

A Wireless Temperature Monitoring System Design with Low Consumption Thermistor Based on STM32F4

Chen Liu, Shuqin Geng[#], Jinhui Wang, Ligang Hou, Xiaohong Peng, Ying Yuan

Electrnic Control Department, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China

[#]Email: gengshuqin@bjut.edu.cn

Abstract

A design of wireless temperature measuring system based on STM32F4 processor is introduced. STM32F407VG micro-controller is the system core, using low-power thermal resistor and voltage follower circuits, AD conversion, temperature measurement, LCD display, using low-power low-voltage monitoring circuit. The system is small, low power consumption, easy to implement, high precision, remote temperature measurement and other convenient features, suitable for remote temperature monitoring.

Keywords: Wireless; Temperature Measurement; Low Power Consumption

基于 STM32F4 控制的低功耗热敏电阻温度无线监测系统设计

刘晨, 耿淑琴, 汪金辉, 侯立刚, 彭晓宏, 袁颖

北京工业大学 电控学院电子科学与技术学科部, 北京 100124

摘要: 介绍一种基于 STM32F4 处理器控制的温度无线测量系统设计方案。以 STM32F407VG 微控制器为核心, 采用低功耗热敏电阻和电压跟随器电路, 经 AD 转换, 测量温度用 LCD 显示, 采用低功耗低电压监测电路。具有体积小、功耗低、易实现、精度高、远程测温方便等特点, 适用于远程环境温度监测。

关键词: 无线; 温度测量; 低功耗

引言

温度是日常生活与工农业生产中的一个重要参数, 传统的温度计存在反应速度慢、测量精度不高以及读数麻烦等缺点, 随着电子技术的发展, 各种基于单片机的温度测量系统先后被提出^[1-4]。文献^[5]采用了另一种 CC1101 射频模块实现家庭智能控制, 通信的距离较近, 不能实现远程通信。文献^[6]设计了一套基于 STM32 单片机的智能家居控制系统, 该系统结合了 Wi-Fi 无线通信、传感器等技术。用户使用手机或个人电脑通过 Wi-Fi 访问 STM32 单片机, 实现远程无线智能控制。本系统通过手机短信与智能温度测量系统的通信, 实现对温度数据的远程监控, 当温度较高或较低时发出报警信号, 具有体积小、精度高、处理能力强等特点。不受 WIFI 限制。STM32F407VG 是一款 ST (意法半导体) 推出的以基于 ARM Cortex™-M4 为内核的高性能微控制器, 其采用了 90 纳米的 NVM 工艺和 ART (自适应实时存储器加速器, Adaptive Real-Time Memory Accelerator™) ^[7]。本系统是基于 STM32、热敏电阻和电压跟随器, 经 AD 转换, 测量温度用 LCD 显示的温度监控系统的设计。

1 温度系统架构模型

系统框图如图 1 所示, 由控制器、手机通信模块、显示模块、热敏电阻电路和电压跟随器组成。利用热

敏电阻随温度变化其阻值发生变化，因此热敏电阻上的电压就会发生变化。电压信号经电压跟随器稳定、隔离输入到处理器，经 AD 转换而后由液晶显示器显示实测的温度。温度定期可以通过通信模块发送到手机，当温度过高或过低会发出报警信息，实现远程测温。

2 各个模块的选择和设计

2.1 微处理器开发板的选择

ARM Cortex™-M4 的 STM32F407VG 是内核高性能的微控制器。其采用的 ART 技术使得程序零等待执行，提升了程序执行效率，STM32F407VG 可达到 210DMIPS@168MHz。自适应实时加速器能够完全释放 Cortex-M4 STM32F407VG 内核的性能；STM32F407VG 微控制器集成了单周期 DSP 指令和 FPU（floating point unit，浮点单元），提升了计算能力，可以进行一些复杂的计算和控制，为温度浮点计算提供了高性能的硬件准备。

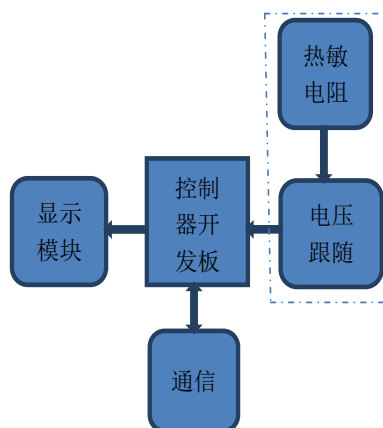


图 1 数字温度计框图模型

STM32F407VG 的 ADC 模块基准电压 VREF+ 在芯片内部与电源信号线相连，本系统选用一个高精度的 3.3V 作为外部参照电压，解决了因 VCC 电源电压精度不高带来的 ADC 测量不精准的问题。STM32F407VG 的 ADC 是 12 位逐次逼近型的模拟数字转换器。共有 18 个通道，可测量 2 个内部信号源和 16 个外部信号源，足以满足温度的测量需求。各通道的 A/D 转换可以单次、连续扫描或间断模式执行。ADC 的结果可以以右对齐或左对齐方式存储在数据寄存器中，方便了数据的读取和存储。

对于热敏电阻阻值和温度的计算，为了提高精度，我们采用了浮点运算。该方案硬件电路简单，电路功耗电流较小，焦耳热损耗很小，温度测量误差可以控制在很小的范围内。

2.2 热敏电阻测温电路模块和对应的温度计算

由于 MF58103F3950 产品为负温度系数 (NTC) 轴向引线玻璃封装型，可靠性高，稳定性好，并且其阻值及 B 值精度高。本系统选用了 MF58103F3950 的 10KΩ 电阻，采用玻璃封装，体积小，结构坚固，可在高温和恶劣环境下使用。MF58103F3950 使用温度范围 -40℃~+300℃，额定功率 ≤50mW，灵敏度高，热感应快等特点，满足温度测量的需求。

图 2 是热敏电阻测温电路。图 3 为其对应的 PCB 板电路。为了使处理器内部的 ADC 采样信号稳定，如图 2 所示在热敏电阻和控制器的输入引脚之间加入电压跟随器。电压跟随器的输入电压与输出电压大小和相位一样，其输入阻抗高，输出阻抗低，提高了电路的驱动能力，使信号在前级电路的损耗降到最低，从而使 ADC 能够采样到比较精确的数值。MCP6002 是一款通用的运算放大器，其增益带宽积为 1MHz，支持轨到轨的输入输出，其共模输入电压范围是 VDD + 300 mV - VSS - 300 mV，供电电压范围是 1.8V - 5.5V，满足本系统温度测量需求。

热敏电阻的计算公式如公式 (1) 所示：

$$R_t = R * \text{EXP}(B * (1/T_1 - 1/T_2)) \quad (1)$$

T1 和 T2 指的是 K 度，即开尔文温度，K 度是 273.15（绝对温度）与摄氏度 t 两者之和；Rt 是热敏电阻在温度 T1 下的阻值；R 是热敏电阻在常温 T2 下的标称阻值；B 值是热敏电阻的重要参数；EXP 是 e 的 n 次方。经公式转换得到下公式 (2)：

$$T_1 = \frac{1}{\frac{1}{T_2} + \frac{\log \frac{R_t}{R}}{B}} \quad (2)$$

对于 MF58103F3950 的热敏电阻 R=10000 Ω，T2=273.15+25，B=3950，根据测量的电阻值 Rt，再加上浮点运算，可以求出对应的环境温度 t 如公式 (3) 所示。

$$t = (1.0f / (((1.0f / 3950.0f) * \log(R_t / 10000.0f)) + (1.0f / (273.15f + 25.0f)))) - 273.15f \quad (3)$$

式中 f 是浮点运算。

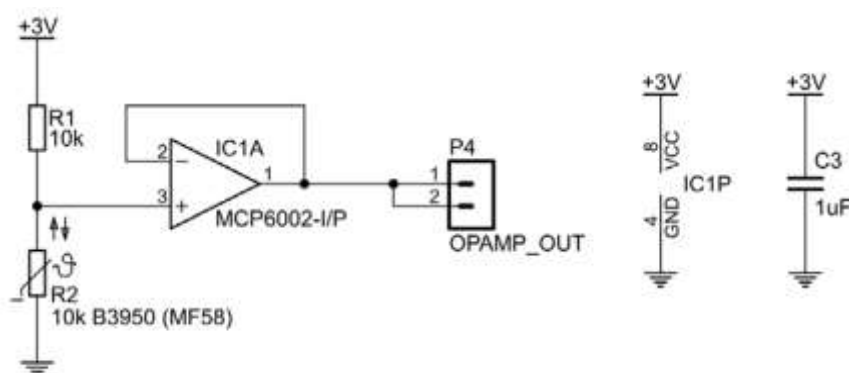


图 2 热敏电阻测温电路

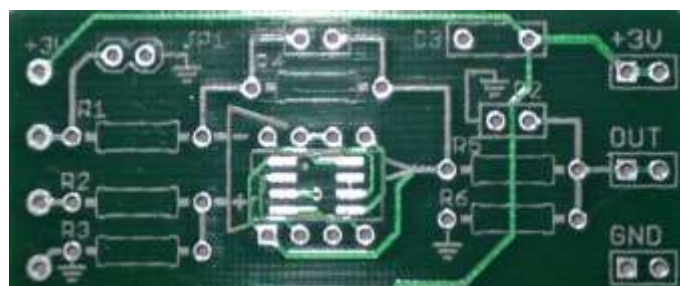


图 3 热敏电阻温度检测模块 PCB 板

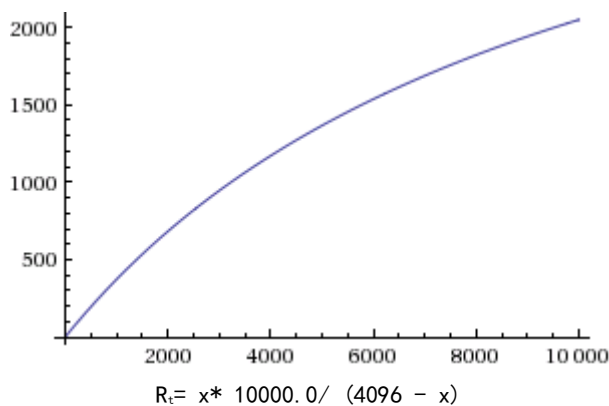


图 4 热敏电阻与采样值的关系曲线

2.3 ADC 转换

由于热敏电阻经电压跟随器的输出电压为模拟信号，需经过 STM32F407VG 片内的 ADC 转换。由于控制器的 ADC 采用 12 位逐次逼近型的模拟数字转换器，结合电路图 2 可知，热敏电阻和 R1 串联的总阻值对应 2^{12} (4096)，则 ADC 的实际采样值 x 与测量电阻 R_t 对应的关系如公式 (4) 所示，将 R_t 值代入公式 (4) 中可得测量的环境温度。其对应的曲线如图 4 所示。

$$\frac{x}{4096} = \frac{R_t}{10000 + R_t} \tag{4}$$

2.4 显示电路

本系统采用点阵式 JLX12864G-086 LCD 显示器，结构轻、薄、带背光，使用 SPI 通信协议。IC 采用 UC1701X。功耗低，不带背光 10mW，带背光不大于 100mW；128*64 点阵单色图片；指令功能强。JLX12864G-086 LCD 模块接口简单方便如图 5 所示：采用 4 线 SPI 串行接口。其中 PE11 连接 LCD_CS，PE13 连接 LCD_RESET，PE15 连接 LCD_RS，PB13 连接 SCK。由于微控制器是主设备，所以用 PB15 引脚作为 MOSI 与 LCD_SDA 连接。LCD_LED+ 与 VDD 相连，作为 LCD 的背光灯，根据控制命令能实时显示环境温度。

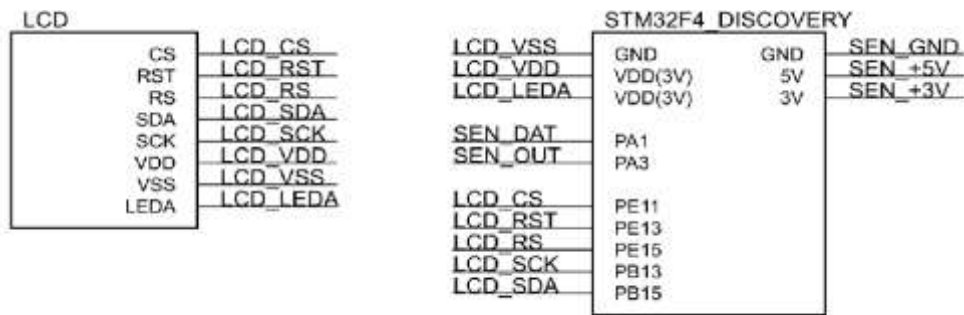


图 5 电路连接图



图 6 GSM 模块实物图

2.5 手机短信收发接口模块

本系统设计了手机短信报警功能。当环境温度过高或过低时，系统产生报警信息时，可以向指定的手机号码发送报警短信，通知相关负责人员及时处理异常情况。

本系统所使用的手机短信收发模块如图 6 所示。本系统射频模块的主要任务：产生超高频的发射功率；对温度或报警信息传送给对应的手机；接收并解调来自手机的高频信号，并向微控制器发出信号；且地址匹配、CRC 校验等由射频模块自动完成，降低了微控制器的软件消耗，同时节约了相关信号与控制器的之间的来回传递，提高了识别率，降低了系统功耗。

2.6 电源监测

常规的电源监测电路采用两个电阻 R1 和 R2 串联监测电源电压，长期接在电池正极与地之间，则会一直产生额外的电流。当电源电压为 4.5V，该电流是 1.8mA，对于长时间工作的温度监测系统能耗积累不可忽略。本系统将电路设计更改为如图 7 所示。在不进行电池电量检测时，AD_STROBE 输出 0V 的低电平，Q3 关断，Q4 栅极电压由 R3 拉高到 VBAT 而使 Q4 也关断，AD_R2 处电压由 R2 拉低到 0V。当进行电池电量检测时，AD_STROBE 输出 3.3V 的高电平，Q3 开启将 Q4 栅极电压拉低到地，Q4 开启，R1 和 R2 对 VBAT 进行分压，而后单片机即可转换 AD_R2 处的电压来计算得出电池电压。

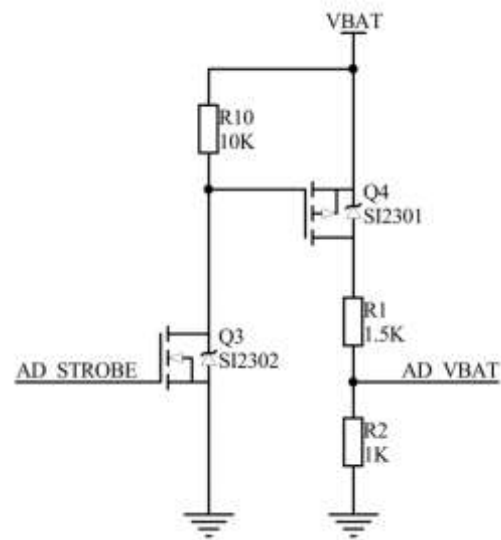
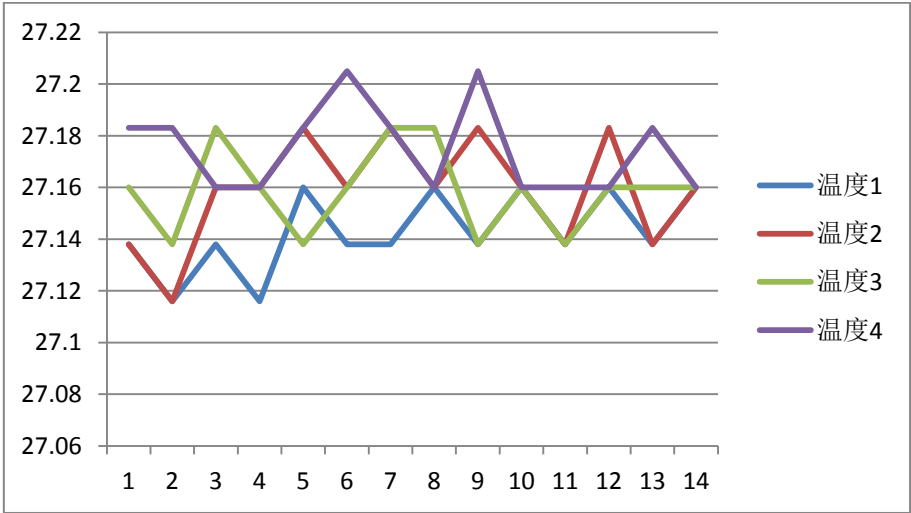


图 7 修改后的电池电量检测部分原理图

表 1 测试温度曲线



3 测试数据

表 1 是我们连续四次的测试结果曲线。从图中可以看出在同一次测试中，最大温度与最小温度差分别是 0.044° C、0.045° C、0.045° C、0.045° C，与平均值的误差率分别是 0.1621%，0.1657%，0.1657%，0.1656%，远远小于 1%。因此能满足日常生活工作的温度测试需求。

4 结论

以 STM32F407VG 微控制器为核心，采用低功耗热敏电阻和电压跟随器电路，经 AD 转换，测量温度用 LCD 显示。采用低功耗低电压监测电路。具有体积小、功耗低、易实现、精度高、处理能力强等特点。本

系统满足日常生活工作的温度测试需求。本系统在楼房智能温度控制，大棚蔬菜养殖远程温控等方面具有广阔的应用前景。

REFERENCES

- [1] 曾炼成, 沈岳, 张林峰, 嵌入式系统实践教学研究, 中国电力教育, 2010 年第 27 期 总第 178 期
- [2] 张兢, 路彦, 赵家斌, 空气传感器 TGS2600 在空气质量监测中的应用, 传感器与仪器仪表, 2006, vol22 (31), 201-203
- [3] 常波, 张新荣, 胡荣林, 基于 WSNs 的大型楼宇空气质量监测系统设计, 传感器与微系统, 2011, 30(3), 105-110
- [4] 曹晔, 李珍, 邵良彬, 便携式 NO 检测报警仪的研制, 分析仪器, 2009, 1, 5-7
- [5] 曾艳, 程文彬, 戴跃洪, 智能家居 RF 通信模块的设计与实现. 电信科学, 2014 (7): 95-99
- [6] 韩晓英, 张方樱, 朱静, 基于 STM32 单片机的智能家居控制系统设计与实现. 硅谷, 2013 (132): 14-15
- [7] STM32F407 VGT6 datasheet