

# K型热电偶数字转换器 MAX6675 及其在铝液液位温度测量仪中的应用

宋 龙, 田红兵, 詹天军  
(兰州理工大学, 甘肃 兰州 730050)

**摘要:** MAXIM 6675 是 MAXIM 公司推出的具有冷端补偿的单片 K 型热电偶数字转换器。本文主要介绍了 MAX6675 的特性和工作原理, 详细阐述了该芯片在铝液液位温度测量仪中的应用, 给出了与 89C51 单片机的接口电路和程序设计。

**关键词:** K 型热电偶; MAX6675; 单片机

**中图分类号:** TN722 TP335.1

K 型热电偶是工业生产中最常用的温度传感器, 具有结构简单、制造容易、使用方便、测温范围宽、测温精度高等特点。目前, 在以 K 型热电偶为测温元件的工业测温系统中, 热电偶输出的热电势信号必须经过中间转换环节, 才能输入基于单片机的嵌入式系统。中间转换环节包括信号放大、冷端补偿、线性化及数字化等几个部分, 实际应用中, 由于中间环节较多, 调试较为困难, 系统的抗干扰性能往往也不理想。在铝液液位温度测量仪的研制中, 我们采用了 MAXIM 公司新近推出的 MAX6675, 它是一个集成了热电偶放大器、冷端补偿、A/D 转换器及 SPI 串口的热电偶放大器与数字转换器, 可以直接与单片机接口, 大大简化系统的设计, 保证了温度测量的快速、准确。

## 1 MAX6675 特性

### 1.1 特性

MAX6675 是具有冷端补偿和 A/D 转换功能的单片集成 K 型热电偶变换器, 测温范围  $0^{\circ}\text{C} \sim 1023.5^{\circ}\text{C}$ , 主要功能特点如下:

- \* 直接将热电偶信号转换为数字信号
- \* 具有冷端补偿功能
- \* 简单的 SPI 串行接口与单片机通讯
- \* 12 位 A/D 转换器、 $0.25^{\circ}\text{C}$  分辨率
- \* 单一 +5V 的电源电压
- \* 热电偶断线检测
- \* 工作温度范围  $-20^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$

### 1.2 引脚功能

MAX6675 采用 SO-8 封装形式, 有 8 个引脚,

脚 1(GND) 接地, 脚 2(T-) 接热电偶负极, 脚 3(T+) 接热电偶正极, 脚 4(VCC) 电源端, 脚 5(SCK) 串行时钟输入端, 脚 6(CS) 片选端, 使能启动串行数据通讯, 脚 7(SO) 串行数据输出端, 脚 8(NC) 未用。在 VCC 和 GND 之间接  $0.1\mu\text{F}$  电容。

MAX6675 的引脚如图 1 所示。

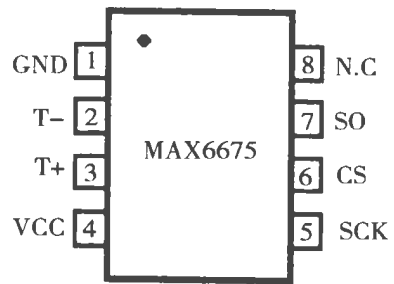


图 1 MAX6675

### 1.3 工作原理

MAX6675 是一复杂的单片热电偶数字转换器, 其内部结构如图 2 所示。主要包括: 低噪声电压放大器 A1、电压跟随器 A2、冷端温度补偿二极管、基准电压源、12 位 AD 转换器、SPI 串行接口、模拟开关及数字控制器。

其工作原理如下: K 型热电偶产生的热电势, 经过低噪声电压放大器 A1 和电压跟随器 A2 放大、缓冲后, 得到热电势信号  $U_1$ , 再经过 S4 送至 ADC。对于 K 型热电偶, 电压变化率为  $(41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C})$ , 电压可由如下公式来近似热电偶的特性。

$$U_1 = (41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}) \times (T - T_0)$$

上式中,  $U_1$  为热电偶输出电压 (mV),  $T$  是测量点温度;  $T_0$  是周围温度。

在将温度电压值转换为相应的温度值之前,对热电偶的冷端温度进行补偿,冷端温度即是 MAX6675 周围温度与 0℃ 实际参考值之间的差值。通过冷端温度补偿二极管,产生补偿电压 U<sub>2</sub> 经 S<sub>4</sub> 输入 ADC 转换器。

$$U_2 = (41\mu\text{V} / ^\circ\text{C}) \times T_0$$

在数字控制器的控制下,ADC 首先将 U<sub>1</sub>、U<sub>2</sub> 转换成数字量,即获得输出电压 U<sub>0</sub> 的数据,该数据就代表测量点的实际温度值 T。这就是 MAX6675 进行冷端温度补偿和测量温度的原理。

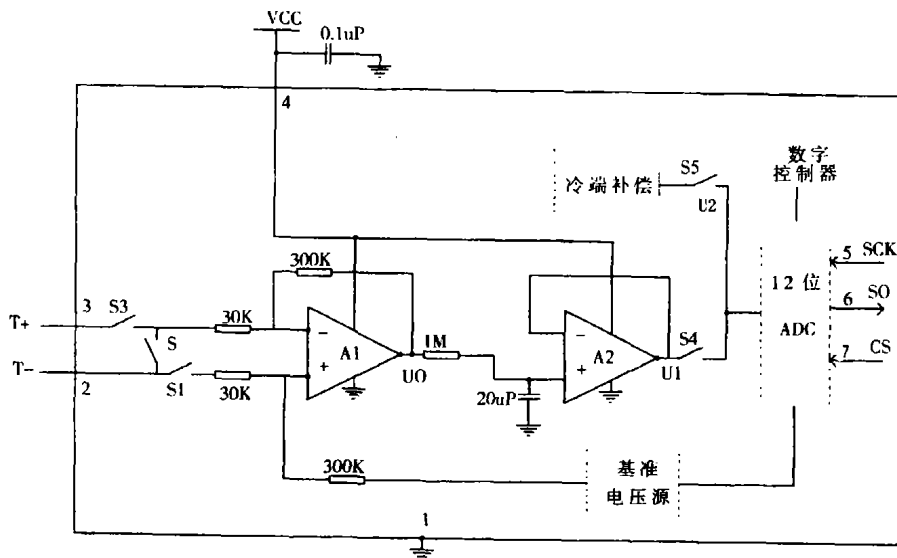


图 2 MAX6675 内部原理图

1.4 与单片机的通讯

MAX6675 采用标准的 SPI 串行外设总线与单片机接口。MAX6675 从 SPI 串行接口输出数据的过程如下:单片机使 CS 置为低电平,并提供时钟信号给 SCK,由 SO 读取测量结果。CS 变低将停止任何转换过程,CS 变高将启动一个新的转换过程。将 CS 变低在 SO 端输出第一个数据,一个完整串行接口读操作需 16 个时钟周期,在时钟的下降沿读 16 个输出位,第 1 个输出位是 D15,是一伪标志位,并总为 0;D14 位到 D3 位为以 MSB 到 LSB 顺序排列的转换温度值;D2 位平时为低,当热电偶输入开放时为高,开放热电偶检测电路完全由 MAX6675 实现,为开放热电偶检测器操作,T- 必须接地,并使能地点尽可能接近 GND 脚;D1 位为低以提供 MAX6675 器件身份码,D0 位为三态标志位。

MAX6675 SO 端输出温度数据的格式如图 3 所示。

位	标志位	12 位温度数据											热电偶 开路判断	设备 序号	状况	
位	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	0	MSB											LSB		0	三态

图 3 MAX6675 SO 端输出温度数据的格式

2 在铝液液位温度测量仪中的应用

本文所述铝液液位温度测量仪是一工作于铝电解现场的测量装置,其控制部分采用单片机控制,对温度部分的要求是:在得到测量要求信号后,实时测量出当前热电偶探头的温度并保存,可检测 K 型热电偶探头断线状况并报警。

2.1 硬件实现

该铝液液位温度测量仪的 K 型热电偶温度采集电路如图所示。其微控制器采用 ATMEL 公司的 FLASH 单片机 AT89C51,该微控制器具有 4K 内部可擦写程序存储器和 32 个输入/输出端口,满足本系统中液位测量、数据显示、温度测量、数据通讯、看门狗电路的需要。作为一款廉价的通用型单片机,AT89C51 没有 SPI 接口。因此采用 I/O 口线模拟 SPI 串行口来对 MAX6675 读取数据。MAX6675 的 CS 端接单片机的 P1.0 脚,CS 低电平停止转换,MAX6675 准备将数据输出;SCK 引脚接单片机的 P1.1 脚,为传输数据提供时钟。无数据传输时,SCK 应置为低电平;SO 引脚接单片机的 P1.2 脚,用于传输数据。单片机的 P1.3 脚作为 K 型热电偶探头断线报警口,报警时输出低电平,驱动故障指示 LED 显示。

在单片机的上述 4 个引脚各接一个 10K 的上

拉电阻, 保证数据的可靠传送。由于 MAX6675 的测量精度对电源耦合噪声较敏感, 为降低电源噪声影响, 在 MAX6675 的电源引脚附近接入 1 只  $0.1\mu\text{F}$

陶瓷旁路电容。在印刷电路板的设计中, 采用大面积接地技术来降低芯片自热引起的测量误差, 提高温度测量精度。

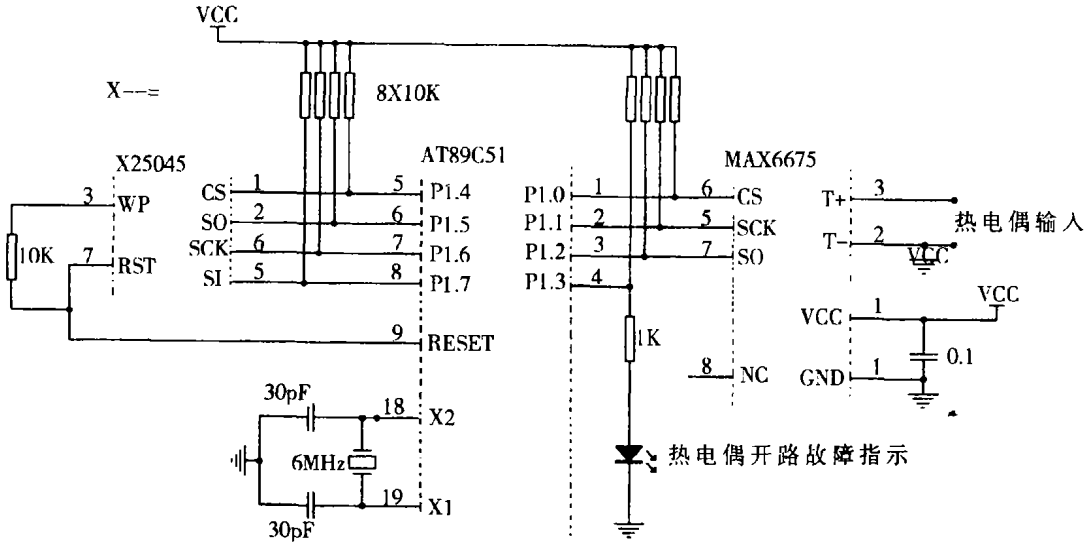


图 4 MAX6675 与 AT89C51 单片机接口电路

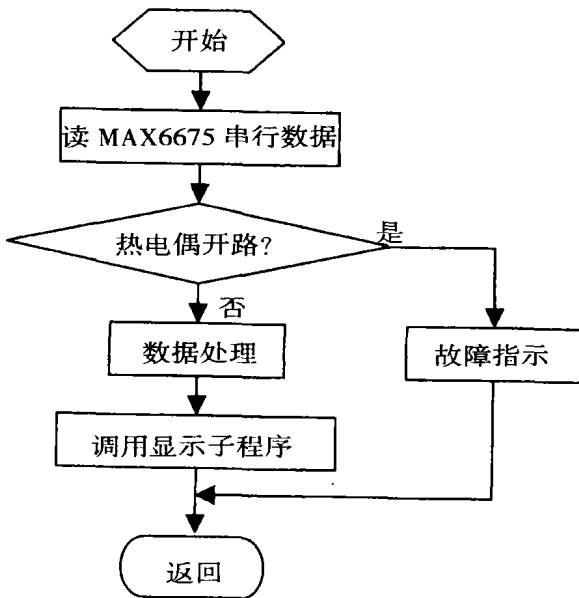


图 5 MAX6675 温度采集程序流程

本系统主要测量铝电解槽中的温度, 其正常工作温度范围为  $920^{\circ}\text{C} - 990^{\circ}\text{C}$ , 为了准确的测量这一区段的温度值, 系统利用 X25045 芯片内部的 4096 位串行 E2PROM (非易失存储器), 保存温度补偿参数, 掉电不丢失, 保证系统可应用于各种环境条件。

### 2.2 软件实现

温度测量是铝液液位温度测量过程的最后一个环节, 在系统测量完铝液液位后, 开始进行温度测量, 这一部分程序作为一个独立的程序段, 定时调用, 主要包括 MAX6675 数据读取、开路判断、数据

处理和码制转换等几个部分。程序流程如下:

下面给出 MAX6675 温度值读取程序设计:

; 温度值读取程序

; 位定义

CS BIT P1.0 ; 数据输入

SCK BIT P1.1 ; 片选

SO BIT P1.2 ; 时钟

; 数据字节定义 DATAH DATA 40H

; 读取数据高位

DATAL DATA 41H ; 读取数据低位

位

TDATAH DATA 42H ; 温度高位

TDATAL DATA 43H ; 温度低位

CLR CS ; CS 低电平, 停止数据转

换, 输出数据 D15

CLR CLK ; 时钟置为低电平

MOV R7, #08H

RD-DATAH: ; 读数据高位字节

D15-D8

MOV C, SO ; 读 SO 端数据

RLC A ; 累加器左移一位

SETB SCK

NOP

CLR SCK

DJNZ R7, RD-DATA

MOV DATAH, A ; 将数据高位移

入缓冲区

```

MOV    R7, #08H
RD-DATAL:      ; 读数据低位字节 D7—
D0
MOV    C,    SO    ; 读 SO 端数据
RLC    A      ; 累加器左移一位
SETB   SCK
NOP
CLR    SCK
DJNZ   R7, RD-DATAL
MOV    DATAL, A    ; 将数据低位移
入缓冲区
SETB   CS      ; CS 高电平, 停止数据输出,
启动新的数据转换
      ; 数据转换子程序, 将读得的 16 位数据转换为
12 位温度值, 去掉无用的位 MOV    A,
DATAL
RLC    A
MOV    DATAL, A
MOV    A,    DATAH
RLC    A      ; 整个数据位左移一位, 去掉
D15 位
SWAP   A      ; 将 DATAH 中的高低 4 位数据互
换
MOV    B,    A    ; 数据暂存于 B 中
ANL    A,    #0FH    ; 得到温度数据高
位字节部分 D14 ~D11
MOV    TDATAH, A    ; 将温度值高
位字节保存
MOV    A,    B
ANL    A, #0FOH ; 得到温度数据低位字节
部分 D10 ~D7MOV    B, A
MOV    A,    DATAL ;
ANL    A,    #0FH    ; 得到温度数据低
位字节部分 D6 ~D3
ORL    A,    B    ; 合并的温度低位字节
MOV    TDATAL, A    ; 将温度值低位字节

```

保存

### 3 应用中注意的几个问题

在铝液液位温度测量仪的设计和调试过程中遇到诸多问题, 现将与 MAX6675 相关的几个问题和使用心得摘录如下, 以供参考。

1. MAX6675 芯片对电源噪声较为敏感, 尽量将 MAX6675 布置在远离其他 I/O 芯片的地方。

2. MAX6675 芯片 T— 必须接地, 并使接地点尽可能接近 GND 脚, 否则读出数据为无规律的乱码。

3. MAX6675 是通过冷端补偿来校正周围温度变化的。该器件将周围温度通过内部温度检测二极管转换为温度补偿电压, 该器件内部电路将二极管电压和热电偶电压送到 ADC 中转换, 以计算热电偶的热端温度。当热电偶的冷端与芯片温度相等时, MAX6675 可获得最佳的测量精度。因此在实际测温应用时, 应尽量避免在 MAX6675 附近放置发热器件或元件, 例如 7805 等带散热片的稳压器件。

4. 尽量采用大截面积的热电偶导线, 长距离传输时, 可采用双绞线作为信号传输线。

5. 根据应用场合的不同, 可通过相应的数字滤波器进行数据处理, 以提高所需要某一段测量数据的准确性。

### 4 结束语

MAX6675 将热电偶测温应用时复杂的线性化、冷端补偿及数字化输出等集中在一个芯片上解决, 简化了铝液液位温度测量仪中热电偶测温电路的设计, 实际运行表明, 该测温系统、抗干扰能力强、结构简单、可靠性高, 测量精度满足要求。

### 参考文献

- [1] 李华. MCS51 系列单片机实用接口技术. 北京: 北京航空航天大学出版社 1993
- [2] 詹树仁等译. XICOR 非易失性器件使用手册. 武汉: 武汉力源电子股份有限公司 1996
- [3] MAX6675 Data Sheet . Maxim 公司

(上接第 64 页)

也将极大地推动了我国信息化的建设, 促进我国信息技术的发展, 带动相关高新技术的发展, 使图书馆工作方式和服务模式将得到根本性的转变。

### 参考文献

- [1] 肖小勃. 文献资源数字化技术初探. 每周电脑报, 2001. 1
- [2] 孙家正宏观协调 强化全国信息工程基础建设. 国家图书馆学刊, 2000. 7

- [4] 李爽. 数字图书馆数字资源存储. 现代图书情报技术, 2002. 5
- [5] 马海群. 论数字图书馆信息资源建设与著作权保护. 大学图书馆学报, 2002. 3
- [6] 邓银鹏. 虚拟图书馆浅论. 高校图书馆工作, 2000. 1
- [7] 罗维维. 浅议数字图书馆建设中的几个问题. 国家图书馆学刊, 2001. 3
- [8] 苏海潮. 论高校数字图书馆的优先发展策略. 大学图书馆学报, 2002. 4