



应用电子
Application Electronics

新型单片机实用技术丛书

丛书主编：沙占友

单片机 外围电路设计

沙占友 王彦朋 孟志永 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

TP368.1
84

新型单片机实用技术丛书

丛书主编：沙占友

单片机外围电路设计

沙占友 王彦朋 孟志永 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书讲述了 MCS-51 单片机及其兼容机外围电路的设计与应用。全书共 6 章,第 1 章介绍各种智能化/网络化集成传感器及接口技术;第 2 章介绍智能功率器件、控制电路及测控系统的设计;第 3 章介绍单片数据采集系统与新颖的检测电路;第 4 章介绍智能仪器专用集成电路及其应用;第 5 章介绍单片机测控系统的电源设计;第 6 章专门介绍单片机测控系统的抗干扰设计。

本书题材新颖,内容丰富,具有科学性、先进性与很高的实用价值,可供计算机、电子和电气工程技术人員阅读,亦可作为高等院校有关专业的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

单片机外围电路设计/沙占友等编著. —北京:电子工业出版社,2003.1

(新型单片机实用技术丛书)

ISBN 7-5053-8413-9

I. 单... II. 沙... III. 单片微型计算机—电路设计 IV. TP368.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 107630 号

责任编辑:魏永昌

印刷者:

装订者:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 www.phei.com.cn

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:410 千字

版 次:2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:23.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话 (010)68279077

序 言

单片机是微电子技术与计算机技术的结晶,现已成为集成电路大家族中的重要成员。尽管单片机是从1982年才开始在我国应用的,但它一经上市便显示出强大的生命力,以其独特的优点迅速占领市场并获得广泛应用。近20年来,单片机技术正日臻完善,国内外的单片机热更是经久不衰。单片机不仅用于智能仪器、电器设备、数据采集、自动控制及国防工业等技术领域,而且进入亿万家庭。据报道,在发达国家中一个普通家庭里家用电器所用的单片机数量,1990年平均为69个,2000年已达到226个。如果把集成电路比作工业“粮食”的话,那么单片机就是促进现代工业技术发展的“加速剂”。它对于电子信息产业的发展更具有“倍增器”的作用。据统计,目前全世界国民经济增长部分的65%与集成电路有关,其中单片机所创造的经济效益已超过其自身价格的2000倍!另外,在对传统产业进行技术改造、使之焕发青春时,单片机也大有用武之地。因此,新型单片机已成为21世纪极具发展潜力和影响力的一项科技产品。

目前,单片机正朝着兼容性、单片系统化、多功能和低功耗的方向发展。突出表现在以下几个方面:第一,从Intel公司MCS-51系列单片机的一枝独秀,发展成它与各种兼容机互为补充、兼容并蓄、各领风骚、百花齐放的新格局;第二,单片系统(SOC)是内含单片机的系统级芯片。它把电子整机(测控系统)的功能集成到一个芯片中。这预示着在不久的将来,IC与电子整机之间的界限将被彻底打破;第三,单片机正被集成到智能传感器以及网络通信芯片之中,构成具有高性价比的智能化专用IC。单片机与单片系统、智能传感器、网络通信等高新技术的融合,必将成为21世纪新的经济增长点。

随着微电子技术和计算机技术的迅速发展,单片机升级换代的速度在不断加快,涉及新型单片机原理、接口技术、外围电路设计及应用技术的知识也在不断更新。为满足广大读者的需要,我们撰写了新型单片机技术丛书,包括《MCS-51系列单片机及其兼容机原理》,《单片机接口技术与应用》,《单片机外围电路设计》和《单片机应用技术与实例》共四册。这套丛书题材新颖,内容丰富,深入浅出,既富有科学性与先进性,又具有很高的实用价值。该丛书从不同角度阐述了单片机领域的新知识、新技术和新成果。各分册的内容互相衔接,互相补充,融为一体。可帮助读者解决在设计 and 应用单片机时所遇到的实际问题。可供从事电子技术应用、产品开发、仪器仪表及测控技术的工程技术人员阅读,并可作为大学有关专业的教材。

沙占友教授担任新型单片机实用技术丛书的主编,王晓君、马洪涛、睢丙东、王彦朋副教授担任丛书副主编。

单片机强大的生命力在于应用。我们相信新型单片机技术在我国推广应用必将获得更加丰硕的成果。

沙占友
于河北科技大学

前 言

目前,各种类型的单片机在国内外获得了广泛应用,人们对单片机外围电路的设计也提出了更高的要求。近年来,随着微电子技术、系统集成技术和电子技术的飞速发展,一大批新颖、独特、高集成度、高性价比的单片机外围电路器件如雨后春笋般竞相问世,这对于提高单片机测控系统的可靠性、安全性和性价比起到了重要作用。MCS-51 单片机及其兼容机的外围电路种类繁多,主要包括各种智能化/网络化集成传感器及接口电路,单片数据采集系统,新颖检测电路,集成信号源,基准电压源,集成恒流源,单片 A/D 转换器及单片智能仪表专用集成电路,新型功率器件,线性集成电源及单片开关电源,显示器件等。

目前,单片机外围电路正朝着单片集成化、数字化、智能化、网络化、多功能、低功耗、高可靠性的方向发展。广大读者迫切需要掌握该领域的新技术。鉴于目前国内专门介绍单片机外围电路设计的书籍很少,而且所介绍外围器件的涉及面较窄,难于适应科技发展新形势的需要。为此,我们将近年来从事科研和教学工作中所积累的经验及部分科研成果加以系统总结,并参考国内外厂家提供的最新资料后撰成此书。

本书融先进性、实用性、科学性于一体,主要有以下特点:

第一,全面、系统、多方位地介绍了国内外单片机的新颖外围电路、新器件与新技术,为实现优化设计、完成系统集成创造了有利条件。例如,本书介绍的国际上现正流行的智能化传感器及网络化智能传感器、可编程精密数据采集专用集成电路、带 16 位/24 位 $\Sigma-\Delta$ 式 ADC 和微控制器的高精度数据采集单片系统、单片精密 U/f 、 f/U 转换器,均给人耳目一新的感觉,反映了该领域的国际最新科技成果。

第二,结构严谨,条理清晰,内容由浅入深,循序渐进。以第五章为例,首先介绍线性集成稳压器,再介绍新型低压差集成稳压器,然后重点阐述 21 世纪初国际上新问世的第四代单片开关电源。内容由浅入深、以硬件为主,做到了软、硬件结合。所选用的集成电路均具有代表性。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。本书在介绍大规模或超大规模集成电路时,还详细介绍了其电路设计要点、各种应用电路。第六章还深入阐述了单片机测控系统的电磁兼容性设计。本书对研制和开发新型单片机测控系统、智能仪器仪表,均具有重要参考价值。

第四,信息量大,知识面宽,便于读者触类旁通,灵活运用。

沙占友任本书主编,王彦朋、孟志永、马洪涛、王晓君、薛树琦、葛家怡、陈书旺、张永昌任副主编。沙占友撰写了第一章、第三章和第五章,并完成了全书的审阅及统稿工作。李学芝、孟志永绘制并审阅了全部插图。马洪涛、王晓君、睢丙东、王书海撰写了第二章。王彦朋、孟志永、张永昌、赵立志、任文霞撰写了第四章。薛树琦、葛家怡、陈书旺、李春明、安国臣撰写了第六章。参加本书撰写工作的还有陈庆华、张文清、宋怀文、王志刚、刘立新、张启明、刘东明、赵伟刚等同志。由于作者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,欢迎广大读者给予指正。

作 者

《单片机外围电路设计》编委会

主 编 沙占友

副 主 编 王彦朋 孟志永 马洪涛 王晓君 薛树琦
 葛家怡 陈书旺 张永昌

编 委 沙占友 李学芝 王彦朋 孟志永 马洪涛
 王晓君 薛树琦 葛家怡 陈书旺 张永昌
 睢丙东 王书海 赵立志 李春明 任文霞
 安国臣 陈庆华 张文清 宋怀文 王志刚
 刘立新 张启明 刘东明 赵伟刚

责任编辑 魏永昌

目 录

第 1 章 智能化/网络化传感器及接口技术	(1)
1.1 智能化集成温度传感器的产品分类及发展趋势	(1)
1.1.1 集成温度传感器的产品分类	(1)
1.1.2 智能温度传感器发展的新趋势	(1)
1.2 单线总线智能温度传感器的原理与应用	(3)
1.2.1 DS18B20 型智能温度传感器的工作原理	(4)
1.2.2 由 DS18B20 构成的电脑温控系统	(5)
1.3 基于 I ² C、SMBus 及 SPI 总线的智能温度传感器	(8)
1.3.1 基于 I ² C 总线的 DS1629 型智能温度传感器	(8)
1.3.2 基于 SMBus 的 MAX6654 型智能温度传感器	(11)
1.3.3 基于 SPI 总线的 LM74 型智能温度传感器	(12)
1.4 多通道智能温度传感器的原理与应用	(14)
1.4.1 AD7417 型 5 通道精密智能温度传感器	(14)
1.4.2 LM83 型 4 通道精密智能温度传感器	(16)
1.5 集成转速传感器的原理与应用	(18)
1.5.1 KMI15-1 型集成转速传感器的工作原理	(19)
1.5.2 KMI15-1 型集成转速传感器的典型应用	(21)
1.6 集成加速度传感器的原理与应用	(22)
1.6.1 ADXL05 型单片加速度传感器的工作原理	(22)
1.6.2 ADXL05 型单片加速度传感器的典型应用	(24)
1.7 集成液位传感器的原理与应用	(26)
1.7.1 LM1042 型集成液位传感器的工作原理	(27)
1.7.2 LM1042 型集成液位传感器的典型应用	(30)
1.8 网络化智能精密压力传感器的原理与应用	(31)
1.8.1 PPT、PPTR 系列智能压力传感器的工作原理	(31)
1.8.2 PPT、PPTR 系列智能压力传感器的典型应用	(34)
第 2 章 智能功率器件、控制电路及测控系统	(37)
2.1 智能功率器件	(37)
2.1.1 智能功率器件的特点及产品分类	(37)
2.1.2 智能功率集成电路的原理与应用	(38)
2.1.3 智能功率模块的原理与应用	(41)
2.2 控制系统中的保护电路	(42)
2.2.1 常用保护电路的分类	(42)
2.2.2 保护电路的设计	(43)
2.3 智能化温控系统控制电路的设计	(46)

2.3.1	TMP01 型集成温度控制器	(46)
2.3.2	LM56 型集成温度控制器	(48)
2.4	微处理器芯片温度的控制电路设计	(50)
2.4.1	TC652/653 的性能特点及工作原理	(51)
2.4.2	微处理器散热保护电路的设计	(52)
2.5	智能化粉针药品自动分装系统的设计	(54)
2.5.1	性能简介	(54)
2.5.2	整机电路设计原理及总程序流程图	(55)
2.6	能源自动测控系统的设计	(62)
2.6.1	性能简介	(62)
2.6.2	接口板的设计	(62)
2.6.3	能源自动测控系统的电路设计及主程序流程图	(63)
第 3 章	数据采集系统与新颖检测电路	(68)
3.1	多路模拟开关的原理与应用	(68)
3.1.1	CMOS 集成模拟开关的原理	(68)
3.1.2	多路模拟开关的应用技巧	(69)
3.2	可编程精密数据采集专用集成电路	(72)
3.2.1	TC534 的性能特点	(72)
3.2.2	TC534 的工作原理	(73)
3.2.3	编程方法	(75)
3.2.4	四通道数据采集系统的设计	(76)
3.3	高精度数据采集单片系统	(77)
3.3.1	AD μ C824 的性能特点	(78)
3.3.2	AD μ C824 的工作原理	(78)
3.3.3	AD μ C824 的典型应用	(84)
3.4	HP34970A 型 16 通道高速数据采集系统	(88)
3.4.1	HP34970A 型数据采集系统的性能特点	(88)
3.4.2	软件的汉化	(88)
3.4.3	HP34970A 型数据采集系统的应用	(89)
3.5	真有效值数字电压及电平转换电路	(94)
3.5.1	真有效值数字仪表的基本原理	(94)
3.5.2	单片真有效值/直流转换器的产品分类	(95)
3.5.3	多量程真有效值数字电压表	(96)
3.5.4	多量程真有效值数字电压/电平表	(97)
3.6	测量高阻及超高阻的电路	(98)
3.6.1	测量高阻	(98)
3.6.2	测量超高阻	(99)
3.7	测量电容及电感的电路	(100)
3.7.1	用容抗法测量电容	(100)
3.7.2	测量电感	(103)

3.8	利用锁相技术提高测量精度及分辨力	(104)
3.8.1	锁相技术在流量测控系统中的应用	(104)
3.8.2	利用锁相时钟抑制串模干扰	(107)
3.9	读数保持及开机自动复位电路	(108)
3.9.1	读数保持电路	(109)
3.9.2	开机自动复位电路	(110)
3.10	自动关机和声光报警电路	(110)
3.10.1	自动关机电路	(111)
3.10.2	声光报警电路	(112)
第4章	智能仪器专用集成电路及其应用	(114)
4.1	高精度实时日历时钟电路	(114)
4.1.1	产品分类及性能特点	(114)
4.1.2	SD2000 和 SD2001 系列产品的工作原理	(115)
4.1.3	SD2001 系列产品的典型应用	(118)
4.2	基准电压源	(120)
4.2.1	基准电压源的特点与产品分类	(120)
4.2.2	带隙基准电压源的基本原理	(121)
4.2.3	基准电压源的应用	(122)
4.3	集成恒流源	(124)
4.3.1	恒流源的特点与产品分类	(124)
4.3.2	恒流二极管的原理与应用	(125)
4.3.3	恒流三极管的原理与应用	(127)
4.3.4	可调精密集成恒流源的原理与应用	(128)
4.4	单片精密 U/f 、 f/U 转换器	(129)
4.4.1	AD650 的性能特点	(129)
4.4.2	U/f 转换器的原理与应用	(130)
4.4.3	f/U 转换器的原理与应用	(134)
4.5	带串行接口的多位译码/驱动器	(135)
4.5.1	MAX7219 的性能特点	(135)
4.5.2	MAX7219 的工作原理	(135)
4.5.3	MAX7219 的典型应用及多片级联方法	(137)
4.6	单片多位计数/锁存/译码/驱动器	(138)
4.6.1	ICM7217A 的性能特点	(138)
4.6.2	ICM7217A 的工作原理	(139)
4.6.3	ICM7217A 的典型应用	(140)
4.7	带微处理器的单片 $5\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器	(143)
4.7.1	HI7159/7159A 的性能特点	(143)
4.7.2	HI7159/7159A 的工作原理	(144)
4.7.3	由 HI7159A 构成的 $5\frac{1}{2}$ 位智能数字电压表	(149)
4.8	专配微处理器的 $4\frac{3}{4}$ 位数字多用表集成电路	(150)

4.8.1	MAX134 的性能特点	(150)
4.8.2	MAX134 的工作原理	(151)
4.8.3	由 MAX134 构成数字多用表的基本电路	(154)
4.9	单片电能计量集成电路	(155)
4.9.1	AD7751 的性能特点	(156)
4.9.2	电能计量的基本原理	(156)
4.9.3	AD7751 的工作原理	(157)
4.9.4	AD7751 的典型应用	(161)
4.10	LED 条图显示仪表	(162)
4.10.1	LM3914 型 LED 条图驱动器的原理	(162)
4.10.2	LED 条图显示温度计的电路设计	(164)
第 5 章	单片机测控系统稳压电源的设计	(167)
5.1	线性集成稳压器的应用	(167)
5.1.1	三端固定式集成稳压器的产品分类	(167)
5.1.2	三端固定式集成稳压器的特殊应用	(168)
5.1.3	三端可调式集成稳压器的产品分类	(168)
5.1.4	三端可调式集成稳压器的应用	(169)
5.2	低压差集成稳压器的应用	(170)
5.2.1	低压差集成稳压器的性能特点	(170)
5.2.2	低压差集成稳压器的应用	(172)
5.3	DC/DC 电源变换器	(173)
5.3.1	单片 DC/DC 电源变换器的产品分类	(173)
5.3.2	ICL7660 型极性反转式 DC/DC 电源变换器	(174)
5.3.3	MAX770 型升压式 DC/DC 电源变换器	(175)
5.3.4	MAX639 型降压式 DC/DC 电源变换器	(176)
5.4	线性集成稳压电源散热器的设计	(177)
5.4.1	散热器的设计原理	(177)
5.4.2	散热器的设计方法	(178)
5.4.3	注意事项	(180)
5.5	第四代单片开关电源的工作原理	(180)
5.5.1	TOPSwitch-GX 的产品分类及性能特点	(180)
5.5.2	TOPSwitch-GX 的引脚功能	(182)
5.5.3	TOPSwitch-GX 的工作原理	(182)
5.6	第四代单片开关电源的典型应用	(188)
5.6.1	高效率 70W 通用开关电源模块	(188)
5.6.2	由 TOP249Y 构成的 DC/DC 变换式 250W 开关电源	(189)
5.6.3	由 TOP246Y 构成的 45W 多路输出式开关电源	(190)
5.6.4	使用注意事项	(192)
5.7	第四代单片开关电源的快速设计法	(192)
5.7.1	快速选择 TOPSwitch-GX 芯片的方法	(193)

5.7.2	关键元件的典型参数值	(196)
5.7.3	设计注意事项	(196)
5.8	第四代单片开关电源的测试技术	(197)
5.8.1	TOPSwitch - GX 的性能测试	(197)
5.8.2	测试漏-源击穿电压和关断时的漏电流	(198)
5.8.3	开关电源稳压性能的测试要点	(199)
5.8.4	高频变压器的电气性能测试	(199)
5.9	单片机测控系统的多路电源监视器	(200)
5.9.1	MAX8215 的性能特点	(200)
5.9.2	MAX8215 的工作原理	(200)
5.9.3	单片机测控系统的多路电源监视器	(202)
第 6 章	单片机测控系统的抗干扰设计	(204)
6.1	电磁兼容性的设计与测量	(204)
6.1.1	电磁兼容性的研究领域	(204)
6.1.2	电磁兼容性的设计与测量	(206)
6.2	电磁干扰滤波器的构造原理与应用	(208)
6.2.1	电磁干扰滤波器的构造原理及应用	(209)
6.2.2	电磁干扰滤波器的技术参数及测试方法	(210)
6.3	抑制开关电源的电磁干扰	(212)
6.3.1	单片开关电源的基本电路	(212)
6.3.2	单片开关电源电磁干扰的波形分析	(213)
6.3.3	造成电磁干扰的电路模型	(213)
6.4	单片机测控系统的接地	(215)
6.4.1	接地的作用及方式	(215)
6.4.2	单片机测控系统的接地	(217)
6.5	单片机测控系统的屏蔽	(220)
6.5.1	屏蔽的分类	(220)
6.5.2	静电屏蔽	(220)
6.5.3	磁屏蔽	(222)
6.6	单片机测控系统中常用的抗干扰措施	(222)
6.6.1	干扰的成因及后果	(222)
6.6.2	电路设计中的抗干扰措施	(223)
6.7	利用软件来提高抗干扰能力	(226)
6.7.1	数字滤波器	(226)
6.7.2	其他软件抗干扰技术	(229)
6.8	硬件看门狗电路	(233)
6.8.1	由计数器构成的看门狗电路	(233)
6.8.2	由定时器构成的看门狗电路	(234)
6.8.3	由专用芯片构成的看门狗电路	(234)
6.9	数字信号处理系统的抗干扰措施	(235)

6.9.1 数字信号处理系统的抗干扰措施	(235)
6.9.2 抑制反射干扰噪声的方法	(236)
6.10 设计印制电路的注意事项.....	(236)
参考文献	(238)

第 1 章 智能化/网络化传感器及接口技术

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)。传感器属于信息技术的前沿尖端产品,被广泛用于工农业生产、国防、科研和生活领域。本章专门介绍智能化温度传感器、转速传感器、加速度传感器、液位传感器以及网络化智能精密压力传感器的工作原理、接口技术及典型应用。

1.1 智能化集成温度传感器的产品分类及发展趋势

近百年来,温度传感器的发展大致经历了以下三个阶段;(1)传统的分立式温度传感器(含敏感元件);(2)模拟集成温度传感器/控制器;(3)智能温度传感器。目前,国际上新型温度传感器正从模拟式向数字式、由集成化向智能化、网络化的方向发展。

1.1.1 集成温度传感器的产品分类

1. 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温度传感器。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。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。

2. 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。

3. 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 年代中期问世的。它是微电子技术、计算机技术和自动测试技术(ATE)的结晶。目前,国际上已开发出多种智能温度传感器系列产品。智能温度传感器内部都包含温度传感器、A/D 转换器、信号处理器、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)。智能温度传感器的特点是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);并且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。

1.1.2 智能温度传感器发展的新趋势

进入 21 世纪后,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 $0.5^{\circ}\text{C} \sim 0.0625^{\circ}\text{C}$ 。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,能输出 13 位二进制数据,其分辨力高达 0.03125°C ,测温精度为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。为了提高多通道智能温度传感器的转换速率,也有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. 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。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。

3. 总线技术的标准化与规范化

目前,智能温度传感器的总线技术也实现了标准化、规范化,所采用的总线主要有单线(1-Wire)总线、I²C 总线、SMBus 总线和 SPI 总线。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。

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,其噪声容限低,抑制混叠噪声及量化噪声的能力比较差。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。

为了避免在温控系统受到噪声干扰时产生误动作,在 AD7416/7417/7817、LM75/76、MAX6625/6626 等智能温度传感器的内部,都设置了一个可编程的“故障排队(Fault Queue)”计数器,专用于设定允许被测温度值超过上、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。这意味着假定 $n=3$ 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(Ad-

vanced 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的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 $1000\text{V}\sim 4000\text{V}$ 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. 虚拟传感器和网络传感器

1) 虚拟传感器

虚拟传感器是基于传感器硬件和计算机平台、并通过软件开发而成的。利用软件可完成传感器的标定及校准,以实现最佳性能指标。最近,美国B&K公司已开发出一种基于软件设置的TEDS型虚拟传感器,其主要特点是每只传感器都有惟一的产品序列号并且附带一张软盘,软盘上存储着对该传感器进行标定的有关数据。使用时,传感器通过数据采集器接至计算机,首先从计算机输入该传感器的产品序列号,再从软盘上读出有关数据,然后自动完成对传感器的检查、传感器参数的读取、传感器设置和记录工作。

2) 网络传感器

网络传感器是包含数字传感器、网络接口和处理单元的新一代智能传感器。数字传感器首先将被测温度转换成数字量,再送给微控制器作数据处理,最后将测量结果传输给网络,以便实现各传感器之间、传感器与执行器之间、传感器与系统之间的数据交换及资源共享,在更换传感器时无须进行标定和校准,可做到“即插即用(Plug & Play)”,这样就极大地方便了用户。目前,美国霍尼威尔(Honeywell)公司已开发出网络压力传感器的系列产品。

1.2 单线总线智能温度传感器的原理与应用

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。目前,智能温度传感器已成为集成温度传感器中最具活力和发展前途的一种新产品。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)。按照串行总线来划分,有单线总线(1-Wire)、二线总线(含 1^2C 、SMBus总线)和三线总线(含SPI总线)几种类型。单线

总线智能温度传感器的输出为 9~13 位的二进制数据,分辨力可达 0.5℃~0.0625℃,典型产品有 DS1820、DS18B20、DS18S20。

1.2.1 DS18B20 型智能温度传感器的工作原理

1. DS18B20 的性能特点

DS18B20 是美国 DALLAS 半导体公司继 DS1820 之后最新推出的一种改进型智能温度传感器,可广泛用于工业、民用、军事等领域的温度测量及控制仪器、测控系统和大型设备中,例如多路温度测控仪、中央空调、大型冷库、恒温装置等。DS18B20 在继承 DS1820 全部优点的基础上,主要做了如下改进:

(1)供电电压范围扩大为 3.0 V~5.5V。当 $U_{DD}=3.0\text{ V}\sim5.5\text{ V}$ 时,在 $-10^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 范围内,可确保测量误差不超过 $\pm0.5^{\circ}\text{C}$,在 $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ 范围内,最大测量误差也不超过 $\pm2^{\circ}\text{C}$ 。

(2)温度分辨力可编程。DS1820 的数字温度输出只用 9 位二进制表示,分辨力固定为 0.5℃。欲提高分辨力,只能靠软件计算来实现。而 DS18B20 的数字温度输出可进行 9 位~12 位的编程。通过对便笺式 RAM 中 CONFIG 寄存器的可编程温度分辨力位 R0、R1 进行编程,可设定不同的温度分辨力及最大转换时间,详见表 1.2。

表 1.2 利用 R0、R1 位来设定分辨力和最大转换时间

R1	R0	DS18B20 的工作模式/位	温度分辨力/℃	最大转换时间/ms
0	0	9	0.5	93.75
0	1	10	0.25	187.5
1	0	11	0.125	375
1	1	12	0.0625	750

由表可见,设定的分辨力愈高,所需要的温度-数据转换时间就愈长。因此,在实际应用中需要在分辨力与转换时间二者之间权衡考虑。在芯片出厂时 R1 和 R0 均被配置为“1”,即工作在 12 位模式下。DS18B20 分别工作在 9 位、10 位、11 位和 12 位模式下,所对应的温度分辨力依次为 0.5℃、0.25℃、0.125℃、0.0625℃。当 DS18B20 接收到温度转换命令(44H)后,开始启动转换,转换完成后的温度值就以 16 位带符号扩展的二进制补码形式,存储在便笺 RAM 的第 0、1 字节。在执行读便笺 RAM 命令后,可将这两个字节的温度值通过单线总线传送给主 CPU,高位字节中的符号代表温度值为正还是为负。

(3)DS1820 进行 9 位温度转换所需时间的典型值为 200ms,而 DS18B20 进行 9 位的温度转换仅需 93.75ms。由此可见,DS18B20 的转换速率也比 DS1820 有很大提高。

(4)具有电源反接保护电路。当电源电压的极性接反时,能保护 DS18B20 不会因发热而烧毁,但此时芯片无法正常工作。

(5)DS18B20 的引脚功能和内部框图与 DS1820 完全相同,但其体积比 DS1820 减小了一半。

2. DS18B20 的工作原理

DS18B20 采用 3 脚 PR-35 封装或 8 脚 SOIC 封装,引脚排列如图 1.2.1 所示。I/O 为数据输入/输出端(即单线总线),它属于漏极开路输出,外接上拉电阻后,常态下呈高电平。 U_{DD} 是可供选用的外部 +5V 电源端,不用时需接地。GND 为地,NC 为空脚。其内部框图如图 1.2.2 所示。主要包括 7 部分:①寄生电源;②温度传感器;③64 位激光(laser)ROM 与单线接

口;④高速暂存器,即便笈式 RAM,用于存放中间数据;⑤ T_H 触发寄存器和 T_L 触发寄存器,分别用来存储用户设定的温度上、下限 t_H 、 t_L 值;⑥存储与控制逻辑;⑦8 位循环冗余校验码 (CRC)发生器。

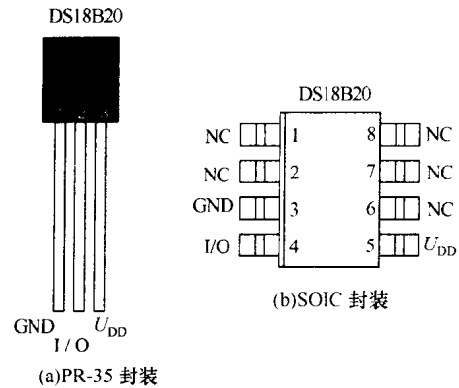


图 1.2.1 DS18B20 的引脚排列

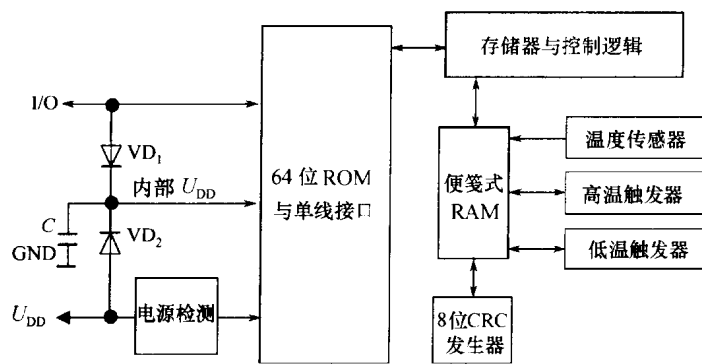


图 1.2.2 DS18B20 的内部框图

DS18B20 内部测温电路框图如图 1.2.3 所示。低温度系数振荡器用于产生稳定的频率 f_0 , 高温度系数振荡器则相当于 T/f 转换器, 能将被测温度 t 转换成频率信号 f 。图中还隐含着计数门, 当计数门打开时, DS18B20 就对低温度系数振荡器产生的时钟脉冲 f_0 进行计数, 进而完成温度测量。计数门的开启时间由高温度系数振荡器来决定。每次测量前, 首先将 -55°C 所对应的基数分别置入减法计数器、温度寄存器中。在计数门关闭之前若计数器已减至零, 温度寄存器中的数值就增加 0.5°C 。然后, 计数器依斜率累加器的状态置入新的数值, 再对时钟计数, 然后减至零, 温度寄存器值又增加 0.5°C 。只要计数门仍未关闭, 就重复上述过程, 直至温度寄存值达到被测温度值。这就是 DS18B20 的测温原理。

1.2.2 由 DS18B20 构成的电脑温控系统

由 DS18B20 构成 6 通道电脑温控系统的电路框图和总电路, 分别如图 1.2.4、图 1.2.5 所示。现使用 6 片 DS18B20 同时测控 6 通道温度(根据实际需要还可任意扩展通道数)。另用一片 DS18B20 专门监测机内 μP 的温度。

主 CPU 采用 80C31 单片机, 再用 4KB 程序存储器 2732 和 8KB 数据存储器 6264 各一片, 分别扩展 ROM 和 RAM。80C31 的时钟采用 12MHz 的晶振, 将 P1.0 口接单线总线, P1.1 口