅度调整。

轮速传感器信号生成电路如图3所示。

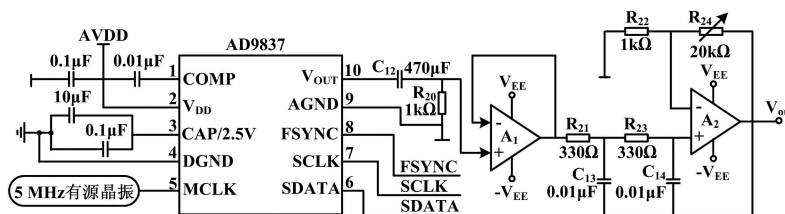


图3 轮速传感器信号生成电路

Fig.3 Generation circuit of the wheel speed sensor signal

### 2.3 控制电流测量电路

压力伺服阀用于接收控制盒提供的电流信号,按

比例输出刹车压力。它主要由壳体、力矩马达、挡板、喷嘴、滑阀和弹簧等组成。当机轮没有打滑时,防滑控

制盒没有电流信号传至力矩马达,挡板处于中立位置,且压力油液直接和刹车腔相通,刹车压力大小取决于操纵指令;当机轮出现打滑时,防滑控制盒输出电流信号至力矩马达,驱动挡板逆时针偏转,右喷嘴阻力增大,左喷嘴阻力减小,滑阀左移,关小刹车供油路,同时使刹车腔与回油路相通,减小刹车压力。输入的电流越大,输出的刹车压力越小。控制盒输出的电流范围为0~50 mA。

由于检测装置需测量两路控制电流、两个内部电源电压、两个内部参考电压和两路鉴频电压,因此选用了BURR-BROWN公司的8通道12位模数转换器ADS7844,电压基准芯片REF2925为其提供2.5 V的参考电压。测量控制电流的主要依据是欧姆定律,当0~50 mA的控制电流流经50 Ω的取样电阻时便产生0~2.5 V的电压。因此,通过测量取样电阻两端的电压就可得知控制电流的大小。

#### 2.4 语音播报

语音播报的设计思想是将事先录制好的“零”“一”“二”“三”“四”“五”“六”“七”“八”“九”“十”“点”“毫”“安”“伏”“不”“合”、

“格”共18个汉字的语音文件转换成MP3文件格式,并保存在NOR Flash中,控制模块根据每次检测的结果和用户的选择来播放相应的MP3文件。MP3解码芯片通过SPI接口与微处理器连接。微处理器先读取MP3文件到RAM中的缓存数组中,然后按照每次32个字节发送给VS1003完成解码。VS1003内带D/A转化功能,能将解码出来的脉冲编码调制(pulse-code modulation, PCM)数据流转化成音频模拟信号,送给扬声器或耳机,完成播报<sup>[8]</sup>。

### 3 软件构建和流程

#### 3.1 软件体系

系统软件是建立在ARM微处理器的硬件平台和μC/OS-II的操作系统平台的基础之上,综合了嵌入式平台的各种软硬件资源进行设计,从而实现了控制器的各种功能。对于使用操作系统的嵌入式系统来说,嵌入式系统软件结构一般包含4个层面:设备驱动层、实时操作系统(real time operation system, RTOS)、应用程序接口层、实际应用程序层<sup>[9]</sup>。

软件体系结构如图4所示。

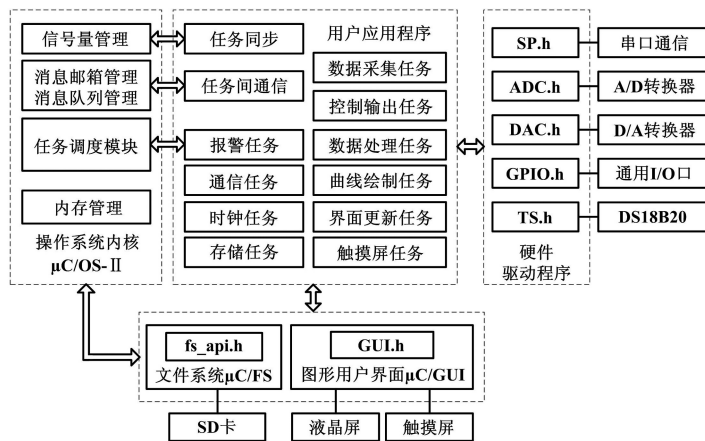


图4 软件体系结构

Fig. 4 Software architecture

μC/OS-II操作系统和硬件驱动程序处于整个软件体系的最底层,其中,操作系统主要负责任务调度和任务间的通信,硬件驱动程序主要是为应用程序提供直接访问硬件的编程接口。μC/FS文件系统向应用程序提供访问FAT格式存储介质的编程接口,它的内部包含了存储介质的驱动程序。μC/GUI图形用户界面是一组用于显示图形界面的程序集,它向应用程序提供了必需的描绘图形界面的功能函数,它的内部包含了液晶模块和触摸屏的驱动程序。μC/FS和μC/GUI得到了μC/OS-II支持,从而可以运行在多任务环

境下。μC/OS-II的移植和μC/FS、μC/GUI的实现以及硬件驱动程序的完成为用户应用程序建立起了一个良好的软件平台,应用程序将利用这个平台实现整个系统的全部功能。由于采用了操作系统,应用程序的工作量将大大减少。应用程序需要做的就是将系统的功能划分成不同的模块,然后建立起相应的任务并且定义任务之间的协调与通信。

#### 3.2 部分测试程序

检测装置可以对控制盒进行内部电源电压检测、输出控制电流检测、低电压检测、门坎电压检测、参考

电压响应特性检测、交叉保护速度差检测、防滑失效速度检测、鉴频灵敏度检测和松刹灵敏度检测。其中,输出控制电流检测用来测试当机轮打滑时,控制盒能否输出一个符合标准的电流给压力伺服阀以松开刹车,解除打滑状态。交叉保护是指当左、右机轮在防滑刹车过程中出现故障或两侧地面摩擦系数差值较大、飞机因两侧刹车不一致而造成偏航时,对瞬时速度较低的机轮进行松刹车,避免飞机偏航。

输出控制电流检测和交叉保护检测程序流程如图5所示。

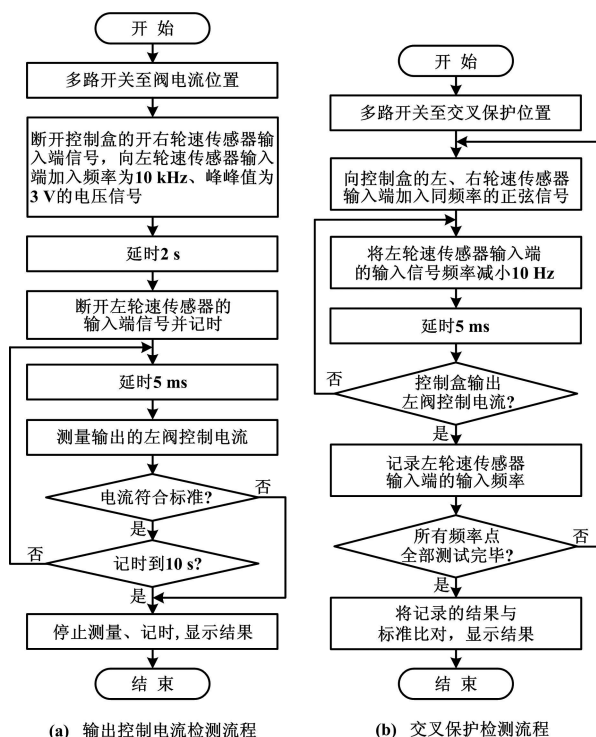


图5 检测程序流程图

Fig.5 Flowchart of the detection procedures

#### 4 测试结果

实际测试表明,检测装置实现了输入信号频率与

幅度的无极可调;电压的测量精度达到0.001 V,电流的测量精度达到0.01 mA;同时,各个任务工作可靠,实现了与上位机的实时通信和数据的实时存储。测试表明,该装置可准确地对控制盒内部工作电压进行测量,在交叉保护检测中可根据用户要求设置对多个频率点的测试,系统工作稳定,达到了设计要求。

#### 5 结束语

基于LPC2292微处理器和 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的防滑刹车系统检测装置,与原有的检测仪相比,电路设计简洁、体积小、便携性强、可靠性高、实时性好、功能更全面,拥有人性化的交互界面,操作简便。测试结果表明,该装置自动化程度高、测试周期短,可进行全面测试和有选择性的测试,缩短了飞机再次出动机务的准备时间,从某种意义上提升了部队的战斗力。

#### 参考文献

- [1] 杜红兵,李珍香.进近着陆运输飞行事故原因及预防对策研究[J].中国安全科学学报,2006,16(6):118-122.
- [2] 陈金花.双通道飞机刹车系统控制方法研究[D].西安:西北工业大学,2006.
- [3] 肖波.基于FPGA的航空机轮防滑刹车控制器的研究与设计[D].长沙:中南大学,2009.
- [4] 刘国良,廖力清.飞机防滑刹车系统的工作原理与性能评估[J].飞机设计,2006(4):23-26.
- [5] 于守森,郝世勇,司剑飞.飞机防滑刹车控制系统发展概况[J].科技信息,2009(7):103-104.
- [6] 李春林,程健.基于ARM和nRF2401的嵌入式无限网络测控平台[J].自动化仪表,2007,28(8):8-15.
- [7] 周立功.ARM嵌入式系统基础教程[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [8] 陈增万,戴义保,刘冠宇.基于ARM的分离轴承调心力检测仪[J].仪表技术与传感器,2010(1):67-70.
- [9] 何伟.不燃性材料性能测试系统的研究与实现[D].南京:东南大学,2009.
- [10] Labrosse J J.嵌入式操作系统- $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ [M].邵贝贝,译.北京:北京航空航天大学出版社,2003.

行业信息

### 台达展车携三大方案再访东北、浙江

金秋时节,台达自动化展车再次驶入东北和浙江等地区。与上半年不同的是,展车内容重点新增了台达在电梯、橡塑、包装三大行业的创新产品和解决方案,以满足日益细分的产业升级需求。2013年,台达自动化展车内容更加丰盛,分为工业解决方案区、动态演示区、SI项目架构展示区,并根据各行业景气运行特点,上半年集中展示纺织、印刷和起重等行业解决方案,下半年重点推出电梯、橡塑和包装行业解决方案。随着展示重点的变化和用户需求的不同,台达技术专家随车在现场开展的培训、咨询等互动内容也会推陈出新,更实用更创新。