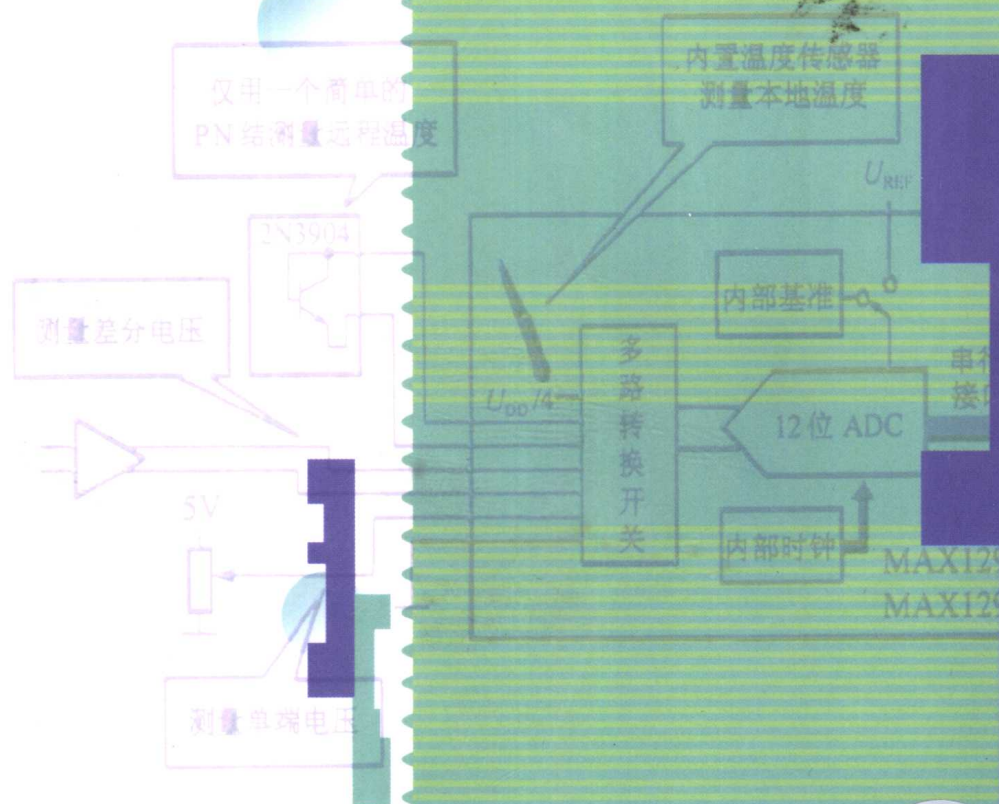


智能化集成温度传感器 原理与应用

王晓君 马洪涛 沙占友 张苏英 等副主编 主编



智能化集成温度传感器原理与应用

沙占友 主编

王晓君 马洪涛 张苏英 等副主编



机械工业出版社

目前,国际上新型传感器正从模拟式向数字式、从集成化向智能化的方向发展。智能化集成温度传感器于20世纪90年代中期问世以来,正在国内外迅速推广应用。本书从实用角度出发,全面系统地阐述了百余种集成温度传感器的工作原理与典型应用。全书共分八章。第一章为集成温度传感器概述。第二章和第三章分别介绍了模拟式集成温度传感器及温度控制器的原理与应用。第四章至第六章重点阐述基于不同总线的各种智能温度传感器的原理与应用。第七章和第八章分别介绍了智能温度传感器的串行总线接口及电磁兼容性设计。这是国内第一部关于智能集成温度传感器的专著,充分反映了该领域的国内外最新科技成果。

本书题材新颖,内容丰富,深入浅出,具有科学性、先进性与很高的实用价值,可供传感器、仪器仪表、工业自动化控制、环境监测、家用电器等领域的电子工程技术人员、高校师生和电子爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

智能化集成温度传感器原理与应用/沙占友主编.

—北京:机械工业出版社,2002.6

ISBN 7-111-10336-X

I. 智… II. 沙… III. 温度传感器:集成传感器
IV. TP212.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第035080号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:牛新国

封面设计:陈沛 责任印制:闫焱

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002年7月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16 18.75印张·463千字

0 001—4 000册

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

《智能化集成温度传感器原理与应用》编委会

主 编 沙占友

副 主 编 王晓君 马洪涛 张苏英 庞志锋 王彦朋 孟志永
崔春城 周万珍

编 委 沙占友 李学芝 王晓君 马洪涛 张苏英 庞志锋
王彦朋 孟志永 崔春城 周万珍 刘 勇 睢丙东
薛同泽 张 英 王书海 沙 江 安国臣 张永昌
唱春来 李春明 武瑞红 刁艳华 宋怀文 陈 明
张 玮 刘玉琪 陈庆华 宋毓敏 刘立新 张启明
王志刚 张文清

前 言

现代信息技术的三大基础是信息采集（即传感器技术）、信息传输（通信技术）和信息处理（计算机技术），它们在信息系统中分别起到了“感官”、“神经”和“大脑”的作用。因此，传感器属于信息技术的前沿尖端产品，其重要作用就如同人体的五官。温度传感器在工农业生产、科学研究和生活领域获得了广泛应用，其数量居各种传感器之首。目前，国际上新型温度传感器正从模拟式向数字式，从集成化向智能化、网络化的方向飞速发展。温度传感器大致经历了三个发展阶段：传统的分立式温度传感器；模拟集成温度传感器（亦称单片集成温度传感器）/控制器；智能集成温度传感器（亦称数字温度传感器）。模拟集成温度传感器的特点是将温度传感器集成到一个芯片内，输出为连续变化并与被测温度呈正比的模拟量——电压或电流信号。增强型模拟集成温度传感器还增加了数字量（例如周期、频率、比率）的输出。

智能温度传感器是在模拟集成温度传感器/控制器的基础上发展而成的第三代温度传感器，它将温度传感器、A/D转换器、寄存器、接口电路集成在一个芯片中，有的还包含中央处理器（CPU）、只读存储器（ROM）、随机存取存储器（RAM或SRAM）、实时日历时钟以及温度控制及报警电路等。其主要优点是数字化输出、测试及控制功能强、传输距离远、抗干扰能力强、微型化、微功耗、易于配微控制器（MCU）或微型计算机进行数据处理和温度控制。网络化智能温度传感器还能通过网络对测量数据进行远距离传输、数据处理和资源共享。智能温度传感器可广泛用于工业、农业、军事、过程控制、环境监测、现代办公设备及家用电器等领域。

智能温度传感器作为21世纪具有发展前景和影响力的一项高科技产品，正引起国内外电子信息界的高度重视。鉴于目前国内尚未出版过这类专著和译著，难以适应电子技术的发展。为满足广大读者的急需，我们将近年来从事教学与科研工作中积累的经验及部分科研成果进行了系统总结，并参考国内外厂家提供的最新资料后撰成此书，以飨广大读者。

本书融科学性、先进性、系统性、实用性于一体，主要有以下特点：

第一，全面、深入地阐述了国内外在模拟式和数字式集成温度传感器领域的新技术和新成果。介绍了上百种典型产品的工作原理、典型应用、电路与程序设计要点及检测技术，还专门介绍了智能温度传感器的总线接口技术及电磁兼容性设计。充分反映出该领域的国内外最新科技成果。

第二，结构严谨，条理清晰，逻辑性强。内容由浅入深，循序渐进。例如，首先介绍模拟集成温度传感器，再介绍模拟集成温度控制器，然后重点阐述单通道、多通道智能温度传感器及传感器总线技术。各章之间保持相对的独立性，读者既可通读全书，亦可选读部分章节的内容。

第三，具有很高的实用价值。全书给出了数百种新型温度传感器的应用电路，对于广大读者使用智能化集成温度传感器开发供电子、计算机、通信和家用电器等领域使用的温度测控系统，具有重要的参考价值。

第四，信息量大，知识面宽，便于读者触类旁通，灵活运用。

沙占友教授任本书主编，王晓君、马洪涛、张苏英、庞志锋、王彦朋、孟志永、崔春

城、周万珍老师任副主编。沙占友撰写了第一章、第四章和第六章，并完成了全书的审阅与统稿工作。李学芝、孟志永绘制了全部插图。马洪涛、孟志永、张英、唱春来合撰了第二章。张苏英、庞志锋、睢丙东、刘勇合撰了第三章。崔春城、周万珍、沙江、安国臣、张永昌合撰了第五章。王晓君撰写了第七章。王彦朋、薛同泽、王书海、李春明、武瑞红、刁艳华合撰了第八章。参加本书撰写工作的还有宋怀文、陈明、张玮、刘玉琪、陈庆华、宋毓敏、刘立新、张启明、王志刚、张文清同志。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，欢迎广大读者指正。

作 者



沙占友 河北科技大学教授(享受国务院政府特殊津贴), 河北省优秀教师。已出版《实用数字化测量技术》、《新型单片开关电源的设计与应用》、电子工程手册《新型数字多用表实用大全》分卷(国家“八五”期间十大出版工程之一)等18部专著, 发表学术论文176篇。曾先后荣获“全国优秀畅销书类(科技类)”、“电子版图书优秀著(译)者二等奖”, 河北省普通高校优秀教学成果一等奖, 河北省科技进步奖, 河北省优秀发明奖, 河北省十大发明奖, '97布鲁赛尔尤里卡银奖。

目 录

前言

第一章 集成温度传感器概述	1
第一节 温度传感器的发展趋势	1
一、温度传感器的发展历史	1
二、智能温度传感器发展的新趋势	3
第二节 模拟集成温度传感器	5
一、模拟集成温度传感器的产品分类	5
二、模拟集成温度传感器典型产品的技术指标	6
第三节 模拟集成温度控制器	7
一、模拟集成温度控制器的产品分类	7
二、模拟集成温度控制器典型产品的技术指标	7
第四节 智能温度传感器	8
一、智能温度传感器的产品分类	8
二、智能温度传感器典型产品的技术指标	8
第二章 模拟集成温度传感器的原理与应用	10
第一节 AD590 型电流输出式精密集成温度传感器	10
一、AD590 的性能特点与工作原理	10
二、AD590 的典型应用	12
第二节 AD592 型电流输出式精密集成温度传感器	16
一、AD592 的性能特点及工作原理	16
二、AD592 的典型应用	17
第三节 LM334、HTS1 型电流输出式集成温度传感器	21
一、HTS1 型集成温度传感器的应用	21
二、LM334 型集成温度传感器的应用	23
第四节 TMP17 型低价位电流输出式集成温度传感器	25
一、TMP17 的性能特点与工作原理	25
二、TMP17 的典型应用	26
第五节 TMP35/36/37 型电压输出式集成温度传感器	27
一、TMP35/36/37 的性能特点与工作原理	27
二、TMP35/36/37 的典型应用	29
第六节 LM35 系列电压输出式集成温度传感器	33
一、LM35 系列的性能特点及引脚排列	33
二、LM35 系列的典型应用	35
第七节 LM135 系列电压输出式精密集成温度传感器	41
一、LM135 系列的性能特点与工作原理	41

二、LM135 系列的典型应用	42
第八节 MAX6576/6577 型周期/频率输出式单线集成温度传感器	46
一、MAX6576/6577 的性能特点与工作原理	46
二、MAX6576/6577 的典型应用	47
第九节 AD22100/22103 型比率输出式集成温度传感器	49
一、AD22100/22103 的性能特点与工作原理	49
二、AD22100/22103 的典型应用	51
第三章 模拟集成温度控制器的原理与应用	53
第一节 LM56 型低功耗可编程集成温度控制器	53
一、LM56 的性能特点与工作原理	53
二、LM56 的典型应用与设计要点	55
第二节 TMP01 型低功耗可编程集成温度控制器	57
一、TMP01 的性能特点与工作原理	57
二、TMP01 的电路设计要点	59
三、TMP01 的典型应用	60
第三节 AD22105 型低功耗可编程温度控制器	63
一、AD22105 的性能特点与工作原理	63
二、AD22105 的典型应用及电路设计要点	64
第四节 MAX6509/6510 型低功耗可编程温度控制器	68
一、MAX6509/6510 的性能特点与工作原理	68
二、MAX6509/6510 的典型应用	70
第五节 TC652/653 型风扇控制器的工作原理	73
一、TC652/653 的性能特点	73
二、TC652/653 的工作原理	74
第六节 TC652/653 型风扇控制器的典型应用	76
一、TC652/653 的典型应用电路	76
二、电路设计要点	78
三、减小风扇噪声的方法	79
第七节 MAX6511 系列远程温度控制器	81
一、MAX6511 系列的性能特点与工作原理	81
二、MAX6511 系列的典型应用及设计要点	82
第四章 单线及多线智能温度传感器/控制器的原理与应用	84
第一节 DS1820 型单线智能温度传感器的原理	84
一、DS1820 的性能特点	84
二、DS1820 的工作原理	85
第二节 单线总线系统的电路接法及通信协议	89
一、电路接法	90
二、主 CPU 访问 DS1820 的工作流程	90
三、DS1820 的通信协议	91
第三节 由 DS1820 构成的多路电脑温控系统	95

一、整机电路设计	95
二、程序设计	99
第四节 提高智能温度传感器分辨力的方法	102
第五节 DS18B20 型单线可编程智能温度传感器	103
一、DS18B20 的性能特点	103
二、DS18B20 的使用注意事项	105
第六节 DS1821 型单线可编程智能温度传感器	106
一、DS1821 的性能特点	106
二、DS1821 的工作原理	107
三、模式转换及编程命令	108
四、DS1821 的典型应用	111
第七节 DS1624 型高分辨力带存储器的二线智能温度传感器	111
一、DS1624 的性能特点	112
二、DS1624 的工作原理	112
三、二线串行数据总线协议	113
四、操作和控制	115
五、存储器的操作	116
第八节 DS1629 型带实时日历时钟的智能温度传感器	117
一、DS1629 的性能特点	117
二、DS1629 的工作原理	118
三、二线串行总线	124
四、DS1629 的典型应用	127
第九节 TMP03/04 型智能温度传感器的原理及使用要点	130
一、TMP03/04 的性能特点	130
二、TMP03/04 的工作原理	130
三、TMP03/04 的使用要点	133
第十节 TMP03/04 型智能温度传感器的应用	136
一、TMP03/04 的电源通道设计及校准方法	136
二、TMP03/04 型智能温度传感器的应用	137
第十一节 DS1620 型带三线串行接口的智能温度控制器	143
一、DS1620 的性能特点	144
二、DS1620 的工作原理	144
第十二节 DS1620 与 SPI 总线的接口电路及典型应用	149
一、DS1620 与 SPI 总线的接口电路	149
二、提高分辨力的方法	151
三、由 DS1620 构成的恒温控制电路	152
第十三节 DS1621/1623/1625 型智能温度控制器	153
一、DS1621/1623/1625 的性能比较	153
二、工作原理简介	153
第十四节 TCN75 型带二线串行接口的智能温度控制器	154

一、TCN75 的性能特点	154
二、TCN75 的工作原理	155
三、TCN75 的串行通信	156
四、TCN75 与 89C51 单片机的接口电路	158
第五章 基于 I²C 或 SMBus、SPI 总线的智能温度传感器原理与应用	159
第一节 AD7416 型基于 I²C 总线接口的智能温度传感器	159
一、AD7416 的性能特点	159
二、AD7416 的工作原理	160
三、串行总线接口	164
四、AD7416 的典型应用	166
第二节 LM75 型基于 I²C 总线接口的智能温度传感器	168
一、LM75 的性能特点及工作原理	168
二、LM75 的典型应用	168
第三节 LM76 型 I²C 总线接口的智能温度传感器	172
一、LM76 的性能特点	172
二、LM76 的工作原理	172
三、由 LM76 构成具有先进配置与电源接口的温控系统	176
第四节 MAX6625/6626 型基于 I²C 总线接口的智能温度传感器	177
一、MAX6625/6626 的性能特点	177
二、MAX6625/6626 的工作原理	178
三、MAX6625/6626 的典型应用	180
第五节 MAX6654 型基于 SMBus 串行接口的双通道智能温度传感器	182
一、MAX6654 的性能特点	182
二、MAX6654 的工作原理	182
三、MAX6654 的典型应用	190
第六节 LM74 型基于 SPI 总线接口的智能温度传感器	192
一、LM74 的性能特点	192
二、LM74 的工作原理	193
三、LM74 的典型应用	195
第六章 多通道智能温度传感器的原理与应用	196
第一节 MAX1668/1805 型多通道智能温度传感器	196
一、MAX1668/1805 的性能特点	196
二、MAX1668/1805 的工作原理	196
三、MAX1668 的典型应用	200
四、多通道温度巡回检测系统的设计	201
第二节 AD7417/7817 型 5 通道精密智能温度传感器	202
一、AD7417/7817 的性能特点	203
二、名词术语	203
三、AD7417 的工作原理	204
四、AD7417 和 AD7817 的典型应用	210

第三节	LM83 型 4 通道智能温度传感器	212
一、	LM83 的性能特点	212
二、	LM83 的工作原理	212
三、	LM83 的典型应用	219
第七章	智能温度传感器总线及接口技术	222
第一节	串行总线接口技术及其在智能温度传感器中的应用	222
第二节	单线接口技术	223
一、	传输协议	223
二、	DS1820 的命令	224
三、	分布式智能测温系统及其程序设计要点	224
第三节	SPI 总线接口及应用实例	227
一、	SPI 总线接口概述	227
二、	ATMEL 公司 AVR 单片机中的 SPI 接口	229
三、	LM74 型智能温度传感器中的 SPI 接口	231
四、	基于 SPI 接口的测温系统应用实例	232
第四节	I ² C 总线的工作原理	234
一、	I ² C 总线的特点	235
二、	I ² C 总线的信号定义	235
三、	I ² C 总线上的数据传送过程及其格式	236
四、	I ² C 总线上的寻址约定	238
第五节	基于 I ² C 总线测温系统实例	239
一、	LM76 中 I ² C 总线接口	239
二、	基于 I ² C 总线上的测温系统实例	241
第八章	温度测控系统的电磁兼容性设计	246
第一节	电磁兼容性的设计与测量	246
一、	电磁兼容性的研究领域	246
二、	电磁兼容性的设计与测量	248
第二节	电磁干扰滤波器的构造原理与应用	250
一、	电磁干扰滤波器的构造原理	251
二、	电磁干扰滤波器的技术参数及测试方法	252
第三节	抑制开关电源的电磁干扰	254
一、	单片开关电源的基本电路	254
二、	单片开关电源电磁干扰的波形分析	256
三、	造成电磁干扰的电路模型	257
四、	单片开关电源常用的 EMI 滤波器电路	258
第四节	抑制开关电源的瞬态干扰及音频噪声	261
一、	抑制瞬态干扰	261
二、	抑制音频噪声	262
三、	抑制其他干扰	263
第五节	电子设备的接地	265

一、接地的作用及方式	265
二、电子设备的接地	267
第六节 电子设备的屏蔽	269
一、屏蔽的分类	269
二、静电屏蔽	269
三、磁屏蔽	271
第七节 智能化温度测控系统的电磁兼容性设计	272
一、干扰的成因及后果	272
二、电路设计中的抗干扰措施	272
三、设计印制板的注意事项	284
四、软件抗干扰措施	285
第八节 电子设备的安全性	285
一、安全标准	285
二、安全认证	286
参考文献	288

第一章 集成温度传感器概述

温度是表征物体冷热程度的物理量。在工农业生产和日常生活中，对温度的测量及控制始终占据着重要地位。温度传感器应用范围之广、使用数量之大，也高居各类传感器之首。目前，温度传感器正向着单片集成化、智能化、网络化和单片系统化的方向发展。本章将对各种新型集成温度传感器作一综述。

第一节 温度传感器的发展趋势

下面将对温度传感器的发展历史和智能温度传感器发展趋势作一综述。

一、温度传感器的发展历史

人们研究温度测量的历史已相当久远，所使用的传感器也种类繁多。近百年来，温度传感器的发展大致经历了以下三个阶段：传统的分立式温度传感器（含敏感元件）；模拟集成温度传感器/控制器；智能温度传感器（即数字温度传感器）。

1. 分立式温度传感器

传统的热电偶、热电阻、热敏电阻及半导体温度传感器，均属于分立式温度传感器，传感器本身就是一个完整的、独立的感温元件。此类传感器通常要配温度变送器，以获得标准的模拟量（电压或电流）输出信号。使用时还需配上二次仪表，才能完成温度测量及控制功能。其主要缺点是外围电路比较复杂、测量精度较低、分辨力不高、需进行温度校准（例如非线性校准、温度补偿、传感器标定等），另外它们的体积较大、使用也不够方便。因此，分立式温度传感器将逐渐被淘汰。

2. 模拟集成温度传感器

集成传感器是采用硅半导体集成工艺而制成的，因此亦称硅传感器或单片集成传感器。模拟集成温度传感器是在 20 世纪 80 年代问世的，它是将温度传感器集成在一个芯片上、可完成温度测量及模拟信号输出功能的专用 IC，它属于最简单的一种集成温度传感器。模拟集成温度传感器的主要特点是功能单一（仅测量温度）、测温误差小、价格低、响应速度快、传输距离远、体积小、低功耗，适合远距离测温、控温，不需要进行非线性校准。外围电路简单，它是目前在国内外应用最为普遍的一种集成传感器。典型产品有 AD590、AD592、TMP17、LM135 等。

3. 模拟集成温度控制器

模拟集成温度控制器主要包括温控开关、可编程温度控制器，典型产品有 LM56、AD22105 和 MAX6509。某些增强型集成温度控制器（例如 TC652/653）中还包含了 A/D 转换器以及固化好的程序，这与智能温度传感器有某些相似之处，但它自成系统，工作时并不受微处理器的控制，这是二者的主要区别。

4. 智能温度传感器

智能温度传感器（亦称数字温度传感器）是在 20 世纪 90 年代中期间世的。智能温度传

感器是微电子技术、计算机技术和自动测试技术的结晶，它也是集成温度传感器领域中最具活力和发展前途的一种新产品。目前，国际上许多著名的集成电路生产厂家已开发出上百种智能温度传感器产品。

智能温度传感器具有以下三个显著特点：第一，能输出温度数据及相关的温度控制量，适配各种微控制器（MCU）；第二，能以最简方式构成高性价比、多功能的智能化温度测控系统；第三，它是在硬件的基础上通过软件来实现测试功能的，其智能化程度也取决于软件的开发水平。

智能温度传感器内部都包含温度传感器、A/D 转换器、存储器（或寄存器）和接口电路。有的产品还带多路选择器、中央控制器（CPU）、随机存取存储器（RAM）和只读存储器（ROM）。

5. 智能温度控制器

智能温度控制器是在智能温度传感器的基础上发展而成的。智能温度控制器适配各种微控制器，构成智能化温控系统；它们还可以脱离微控制器单独工作，自行构成一个温控仪，既可以工作在连续转换模式，亦可选择单次转换模式。智能温度传感器/控制器可广泛用于温度测控系统、计算机及家用电器中。

6. 内含温度传感器的专用集成电路

值得重视的是，目前配置有温度传感器的新型专用集成电路也已问世了。例如，美国 MAXIM 公司最新研制的 MAX1298 和 MAX1299 型 5 通道 12 位 ADC 芯片，片内就集成了精密温度传感器，在 $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$ 范围内的测温精度可达 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。MAX1298/1299 的内部结构及外部电路如图 1-1-1 所示。芯片中主要包括七部分：内部温度传感器（用于测量本地温度），远程测温通道（外接 2N3904 型 NPN 晶体管，利用其发射结来测量远程温度），多路转换开关（即模拟输入转换器），12 位 ADC，内部基准电压源，时钟电路和 3 线串行接口电路。该串行接口能与 SPI 总线、QSPI 总线及 MICROWIRE 总线兼容。MAX1298 和 MAX1299

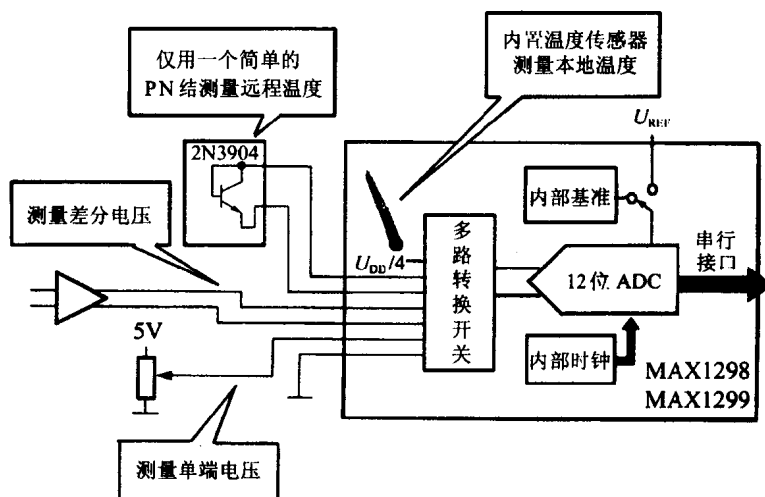


图 1-1-1 MAX1298/1299 的内部结构及外部电路图

具有两种输入方式：差分输入或单端输入。作差分输入时可构成 3 通道温控系统，单端输入

时能构成 5 通道温控系统（不包括本地测温通道）。当芯片温度或远程被测温度超过最高允许温度时，经过串行接口可输出温度越限报警信号，再通过相应的控制电路起到过热保护作用。其模拟输入端既可接电压信号，亦可接温度传感器。此外，它们还具有掉电模式和两种保持模式，在构成便携式数字仪器时可延长电池的使用寿命。

二、智能温度传感器发展的新趋势

进入 21 世纪之后，智能温度传感器正朝着高精度、多功能、总线标准化、高可靠性及安全性、开发虚拟传感器和网络传感器、研制单片测温系统等高科技的方向迅速发展。

1. 提高测温精度和分辨力

在 20 世纪 90 年代中期最早推出的智能温度传感器，采用的是 8 位 A/D 转换器，其测温精度较低，分辨力只能达到 1°C 。目前，国外已相继推出多种高精度、高分辨力的智能温度传感器，所用的是 9~12 位 A/D 转换器，分辨力一般可达 $0.5\sim 0.0625^{\circ}\text{C}$ 。特别是由美国 DALLAS 半导体公司新研制的 DS1624 型高分辨力智能温度传感器，采用 13 位 A/D 转换器，能够输出 13 位二进制数据，其分辨力高达 0.03125°C ，测温精度为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，为实现精密测量温度创造了有利条件。为了提高多通道智能温度传感器的转换速率，也有的芯片采用高速逐次逼近式 A/D 转换器。以 AD7817 型 5 通道智能温度传感器为例，它对本地传感器、每一路远程传感器的转换时间分别仅为 $27\mu\text{s}$ 、 $9\mu\text{s}$ 。

2. 不断增加测试功能

新型智能温度传感器的测试功能也在不断增强。例如，DS1629 型单线智能温度传感器增加了实时日历时钟（RTC），使其功能更加完善。DS1624 还增加了存储功能，利用芯片内部 256 字节的 E²PROM 存储器，可存储用户的短信息。DS1629 则在片内集成了 32 字节的静态存储器（SRAM）。另外，智能温度传感器正从单通道向多通道的方向发展，这就为研制和开发多路温度测控系统创造了良好条件。

智能温度传感器都具有多种工作模式可供选择，主要包括单次转换模式、连续转换模式、待机模式，有的还增加了低温极限扩展模式，操作非常简便。对某些智能温度传感器而言，主机（外部微处理器或单片机）还可通过相应的寄存器来设定其 A/D 转换速率（典型产品为 MAX6654），分辨力及最大转换时间（典型产品为 DS1624）。

智能温度控制器是在智能温度传感器的基础上发展而成的。典型产品有 DS1620、DS1623、TCN75、LM76、MAX6625。智能温度控制器适配各种微控制器，构成智能化温控系统；它们还可以脱离微控制器单独工作，自行构成一个温控仪，既可以工作在连续转换模式，亦可选择单次转换模式。

3. 总线技术的标准化与规范化

与此同时，智能温度传感器的总线技术也实现了标准化、规范化。目前所采用的总线主要有单线（1-Wire）总线、I²C 总线、SMBus 和 SPI 总线。第一种属于一线串行总线，第二、三种属于二线串行总线，第四种则为三线串行总线。上述温度传感器作为从机，可通过专用总线接口与主机进行通信，由于它们的总线接口符合标准化、规范化设计，使用户操作起来更加简便。

4. 可靠性及安全性设计

传统的 A/D 转换器大多采用积分式或逐次比较式转换技术，其缺点是噪声容限低，抑制混叠噪声及量化噪声的能力比较差，分辨力较低、成本较高，线性度也不够理想。

为了提高传感器的抗干扰能力，新型智能温度传感器（例如 TMP03/04、LM74、LM83）

普遍采用了高性能的 $\Sigma - \Delta$ 式 A/D 转换器, 它能以很高的采样速率和很低的采样分辨力将模拟信号转换成数字信号, 再利用过采样、噪声整形和数字滤波技术, 来提高有效分辨力。 $\Sigma - \Delta$ 式 A/D 转换器不仅能滤除量化噪声, 而且对外围元件的精度要求低; 由于采用了数字反馈方式, 因此比较器的失调电压及零点漂移都不会影响温度的转换精度。这种智能温度传感器兼有抑制串模干扰能力强、分辨力高、线性度好、成本低等优点。

为了避免当温控系统受到噪声干扰时出现误动作现象, 在 AD7416/7417/7817、LM75/76、MAX6625/6626 等智能温度传感器芯片内部, 都设置了一个可编程的“故障排队 (fault queue)”计数器, 专门用来设定允许被测温度值超过温度上、下限的次数。仅当被测温度连续超过上限或低于下限的次数达到或超过所设定的次数 n ($n=1\sim 4$) 时, 才能触发中断端。若故障次数不满足上述条件或故障不是连续发生的, 故障计数器就复位而不会触发中断端。这就意味着假如设定 $n=3$ 时, 那么偶然受到一次或两次噪声干扰, 都不会影响温控系统的正常工作。

LM76 型智能温度传感器增加了温度窗口比较器, 非常适合设计一个符合 ACPI (Advanced Configuration and Power Interface, 即“先进配置与电源接口”) 规范的温控系统。这种系统具有完善的过热保护功能, 可用来监控笔记本电脑和服务器中 CPU 及主电路的温度。微处理器最高可承受的工作温度规定为 t_H , 台式计算机一般为 75°C , 高档笔记本电脑的专用 CPU 可达 100°C 。一旦 CPU 或主电路的温度超出所设定的上、下限时, INT 端立即使主机产生中断, 再通过电源控制器发出信号, 迅速将主电源关断起到保护作用。此外, 当温度超过 CPU 的极限温度时, 严重超温报警输出端 (T_CRIT_A) 也能直接关断主电源, 并且该端还可通过独立的硬件关断电路来切断主电源, 以防主电源控制失灵。上述三重安全性保护措施已成为国际上设计温控系统的新观念。

为防止因人体静电放电 (ESD) 而损坏芯片。一些智能温度传感器还增加了 ESD 保护电路, 一般可承受 $1000\sim 4000\text{V}$ 的静电放电电压。通常是将人体等效于由 100pF 电容和 $1.2\text{k}\Omega$ 电阻串联而成的电路模型, 当人体放电时, TCN75 型智能温度传感器的串行接口端、中断/比较器信号输出端和地址输入端均可承受 1000V 的静电放电电压。LM83 型智能温度传感器则可承受 4000V 的静电放电电压。

最新开发的智能温度传感器 (例如 MAX6654、LM83) 还增加了传感器故障检测功能, 能自动检测外部晶体管温度传感器 (亦称远程传感器) 的开路或短路故障。MAX6654 还具有选择“寄生阻抗抵消” (Parasitic Resistance Cancellation, 英文缩写为 PRC) 模式, 能抵消远程传感器引线阻抗所引起的测温误差, 即使引线阻抗达到 100Ω , 也不会影响测量精度。远程传感器引线可采用普通双绞线或者带屏蔽层的双绞线。

5. 开发虚拟温度传感器和网络温度传感器

(1) 虚拟传感器。自 20 世纪 90 年代以来, 一种全新概念的“虚拟仪器”正获得愈来愈广泛的应用。虚拟仪器 (VI) 是测量仪器、计算机和软件这三者的有机结合。它将仪器硬件 (例如数字采集系统、A/D、D/A 转换器、数字 I/O)、计算机资源 (如微处理器、存储器、显示器)、软件 (如传感器标定、软面板、图形界面, 数据处理, 信息交换等) 有机的结合起来, 构成软硬结合、虚实共体的新一代电子测量仪器。与此同时, “虚拟传感器”的概念也被人们所接受, 这种传感器是基于计算机平台并且完全通过软件开发而成的。利用软件来建立传感器模型、标定参数及标定模型, 以实现最佳性能指标。

美国 B&K 公司最近已开发出一种基于软件设置的 TEDS 型虚拟传感器, 其主要特点是