

基于 MSP430 嵌入式温度采集器的实现方案

Embedded Solution of Temperature Collection Based on MSP430

王平* 刘文臣**

WANG Ping LIU Wen - chen

摘要 本文介绍了一种基于 MSP430 的嵌入式温度采集器实现方案。本采集器利用 MSP430F133 内置的 ADC, 实现 DTMF 信号的实时解码, 利用 DS18B20 这个 1 - WIRE 系统传感器采集温度, 实现了温度采集和数据传输。

关键词 DTMF 解码 MSP430F133 1 - WIRE 系统 DS18B20

Abstract This paper introduces embedded solution of temperature collection based on MSP430. This device of temperature collection not only has the DTMF signal real - time decoding through the ADC of MSP430F133, and it also has the temperature collection and data translation through DS18B20, which is a 1 - WIRE system sensor.

Keywords DTMF Decoding MSP430F133 1 - WIRE System DS18B20

1 引言

集中供热是国家大力推广的节能和环保措施, 现在也越来越为大家所接受, 然而如何保证供热效果, 热力公司如何选择合适参照点, 成为各个热力公司关注的问题。现在热力公司向用户承诺集中供暖室内温度保证在 $18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 现在一般采取的方式是热力公司上门测试室温, 这样既给用户造成了诸多不便, 又给热力公司增加了人力成本, 而且难以保证测试数据的准确性。

应用电话远程测温系统采集用户温度信息可解决许多人为原因造成的数据采集不便, 且其数据采集频率高, 可以较真实的反映温度的变化, 以便更好的服务于用户。远程采集用户室内温度, 检测供热质量, 并在一定程度上减少由于室内温度过高造成的浪费; 使热网末端也在您的掌握之中, 为整个热网调度提供更精确的依据。

2 DTMF 介绍

DTMF (双音多频) 信号是电话网中常用的信令, 无论是家用电话、移动电话还是程控交换机上, 多采用 DTMF 信号发送接收号码。DTMF 技术还可以用于电力线载波通信等场合。可见, DTMF 拨号和解码在通信系统及其它方面有着广泛的应用。通常 DTMF 信号的检测采用专用芯片或 DSP 来实现, 但其成本较高。本文介绍了一种低成本的基于 MSP430F133 的 DTMF 拨号解码器实现方案。MSP430F133 是 TI 的一款 16 位 RISC 结构 MCU, 最短指令周期为 150ns, 含有 8KB Flash ROM, 256B RAM 并内置 12 位 ADC。

DTMF 信号是将拨号盘上的 0~9、A~D 及 */E、#/F 共 16 个字符, 用音频范围的 8 个频率来表示的一种编码方式。8 个频率分为高频群和低频群两组, 分别作为列频和行频。每个字符的

信号由来自列频和行频的两个频率的正弦信号叠加而成。频率组合方式如图 1 所示。

Frequency	1209Hz	1336Hz	1477Hz	1633Hz
697Hz	1	2	3	A
770Hz	4	5	6	B
852Hz	7	8	9	C
941Hz	*/E	0	#/F	D

图 1 DTMF 信号

根据 CCITT Q.23 建议, DTMF 信号的技术指标是: 传送/接收率为每秒 10 个号码, 或每个号码 100ms。每个号码传送过程中, 信号存在时间至少 45ms, 且不多于 55ms, 100ms 的其余时间是静音。在每个频率点上允许有不超过 $\pm 1.5\%$ 的频率误差。任何超过给定频率 $\pm 3.5\%$ 的信号, 均被认为是无效的, 拒绝承认接收。另外, 在最坏的检测条件下, 信噪比不得低于 15dB。

3 DTMF 解码

采用软件方式进行 DTMF 解码, 首先要将模拟信号转换成数字信号, 然后再送入 CPU 处理。利用 MSP430F133 内置的 12 位 ADC 加上简单的接口就可以实现模数转换, ADC 接口电路如图 2 所示。其中 R^* 应选 1% 精度的金属膜电阻。ADC 参考电压选内部 2.5V:

$$V_{R^+} = V_{REF^+}, V_{R^-} = AV_{SS}$$

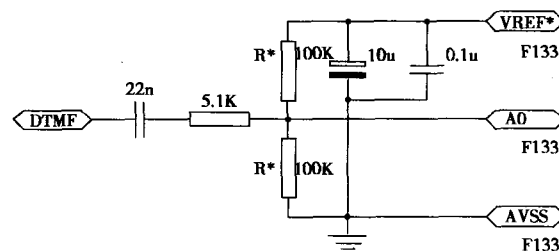


图 2 ADC 接口电路

* 山东省计算中心 济南 250014

** 西安工程大学 西安 710048

DTMF 解码可以通过计算所接收到的信号在 8 个既定频率点的频谱值来确定是否为有效的 DTMF 信号及接收到的是哪个号码。另外,需要通过一系列的有效性检验以防止误判。

FFT 用来计算 N 点频率处的频谱值,但不适合于此处应用。因为它计算了许多不需要的值,计算量太大;而且为保证频率分辨率,FFT 的点数较大。另外,它不能按逐个样点的方式处理,不利于实时实现。

由于只需要知道 8 个特定点的频谱值,采用一种称为 Goertzel 算法的 DFT 算法可以有效地提高计算效率。它相当于一个含两个极点的 IIR 滤波器,8 个频点对应各自相匹配的滤波器,其传递函数为

$$H_k(z) = \frac{1 - e^{-2\pi f_k/N} Z^{-1}}{1 - 2\cos(2\pi f_k/N) Z^{-1} + Z^{-2}}$$

然而 Goertzel 算法还是有一个缺点,那就是它计算的是频率 $f_k = kf_s/N$ 处的频谱值,而精确的频率值 f_i 通常只能对应某个近似的整数 k ,为了达到要求的分辨率,就需要较大的样点数 N 。改进的方法是:修改传递函数,不计算角频率 $\omega_k = 2\pi f_k/N$ 处的频谱值,而计算精确角频率 $\omega_k = 2\pi f_i/f$ 处的频谱值。这样分辨率能达到数据自然加窗(矩形窗)的分辨率。它的传递函数为

$$H_k(z) = \frac{1 - e^{-2\pi f_i/N} Z^{-1}}{1 - 2\cos(2\pi f_i/f) Z^{-1} + Z^{-2}}$$

DTMF 解码程序流程图如图 3 所示。

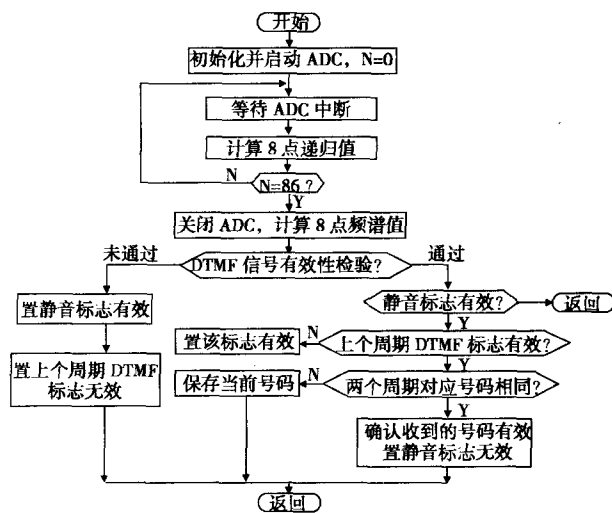


图 3 DTMF 解码流程图

4 温度采集芯片

4.1 1-WIRE 系统

1-WIRE 系统是一个只有一个主机,通过单根总线与一个或多个从属设备(或传感器)相连。该系统仅有一根总线,主机与从属设备间的通讯主要依赖于通讯协议和严格的时序,因此每个连接到总线上的从属设备的引脚必须具备 3 种输出状态,1-WIRE 系统的总线需要有大约 $5K\Omega$ 的上拉电阻。硬件连接示意图如图 4。

4.2 1-WIRE 协议

读写 1-WIRE 总线上从属设备的具体步骤如下。

初始化

要对 1-WIRE 总线上的设备进行操作,必须先对所有的设备进行初始化,让设备做好收发准备,对 1-WIRE 总线的初始化很简单,只需对总线发一个复位脉冲,该脉冲为低电平,低电平的宽度在 $480\mu s$ 到 $960\mu s$ 之间,然后总线恢复高电平,在 $15\mu s$ 到 $60\mu s$ 之后,如果总线上有 1-WIRE 设备,该设备就会发一个宽度在 $60\mu s$ 到 $240\mu s$ 之间的低电平,告诉主机,该总线上有设备且已做好收发准备。

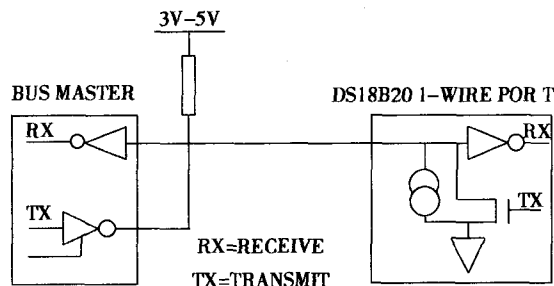


图 4 1-WIRE 连接图

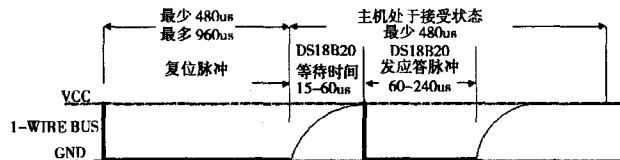


图 5-1 主机发复位脉冲和从机回应脉冲

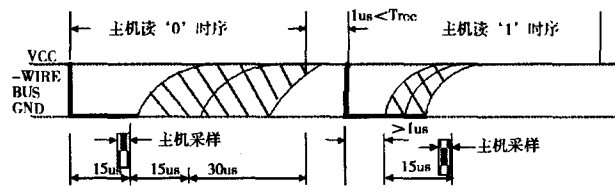


图 5-2 主机读从机信息时序图

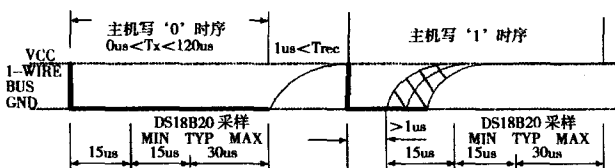


图 5-3 主机写从机信息时序图

在进行启动 DS18B20 时,先对该传感器发如图 5-1 的复位脉冲,检测 DS18B20 的应答信号,在检测到 DS18B20 的应答信号后,发送跳过 ROM 检测命令(CCH),然后发启动 DS18B20 温度转换命令(44H),过 $750ms$ 后,发复位脉冲,发跳过 ROM 检测命令(CCH),发读暂存器命令(BEH)。

5 软件设计

温度传感器的操作部分

在这部分程序设计中,主要涉及到 DS18B20 的初始化、启动温度转换、温度值的计算。由于选择的温度转换精度为 12 位,所以应将 DS18B20 的设置寄存器设为 7FH,温度转换时间不超过 $750ms$,温度转换结果的最小分度值为 $0.0625^\circ C$,温度的小数部分对应 2 进制共有四位,是 2-1、2-2、2-3、2-4,与之对应的温度

值分别是 0.5°C 、 0.25°C 、 0.125°C 、 0.0625°C 。在计算时,将小数部分扩大 10000 倍,如果 2-1 位不为零,则再加 5000,同样,如果后 2-2、2-3、2-4 也不为零,就在结果上累加 2500、1250、625,如 2-1、2-2、2-3、2-4 对应的位是零,就加 0,然后将结果除以 10000,这样就计算出小数部分。程序流程图如图 6、7 所示:

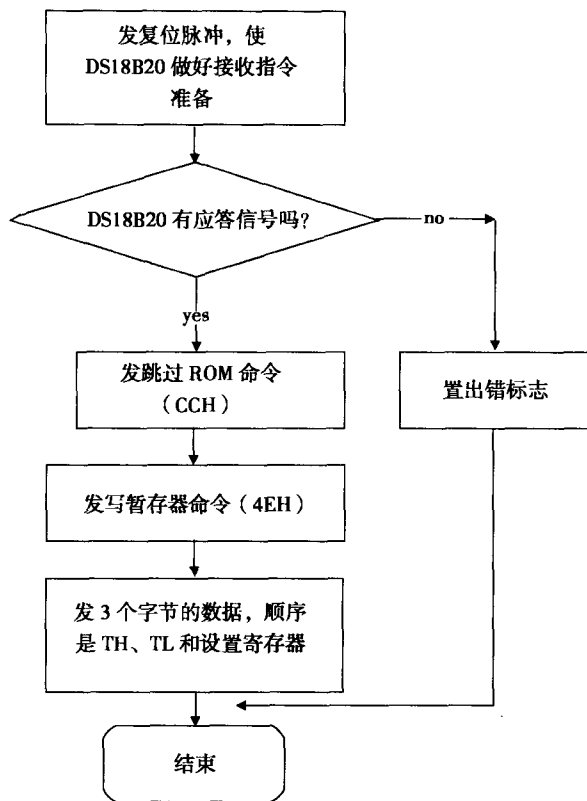


图 6 DS18B20 初始化程序流程图

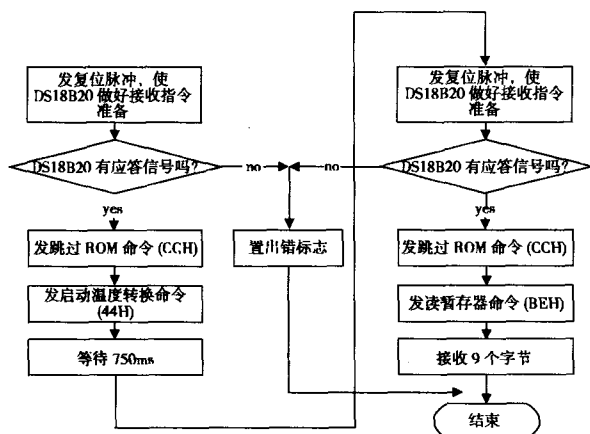


图 7 启动 DS18B20 温度转换并读取转换结果的程序流程图

向 DS18B20 发出温度启动命令后,如果 DS18B20 正确的接收到命令,DS18B20 就进行温度转换,由于 DS18B20 被设置为 12 位温度转换精度,在经过最多 750ms 后,转换结束,DS18B20 将转换结果存放于暂存器的第 0 个字节和第 1 个字节,第 0 个字节存放转换结果的低位,第 1 个字节存放转换结果的高位。单片机向

DS18B20 发读暂存器命令,DS18B20 正确接收命令后,就向总线依次发送 9 个字节,其中第 0 字节和第 1 字节就是温度转换结果。单片机要根据 DS18B20 转换结果的定义来计算实际的温度,具体的程序流程图如图 8 所示:

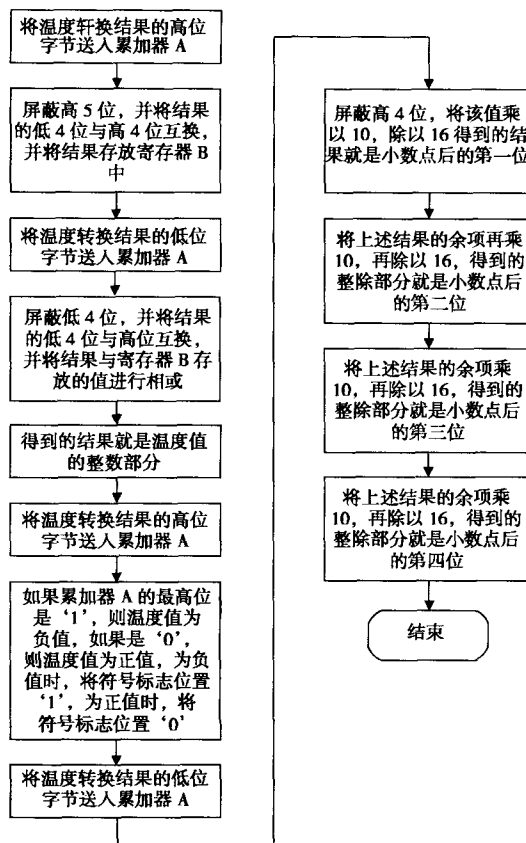


图 8 计算温度值程序流程图

结论

该嵌入式温度采集器成本低、性能可靠,已经得到了实际应用。

参考文献:

- [1] Oppenheim A. V. 等著,刘树棠等译. 离散时间信号处理(第二版),西安交通大学出版社,2001.
- [2] DTMF Tone Generation and Detection: An Implementation Using the TMS320C54x, Texas Instruments, 2000.
- [3] MSP430x1xx Family User's Guide, Texas Instruments, 2003.
- [4] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口及系统设计实例. 北京航空航天大学出版社, 2002. 11.
- [5] MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机,胡大可,北京航空航天大学出版社,2005.

(收稿日期:2007-03-09)