

# 一种基于 MCS - 51 单片机的数字冷端补偿方法

The Method of Cold Junction Compensation Based on MCS - 51 Single Chip Computer

政阳慧平 舒为清

(江西工业工程职业技术学院, 萍乡 337055)

**摘要** MAX6675 是 Maxim 公司推出的具有冷端补偿的单片 K 型热电偶放大器与数字转换器。文中介绍器件的特点、工作原理, 并具体介绍了其与单片机的硬件连接电路及软件实现方法。该方法对于单片机嵌入式系统的组成有普遍的推广意义。

**关键词** 热电偶 冷端补偿 单片机嵌入式系统 设计

**Abstract** Manufactured by Maxim Integrated Products, Inc., MAX6675 is a K-thermocouple amplifier with cold junction compensation and digital converter. The features and operational principle of the device are introduced, and the hardware connecting circuit with single chip computer and software implementing method are presented concretely. The method is worth being propagated in composing single chip computer embedded system.

**Keywords** Thermocouple Cold junction compensation Single chip computer embedded systems Design

## 0 引言

热电偶作为工业上最常用的一种测温元件, 具有结构简单、制造容易、使用方便、测温范围宽、测温精度高特点, 被广泛用于机械、冶金、能源等部门的金属表面测量以及工业炉温的测控系统中。因为热电偶输出的热电势为冷端保持为 0℃ 时与测量端的电势差值, 而在实际应用中冷端的温度是随着环境温度而变化的, 故需进行冷端补偿。传统的冷端补偿方法(如电桥补偿和 PN 结补偿)很难满足现代工业的高精度、数字化、简单化等要求。

## 1 MAX6675 介绍

MAX6675 是美国 Maxim 公司生产的基于 SPI 总线的专用芯片, 不仅能对 K 型热电偶进行冷端温度补偿, 还能对热电势信号作数字处理, 可广泛用于工业、仪器仪表、自动化等领域。

### 1.1 MAX6675 的性能特点

① 具有冷端温度补偿及对温度进行数字处理两项功能。一方面利用内置温度敏感二极管将环境温度转换成补偿电压, 另一方面又通过模/数转换器(ADC)将热电势和补偿电压转换为代表温度的数字量, 将二者相加后从 SPI 串行接口输出的测量结果即为实际温度数据;

② MAX6675 采用 12 位 ADC, 测温范围 0℃ ~ 1024℃, 在 0℃ ~ + 700℃ 范围内的转换精度为 ± 8 个字。电源电压为 + 5V;

③ 带 SPI 串行总线接口, 适配单片机构成温度测

量系统。允许将多片 MAX6675 挂在 SPI 总线上构成复杂系统。串行时钟频率最高不得超过 4.3MHz;

④ 能检测热电偶的开路故障, 一旦热电偶开路, 输出串行数据中的 D<sub>2</sub> 位就变成 1。

### 1.2 工作原理

#### 1.2.1. 引脚排列及引脚功能

该器件采用 8 引脚 SO 贴片封装。引脚排列如图 1 所示。

GND 为地。T<sub>-</sub> 接 K 型热电偶的冷端, 并从外部接地。T<sub>+</sub> 接热电偶的热端。U<sub>CC</sub> 接电源电压的正极, 该端需经外部 0.1μF 电容器接地。SCK 为串行时钟输入端。CS 为片选端, 当 CS = 0 (低电平有效) 时, 启动串行接口。SO 为串行数据输出端。NC 为空脚。

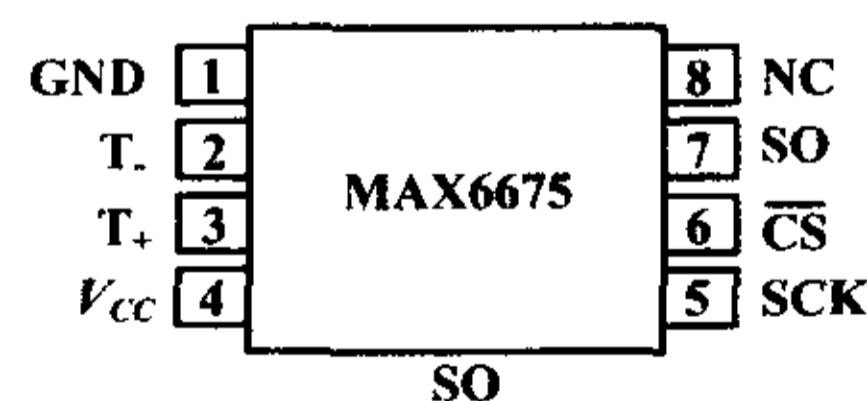


图 1 MAX6675 引脚排列

#### 1.2.2. MAX6675 冷端温度补偿和测温原理

MAX6675 的内部结构如图 2 所示。该器件是 1 个复杂的单片热电偶数字转换器, 内部具有信号调节放大器、12 位的模拟/数字化热电偶转换器、冷端补偿传感和校正、数字控制器、1 个 SPI 兼容接口和 1 个相关的逻辑控制。

内部电路主要包括 8 部分: ①低噪声电压放大器 A<sub>1</sub>; ②电压跟随器 A<sub>2</sub>; ③冷端温度补偿二极管; ④基准电压源; ⑤数字控制器; ⑥12 位 ADC; ⑦SPI 串行接口

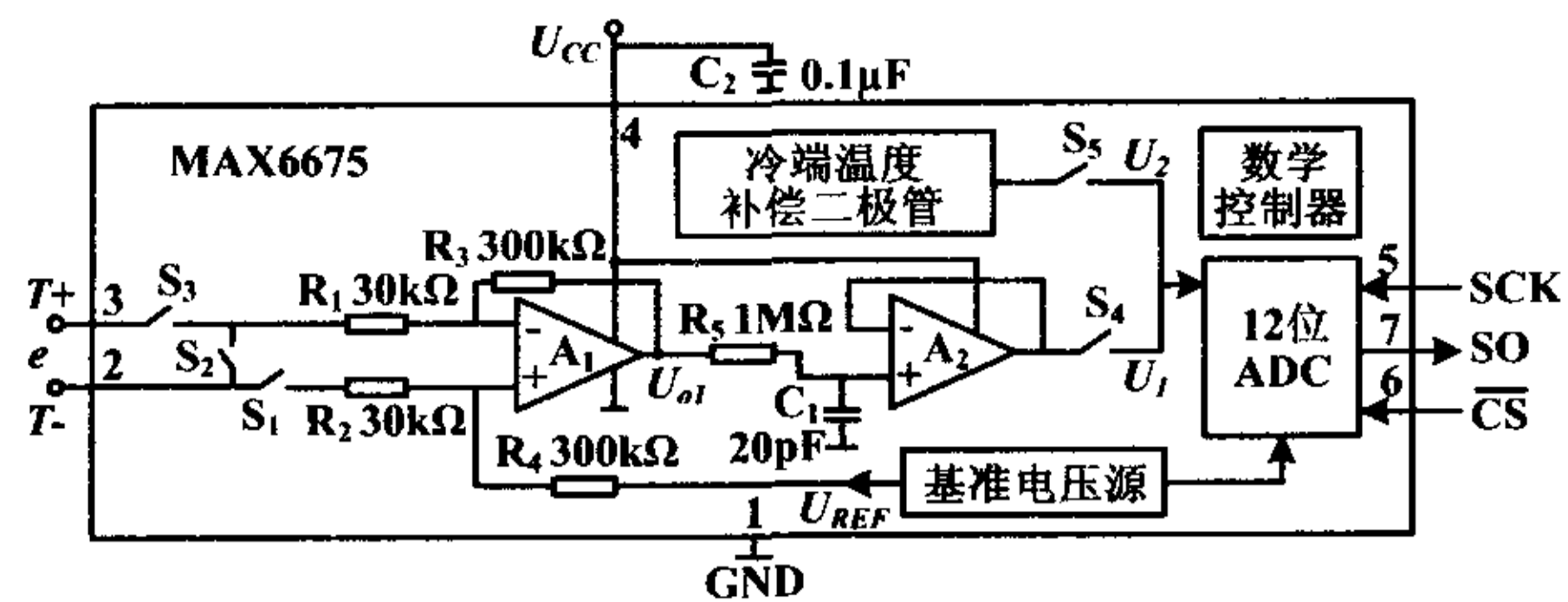


图 2 MAX6675 的内部框图

(SCK、SO、CS); ⑧模拟开关( $S_1 \sim S_5$ )。其工作原理如下:K 型热电偶产生的热电势( $e$ )经过  $A_1$ 、 $A_2$  得到放大后的热电势信号  $U_1$ ,再经过  $S_4$  送至 ADC。有公式

$$U_1 = \alpha_T \Delta T = \alpha_T (T - T_0) \quad (1)$$

式中:  $\alpha_T$  为 K 型热电偶的电压温度系数,  $\alpha_T = 41\mu V/^\circ C$ ;  $T$  和  $T_0$  分别为被测温度、冷端的环境温度。与此同时,冷端温度补偿二极管将  $T_0$  转换成补偿电压  $U_2$ ,有公式

$$U_2 = \alpha_T T_0 \quad (2)$$

$U_2$  通过  $S_5$  送至 ADC。在数字控制器的控制下,ADC 首先将  $U_1$ 、 $U_2$  转换成数字量,再将  $U_1$  与  $U_2$  相加并除以  $\alpha_T$ ,即获得输出电压  $U_0$  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。

### 1.2.3. SPI 串行接口

SPI 总线串行接口有 3 个引脚: SCK、SO 和 CS。将片选端 CS 设置成低电平时,该片 MAX6675 即被选中,在串行时钟 SCK 的下降沿,即可从 SO 端读取 12 位的温度转换数据。读取一个完整数据需要 16 个时钟周期。串行接口的时序如图 3 所示。读数过程是从最高位( $D_{15}$ )开始,到最低位( $D_0$ )结束。其中, $D_{15}$  是标识位,它总为 0。 $D_{14}$  位到  $D_3$  位为以 MSB 到 LSB 顺序排列的转换温度值,该数据全部为 0 时,说明被测温度是  $0^\circ C$ ;全部为 1 时,表示被测温度为  $+1023.75^\circ C$ 。 $D_2$  为热电偶开路检查位,当  $D_2 = 1$  时表明热电偶开路。 $D_1$  位代表 MAX6675 的产品序列 (ID) 号,该位恒等于 0。 $D_0$  为三态输出位。

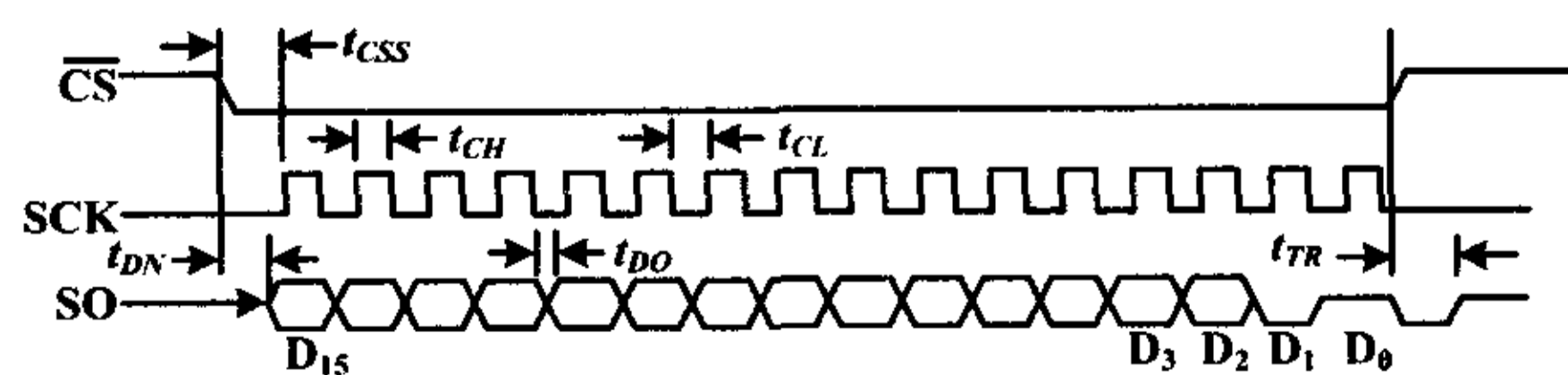


图 3 串行接口的时序图

## 2 实现方法

下面以 MCS-8051 单片机为例,给出 MAX6675 与单片机接口组成的温控系统硬件电路及相应的温度值

读取、转换程序框图。MAX6675 为单片数字式热电偶放大器,其工作时无需外接任何的外围元件。为降低电源耦合噪声,在其电源引脚和接地端之前接入了 1 个容量为  $0.1\mu F$  的电容。

### 2.1 硬件连线图

由 MAX6675 与 MCS-8051 单片机构成的温控系统电路框图如图 4 所示。K 型热电偶接在 MAX6675 的  $T_+$ 、 $T_-$  端,热电偶的冷端接地。由于 MCS-8051 不具备 SPI 总线接口,故这里采用模拟 SPI 总线的方法来实现与 MAX6675 的接口。其中  $P_{1.0}$  模拟 SPI 的数据输入端 (MISO),  $P_{1.1}$  模拟 SPI 的串行时钟输出端 SCK,  $P_{1.2}$  模拟 SPI 的从机选择端 SSB。主机选用 8051 单片机,MAX6675 作为从机,从 8051 的  $P_{1.1}$  端口给 MAX6675 发送串行时钟,  $P_{1.0}$  端口用来接收 MAX6675 输出的温度数据,  $P_{1.2}$  端口输出的低电平将 CS 置 0。系统配有 5 位共阴极 LED 数码管,将小数点定在 10 位后边,即可测量  $0^\circ C \sim +1024^\circ C$  的温度,分辨率为  $0.1^\circ C$ 。 $P_0$  口用来分别驱动译码驱动器 CD4511 和位驱动器 74LS154。 $P_{1.3}$  端口通过声光报警电路接扬声器,当热电偶出现开路故障时,扬声器发出报警声。 $P_2$  口接  $4 \times 4$  键盘。

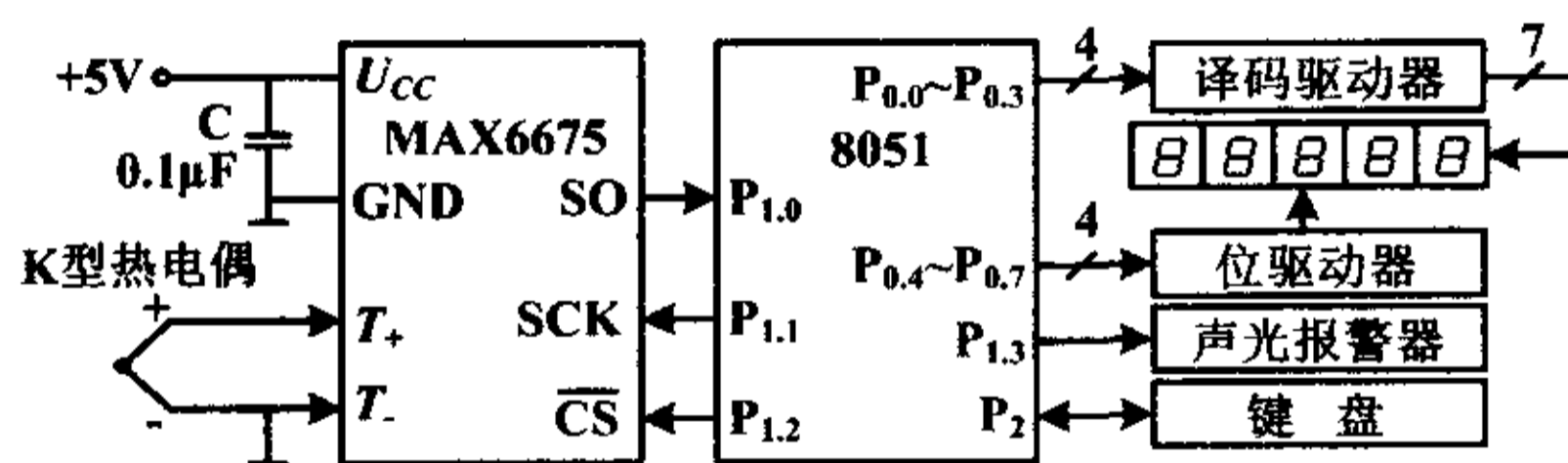


图 4 由 MAX6675 与 MCS-8051 单片机构成的测温系统电路框图

### 2.2 冷端补偿

热电偶的功能是检测热、冷两端温度的差值,热电偶热节点温度可在  $0^\circ C \sim +1023.75^\circ C$  范围变化。冷端即安装 MAX6675 的电路板周围温度,此温度在  $-20^\circ C \sim +85^\circ C$  范围内变化。当冷端温度波动时,MAX6675 仍能精确检测热端的温度变化。MAX6675 是通过冷端补偿检测和校正周围温度变化的。该器件可将周围温度通过内部的温度检测二极管转换为温度补偿电压,为了产生实际热电偶温度测量值,MAX6675 从热电偶的输出和检测二极管的输出测量电压。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,因为这样会造成冷端误差。

### 2.3 温度值读取程序及数据转换程序

下面给出实现温度值读取程序及数据转换程序的

相应软件。其中主程度完成温度值读取过程与数据转换过程的连接;温度值读取子程序完成温度的采集工作;数据转换程序子程序实现温度值的处理任务。

```
# include "reg52.h"
sbit MAX6675_CS = P1^2;
sbit MAX6675_SCK = P1^1;
sbit MAX6675_SO = P1^3;
# define SCK_DELAY = 10;
// read data from MAX667 and return current value
// ;温度值读取程序
unsigned int ReadMAX667(void)
{
    unsigned int Value = 0;
    unsigned char count;
    MAX6675_CS = 0; // Low cs, enable MAX667
    MAX6675_SCK = 0; // Low SCK
    for(count = 0; count < 3 * SCK_DELAY; count ++ );
    // wait MAX667 stable "3 * SCK_DELAY > = Tcss"
    for(count = 0; count < 16; count ++ ) // get 16 bits MSB
first
    {
        Value < = 1; // left shift
        MAX6675_SCK = 1; // SCK set High
        for(i = 0; i < SCK_DELAY; i ++ ); // wait data stable
        if(MAX6675_SO) // get current bit
            Value = 0x01;
        MAX6675_SCK = 0; // SCK set Low
    }
    MAX6675_CS = 1; // disable MAX667
    return value;
}
//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。
// Current Value:从 MAX667 读到的数据
// Temp Value 取 D14位到 D3 转换温度值
// ERROR1:标识位错
```

```
// ERROR2:热电偶开路
# define ERROR10xffff;
# define ERROR20xfffe;

unsigned int GetCurrent Temperature(unsigned int Current-Value)
{
    unsigned int TempValue;
    TempValue = CurrentValue;
    if(Temp Value&0x8000) // D15 = 1;标识位错
        return ERROR1;
    if(TempValue & 0x0004) // D2 = 1;热电偶开路
        return ERROR2;
    TempValue &= 0x7ffb; //取 D14位到 D3 的值
    TempValue > = 3; //转换温度值
    return Temp Value;
}
```

### 3 结束语

MAX6675 将热电偶测温应用时复杂的线性、冷端补偿及数字化输出等问题集中在 1 个芯片上解决了:①热电势与温度之间的非线性;②热电偶输出的热电势为冷端保持为 0℃ 时与测量端的电势差值,而在实际应用中冷端的温度是随着环境温度而变化的,需进行冷端补偿;③测温传感器数字化输出 3 大问题;④同时使传统测温系统的硬件电路及软件设计得到了简化,使系统设计人员和维护人员的工作量明显减轻;与另外系统可靠性得到提高。

#### 参考文献

- 1 美国 MAXIM 公司产品资料.2002
- 2 王福瑞,等.单片微机测控系统设计大全.北京航空航天大学出版社,1998(4)
- 3 梁森.自动检测与转换技术.机械工业出版社,2002
- 4 赵亮,等.单片机 C 语言编程与实例.人民邮电出版社,2003(9)

收稿日期:2005-01-11。

第一作者欧阳慧平,男,1971 年生,现为南昌大学在读硕士研究生,讲师;主要从事单片机与 PLC 应用系统的研制及计算机控制技术方面的教学。

## 《自动化仪表》

“中国科技引文统计源期刊”(中国科技核心期刊)

《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊;全国优秀科技期刊

“中国期刊方阵”(双百期刊);《中国学术期刊文摘库》源期刊