

文章编号 1004-924X (2001)02-0191-03

半导体温度传感器在直升飞机测温上的应用

周德俭¹, 周 军¹, 王 锋¹, 李昕柏², 孙 壮²

(1. 驻二二八厂军事代表室, 吉林 长春 130012;

2. 驻一二二厂军事代表室, 黑龙江 哈尔滨 150066)

摘要: 半导体温度传感器具有较高的精度和良好的线性输出。采用LM 135型半导体温度传感器, 与CPU、数码管接口, 经A/D和V/F转换等信号处理, 成功研制了某直升飞机数字大气温度显示器, 取代了双金属片指针式温度计。试验结果表明LM 135传感器在-55 ~ 70 可以实现单点校准, 在-60 ~ -55 出现非线性, 可以通过程序进行单点补偿校准。

关键词: 半导体传感器; 温度传感器; 直升飞机; 温度测量

中图分类号: TB 942; TP 212.11 **文献标识码:** A

1 引言

P-N 结型温度传感器因其良好的线性输出、体积小、精度高等优点, 已成为实用温度传感器的一种重要类型。目前国内通常采用DS1620型传感器, 这种传感器测温在-55 ~ 125 之间, 当低于-55 时自动停止工作。我们在研制某直升飞机大气温度显示器中需要测量的温度是-60 ~ 70 , 为此尝试采用LM 135型传感器, 取得了成功。

2 半导体温度传感器原理

晶体二极管、三极管的各种特性与温度有很大关系, 这种特性对一般应用不利, 但正好可以利用这种特性制成温度传感器。半导体温度传感器利用半导体材料的P-N结正向压降随温度变化呈线性关系的原理, 将感受的温度转换成可用输出信号的传感器。

2.1 P-N 结正向电压与温度的关系

P-N 结的电流-电压方程为^[1]

$$J = \left(\frac{qD_n n_{p0}}{L_n} + \frac{qD_p p_{n0}}{L_p} \right) \left(e^{\frac{qV_F}{kT}} - 1 \right)$$

设 $J_s = \frac{qD_n n_{p0}}{L_n} + \frac{qD_p p_{n0}}{L_p}$ 则 $J = J_s e^{\frac{qV_F}{kT}} - 1$

式中: J_s —反向饱和电流密度;

D_n —电子扩散系数;

D_p —空穴扩散系数;

L_n —电子扩散长度;

L_p —空穴扩散长度;

V_F —正向电压;

J —正向电流。

当P-N结处于正向偏压下, 设正向偏压为 V_F , 一般情况下, $V_F \gg kT/q$, 则

$$J \approx J_s e^{\frac{qV_F}{kT}} - 1$$

$$V_F = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{J}{J_s} \right)$$

从上式可以看出, 当电流 J 保持不变时, P-N 结的正向电压 V_F 与温度 T 成正比。式中 k, q 是与温度无关的常数。

2.2 晶体管 e-b 结压降与温度的关系

当集电极电流 I_c 为常数, 晶体管的基极-发射极电压 V_{be} 与温度近似线性关系, 可以用下式表示:

$$V_{be} = 1.27 - CT$$

式中 C —常数, 与结电流密度和工艺参数有关。由于工艺误差, V_{be} 值会产生离散, 可以用偏置电流进行调节补偿。基极-发射极与电压的关系如图 1 所示。

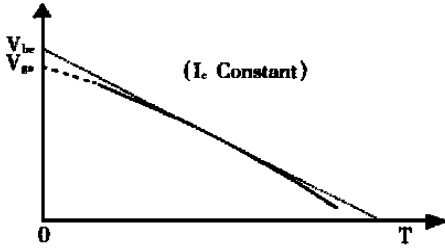


Fig 1 Vbe-T relation

半导体温度传感器,利用晶体管发射极-基极电压与温度的关系而制成。晶体管的偏置电流 I_c 采用恒流源来保证其恒定,根据基极-发射极电压值由 CPU 计算出温度传感器的温度 T 。

把热敏晶体管和放大电路、偏置电源及线性电路制作在同一芯片上就成为集成电路温度传感器。

2.3 LM 135 温度传感器性能及结构

LM 135 系列是精密的,易校准的集成电路温度传感器^[2]。在作为二端齐纳管工作时,具有与绝对温度成正比的+ 10mV/K 的齐纳电压,具有小于 1Ω 的动态阻抗,当它在 5mA 以下的电流范围内工作时,性能不变。当在 25 校准时,在 100 温度范围内误差小于 1。LM 135 传感器具有良好的线性输出和 200 量程,其原理如图 2。

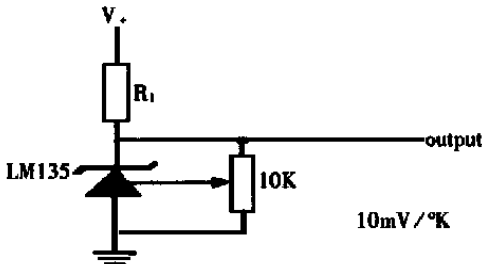


Fig 2 LM 135 Principle

3 直升机大气温度显示器的设计

直九机大气温度显示器,采用 LM 135 半导体温度传感器,温度值采用发光数码管显示,取代了螺旋双金属片感温和指针指示温度。通过中央处理器处理传感信息,直接由数字显示大气温度,消除了因飞机振动造成的指针颤动读不准示值的问题,便于使用和维护,同时提高了精度和分辨率。

3.1 电路结构

直升机大气温度显示器由单片微处理器 (CPU)、V/F 转换、数码显示器、电源转换电路、半导体传感器等组成。电路框图如图 3。

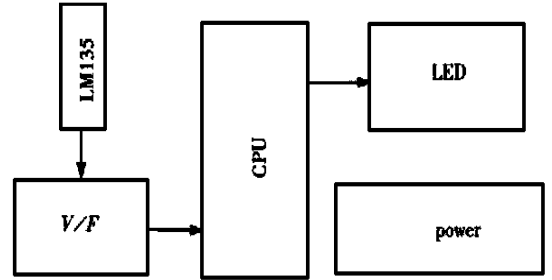


Fig 3 Thermometer block diagram

3.2 工作原理

由半导体温度传感器把所采集的大气温度的物理量转换成电量,然后由 V/F 转换器将这些电量转换成频率,送入 CPU 的定时/计数器中,CPU 根据在单位时间内所采集的计数值,经过插值计算后,再转换成 BCD 码由数码管显示。

3.2.1 中央处理器

中央处理器采用 AT89C2051 单片机,内部带 2K 字节的程序存储器,是低电压、高性能 CMOS 8 位微控制器。程序流程如图 4:

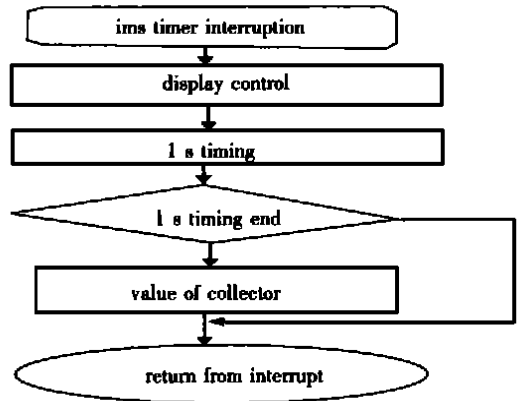


Fig 4 Program chart

3.2.2 自动复位电路

本系统采用 RC 电路,为单片机提供上电、下电的自动复位。

3.2.3 发光数码显示及驱动电路

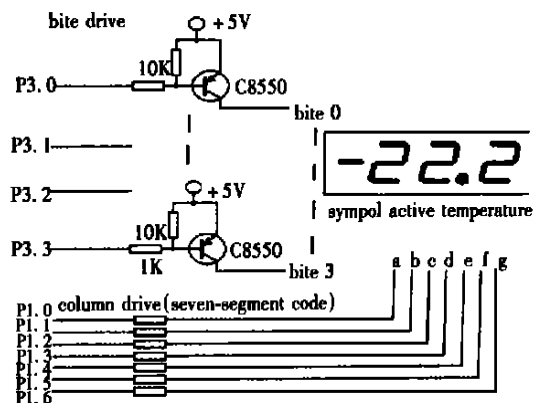


Fig 5 Drive circuit

发光数码管用于显示实际的大气温度值。它由位驱动和列驱动二部分组成如图 5。

3.2.4 V/F 转换器电路及传感器

根据基极—发射极电压值经中央处理器可以计算出温度传感器的温度。但是, 直接用 V_{be} 作为 A/D 转换的信号不合适, 因为这样对 A/D 转换器的分辨率要求很高, 而且外部元器件多, 噪声大。因此采用 V/F 转换。V/F 转换电路外部元件少, 可直接利用 CPU 内部的计数器进行温度值的转换。V/F 转换电路如图 6。

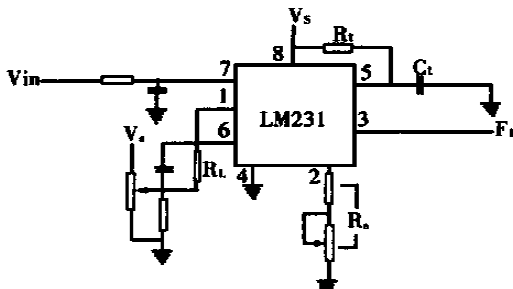


Fig. 6 V/F Convert circuit

频率输出为: $F_{out} = (V_{in}/2.09) \cdot$

$$(R_s/R_L) \cdot 1/(R_t \cdot C_t)$$

4 实验结果

LM 135 芯片上装有高精度校准器件, 可以进

参考文献:

- [1] 张维新 半导体传感器[M] 天津: 天津大学出版社 1990 118- 124
- [2] National Semiconductor Inc Databook[M] U. S.: National Semiconductor Inc., 1989

Application of LM 135 semiconductor temperature sensor to helicopters temperature measurement

ZHOU De-jian¹, ZHOU Jun¹, WANG Feng¹, LI Xin-bai², SUN Zhuang²

- (1. The Military Delegates Office to 228 Factory, Changchun 130012, China;
2. The Military Delegates Office to 122 Factory, Harbin 150066, China)

Abstract: Using LM 135 semiconductor temperature sensor, CPU and digital tube interface, a digital display free-air thermometer for helicopters has been developed successfully, which will take the place of the bimetal pointer thermometer. It has been known from the tested results that the LM 135 semiconductor temperature sensor has achieved the single-shot calibrated in $-55 \sim 70$, and the nonlinearity in $-55 \sim 60$ can be calibrated by single-shot compensation calibration.

Key words: semiconductor sensors; temperature sensors; helicopters; temperature measurement

作者简介: 周德俭(1962-), 男, 吉林镇赉人。1985年毕业于大连工学院材料系, 现就读于中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 在职硕士, 从事军事代表工作, 工程师。

行全温度范围内单点校准^[2]。由于LM 135 的输出电压与绝对温度成正比, 并且在温度 0°K (-273.5) 时, 传感器的输出外推到 0V 。器件的输出为:

$$V_T = V_0 \times T/T_0$$

其中 T 是未知温度, T_0 是选定的基准温度, 两者都用 $^{\circ}\text{K}$ 表示。标称输出按 $10\text{mA}/^{\circ}\text{K}$ 校准。

为最大限度降低温度计的自热影响, 设置传感器偏置电流 I_b 为 1.2mA ; 工作电压由飞机提供的直流 27V 。温度试验, 在 $-55 \sim 70$ 之间, 基本保持线性, 最大误差 ± 1.5 。在 $-55 \sim -60$ 之间出现非线性。

在 $-55 \sim -60$ 之间根据试验结果, 通过程序进行补偿校准。

5 结束语

LM 135 传感器高精度易校准, 用于直升飞机大气温度显示器, 在 $-55 \sim 70$ 之间, 由于电路自热影响输出近似线性; 在 $-55 \sim -60$ 之间出现非线性, 进行实测补偿。经地面测试和试飞验证, 满足在 $-60 \sim 70$ 量程, 测温精度 ± 1.5 、分辨率 0.1 的设计要求。