# 温度测量方案对比分析

## 一、我们的目标

温度测量存在于我们生活与工作的方方面面，我们可以测量单点的温度体现整体环境温度，也可以测量多点温度，综合反应环境情况。本文针对单点测量的情况进行分析，如何从一点扩展到多点不做讨论。

我们针对以热电偶，热电阻，半导体温度传感器为前端，MCU为数据处理核心的电路测量系统。首先分析其基本结构，再大致分析其特点与成本。我们的目标就是得到一个数字的温度信息，比如测量室温是25摄氏度，我们认为在单片机内得到这个温度，算是我们工作完成，至于这个数字如何显示出来，或者通过有线无线传输到云平台之类，如何存储，我们不再进行分析。

由于结构的不同，成本会有很大的变化，本文力求给出一个概略的成本范围，方便读者简单判断。（这里成本价格是个参考值，并非绝对值。）

## 二、测温系统的构成

我们感知一个点的温度，首先要有个敏感的前端测温部件，这个部件可以是接触式的或非接触式的。当温度变化时，此部件可能产生电压的变化，电阻的变化或者其它信号的变化。之后，我们将这个变化的信号进行调理，变换成我们方便采集的信号，最后将这个信号进行采集，变为一个数字信号。当然某些传感器，尤其是新型的半导体传感器，可能综合了以上一个或几个部分，直接输出了数字温度信息。

## 三、热电偶构成的温度测量系统与成本分析

1. 基本结构

热电偶将环境温度转换为电压信号，我们将小信号进行放大，数据采集，数据变换，得到一个温度值。整体结构如下：

热电偶

信号放大

ADC

数据采集器

MCU

数据变换

针对以上，热电偶常见有K B E J T S N R类型。信号放大可以自己用模拟电路构建，也可以使用厂家集成电路，很多IC同时集成了信号放大与ADC，有些则集合了ADC与MCU。

1. 成本分析
   1. 热电偶根据类型，成本如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 最大测温范围  （℃） | 参考价格  （元） |
| K  镍铬 - 镍硅 | -40 - 1200 | 10 - 350 |
| B  铂铑30 - 铂铑6 | 0 - 1800 | 100 - 3000 |
| E  镍铬 - 铜镍（康铜） | -40 - 1000 | 10 - 350 |
| J  铁 - 铜镍（康铜） | -40 - 1200 | 10 -350 |
| T  铜 - 铜镍（康铜） | -200 - 400 | 10 -350 |
| S  铂铑10 - 铂 | 0 - 1700 | 500 - 3000 |
| N  镍铬硅 - 镍硅镁 | -200 - 1200 | 500 - 3000 |
| R  铂铑13 - 铂 | 0 - 1800 | 500 - 3000 |

热电偶根据类型，测温范围，测温精度，产品寿命，反应时间，引线方式，品牌，产地等等因素，价格会有很大差异，以上价格是个概略的参考价格范围。

比如，常见的K J E型热电偶，国产便宜的大约几块钱，多数从几块到二十几块不等，进口产品要200到400不等。

* 1. 电路部分成本估算

此部分包括信号放大、ADC、MCU和其它配套成本。

如果利用模拟放大电路，自己建立信号放大，大约成本在3元到5元不等，ADC加MCU用最经济的，大约5块以内。整体成本如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 价格 （元） |
| 信号放大 | 3 - 5 |
| ADC + MCU | 3 - 5 |
| 电源 电阻 电容 | 2 - 4 |
| PCB + 焊接生产 | 3 - 5 |
| 总成本 | 11 - 19 |

如果利用集成电路，例如MAX6675，可以方便的实现信号放大和冷端补偿，整体结构会变得简单，稳定性也会增加，成本不会太大变化。另外ADC部分可以采用带有放大能力的IC，比如TI的ADS1118，可以直接将热电偶电压信号转换为数字信号。

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 价格 （元） |
| 信号放大+ADC  MAX6675 或者 ADS1118 | 4 - 8 |
| MCU | 3 - 4 |
| 电源 电阻 电容 | 2 - 4 |
| PCB + 焊接生产 | 3 - 5 |
| 总成本 | 12 - 21 |

1. 举例说明

假设我们测量环境温度，比如仓库温度，空调出风口温度或者室温情况。测量精度不高，误差±1摄氏度。采用K型热电偶，比较经济的测量电路。整体硬件成本大约在16-31元左右。

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 价格 （元） |
| 热电偶 | 5 – 10 |
| 电路 | 11 - 21 |
| 总成本 | 16 - 31 |

再次说明，这里测试就是MCU里有了一个数据，比如环境是15摄氏度，至于这个数据如何传递，如何展示，这里不讨论。

另外成本会和生产量有很大关系。我们这里估算的价格，大约是一次生产500套左右的单价。而且不计算各种开工费。以下的其它成本考虑类同。

## 四、热电阻构成的温度测量系统

1. 基本结构

热电阻将环境温度转换为电阻信号，我们将电阻信号变换为电压信号，之后数据采集，数据变换，得到一个温度值。整体结构如下：

热电阻

信号转换

R - V

ADC

数据采集器

MCU

数据变换

针对以上，热电阻常见有PT100, PT1000,Cu50, NTC, PTC等类型。信号转换可以自己用模拟电路构建，也可以使用厂家集成电路，很多IC同时集成了信号放大与ADC，有些则集合了ADC与MCU。

针对热电阻测量，我们也可以采用另外一种结构，将电阻信号变换为时间信号测量。即通过对比参考电阻与被测电阻在同一电容上的放电时间，测量热电阻的阻值，从而测量温度。整体结构如下：

热电阻

信号变换

R – T

MCU

数据变换

参考电阻

1. 成本分析
   1. 热电阻根据类型，成本如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 最大测温范围  （℃） | 参考价格  （元） |
| PT10 | -200 - 1000 | 10 - 2000 |
| PT100 |
| PT200 |
| PT500 |
| PT1000 |
| Cu50 | -50 - 150 | 10 – 600 |
| Cu53 |
| Ni1000 | -60 - 250 | 45 - 500 |
| NTC | -50 - 350 | 0.1 - 10 |
| PTC | -50 - 350 | 0.1 - 10 |

热电阻根据类型，测温范围，测温精度，产品寿命，反应时间，引线方式，品牌，产地等等因素，价格会有很大差异，以上价格是个概略的参考价格范围。

比如，常见的PT100热电阻，国产便宜的大约5块钱，进口的，做过各种防护的，上千块钱。

NTC PTC如果是板载的，例如0603封装的，便宜的大约0.1元，如果带外壳，带灌装的，或者带引线的，大约2元到10元不等。

* 1. 电路部分成本估算

此部分包括信号转换、ADC、MCU和其它配套成本。

如果利用模拟放大电路，自己建立信号放大，大约成本在3元到5元不等，ADC加MCU用最经济的，大约5块以内。整体成本如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 价格 （元） |
| 信号放大 | 3 - 5 |
| ADC + MCU | 3 - 5 |
| 电源 电阻 电容 | 2 - 4 |
| PCB + 焊接生产 | 3 - 5 |
| 总成本 | 11 - 19 |

如果利用时间测量，成本会有一定的降低

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 价格 （元） |
| MCU | 2 - 4 |
| 电源 电阻 电容 | 2 - 4 |
| PCB + 焊接生产 | 2 - 5 |
| 总成本 | 6 - 13 |

1. 举例说明

还是假设之前的例子，假设我们测量环境温度，比如仓库温度，空调出风口温度或者室温情况。测量精度不高，误差±1摄氏度。采用PT100热电阻，比较经济的测量电路。整体硬件成本大约在13-29元左右。

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 价格 （元） |
| 热电阻 | 5 – 10 |
| 电路 | 8 - 19 |
| 总成本 | 13 - 29 |

这里可以进行一个简单的极限考虑，比如我们对环境的测温要求特别的不高，误差正负两三度都问题不大，测量速度也没有要求，成本要求很低，要求测量点特别多，对产品一致性使用寿命都没有特别的要求。整体成本大约如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 价格 （元） |
| 热电阻  PT100 Cu50或者NTC | 1 - 2.5 |
| 电路 | 4 - 6 |
| 总成本 | 5 – 8.5 |

## 五、半导体测温芯片构成的温度测量系统

1. 基本结构

半导体测温芯片将环境温度转换为电压信号或者数字信号，我们利用MCU直接采集或读取温度值。整体结构如下：

半导体测温组件

MCU

数据变换

针对以上，常见测温半导体有DS18B20, GX18B20, TMP112, LM75, SHT21等等。此类传感器构成的系统结构非常简单，就是通过一个数字接口，如I2C, SPI,或者1wire进行连接，读取温度数值。

1. 成本分析
   1. 常见数字温度传感器，成本如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 型号 | 测温范围 | 价格 |
| DS18B20 | -55°C to +125°C | 3.5 – 5 |
| GX18B20 | -55°C to +125°C | 2.3-2.8 |
| TMP75 | -55°C to +125°C | 0.5 – 1.5 |
| TMP112 | -40°C to +125°C | 1 – 1.5 |
| MAX31875 | -55°C to +125°C | 3 – 5 |
| MAX6113 | -55°C to +130°C | 2.5 - 3 |
| SHT21 | -40°C to +125°C | 8 - 15 |
| MLX9614  （红外，非接触） | -40°C to +380°C | 50 - 150 |

* 1. 电路部分成本估算

此部分包括MCU和其它配套成本。整体成本如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 价格 （元） |
| MCU | 1 - 2 |
| 电源 电阻 电容 | 2 - 4 |
| PCB + 焊接生产 | 3 - 5 |
| 总成本 | 6 - 11 |

1. 举例说明

还是假设之前的例子，假设我们测量环境温度，比如仓库温度，空调出风口温度或者室温情况。误差±0.5摄氏度。我们采用比较经济的不需要电源芯片的GX18B20温度传感器（北京中科银河芯科技有限公司），整体硬件成本大约在7.3-10.8元左右。

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 价格 （元） |
| 半导体温度传感器 | 2.3 – 2.8 |
| MCU | 1-2 |
| 电阻 电容 | 1 |
| PCB+焊接生产 | 3-5 |
| 总成本 | 7.3-10.8 |

## 六、比较三种温度传感器结构与成本

综合以上分析，采用热电偶，热电阻和半导体温度传感器进行环境温度测量。我们可以大致得到以下的结论。

如果测量很低的温度（零下40℃以下）或者很高的温度（120℃以上）可以采用热电偶或者热电阻，半导体式的并不合适。如果是测量常见的环境温度，半导体式的测量结构上最简单。

在精度要求不是很高的情况下，采用NTC或者PTC式的热电阻结构的测量成本可以达到最低。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 系统结构 | 价格 |
| 热电偶 | 复杂 | 有高有低 |
| 热电阻 | 有复杂的有简单的 | 中等偏低 |
| 半导体 | 简单 | 有高有低（18B20方案成本较低） |

## 七、比较三种测温方式功耗比较

从上图的结构看，热电偶测温电路需要信号放大电路和ADC电路，信号放大电路功耗较高，是3个方案中功耗最高。而半导体芯片测温方式只是芯片测温电路的功耗和MCU的功耗，是3个方案中功耗最低的。热电阻测温方式需要R-V转换电路，一般是电桥或者恒流源的方式来实现，功耗居中。

这个文章写到最后，感觉测量温度的情况太多了，温度传感器种类太多，封装类型太多，精度差别太多，这样笼统的分析，想得到一个简单的答案或者价格趋势是非常牵强的。但是对于测温精度要求较高的场合，半导体芯片测温方式是功耗最低，价格也相对便宜。