

单片K型热电偶放大与数字转换器 MAX6675

■ 黑龙江八一农垦大学 李敏 孟臣

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、工作原理及接口时序,并给出与单片机的接口电路及温度读取、转换程序。

关键词

热电偶放大器 冷端补偿 数字输出

热电偶作为一种主要的测温元件,具有结构简单、制造容易、使用方便、测温范围宽、测温精度高等特点。但是将热电偶应用在基于单片机的嵌入式系统领域时,却存在着以下几方面的问题。① 非线性:热电偶输出热电势与温度之间的关系为非线性关系,因此在应用时必须进行线性化处理。② 冷端补偿:热电偶输出的热电势为冷端保持为 0°C 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。③ 数字化输出:与嵌入式系统接口必然要采用数字化输出及数字化接口,而作为模拟小信号测温元件的热电偶显然无法直接满足这个要求。因此,若将热电偶应用于嵌入式系统时,须进行复杂的信号放大、A/D 转换、查表线性化、温度补偿及数字化输出接口等软硬件设计。如果能将上述的功能集成到一个集成电路芯片中,即采用单芯片来完成信号放大、冷端补偿、线性化及数字化输出功能,则将大大简化热电偶在嵌入式领域的应用设计。

Maxim 公司新近推出的 MAX6675 即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。

1 性能特点

MAX6675 的主要特性如下:

- ① 简单的 SPI 串行口温度值输出;
- ② $0^{\circ}\text{C}\sim+1024^{\circ}\text{C}$ 的测温范围;
- ③ 12 位 0.25°C 的分辨率;
- ④ 片内冷端补偿;
- ⑤ 高阻抗差动输入;
- ⑥ 热电偶断线检测;
- ⑦ 单一 $+5\text{V}$ 的电源电压;
- ⑧ 低功耗特性;
- ⑨ 工作温度范围 $-20^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$;

⑩ 2000V 的 ESD 保护。
该器件采用 8 引脚 SO 贴片封装。引脚排列如图 1 所示,引脚功能如表 1 所列。

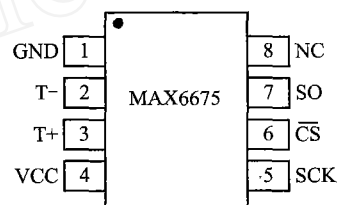


图 1 MAX6675 引脚排列

表 1 MAX6675 引脚功能

引脚	名称	功能
1	GND	接地端
2	T-	K 型热电偶负极
3	T+	K 型热电偶正极
4	VCC	正电源端
5	SCK	串行时钟输入
6	CS	片选端, CS 为低时、启动串行接口
7	SO	串行数据输出
8	N.C.	空引脚

2 工作原理

MAX6675 的内部结构如图 2 所示。该器件是一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。

2.1 温度变换

MAX6675 内部具有将热电偶信号转换为与 ADC 输入通道兼容电压的信号调节放大器, $T+$ 和 $T-$ 输入端连接到低噪声放大器 A1,以保证检测输入的高精度,同时使热电偶连接导线与干扰源隔离。热电偶输出的热电势经低噪声放大器 A1 放大,再经过 A2 电压跟随器缓冲后,被送至 ADC 的输入端。在将温度电压值转换为相等价的温度值之前,它需要对热电偶的冷端温度进行补偿,冷端温度即

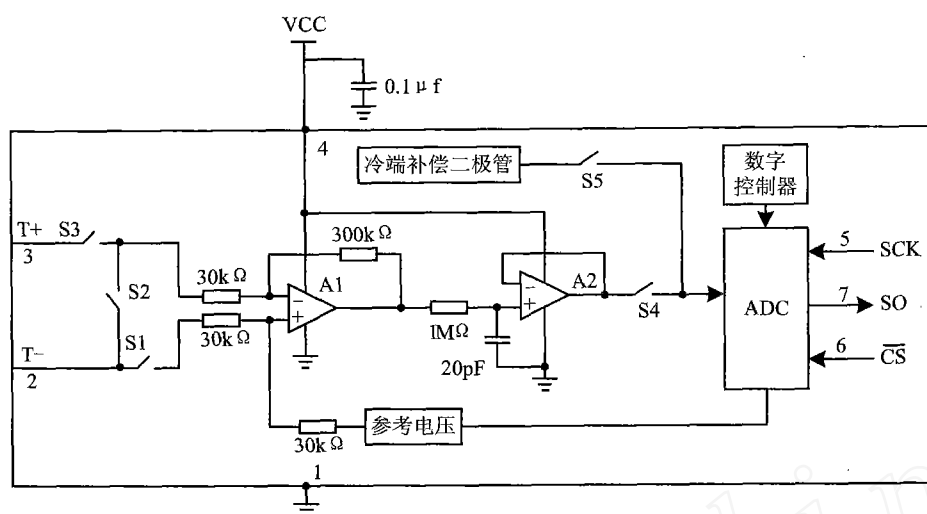


图2 MAX6675 内部结构框图

是 MAX6675 周围温度与 0℃ 实际参考值之间的差值。对于 K 型热电偶，电压变化率为 $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ，电压可由线性公式 $V_{\text{out}} = (41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) \times (t_R - t_{\text{AMB}})$ 来近似热电偶的特性。上式中， V_{out} 为热电偶输出电压 (mV)， t_R 是测量点温度； t_{AMB} 是周围温度。

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 $0^\circ\text{C} \sim +1023.75^\circ\text{C}$ 范围变化。冷端即安装 MAX6675 的电路板周围温度，此温度在 $-20^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ 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 热补偿

在测温应用中，芯片自热将降低 MAX6675 温度测量精度，误

差大小依赖于 MAX6675 封装的热传导性、安装技术和通风效果。为降低芯片自热引起的测量误差，可在布线时使用大面积接地技术提高 MAX6675 温度测量精度。

2.4 噪声补偿

MAX6675 的测量精度对电源耦合噪声较敏感。为降低电源噪声的影响，可在 MAX6675 的电源引脚附近接入 1 只 $0.1 \mu\text{F}$ 陶瓷旁路电容。

2.5 测量精度的提高

热电偶系统的测量精度可通过以下预防措施来提高：① 尽量采用不能从测量区域散热的大截面导线；② 如必须用小截面导线，则只能应用在测量区域，并且在无温度变化率区域用扩展导线；③ 避免受能拉紧导线的机械挤压和振动；④ 当热电偶距离较远时，应采用双绞线作热电偶连线；⑤ 在温度额定值范围内使用热电偶导线；⑥ 避免急剧温度变化；⑦ 在恶劣环境中，使用合适的保护套以保护热电偶导线；⑧ 仅在低温和小变化率区域使用扩展导线；⑨ 保持热电偶电阻的事件记录和连续记录。

2.6 SPI 串行接口

MAX6675 采用标准的 SPI 串行外设总线与 MCU 接口，且 MAX6675 只能作为从设备。MAX6675 SO 端输出温度数据的格式如图 3 所示，MAX6675 SPI 接口时序如图 4 所示。MAX6675 从 SPI 串行接口输出数据的过程如下：MCU 使 $\overline{\text{CS}}$ 变低并提供时钟信

位	空标志位	12 位温度读												热电偶输入	设备身份	状态
位	15	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 端输出数据的格式

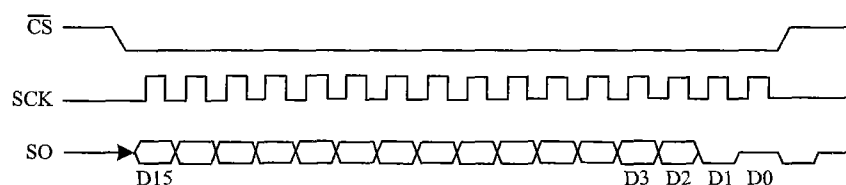


图4 MAX6675 SPI 接口时序

号给 SCK, 由 SO 读取测量结果。 \overline{CS} 变低将停止任何转换过程; \overline{CS} 变高将启动一个新的转换过程。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 位和第 15 位是一伪标志位, 并总为 0; 第 14 位到第 3 位为以 MSB 到 LSB 顺序排列的转换温度值; 第 2 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, 并使接地点尽可能接近 GND 脚; 第 1 位为低以提供 MAX6675 器件身份码, 第 0 位为三态。

3 测温应用

下面给出 MAX6675 应用于嵌入式系统的具体方法。这里以 AT89C2051 单片机为例, 给出 MAX6675 与单片机接口构成的测温电路及相应的温度值读取、转换程序。

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, 这里为降低电源耦合噪声, 在其电源引脚和接地端之间接入了 1 只容量为 $0.1 \mu\text{F}$ 的电容。

MAX6675 与 AT89C2051 单片机的接口电路如图 5 所示。

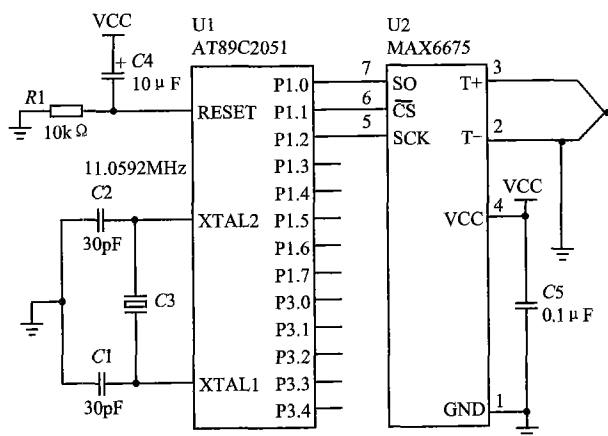


图 5 MAX6675 与 AT89C2051 单片机接口电路

由于 AT89C2051 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。下面给出相应的温度值读取程序及数据转换程序。

; 温度值读取程序

; 位定义

SO BIT $P_{1.0}$; 数据输入

CS BIT $P_{1.1}$; 从机选择

SCK BIT $P_{1.2}$; 时钟

; 数据字节定义

DATAH DATA 30H ; 读取数据高位

DATAL DATA 31H ; 读取数据低位

TDATAH DATA 32H ; 温度高位

TDATAL DATA 33H ; 温度低位

; 读温度值子程序

READT: CLR CS ; 停止转换并输出数据

CLR CLK ; 时钟变低

MOV R2, #08H;

READH: MOV C, SO

RLC A ; 读 D15~D8 高 8 位数据

SETB CLK

NOP

CLR CLK

DJNZ R2, READH

MOV DATAH, A; 将读取的高 8 位数据
; 保存

MOV R2, #08H

READL: MOV C, SO ; 读 D7~D0 低 8 位数据

RLC A

SETB CLK

NOP

CLR CLK

DJNZ R2, READL

MOV DATAL, A; 将读取的低 8 位数据
; 保存

SETB CS

; 启动另一次转换过程

RET

; 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。

D16T12: MOV A, DATAL

CLR C

RLC A

MOV DATAL, A

; 数据整体右移 1 位,

MOV A, DATAH; 以去掉 D15 伪志位

RLC A

SWAP A ; 将 DATAH 中的数

; 据高低 4 位互换

MOV B, A ; 数据暂存于 B 中

MOV A, #0FH; 得到温度值的 D11~D8 位,

; 并将 D15~D12 位置 0

MOV TDATAH, A; 转换后的数据送

; 温度高位

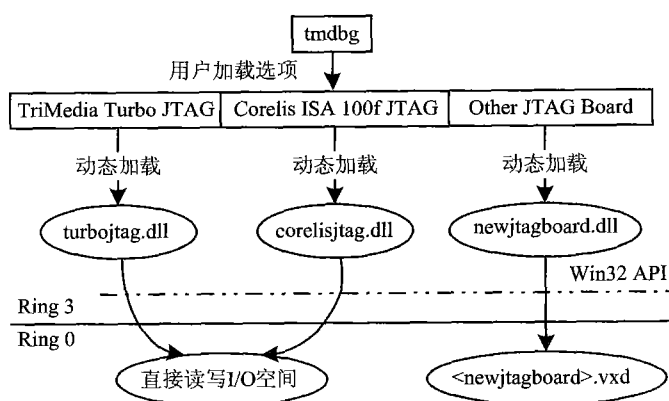


图3 仿真器的DLL

操作系统下，由于可以直接使用 EPP 端口操纵，所以在 Windows98 操作系统下不需要相应的低层驱动——newjtagboard.vxd 文件。在 newjtagboard.dll 中至少包含以下 4 个函数：

```
void tmJtagReset(long pindx /* Processor index */)
    ; 对 DSP 芯片进行复位

void tmJtagInitBoard(long pindx, unsigned short base)
    ; 对 DSP 芯片的 TAP 控制器进行初始化

void tmJtagScanInstructionRegister(long pindx, unsigned long bus_no, unsigned char *out_buf, unsigned long length, unsigned char *in_buf) ; 传送给指令寄存器 IR 数据的函数

void tmJtagScanDataRegister(long pindx, unsigned long bus_no, unsigned char *out_buf, unsigned long length, unsigned char *in_buf) ; 传送给数据寄存器 DR 数据的函数
```

采用 EPP 端口的 0x37BH 和 0x37CH 地址，分别产生互锁的地址读或写周期和互锁的数据读或写周期。DLL 通过 EPP 模式端口查询 nwait 信号，以确定 nWrite 信号，进行发送或接收并行 8 位数据。用

nDataStb 引脚锁定 data 数据（数据寄存器 DR 内数据）和 Instruction 指令（指令寄存器 IR 内数据），用 nAddrStb 引脚锁定 TMS 数据，以实现数据寄存器 DR 和指令寄存器 IR 的切换。Data 数据放在 32 位的数据寄存器 DR 中，Instruction 指令放在 5 位指令寄存器 IR 中。芯片提供的 JTAG 指令包括：

RESET (10000) 对设备进行复位；
SEL_DATA_IN (10001) 选择数据输入寄存器；
SEL_DATA_OUT (10010) 选择数据输出寄存器；
SEL_IFULL_IN (10011) 选择输入数据满的标志寄存器；
SEL_IFULL_OUT (10100) 选择输出数据满的标志寄存器；
SEL_JTAG_CTRL (10101) 选择控制寄存器；
MACRO (11110) 硬件测试模式的选择。
括号中的内容是指令的操作码，它们通过 TDI 引脚串行地移入指令寄存器 IR。DLL 被上层应用程序调用，进行 Data 数据和 Instruction 指令的传送；同时，DLL 会发送相应的 TMS 数据。

结 语

Trimedia DSP 芯片的广泛应用，开发出了使用方便、成本低的仿真器，对于减少产品的研发和生产周期，保证产品的顺利上市是非常有利的。

参考文献

- 1 Philips 公司. Trimedia DSP Data Book. 2001
- 2 Gadre Dhananjay V. 并行端口编程. 北京: 中国电力出版社, 2000

(收稿日期: 2003-03-11)

```
MOV A, B ; 取出温度值的 D7~D4 位
ANL A, #0F0H
MOV B, A ; 暂存 B 中
MOV A, DATAL
ANL A, #0F0H ; 取出温度值的 D3~D0
SWAP, A
ORL A, B ; 合并成低位字节
MOV TDATAL, A ; 转换后的数据送温
; 度高位
RET
```

结 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问题集中在一个芯片上解决，简化了将热电偶测温方案应用于嵌入式系统领域时复杂的软硬件设计，因而该器件是将热电偶测温方案应用于嵌入式系统领域的理想选择。

参考文献

- 1 方建淳, 复东培. 带基准点补偿功能的热电偶放大器 AD594/AD595 及其应用. 电子技术应用, 1994 (5): 43~44
- 2 李希胜, 王绍纯. 热电偶特性. 数字线性化新方案. 仪表技术与传感器, 2000 (3): 26~27
- 3 HTTP://WWW.MAXIM-IC.COM.CN/MAX5270-739/MAX6675.pdf

(收稿日期: 2003-03-20)