

基于 Zynq 平台信号处理系统硬件设计

Design of Signal Processing System Based on Zynq Platform

赵玉婷

Yuting Zhao

苏州长风航空电子有限公司 中国·江苏 苏州 215151

Radar and Avionics Institute of AVIC, Suzhou, Jiangsu, 215151, China

摘要: 信号处理系统作为健康管理的重要组成部分,通过采集传感器的输出信号将处理后得到的参数值通过 CANFD 总线与中心计算机进行数据交换,并及时将相关预警信息反馈给地面站。论文提出的信号处理系统接口丰富,可以同时兼顾三种工作模式的电气接口要求,同时核心处理器也保证了一定的数据计算能力,满足信号处理和闭环控制的要求。

Abstract: As an important part of health management, the signal processing system collects the output signal of the sensor and then exchanges the data with the central computer through CANFD bus, and feed back the relevant early warning information to the ground station in time. The signal processing system presented in this paper has many interfaces, which can meet the requirements of three kinds of working modes at the same time. At the same time, the core processor ensures the data calculation ability and satisfies the requirements of signal processing and closed-loop control.

关键词: 信号处理系统; Zynq; 硬件设计

Keywords: signal processing system; Zynq; hardware design

DOI: 10.12346/etr.v3i10.4391

1 引言

为了实现飞机主要工作区域的健康状态检测,发现机身受力变形、机架振动量级、机内温度-湿度等参数异常时,及时将相关预警信息反馈给地面站,设计研发本信号处理系统,如果参数异常加剧,则能够发出告警信号,提醒应急准备。为使信号处理系统满足健康监测、通讯转换、飞机控制等三种工作模式的工作要求,已尽量保证信号处理系统的接口尽量丰富,可以同时兼顾三种工作模式的电气接口要求,同时核心处理器也保证了一定的数据计算能力,满足信号处理和闭环控制的要求。

2 信号处理系统整体设计

考虑到设备重量和尺寸的痛点,将信号处理系统设计成核心处理模块+可更换模块(健康监测模式使用传感器信号调理模块、飞机控制模式使用图像处理模块)的架构,在不同的工作模式之间进行切换时,考虑通过更换内部板卡实

现资源的再配置,这样既能以较小的代价完成工作模式之间的切换,又能适当降低设计余量,提高资源利用率的同时兼顾了重量和尺寸。

信号处理系统组成如图 1 所示,主要包括信号调理模块、核心处理模块、电源驱动模块、连接模块。

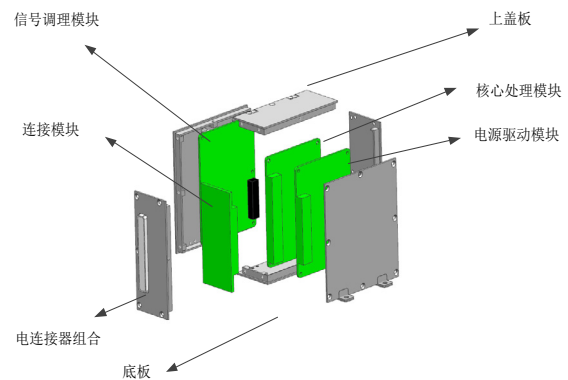


图 1 组成示意图

【作者简介】赵玉婷(1985-),女,满族,中国黑龙江齐齐哈尔人,硕士,高级工程师,从事交通信息工程及控制研究。

3 信号处理系统工作原理

连接模块包括主要实现外部信号与内部信号的交联，为了小型化可考虑与电源驱动模块合并设计。

信号调理模块主要用于采集应变传感器、温-湿度传感器、加速度传感器等传感器信号，并通过信号调理转换为 Zynq 处理器可采集的信号。采用系列化设计，可根据传感器配置的不同采用相同安装方式、不同调理电路的信号调理模块。

核心处理模块包括核心处理器最小系统电路，RS232、CAN 通讯转换电路以及大容量数据存储电路。

电源驱动模块包括电源转换单元、信号防护单元。电源转换单元负责对机上输入电源进行滤波及浪涌抑制处理，将输入电源转换成内部模块的工作电源、提供外部传感器所需的工作电源；信号防护单元实现对外接口电路的雷电防护、静电防护^[1]。

4 关键模块详细设计

4.1 信号调理模块设计

信号调理模块将应变传感器产生的电阻信号通过惠斯顿电桥转换为 Zynq 处理器可采集的电压信号，将温度-湿度传感器和加速度传感器产生的电压信号，经 π 型滤波电路处理去除噪声，再经信号放大电路转换为 Zynq 处理器可采集的电压信号，并将这些调理过的信号发送到核心处理模块（见图 2）。

由于应变片电阻 $R\epsilon$ 的变化非常小，并且应变片和信号

采集电路一般相隔很远，需要用较长的导线连接，因此导线电阻可能对精度造成影响。为了减少导线对应变测量的影响，可以采用三线制接法，将一根导线 $r3$ 接到电桥的电源端，将另一根导线 $r1$ 接到应变片电阻所在的桥臂 $R\epsilon$ 上，将另一根导线 $r2$ 接到相邻桥臂 $R2$ 上，这样可以消除导线线路电阻给平衡电桥带来的测量误差。

信号滤波电路主要由电阻与电容组成，用于滤除模拟电压信号上的交流干扰信号。信号放大电路主要由高精密度用放大器 AD8221 或 OP07 构成，该运放放大器具有高输入阻抗、超低失调电压、低失调温漂、宽输入电压范围的特点，能够有效抑制共模信号，适用于高精度信号调理电路。

将信号调理后的模拟电压利用 Zynq 处理器自身集成的 A/D 转换器进行采集处理，采样精度 12bit，有效降低系统采集误差。

4.2 核心处理模块设计

核心处理模块采集各种经信号调理模块处理过的传感器信号，完成以太网通讯、CANFD 通讯以及 RS232 调试功能，并具有大容量数据存储功能。

核心处理模块主要实现以下功能：应变传感器信号采集功能；温-湿度传感器信号采集功能；加速度传感器信号采集功能；与地面设备 RS232 通讯功能；支持 USB 数据导出功能；与中心计算机 CAN 通讯功能；大容量数据存储功能。

核心处理模块主要由 Zynq 处理器电路、以太网电路、RS232 通讯电路、CAN 通讯电路、大容量数据存储电路、时钟电路、复位电路等组成^[2]，如图 3 所示。

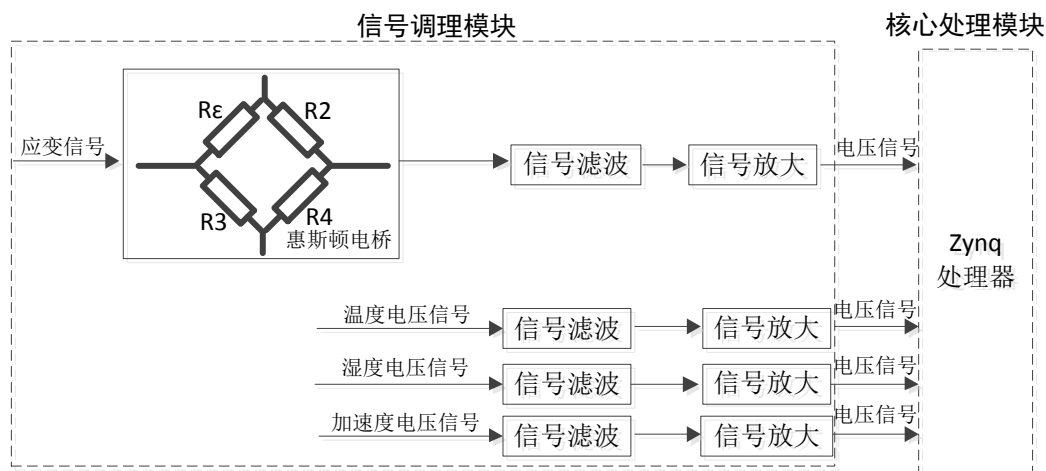


图 2 信号调理模块原理框图

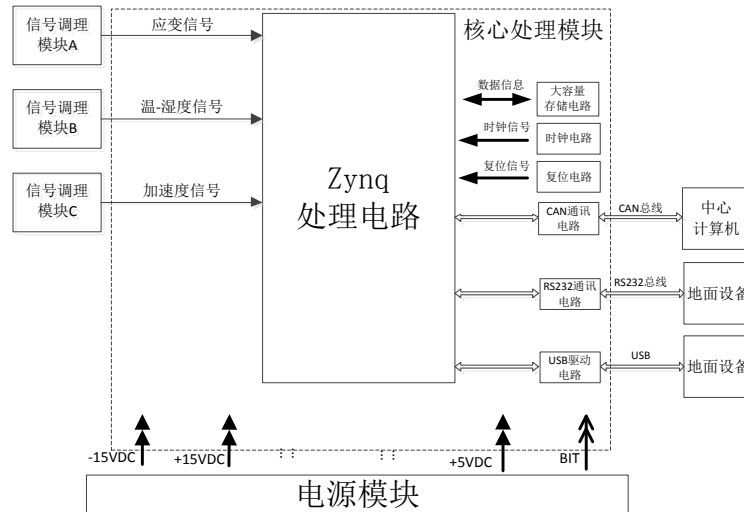


图3 核心处理模块原理框图

核心处理器选用 Xilinx 公司 Zynq7000 系列 XC7Z020-2CLG484-1 处理器。该处理器片上 PS 单元集成双核 Cortex-A9 ARM，最高主频 766MHz，ARM 核内部集成 32kB 指令 +32kB 数据 L1 cache 缓存，以及 512kB L2cache 缓存。在硬件电路上，ARM 核外部扩展 512MB 容量的 DDR3 SDRAM 存储器，用作程序运行缓存。PS 单元的内部功能框图如下图所示，通过其可配置 MIO 口，可实现型号研制所需的各种功能接口。

5 结论

信号处理系统作为健康管理的重要组成部分，通过采集应变传感器、温度-湿度传感器和加速度传感器的输出信号，将处理后得到的参数值通过 CANFD 总线与中心计算机进行数据交换。及时将相关预警信息反馈给地面站，如果参

数异常加剧，则发出告警信号，提醒应急准备。论文提出的信号处理系统具有可更换模块（健康监测模式使用传感器信号调理模块、飞机控制模式使用图像处理模块）的架构，在不同的工作模式之间进行切换时，考虑通过更换内部板卡实现资源的再配置，这样既能以较小的代价完成工作模式之间的切换，又能适当降低设计余量，提高资源利用率的同时兼顾了重量和尺寸，具有广阔的应用与发展前景^[3]。

参考文献

- [1] 杨宁,王立德,王苏敬,等.基于ARM&WinCE的车载智能显示终端的开发[J].机车电传动,2010,1(1):45-48.
- [2] 焦再强.基于Zynq-7000的嵌入式数字图像处理系统设计与实现[D].太原:太原理工大学,2015.
- [3] 熊华刚,王中华.先进航空电子综合技术[M].北京:国防工业出版社,2009.