

远程无线程控智能温度变送器的设计

刘定星¹ 李志华¹ 陈 琴² 司 明¹ 徐 信¹

(1. 中国地质大学(武汉)自动化学院 武汉 430074; 2. 江汉艺术职业学院 潜江 433100)

摘 要: 工业生产中有线通信常常带来布线困难、设备不灵活等问题,且现有的无线智能温度变送器数据传输距离较近,同时以往温度变送器量程调节多采用更换硬件电阻,步骤繁琐,给调试带来诸多不便。为了解决这些问题,提出了将3G技术和程控放大器引入到智能温度变送器中的方案,只需软件修改参数就可轻松实现量程可调。介绍了一种“程控放大器+A/D+STM32+D/A”模式的智能温度变送器,实现了远程无线程控智能温度变送器的设计。该温度变送器具备量程调节方便、3G无线通信、LCD1602实时显示等功能。整个电路设计简洁、精度较高、稳定性好,具有一定的实用价值和应用前景。

关键词: 温度变送器;STM32;3G技术;程控放大器

中图分类号: TP212.1 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Remote wireless programmable intelligent temperature transmitter design

Liu Dingxing¹ Li Zhihua¹ Chen Qin² Si Ming¹ Xu Xin¹

(1. School of Automation, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Jiangnan Art Vocational College, Qianjiang 433100, China)

Abstract: Cable communication often brings some problems such as difficulty in wiring, equipment flexibility is not high in the process of industrial production, And the range of the existing wireless intelligent temperature transmitter transmits data is very close, at the same time past temperature transmitter's range adjustment used to be changed resistance, steps are tedious, it brings much inconvenience to debug In order to solve these problems, this paper combines temperature transmitter with 3G technology and programmable gain amplifier. Modifying software parameters can easily adjust range. This paper introduces a kind of intelligent temperature transmitter which uses "programmable gain amplifier + A/D + microprocessor + D/A" model, realizing the design of wireless intelligent temperature transmitter. The temperature transmitter has many functions, such as its range can be adjusted, 3G wireless communication, LCD 1602 real-time display and so on. The whole circuit design is simple, high precision and good stability, having a certain practical value and application prospect.

Keywords: temperature transmitter; STM32; 3G technology; programmable gain amplifier

1 引 言

在工业生产中,温度是一个重要的基本参数,生产一种温度检测设备是工业上的一个重要课题^[1]。随着电子技术的飞速发展,传统的温度变送器已不能满足人们的需求,智能温度变送器应运而生。智能温度变送器是一种基于微处理器,采用先进数字化技术的新型变送器^[2-3]。温度变送器采用“A/D+微处理器+D/A”模式,在系统精度、设备维护等方面都比传统温度变送器有优势,是今后温度变送器发展的主要方向^[4-6]。同时无线技术是工业未来发展的重要部分,是减少工业控制系统成本、扩大工业

控制系统应用范围的革命性技术^[7-9]。将无线技术同温度变送器结合起来,必有不错的前景。无线智能温度变送器主要要求无线网传输速率快、实时在线、覆盖范围广,而采用第三代移动通信技术、支持蜂窝移动通讯技术的3G技术具有远程无线实时传输数据的优点,正好满足工业需求^[10-11]。同时,以往的智能温度变送器量程调节多采用更换硬件电路中电阻,这样操作繁琐,给调试带来了诸多不便,本设计中引入程控放大器,只需修改程序中部分参数就能很好的实现量程可调。因此将3G技术和程控放大器引入智能温度变送器中具有一定的实用价值和应用前景。

2 总体设计方案

设计中采用单片机 STM32 配合外围电路构成全电子智能温度变送器,它与热电阻配合使用,可对液体、气体、蒸汽等介质进行温度检测。图 1 为智能温度变送器的设计框图。

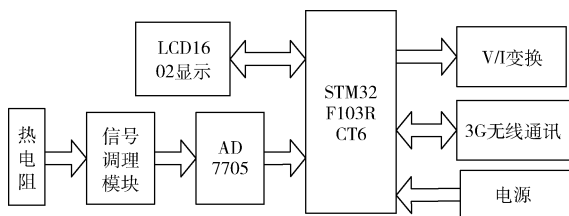


图 1 智能温度变送器总体设计

智能温度变送器采用热电阻作为传感器检测现场温度。信号调理模块由单臂电桥和程控放大器 PGA281 构成的放大电路组成。单臂电桥将热电阻微弱的电阻变化转化成电压信号,程控放大器放大电压信号,变成更适合模数转换器 AD7705 直接采样的信号。STM32 自带 12 位 DAC,通过 DAC 输出模拟电压,V/I 变换模块根据模拟电压输出对应的 4~20 mA 标准电流信号。LCD1602 实时显示温度和电流数据,同时 3G 无线通讯传输温度和电流数据给上位机。电源采用市电供电。

3 系统电路设计

无线智能温度变送器有许多优点,但温度变送器必须保证一定的精度,所以对元件漂移、引线阻抗、传感器精度都必须进行考虑。现对系统电路设计一一做出介绍。

3.1 电源部分

电源为系统提供能量,是系统中承载功率最大的部分,也是系统正常工作的基础,地位极为重要。系统采用市电供电,通过转化提供+12 V、+7 V、-7 V、+5 V、+3.3 V 电源电压和+2.5 V 基准源。

电源变压器配合整流电桥将交流电转变成 15 V 的直流电压,后级采用线性降压芯片 LM7812 输出+12 V。后级采用 LT1763 电压可调输出+7 V 电压,LT1931 配合 LT1964 可调输出-7 V 电压,利用 LT1763-5 输出+5 V,LT1521-3.3 输入 5 V 输出+3.3 V,这些芯片都具低噪声,输出电流大等优良特性。例如 LT1763-5 在 10 Hz~100 kHz 的频带内噪声仅为 20 μ V,输出电流可达 500 mA。+2.5 V 参考电压准确性直接影响系统精度,该设计采用基准芯片 LTC6655-2.5,该芯片拥有极低的噪声 625 nV (0.1~10 Hz),小于 $\pm 0.025\%$ 的输出稳定度。所以电源芯片的选型非常适合该设计。

3.2 信号调理与采集

信号调理与采集同样关系到系统精度。热电阻输出信

号属于典型的微弱信号,必须经过放大才能更好的供 ADC 进行采样。图 2 为信号调理原理框图。

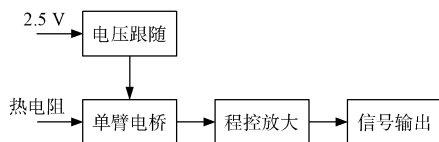


图 2 信号调理原理

+2.5 V 基准源经精密单电源运放 ADA4528 跟随输出稳定的基准源,保证基准源的精确性。信号调理电路由单臂电桥和程控放大器 PGA281 构成的放大电路组成。信号采集部分采用模数转换器 AD7705,该转换器利用 $\Sigma-\Delta$ 转换技术实现 16 位无丢失代码性能,器件具有极低功耗,掉电模式可减少等待时的功耗,能对 0~5 V 的单端信号进行采样。

智能温度变送器的量程可根据实际情况设定,STM32 通过对程控放大器的放大倍数进行参数设置,来使得信号分布在更合适 ADC 的范围。

3.3 信号输出及显示

设计中单片机选用 STM32F103RCT6,该单片机有着丰富的资源足够该设计使用。配置 STM32 内带的 ADC 为 12 位工作模式,数据右对齐,数字信号被线性地转换为模拟电压信号。VI 变换根据模拟电压信号输出对应的 4~20 mA 的标准电流信号。VI 变换采用运放 ADA4528 跟随输出等价于单片机输出的模拟电压信号,作用于精密电阻上,实现要求的电流输出。运放输出端配合三极管 S9013 使用,可以提高系统输出电流的能力。

LCD1602 是工业字符型液晶,能够同时显示 32 个字符,它以其低功耗、小体积、显示内容丰富等诸多优点,在该设计中用来显示温度和电流数据。

3.4 3G 无线通讯

设计中引入的 3G 技术具有远程无线实时传输数据的优点,很好的克服了有线通讯带来的布线困难、设备不灵活等问题。3G 模块是通过接收 3G 无线网络信号进行无线通讯功能的终端设备,是可以进行二次开发,来满足用户不同的通讯需求。根据 3G 无线网络制式分为 WCDMA(联通),EVDO(电信)和 TD-SCDMA(移动),3G 模块相应被分为 WCDMA 模块,EVDO 模块,TD-SCDMA 模块。该设计中 3G 模块选用华为 MU509,它可使用联通或电信 3G 上网卡,同时具有 3G 与 WIFI 二合一的功能。图 3 是 3G 模块应用原理框图。

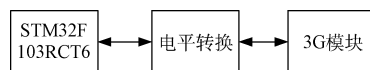


图 3 3G 模块应用原理

3G 模块识别 TTL 电平,所以电路中添加电平转换芯片 MAX3232,系统正常工作后,手机连接 3G 模块生成的 WiFi,在登陆界面中配置相关参数。根据登陆界面中的配置信息,配置好网络调试助手,主机并会无线连接 3G 模块。

4 定标与实测结果

采用电阻 R 代替热电阻 PT100 对系统进行定标。将设计中采集到的温度和输出的电流同该电阻对应的理论温度和理论电流进行对比^[12]。改变 R 阻值(实验中仅以量程 0~100 °C 为例),多次实验并记录数据如表 1 所示。

表 1 系统定标结果

电阻取值/ Ω	理论温度/ $^{\circ}\text{C}$	实验温度/ $^{\circ}\text{C}$	温度相对误差	理论电流/ mA	实验电流/ mA	电流相对误差
100.00	0.000	0.000	0.000 0	4.000	4.000	0.000 0
110.17	26.416	26.533	0.004 4	8.226	8.245	0.002 3
110.36	26.909	26.855	0.002 0	8.305	8.297	0.001 0
120.02	52.000	52.233	0.004 5	12.320	12.357	0.003 0
120.86	54.182	54.311	0.002 4	12.669	12.690	0.001 6
129.86	77.558	77.393	0.002 1	16.409	16.383	0.001 6
129.48	76.571	76.331	0.003 1	16.251	16.213	0.002 4

由表 1 数据可知,测量系统最大温度相对误差是 0.004 5,最大电流相对误差是 0.003 0。因此只要热电阻的精度足够高,整个系统就满足较高精度的要求。

将 PT100(精度 0.1)加入系统中,采用数字显示仪表

XMZ-102(精度 0.5)作为测温仪器,将测温仪器的探头和 PT100 同时加入一定温度水中,将设计中采集到的温度和输出的电流同测温仪器显示的温度和对应的电流进行对比。改变水温,多次实验并记录数据如表 2 所示。

表 2 系统实测结果

仪表温度/ $^{\circ}\text{C}$	实验温度/ $^{\circ}\text{C}$	温度相对误差	理论电流/ mA	实验电流/ mA	电流相对误差
10.2	10.284	0.008 2	5.632	5.645	0.002 3
26.4	26.610	0.008 0	8.224	8.258	0.004 1
32.5	32.812	0.009 6	9.200	9.250	0.005 4
45.2	45.467	0.005 9	11.232	11.275	0.003 8
54.6	55.143	0.009 9	12.736	12.823	0.006 8
78.4	78.968	0.007 2	16.544	16.635	0.005 5
82.5	83.295	0.009 6	17.200	17.327	0.007 4

由表 2 数据可知,测量系统最大温度相对误差为 0.009 9,最大电流相对误差为 0.007 4。整个设计具有较高精度。该设计同样适合其他种类的热电阻。

5 结 论

本文介绍了基于 3G 技术的无线智能温度变送器的设计,以 32 位单片机 STM32 为核心,具有一定智能化程度,3G 技术的引用很好的克服了布线困难、设备不灵活等问题且具有远程无线实时传输数据的优点。该智能温度变送器只需修改程序的部分参数,就可实现量程可调,克服了以往变送器量程调节的繁琐。整个电路设计简洁、精度较高、稳定性好,有一定的实用价值及应用前景。

参考文献

- [1] 董朝轶,陈晓艳,李健. 煤样燃点检测仪表温度自适应控制系统设计[J]. 仪器仪表学报,2011,32(9): 2114-2120.
- [2] 关永远,于长兴. 基于 MCS-51 单片机的测温电路设计[J]. 信息通信,2013(1): 67-68.
- [3] 胡鸿志. 基于新型温度传感器的数字温度计设计[J]. 电子测量与仪器学报,2011,25(8): 741-745.
- [4] 李文涛,杨小新. 基于 STC89C52 的智能温度变送器的设计[J]. 仪表技术与传感器,2012(11): 67-70.
- [5] 张东庆,朱虹. 基于单片机的测温电路设计[J]. 科技视界,2012(16): 196-246.
- [6] 王永祥. 基于 AT89C51 单片机的闭环温度测控系统

- 中变送器模块的设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2013(4):70-72.
- [7] 卢祁. 工业无线技术的“昨天”、“今天”和“明天”[J]. 中国仪器仪表, 2012(10):21-23.
- [8] 潘学思. 无线技术在工业自动化中的应用探讨[J]. 民营科技, 2014(12): 41-41.
- [9] 郭友寒, 原一峰. 智能无线变送器的研究及其应用[J]. 管理工程师, 2013(3):41-47.
- [10] 张逸, 杨洪耕, 叶茂清, 等. 3G 技术在电能质量监测系统中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(17): 139-144.
- [11] 周海鸿, 周嘉奉. 基于 ZigBee 技术的温湿度监测系统[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(7):75-79.
- [12] 方益喜, 雷开卓, 屈健康, 等. 基于 PT1000 的高精度温度测量系统[J]. 电子设计工程. 2010, 18(10): 79-81.

作者简介

刘定星, 1991 年出生, 硕士研究生, 主要方向为智能仪器设计研究。

E-mail: 1479427474@qq. com

李志华(通讯作者), 1972 年出生, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为智能仪器设计研究、传感器与检测技术。

E-mail: leeziwon@163. com

陈琴, 1985 年出生, 硕士, 主要方向为英语教学。

E-mail: 470523631@qq. com

司明, 1988 年出生, 硕士研究生, 主要方向为智能仪器设计研究。

E-mail: 1508579801@qq. com

徐信, 1992 年出生, 硕士研究生, 主要方向为智能仪器设计研究。

E-mail: 476973985@qq. com

NI 推出第二代矢量信号收发仪来满足最严苛的 RF 设计和测试应用需求

全新的矢量信号收发仪具有 5 倍的带宽和更大型的可编程 FPGA, 且体积减小了 33%

新闻发布—2016 年 7 月 12 日—NI(美国国家仪器, National Instruments, 简称 NI) 作为致力于为工程师和科学家提供解决方案, 帮助他们应对全球最严峻工程挑战的供应商, 今日宣布推出第二代矢量信号分析仪(VST)。NI PXIe-5840 是全球第一款 1 GHz 带宽 VST, 专为解决最严苛的 RF 设计和测试应用需求而设计。

NI PXIe-5840 在单个双插槽 PXI Express 模块中结合了一个 6.5 GHz RF 矢量信号发生器、6.5 GHz 矢量信号分析仪、高性能用户可编程 FPGA 以及高速串行和并行数字接口。全新的 VST 具有 1 GHz 的带宽, 是 802.11ac/ax 设备测试、移动/物联网设备测试、5G 设计和测试、RFIC 测试、雷达原型等各种应用的理想之选。

产品特性:

- 1 GHz 瞬时带宽, 适用于高级数字预失真(DPD)测试和雷达、LTE-Advanced Pro 和 5G 等高宽带信号
- 高测量精度, 使得基于第二代 VST 的系统能够测

量—50 dB 的 802.11ac 误差矢量幅度(EVM)

- 采用基于 FPGA 的测量硬件和高度优化的测量软件, 测量速度比传统仪器快 10 倍
- 体积小, 紧密同步, 单个 18 插槽机箱最多可支持 8x8 多输入多输出(MIMO)配置
- 基于可编程的 FPGA, 工程师可以使用 LabVIEW 轻松进行编程

VST 是 NI 平台和生态系统的重要组成部分, 可帮助工程师构建更智能的测试系统。不同领域的测试系统, 从直流到毫米波, 受益于 600 多个 PXI 产品。它们采用 PCI Express 第三代总线接口, 具有高吞吐量数据传输能力, 同时具有亚纳秒级同步以及集成的定时和触发。借助 LabVIEW 和 NI TestStand 软件环境的高效生产力, 以及由合作伙伴、附加 IP 和应用工程师组成的强大技术团队, 可大幅降低测试成本, 帮助用户大幅缩短上市时间, 开发面向未来的测试设备来应对今后的种种挑战。