

# 基于 TEDS 接口的智能传感网络系统

崔丽杰<sup>1,2</sup>, 张彦军<sup>1,2</sup>, 刘文怡<sup>1,2</sup>

(1. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 太原 030051;

2. 中北大学 电子测试技术重点实验室, 太原 030051)

**摘要:** 为了扩展测试系统挂接传感器的数量, 使不同类型传感器在配置时实现即插即用, 提出了一种基于 TEDS 接口的智能传感网络系统; 此网络系统采用温度传感器和倾角传感器分别对 $-55\sim+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度和 $-90\sim+90\text{ }^{\circ}$ 的倾角进行实时测量; 通过 TEDS (Transducer Electronic Data Sheets) 技术实现了传感器的智能化要求; 传感器采集到的信号, 经过 FPGA 进行相关的处理, 通过 RS485 总线传输到总的网络适配器, 网络适配器的控制单元通过 USB 接口上传给上位机; 实验结果证明, 温度测量精度达到 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 倾角的测量精度达到 $0.5^{\circ}$ , 验证本系统的稳定性和可靠性。

**关键词:** 传感器; 执行器; 智能; 测控网络; TEDS 技术

## Intelligent Sensor Network System Based on TEDS Interface

Cui Lijie<sup>1,2</sup>, Zhang Yanjun<sup>1,2</sup>, Liu Wenyi<sup>1,2</sup>

(1. Ministerial Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement, North University of China; 2. National Key Laboratory of Electronic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** To extend the number of articulated sensors of the system, This paper designs the intelligent sensor network system. The temperature sensor display the temperature ( $-55\sim+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), the angle sensor collects the angle ( $-90\sim+90\text{ }^{\circ}$ ). the system achieves the intelligent sensor requirements through the TEDS technology. The Sensor collect the signals which are analyzed by FPGA, the signals are transmitted to NCAP through the RS485 bus, the network transmits the signals to the PC via USB interface. The experimental results show that the actual measurement accuracy of the temperature can reach  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , the actual measurement accuracy of the angle can reach  $0.5^{\circ}$ . The system has a very high practical value, the results verify the stability and reliability of this system.

**Keywords:** sensors; actuators; intelligent; measurement and control network; TEDS technology

## 0 引言

在测控系统中, 利用传感器采集飞行器各种参数是必不可少的, 特别在航空领域, 测试环境越来越复杂, 要求测试系统挂接传感器的数量和数量不断增加<sup>[1]</sup>。因此, 如何扩展测试系统挂接传感器的数量和实现不同类型传感器接口的通用性, 成为目前的研究重点。

在本系统中, 采用高性能的现场可编程器件 FPGA 实现整个系统的逻辑控制。设计 TII 接口 (传感器的独立接口) 实现传感器接口的通用性; 通过 TEDS 技术, 利用 EEPROM 存储不同传感器的标识信息, 实现传感器智能化。通过 RS485 总线, 使主总线适配器能够挂接多个从总线适配器, 一个从总线适配器可以挂接一个变送器, 每个变送器的前端最大可实现 255 个传感器/执行器的挂接数量, 从而达到了拓展系统挂接传感器数量的目的。

## 1 系统的总体设计

基于 TEDS 接口的智能传感网络系统主要由总线适配模块和智能变送模块组成。系统采用 XC2S200 (FPGA 的型号) 的 I/O 口来模拟 TII 总线接口, 从而实现传感器/执行器接口的通用性与即插即用。智能变送器分为前端和后端, 前端主要负责

对传感器/执行器的信号进行采集和调理, 后端的主控单元将采集的前端信息通过 TII 接口传输到从网络适配器, 从网络适配器在主网络适配器的逻辑单元内均有一个唯一地址, 主网络适配器通过寻址操作读取相应的从网络适配器信息, 并对此信息进行分析与处理<sup>[2-4]</sup>。同时, 在智能变送模块中外挂 EEPROM, 存储传感器/执行器的属性信息和通道参数, 用户可以根据实际需要随时读取传感器/执行器的相关信息, 从而实现传感器/执行器的智能化。根据测试需求分析当前采集到的环境参数和倾角信息, 在上位机上显示由传感器反馈的环境温度和执行器旋转的角度值。系统的结构如图 1 所示。

## 2 系统的硬件设计

### 2.1 总线适配器 (NCAP) 的设计

NCAP 的硬件结构主要包括主、从 NCAP 模块, 主 NCAP 的总线上可以挂接多个从 NCAP。主 NCAP 模块主要管理由从 NCAP 模块组成的分布式通信网络, 通过发送命令使能某“从 NCAP 模块”, 从 NCAP 模块通过 RS485 总线将智能变送器前端的数据传输给主 NCAP 模块进行相应的处理, 将处理后的数据经过 USB 接口传输给上位机进行分析和显示。

为了加强系统的通用性和可移植性, 将 NCAP 主、从模块设计为同样的电路结构<sup>[3]</sup>。按照实际使用条件, 需要进行模块互换时, 只需要更改软件逻辑代码, 硬件电路可以交替使用。主 NCAP 模块的硬件结构图如图 2 所示。

### 2.2 智能变送器 (STIM) 的设计

STIM 设计主要包括 STIM 前端部分和后端部分。前端部分

收稿日期: 2014-03-13; 修回日期: 2014-04-17。

基金项目: 国家自然科学基金(61335008)。

作者简介: 崔丽杰(1988-), 女, 河北省承德市人, 在读硕士, 主要从事电子与通信工程方向的研究。

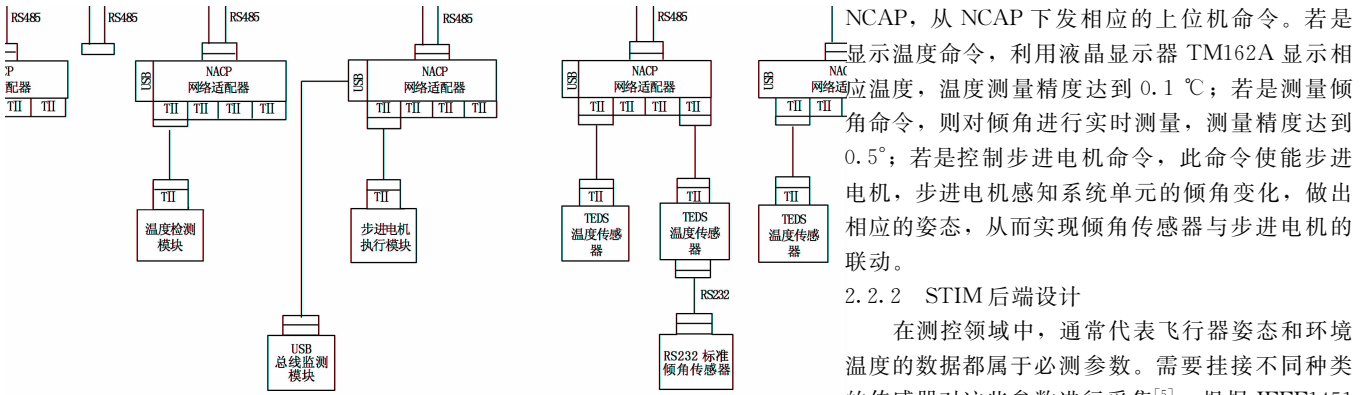


图 1 系统的结构图

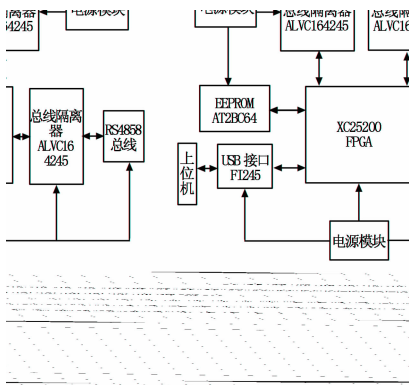


图 2 主 NACP 的硬件结构图

包括环境温度测量和显示模块、倾角测量模块和控制步进电机联动模块，这 3 个模块采用独立的 STIM，并各配置扩展接口和总线适配器。后端部分主要包括对前端采集的模拟信号进行处理，通过 TII 接口传输到网络适配模块。其硬件原理图如图 3 所示。

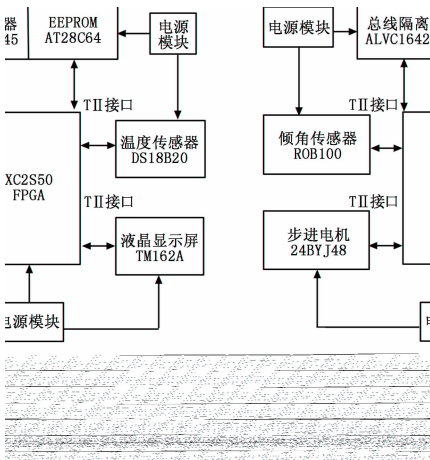


图 3 STIM 的硬件原理图

### 2.2.1 STIM 前端设计

一般情况下，为保证模拟信号能够被正确的量化，先采用信号调理电路对模拟信号进行偏置调理，再由 STIM 后端进行采样和处理，STIM 模块通过 TII 接口将处理后的信号传输给从

NCAP，从 NCAP 下发相应的上位机命令。若是显示温度命令，利用液晶显示器 TM162A 显示相应温度，温度测量精度达到 0.1℃；若是测量倾角命令，则对倾角进行实时测量，测量精度达到 0.5°；若是控制步进电机命令，此命令使能步进电机，步进电机感知系统单元的倾角变化，做出相应的姿态，从而实现倾角传感器与步进电机的联动。

### 2.2.2 STIM 后端设计

在测控领域中，通常代表飞行器姿态和环境温度的数据都属于必测参数。需要挂接不同种类的传感器对这些参数进行采集<sup>[5]</sup>。根据 IEEE1451 标准，网络适配器和智能变送模块存在相关数据传输协议，基于此协议，本系统设计了 TII 通用接口，此接口与传感器无关，实现了不同传感器的即插即用功能，此接口主要实现从总线适配器和智能变送模块的数据传输。图 4 为 TII 接口的信号线和控制线连接图。

本系统采用 TEDS 技术实现传感器智能化要求。用单片机（型号是 AT89C2051）模块绑定传感器的标识信息，单片机模块通过 TII 接口将传感器的标识信息传送给智能变送部分的数据采集模块，此模块根据标识信息从 EEPROM 中索引相应传感器的所有参数信息，从而对采集模块进行自动设置。系统一旦上电，TEDS 信息就自动上载到系统，表 1 是本系统定义的传感器/执行器的部分 TEDS 信息。

表 1 TEDS 信息

模块类型	主要器件	工作温度范围	量程	精度
温度模块	DS18B20	-55~125/℃	-55~125/℃	0.5℃
倾角模块	ROB100	-45~85/℃	-90°~90°	0.005°
液晶模块	TM162A	0~50/℃	~ ~ ~	~ ~ ~
步进电机	24BYJ48	-10~40/℃	~ ~ ~	5.625°

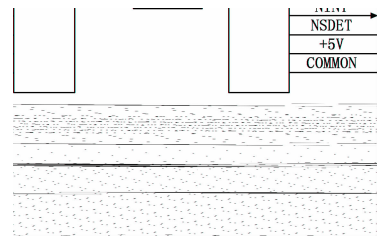


图 4 TII 接口的信号线和控制线连接图

## 3 系统的软件设计

### 3.1 NCAP 部分设计

NCAP 部分的软件流程图如图 5 所示，系统上电初始化，以保证信号和命令的正常采集和下发。当系统检测到 FT245（USB 接口芯片）的 RXF 引脚为‘0’时，下发命令给主 NCAP，主 NCAP 根据命令使能一路或者几路从 NCAP，从而控制 STIM 模块前端的传感器/执行器做出相应的动作；检测到 TXF 引脚为‘0’时，主 NCAP 上传温度或者倾角数据，最终在上位机的主界面显示温度和倾角，达到测试的目的。

NCAP 模块利用 TII 接口协议对从 NCAP 模块进行访问，从 NCAP 模块依照此协议对所连接 STIM 模块进行轮询访问。

利用 NIOE、NACK 信号控制访问设备。一帧数据的收发期间, NCAP 模块将 NIOE 置低, 各功能模块的 STIM 检测到 NIOE 变低后, STIM 将 NACK 置低, 发送一个字节数据, 再把 NACK 置高, 如此反复。NACK 不断翻转, 用以触发 NCAP 收发下一个字节。每次 NIOE 变低即完成一帧完整数据的传输。

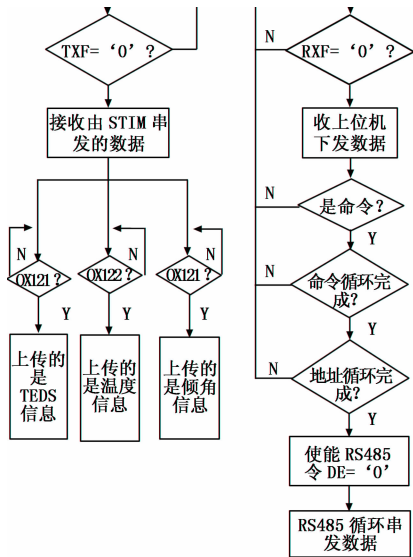


图 5 NCAP 部分的软件流程图

### 3.2 STIM 部分的设计

STIM 部分的软件设计如图 6 所示, 为提高工作可靠性, 所有发送和接收数据的帧长度设定为 12 字节, 一帧为一个命令或一组数据, 帧长度可以根据实际情况进行相应的调整。上电初始化后, 系统进入正常的工作模式, STIM 模块根据上位机下发的命令作出响应。若是 0X21 (温度命令), 采集温度传感器信号; 若是 0X22 (温度显示), 使能显示器显示当前温度; 若是 0X23 (倾角命令), 采集倾角传感器信号, 此时检测 RS485 的使能信号 DE, 若 DE=0, STIM 通过 RS485 总线向 NCAP 串发温度或倾角数据, NCAP 将此数据上传给上位机分析显示; 若是 0X24 (控制步进电机联动), 步进电机将当前角度值与接收的倾角值相减得到数值 A, 若 A 是大于 0, 则逆时针旋转差值, 反之, 顺时针旋转, 基于此方法, 步进电机与倾角传感器实现联动。

### 4 系统测试结果

本系统从硬件和软件两方面实现了基于 TEDS 接口的智能传感网络系统, 通过 TII 接口, 传感器和执行器与从 NCAP 连接后可接入任意网络中。计算机通过上位机软件对执行器和传感器模块进行点名、读取 TEDS 信息、测试等操作。当点击点名按钮时, 在点名结果栏中会显示相应从 NCAP 接口连接了 STIM, 当点击读取 TEDS 信息按钮时, 就会弹出相应节点连接的 STIM 模块中挂载的传感器/执行器信息。如图 7 为倾角传感器和温度传感器的 TEDS 信息。点击开始测试按钮时, 就会在相应的从 NCAP 栏中显示实际测量的环境温度和倾角值。如图 8 为本系统的测试结果, 在从

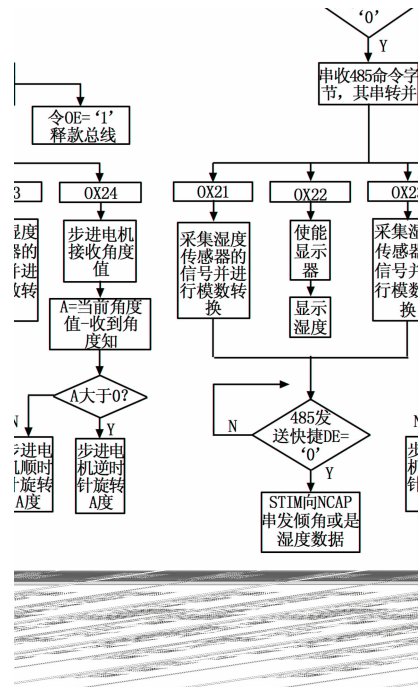


图 6 STIM 部分的软件设计

NCAP1 模块中挂接两个相同的温度传感器, 放置温度传感器 1 的当前温度是 19.6 °C, 上位机显示的温度 19.5 °C, 放置温度传感器 2 的当前温度是 19.7 °C, 上位机显示的温度 19.8 °C, 因此, 本系统对温度的测量精度达到 0.1 °C。在从 NCAP2 模块中, 上位机设置的倾角值为 45°, 由倾角传感器返回的倾角值为 44.88°, 当设置 -30° 时, 返回的倾角值为 -30.26°, 倾角的测量精度达到 0.5°。



图 7 倾角传感器和步进电机的 TEDS 信息

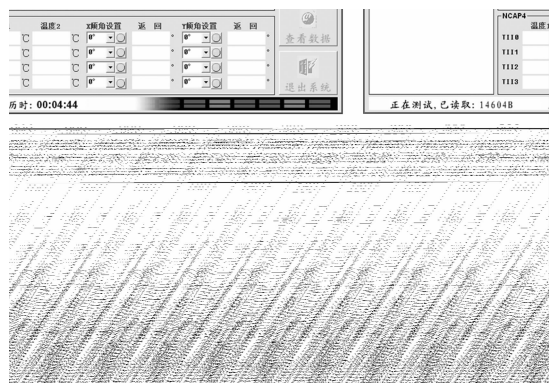


图 8 测试结果

### 5 结论

本文主要研究了基于 TEDS 接口的智能传感网络系统，整个系统的设计以 IEEE1451 标准为指导思想，实现了对温度和倾角传感器实时测量和步进电机控制。通过实验证明，本系统可以在变送器前端拓展传感器/执行器，最多可达 255 个。在系统总线上也可以拓展从网络适配器，有很高的实用价值，为各种复杂的传感网络系统设计提供参考。

#### 参考文献:

[1] 卞亦文, 吴仲城, 等. 基于 IEEE 1451.2 即插即用网络化传感器

(上接第 3057 页)

对百分比误差 (MAPE) 和绝对值平均误差 (MAE), 结果如表 6 所示。

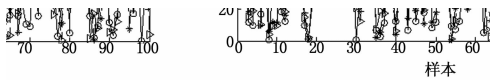


图 2 不同方法优化神经网络结构后的预测误差 (1)

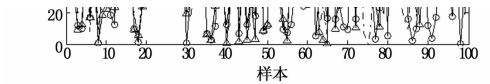


图 3 不同方法优化神经网络结构后的预测误差 (2)

表 6 不同方法优化神经网络结构后的预测误差结果

模型	RMSE(kW)	MAPE(%)	MAE(kW)
未结构优化的神经网络	60.514 4	8.44	49.645 0
灰关联法(阈值较大)优化后的神经网络	60.842 2	8.67	50.120 0
灰关联法(阈值较小)优化后的神经网络	58.146 4	7.95	46.829 0
灵敏度法优化后的神经网络	58.237 8	8.14	47.452 0
本文方法优化后的神经网络	52.298 4	6.56	39.991 0

由图 2、图 3 和表 6 可知，本文优化后的神经网络的风电

的研制 [J]. 传感技术学报, 2003, (1): 50-53.

[2] 钱开国, 李海雁, 罗金龙. 面向环境监测的传感器网络系统的设计与实现 [J]. 微型机与应用, 2011, 30 (17): 57-59.  
 [3] 肖欣, 张和生, 杨军, 等. 一种交通信息采集传感器网络任务分配方法 [J]. 仪器仪表学报, 2012, 33 (11): 2529-2534.  
 [4] 李泽明, 李锦明, 杨燕娇. 基于 IEEE1451.2 标准的温度传感器智能化研究 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (10): 2891-2894.  
 [5] Stan Woods. IEEE-P 1451.2 Smart Transducer Interface Module [A]. Proceedings of Sensors Conference [C]. Philadelphia, 1996. Helmers Publishing Inc, 1996: 25-38.

功率预测值要优于未结构优化、灰关联法(阈值较大)结构优化、灰关联法(阈值较小)结构优化和灵敏度法结构优化的神经网络的预测值, 验证了本文方法的有效性和可行性。

### 4 结论

本文对 BP 神经网络的隐含层结构优化算法进行了研究, 针对灰关联法和灵敏度剪枝方法在对神经网络结构优化时, 分别存在不能完全删除冗余节点、误删节点和学习时间长的问题, 本文提出了基于灰关联-灵敏度的 BP 隐含层结构优化算法。在 BP 神经网络学习过程, 先利用灰关联法对隐含层进行剪枝, 然后再利用灵敏度剪枝法对隐含层进行剪枝, 最终确定神经网络结构。仿真实验结果表明, 本文提出的 BP 隐含层结构优化方法, 不仅精简了神经网络结构, 而且避免了灰关联法存在的关联度阈值选取困难带来的问题。

#### 参考文献:

[1] 赵远东, 胡为尧. 神经网络泛化性能改进 [J]. 南京信息工程大学学报, 2011, 3 (2): 164-167.  
 [2] 杨淑霞, 韩奇, 徐琳茜, 等. 基于鱼群算法优化 BP 神经网络的电力客户满意度综合评价方法 [J]. 电网技术, 2011, 5 (5): 146-151.  
 [3] 乔俊飞, 韩红桂. 神经网络结构动态优化设计的分析与展望 [J]. 控制理论与应用, 2010, 3 (3): 350-357.  
 [4] 唐万梅. BP 神经网络结构优化问题的研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2005, 10 (10): 95-100.  
 [5] Mozer M. C, Smolensky. P. Skeletonization: A Technique for Trimming the Fat from a Network via Relevance Assessment [M]. Advances in Neural Information Processing Systems, Morgan Kaufmann, 1989: 107-115.  
 [6] 魏海坤. 神经网络结构设计的理论与方法 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.  
 [7] Peng H W, Liu F R, Yang X F. A hybrid strategy of short term wind power prediction [J]. Renewable Energy, 2013, (50): 590-595.  
 [8] 扬帆, 张玉杰, 张彩丽. 发动机运行状态的主分量灰色诊断模型研究 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (1): 9-13.  
 [9] 郝敏. 基于模糊聚类算法的自适应模糊神经网络研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2007.  
 [10] Li L, Liu Y Q, Yang Y P. A physical approach of the short-term wind power prediction based on CFD pre-calculated flow fields [J]. Journal of Hydrodynamics, 2013, 25 (1): 56-61.  
 [11] 叶晨. 风电功率组合预测研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2011.