

# 一种低功耗温度检测电路的设计

作者/黄敏, 金华职业技术学院

摘要: 根据双斜率转换定理, 本文利用单片机内部的比较器, 设计了一种基于LPC768的低成本高性能的温度检测电路, 分析了减少电路误差的方法, 设计了电路的控制程序, 实践证明系统工作可靠, 性能稳定。

关键词: LPC768; 双斜率; 温度; 检测

DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2017.24.007

## 引言

模数转换器 (ADC) 一般分为反馈式、积分式和并行比较式三类, 新型的模数转换器使用了  $\Sigma-\Delta$  原理和双斜率原理, 实现了低成本高精度的 ADC 功能。根据采样定理, 采用频率必须大于被转换的数据最高频率的两倍以上。 $\Sigma-\Delta$  转换器的采样频率较高, 可以简化保持电路和模拟滤波电路的设计, 滤波电路由 RC 元件就可以实现。双斜率原理是将对电压的测量转换为对时间的测量来实现的。微控制器通常与振荡器的稳定时钟同步, 这样通过软件或片内定时 / 计数器可以实现对时间的精确测量。

图 1 是双斜率转换器的原理图。积分器的输入从“0”切换到模拟输入电压 ( $A_{in}$ )。积分器的输出值和一个已知的参考电压  $V_{REF}$  进行比较, 积分器达到比较器翻转点所需的时间与模拟输入电压成比例。

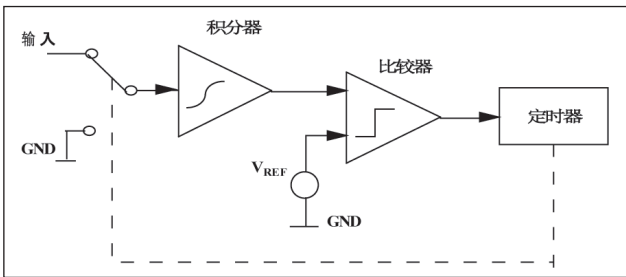


图 1 双斜率转换器的原理图

## 1. 电路设计

LPC768 是高性能的增强型 80C51 单片机, 它在 20 脚 DIP 和 SO 封装当中集成了多种通信端口和系统监控功能, 这样可以减少外围元件的数量和电路板面积并降低系统成本。LPC768 设计用于要求低电压、高集成度、高性能和低成本的应用领域。系统提供的可编程的 I/O 口, 可以选择施密特触发输入和内部看门狗定时器等常用的设计, 电压范围范围较宽。

LPC768 带有一个四通道 8 位 A/D 转换器。四个 P0 口可选择作为独立 A/D 转换输入, A/D 转换器最低工作电压为 3.0V。考虑到采用电池供电以及成本、体积和精度等方面的要求, 使用单片机内部的比较器实现对温度信号的检测, 如图 3 所示。其中  $R_T$  为 MF58 型高精度负温度系数热

敏电阻器, 其特点是稳定性好、阻值精度高、体积小、重量轻、热感应速度快、灵敏度高。

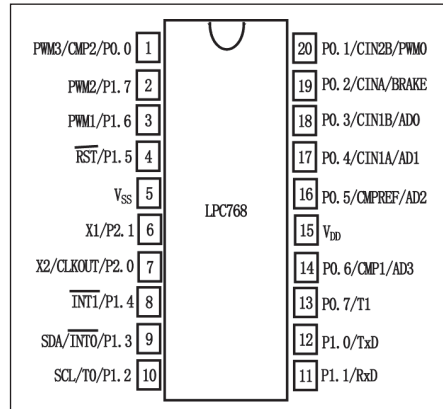


图 2 LPC768 的管脚分布

电阻  $R_1$  和  $R_2$  组成分压电路, 产生的参考电压  $V_{REF}$  加到比较器的反向输入端; 由热敏电阻  $R$  电容器  $C$  组成充电电路, 充电电压  $U_c$  加到模拟比较器的正向输入端,  $S$  为放电开关。在图 3 中有:

$$V_{REF} = V_{CC}R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$U_c = V_{CC}(1 - e^{-T/RC})$$

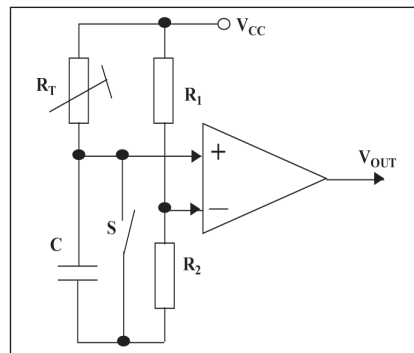


图 3 温度检测电路

热敏电阻  $R$  的阻值与被测温度之间的关系可近似用下式表示:

$$T = k \ln(R_0 / K) - k \ln(t)$$

令  $K' = k \ln(R_0 / K)$  则:

$$T = K' - k \ln(t) \quad (1)$$

从 (1) 式可以看出, 被检测的温度和电容器充电时间成反比。温度越低, 热敏电阻的电阻值越大, 充电时间越长; 温度越高, 热敏电阻的电阻值越小, 充电时间越短。

## 2. 误差分析

(1) 电容器放电残留电压  $U_{CO}$ , 参考电压  $V_{REF}$  取高一些可以减少电容残留电压的影响, 取  $V_{REF}$  等于  $\frac{1}{2} V_{CC}$ 。

(2) 充电时间的检测。在通常设计中, 时间的检测通过指令判断来中断定时器定时, 从而计算出充电时间了, 整个测试会有  $2 \sim 6 \mu s$  左右的误差, 在被测温度较高时, 对系统测量精度会有较大的影响。

(3) 热敏电阻特性、材料和制作工艺的差异, 热敏电阻的电阻值与温度之间的关系会有所变化, 导致公式计算的误差会有所增加。

(4) 计算公式的影响。由于计算公式的近似性, 如果被测温度变化范围较大, 那么由于计算公式的近似性造成的误差会增大。

(5)  $R_1$ ,  $R_2$  和电容器  $C$  参数的影响。 $R_1$ ,  $R_2$  和  $C$  的数值的改变, 会对检测结果的精度造成影响。系统设计选用性能较为稳定的金属膜电阻和聚苯乙烯薄膜电容器。

## 3. 电路的参数选择

在设计中同时考虑电容放电残留电压和提高检测速度两方面的因素, 本文设计中取  $V_{REF} = \frac{1}{2} V_{CC}$ , 即取  $R_1=R_2=10k\Omega$ 。当电容器的电容量较大时, 其放电会对单片机端口造成冲击, 甚至损坏单片机, 因此在电容器和单片机端口之间可以接入一个  $100\Omega$  电阻。系统的充电时间约等于  $0.7RC$ , 当被测温度较高时, 由于热敏电阻的电阻值较小, 充电时间也就较短。为了保证一定的检测精度, 根据电路的充电时间, 估算出温度范围高端的时常数, 然后实测热敏电阻在温度范围高端的电阻值, 估算出电容器的电容量。如果检测的温度较高, 为了保证检测精度, 可以适当增加电容的电容量。

## 4. 程序设计

系统数据每隔  $33ms$  采样一次, 满 16 次后, 求出平均值作为最终的采样结果, 然后通过查表和插值运算, 求得最后结果。为了数据处理方便, 温度值在表格中以十六进制整数表示。系统的精度按  $\pm 1^\circ C$  设计, 因此将整数的单位设定为  $0.5^\circ C$ , 即温度值为  $0^\circ C$  用整数 0 来表示,  $0.5^\circ C$  用整数 1 表示, 依次类推,  $99^\circ C$  用整数 198(C6H) 表示。低于  $0^\circ C$  以整数 0 表示, 高于  $100^\circ C$  以整数 200(C8H) 表示。经过上述变换以后, 温度数据为单字节无符号数。温度范围为  $0^\circ C \sim 99^\circ C$ , 按以上处理方法, 经计算机处理就可以得到基

数表。为了插值运算方便, 通过将基数表中的每一项数据减去下一项数据, 算出增量的绝对值, 由此得到相关的增量表, 将基数表中的对应项作微量调整, 使增量表中的数据严格按递减顺序排列, 最后得完整的表格。

查表子程序: 根据检测结果, 分别求出段内偏移量和区间增量值, 通过计算差值求出温度的十位数部分、个位数部分和小数部分。通过在 2 个不同的温度下实测对应的充电时间, 通过解联立方程, 求出公式中两个待定系数的数值, 再依次算出各个充电时间对应的温度值。通过公式计算, 就可以得到一系列充电时间对应的温度值, 然后按一定的时间间隔, 设计出温度数据表格。

定时中断子程序: 先初始化定时器和比较器, 然后启动定时器工作, 当比较器的输出端出现下降沿时, 冻结定时器并从中读取电容的充电时间  $T$ , 同时复位比较器, 电容器  $C$  放电, 为下一次检测做好准备。为了提高检测的精度, 采用查表和插值运算的方法求得最后结果。程序流程图如图 4 所示。

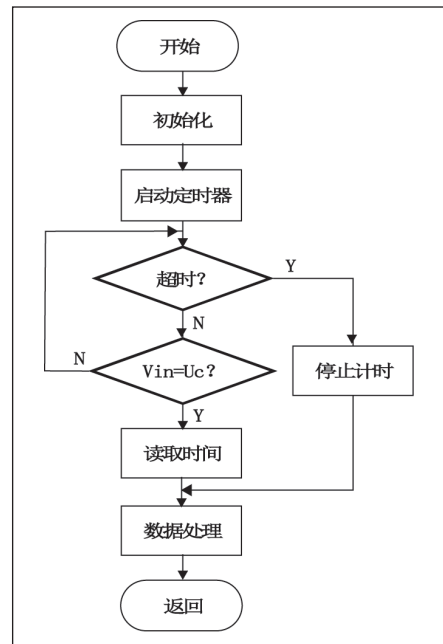


图 4 程序流程图

### 参考文献

- \* [1] 李朝青: 单片机原理及接口技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013
- \* [2] Stallings, W. 孟庆树, 王丽娜, 傅建明等译. 密码编码学与网络安全: 原理与实践 (第四版) [M]. 电子工业出版社, 2016.
- \* [3] 张天序等. 基于 FPGA 技术的版间 DSP 高速数据通道链路口的设计 [J]. 微电子与计算机, 2014, (3): 34 ~ 36.
- \* [4] 赵忠文等. LVDS 技术分析和应用设计 [J]. 指挥技术学院学报, 2011, (10): 90 ~ 93.