

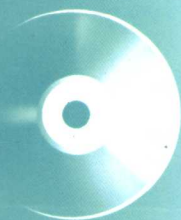


新型单片机
实用技术丛书

单片机

外围电路设计 (第2版)

沙占友 孟志永 王彦朋 等著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

新型单片机实用技术丛书

单片机外围电路设计

(第2版)

沙占友 孟志永 王彦朋 等著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

《单片机外围电路设计》

被评为 2003 年度全国优秀畅销书

(科技类)

第2版前言

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,这对提高单片机测控系统的性价比、可靠性和安全性起到了重要作用。

目前,单片机外围电路正朝着单片集成化、数字化、智能化、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,我们曾撰写了《单片机外围电路设计》一书。该书于2003年1月由电子工业出版社出版后已多次重印,受到国内专家和广大读者的好评,并荣获2003年全国优秀畅销书奖(科技类)。近年来,单片机外围电路发展迅速,为满足广大读者的急需,我们对原书作了修改和删简,并大量补充了新器件、新技术以及作者在教学、科研工作中积累的经验及部分科研成果,撰写成《单片机外围电路设计(第2版)》,新增内容约占全书的50%。

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可编程硅振荡器、智能化传感器及网络化智能传感器、单片数据采集系统、有源EMI滤波器、数字电位器、数字电容器等,均给人耳目一新的感觉,反映了该领域的最新科技成果。

第二,结构严谨,条理清晰,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。

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7章所介绍的基于串行口在线下载的单片机开发系统,不仅在设计上有创新,而且具有很高的实用价值。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。

第五,在随书赠送的光盘中包含了大量最新的单片机外围集成电路英文资料,是不可多得的珍贵技术资料库。

沙占友撰写了第1章、第5章和第8章,与沙占为合撰了第4章,并完成了全书的审阅及统稿工作。孟志永撰写了第7章。马洪涛、安胜彪、张秀清撰写了第2章。睢丙东、张妍、王科撰写了第3章。许云峰制作了配书光盘。王彦朋、于国庆撰写了第6章。文环明、刁彦华、岳永哲撰写了第9章。王书海、安国臣、陈丽婷撰写了第10章。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

2006年2月于河北科技大学

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了强大的生命力，以其独特的优点迅速占领市场并获得广泛应用。20 多年来，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、电子设备、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，2005 年已达到 300 多个。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、使之焕发青春过程中，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，它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和应用单片机时所遇到的实际问题。可供从事电子技术应用、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

目 录

第 1 章 智能化/网络化传感器的原理与应用	(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	(2)
1.2 单线总线智能温度传感器的原理与应用	(4)
1.2.1 DS18B20 型智能温度传感器的工作原理	(4)
1.2.2 DS18B20 型智能温度传感器的典型应用	(6)
1.3 基于 I ² C、SMBus 及 SPI 总线的智能温度传感器	(6)
1.3.1 基于 I ² C 总线的 DS1629 型智能温度传感器	(7)
1.3.2 基于 SMBus 的 MAX6654 型智能温度传感器	(9)
1.3.3 基于 SPI 总线的 LM74 型智能温度传感器	(11)
1.4 多通道智能温度传感器的原理与应用	(12)
1.4.1 LM83 型 4 通道精密智能温度传感器	(13)
1.4.2 MAX1298/1299 型带 5 通道 ADC 的智能温度传感器	(15)
1.4.3 MAX6697 型 7 通道智能温度传感器	(19)
1.5 SHT11/15/71/75 型单片智能化湿度/温度传感器	(21)
1.5.1 SHT11/15/71/75 的性能特点	(21)
1.5.2 SHT11/15/71/75 的工作原理	(22)
1.5.3 SHT11/15/71/75 的典型应用	(25)
1.6 集成转速传感器的原理与应用	(28)
1.6.1 KMI15-1 型集成转速传感器的工作原理	(28)
1.6.2 KMI15/16 系列集成转速传感器的典型应用	(30)
1.7 集成加速度传感器的原理与应用	(32)
1.7.1 ADXL05 型单片加速度传感器的工作原理	(32)
1.7.2 ADXL05 型单片加速度传感器的典型应用	(35)
1.8 电场感应器件的原理与应用	(37)
1.8.1 MC33794 的性能特点	(37)
1.8.2 MC33794 的工作原理	(37)
1.8.3 MC33794 的典型应用	(40)
1.9 网络化智能精密压力传感器的原理与应用	(41)
1.9.1 PPT、PPTR 系列智能压力传感器的工作原理	(42)
1.9.2 PPT、PPTR 系列智能压力传感器的典型应用	(44)
第 2 章 智能传感器系统的原理与应用	(48)
2.1 传感器信号调理器	(48)

2.1.1	传感器信号调理器的特点及产品分类	(48)
2.1.2	传感器信号调理器的原理与应用	(49)
2.2	传感器信号处理器	(57)
2.2.1	传感器信号处理器的特点及产品分类	(57)
2.2.2	传感器信号处理器的原理与应用	(58)
2.3	单片功率测量系统	(60)
2.3.1	功率测量技术	(60)
2.3.2	单片直流功率测量系统的设计	(65)
2.3.3	单片真有效值射频功率测量系统的设计	(67)
2.4	单片宽频带相位差测量系统	(73)
2.4.1	AD8302 型单片宽频带相位差测量系统的原理	(73)
2.4.2	宽频带相位差/频率测量系统的设计	(75)
2.5	单片彩色扫描仪	(77)
2.5.1	扫描仪的产品分类及基本原理	(77)
2.5.2	LM9832 型单片彩色扫描仪的性能特点	(79)
2.5.3	LM9832 型单片彩色扫描仪的工作原理	(80)
2.5.4	LM9832 型单片彩色扫描仪的应用电路	(84)
第 3 章	数字 IC 及智能传感器的接口技术	(86)
3.1	数字 IC 的接口电路	(86)
3.1.1	CMOS 电路与 TTL 电路的接口	(86)
3.1.2	CMOS 电路与晶体管接口	(86)
3.1.3	利用驱动器阵列作接口	(87)
3.1.4	利用施密特触发器作接口	(87)
3.1.5	利用固态继电器作接口	(88)
3.2	单线总线接口与应用	(89)
3.2.1	单线总线接口的通信协议	(89)
3.2.2	单线总线接口的应用	(92)
3.3	I ² C 总线接口与应用	(92)
3.3.1	I ² C 总线的特点	(92)
3.3.2	I ² C 总线的信号定义及数据传输过程	(93)
3.3.3	I ² C 总线接口的应用	(95)
3.4	SMBus 总线接口与应用	(97)
3.4.1	SMBus 总线接口	(97)
3.4.2	SMBus 总线接口的应用	(98)
3.5	SPI 总线接口与应用	(99)
3.5.1	SPI 总线接口概述	(99)
3.5.2	SPI 总线接口的应用	(101)
第 4 章	单片机测控系统的设计	(103)
4.1	智能功率器件	(103)

4.1.1	智能功率器件的特点及产品分类	(103)
4.1.2	智能功率集成电路的原理与应用	(104)
4.1.3	智能功率模块的原理与应用	(107)
4.2	6 通道电脑温控系统的设计	(109)
4.2.1	6 通道电脑温控系统的设计	(109)
4.2.2	程序设计	(112)
4.3	智能化温控系统控制电路的设计	(114)
4.3.1	TMP01 型集成温度控制器	(115)
4.3.2	LM56 型集成温度控制器	(117)
4.4	微处理器芯片温度控制电路的设计	(119)
4.4.1	TC652/653 的性能特点及工作原理	(119)
4.4.2	微处理器散热保护电路的设计	(121)
4.4.3	Pentium 4 处理器散热控制器的设计	(123)
4.5	智能化粉针药品自动分装系统的设计	(129)
4.5.1	性能简介	(129)
4.5.2	整机电路设计原理及总程序流程图	(129)
4.6	能源自动测控系统的设计	(136)
4.6.1	性能简介	(136)
4.6.2	接口板的设计	(137)
4.6.3	能源自动测控系统的电路设计及主程序流程图	(138)
4.7	基于 FPGA 和单片机的低频数字式相位差测量系统	(141)
4.7.1	设计方案	(142)
4.7.2	系统框图	(142)
4.7.3	电路及程序设计	(143)
4.7.4	测量数据及测试结果分析	(147)
4.8	基于以太网的嵌入式单片机网络系统的设计	(147)
4.8.1	嵌入式单片机网络系统的设计方案	(147)
4.8.2	嵌入式单片机网络系统的电路设计	(149)
4.8.3	网卡的配置	(151)
4.8.4	系统参数的自定义设置	(151)
4.8.5	应用实例	(153)
4.9	基于直接数字频率合成器的精密正弦信号发生器	(153)
4.9.1	直接数字频率合成器(DDS)简介	(154)
4.9.2	系统设计方案	(154)
4.9.3	单元电路设计原理及调试方法	(155)
4.9.4	程序设计	(159)
第 5 章 数据采集系统与新颖检测电路		(162)
5.1	多路模拟开关的原理与应用	(162)
5.1.1	CMOS 集成模拟开关的原理	(162)

5.1.2 多路模拟开关的应用技巧	(164)
5.2 可编程精密数据采集专用集成电路	(166)
5.2.1 TC534 的性能特点	(166)
5.2.2 TC534 的工作原理	(167)
5.2.3 编程方法	(169)
5.2.4 4 通道数据采集系统的设计	(170)
5.3 基于 MCU 的单片数据采集系统	(171)
5.3.1 ADuC824 的性能特点	(172)
5.3.2 ADuC824 的工作原理	(172)
5.3.3 ADuC824 的典型应用	(179)
5.4 基于 DSP 的单片数据采集系统	(182)
5.4.1 VERSA1 的性能特点	(182)
5.4.2 VERSA1 的工作原理	(183)
5.4.3 VERSA1 的典型应用	(187)
5.5 HP34970A 型 16 通道高速数据采集系统	(190)
5.5.1 HP34970A 型数据采集系统的性能特点	(190)
5.5.2 软件的汉化	(191)
5.5.3 HP34970A 型数据采集系统的应用	(192)
5.6 真有效值数字电压及电平转换电路	(195)
5.6.1 真有效值数字仪表的基本原理	(195)
5.6.2 单片真有效值/直流转换器的产品分类	(197)
5.6.3 多量程真有效值数字电压表	(199)
5.6.4 多量程真有效值数字电压/电平表	(200)
5.6.5 新型单片真有效值/直流转换器的应用	(201)
5.7 测量高阻及超高阻的电路	(205)
5.7.1 测量高阻	(205)
5.7.2 测量超高阻	(206)
5.8 测量电容及电感的电路	(208)
5.8.1 用脉宽调制法测量电容	(208)
5.8.2 用容抗法测量电容	(210)
5.8.3 用感抗法测量电感及电容	(212)
5.8.4 测量电感的简便方法	(215)
5.9 利用锁相技术提高测量精度及分辨力	(216)
5.9.1 锁相技术在流量测控系统中的应用	(216)
5.9.2 利用锁相时钟抑制串模干扰	(219)
5.10 自动复位、自动关机及声光报警电路	(221)
5.10.1 自动复位电路	(221)
5.10.2 自动关机电路	(221)
5.10.3 声光报警电路	(223)

第 6 章 智能仪器专用集成电路及其应用	(225)
6.1 高精度实时日历时钟电路	(225)
6.1.1 SD2000/2001/2300 系列产品的分类及性能特点	(225)
6.1.2 SD2000 和 SD2001 系列产品的工作原理	(226)
6.1.3 SD2001 系列产品的典型应用	(229)
6.2 硅振荡器	(231)
6.2.1 硅振荡器与石英晶体振荡器的性能比较	(231)
6.2.2 DS1088L 型单路输出式硅振荡器的原理与应用	(232)
6.2.3 DS1099 型双路输出式硅振荡器的原理与应用	(233)
6.2.4 MAX7375 型硅振荡器的原理与应用	(235)
6.3 可编程硅振荡器	(236)
6.3.1 LTC6906 型可编程硅振荡器的原理与应用	(236)
6.3.2 LTC1799 型可编程硅振荡器的原理与应用	(240)
6.4 数字电位器	(242)
6.4.1 数字电位器的性能特点	(242)
6.4.2 数字电位器的工作原理与典型应用	(244)
6.4.3 数字电位器的误差分析	(249)
6.4.4 数字电位器的使用注意事项	(250)
6.5 数字电容器	(250)
6.5.1 X90100 型数字电容器的原理与应用	(251)
6.5.2 MAX1474 微型数字电容器的原理与应用	(253)
6.6 基准电压源	(256)
6.6.1 基准电压源的分类及应用领域	(256)
6.6.2 基准电压源的基本原理	(258)
6.6.3 基准电压源的典型应用	(260)
6.6.4 基准电压源的选择及使用要点	(263)
6.7 集成恒流源	(266)
6.7.1 恒流源的特点与产品分类	(266)
6.7.2 恒流二极管的原理与应用	(267)
6.7.3 恒流三极管的原理与应用	(268)
6.7.4 可调精密集成恒流源的原理与应用	(269)
6.8 单片精密 U/f 、 f/U 转换器	(270)
6.8.1 AD650 的性能特点	(271)
6.8.2 U/f 转换器的原理与应用	(271)
6.8.3 f/U 转换器的原理与应用	(276)
6.9 带串行接口的多位译码/驱动器	(276)
6.9.1 MAX7219 的性能特点	(276)
6.9.2 MAX7219 的工作原理	(277)
6.9.3 MAX7219 的典型应用及多片级联方法	(279)

6.10	单片多位计数/锁存/译码/驱动器	(280)
6.10.1	ICM7217A 的性能特点	(280)
6.10.2	ICM7217A 的工作原理	(280)
6.10.3	ICM7217A 的典型应用	(282)
6.11	具有串行接口及频率测量功能的单片 3½位 A/D 转换器	(284)
6.11.1	UM7108F 的性能特点	(284)
6.11.2	UM7108F 的工作原理	(285)
6.11.3	由 UM7108F 构成的 3½位数字万用表	(289)
6.12	带微处理器的单片 5½位 A/D 转换器	(290)
6.12.1	HI7159A 的性能特点	(290)
6.12.2	HI7159A 的工作原理	(291)
6.12.3	由 HI7159A 构成的 5½位智能数字电压表	(295)
6.13	LED 条图显示仪表	(296)
6.13.1	LM3914/3915/3916 的性能特点	(297)
6.13.2	LM3914 的工作原理	(297)
6.13.3	LM3914 的典型应用	(299)
6.14	单片 4¾位数字/42 段液晶条图双显示智能数字万用表集成电路	(304)
6.14.1	NJU9214 的性能特点	(304)
6.14.2	NJU9214 的工作原理	(306)
6.14.3	由 NJU9214 构成的单片双显示智能数字万用表电路	(308)
第 7 章	基于串行口在线下载的单片开发系统的设计	(310)
7.1	AT89S51 的 ISP 工作原理	(310)
7.1.1	AT89S51 单片机的 ISP 引脚功能	(310)
7.1.2	AT89S51 单片机 ISP 的时序图	(311)
7.1.3	ISP 下载功能的指令集	(311)
7.2	ISP 下载电缆的电路及程序设计	(313)
7.2.1	ATMEL 公司 ISP 下载电缆的电路设计	(313)
7.2.2	Altera 公司 ISP 下载电缆的电路设计	(315)
7.2.3	计算机端 VB 程序的实现	(315)
7.2.4	ISP 的扩展应用	(320)
7.3	基于串行口下载的单片开发系统的设计	(320)
7.3.1	单片机串行口下载的硬件电路设计	(320)
7.3.2	单片机串行口下载的软件设计	(321)
7.4	单片开发系统的电路设计	(332)
7.4.1	LED 驱动电路	(332)
7.4.2	蜂鸣器驱动电路	(333)
7.4.3	红外信号接收电路	(333)
7.4.4	脉冲信号发生器电路	(333)
7.4.5	模拟 I ² C 总线接口电路	(334)

7.4.6	动态扫描显示电路	(334)
7.4.7	矩阵键盘扫描电路	(335)
7.4.8	RS-232 串行口电路	(335)
7.4.9	LCD 控制器接口电路	(336)
7.4.10	微型打印机控制接口电路	(337)
7.4.11	USB 接口电路	(337)
第 8 章	单片机系统稳压电源的设计	(340)
8.1	线性集成稳压器的应用	(340)
8.1.1	三端固定式集成稳压器的产品分类	(340)
8.1.2	三端固定式集成稳压器的特殊应用	(341)
8.1.3	三端可调式集成稳压器的产品分类	(342)
8.1.4	三端可调式集成稳压器的应用	(342)
8.2	低压差集成稳压器的应用	(343)
8.2.1	低压差集成稳压器的性能特点	(343)
8.2.2	低压差集成稳压器的应用	(344)
8.3	线性集成稳压电源的散热器设计	(346)
8.3.1	散热器的设计原理	(346)
8.3.2	散热器的设计方法	(347)
8.3.3	注意事项	(349)
8.4	极性反转式 DC/DC 电源变换器	(349)
8.4.1	单片 DC/DC 电源变换器的产品分类	(349)
8.4.2	ICL7660 型极性反转式 DC/DC 电源变换器的原理与应用	(350)
8.4.3	MAX764 型输出可调式 DC/DC 电源变换器的原理与应用	(352)
8.5	升压式 DC/DC 电源变换器	(355)
8.5.1	升压式 DC/DC 电源变换器的基本原理	(355)
8.5.2	MAX770 型 DC/DC 电源变换器的原理与应用	(356)
8.6	降压式 DC/DC 电源变换器	(356)
8.6.1	降压式 DC/DC 电源变换器的基本原理	(356)
8.6.2	LM2576 型降压式 DC/DC 电源变换器的原理	(357)
8.6.3	LM2576 型降压式 DC/DC 电源变换器的应用	(361)
8.6.4	LM2576 系列降压式 DC/DC 电源变换器的设计要点	(364)
8.7	由脉宽调制器构成的开关电源	(367)
8.7.1	脉宽调制器的产品分类	(368)
8.7.2	脉宽调制器的基本工作原理	(368)
8.7.3	由 UC3842 构成的开关电源	(369)
8.8	第四代单片开关电源的原理与应用	(371)
8.8.1	TOPSwitch-GX 的产品分类及性能特点	(371)
8.8.2	TOPSwitch-GX 的工作原理	(372)
8.8.3	TOPSwitch-GX 的典型应用	(375)

8.9 特种开关电源的电路设计	(380)
8.9.1 复合型开关电源的电路设计	(380)
8.9.2 精密恒压/恒流型开关电源的电路设计	(381)
8.9.3 截流型开关电源的电路设计	(382)
8.9.4 恒功率型开关电源的电路设计	(383)
第9章 电源监控及保护电路	(385)
9.1 微处理器多路电源电压监视器	(385)
9.1.1 MAX8215/8216 的性能特点	(385)
9.1.2 MAX8215 的工作原理	(385)
9.1.3 单片机测控系统的多路电源监视器	(387)
9.2 带看门狗的微处理器监控电路	(388)
9.2.1 HYM705/706 的工作原理	(388)
9.2.2 HYM705/706 的典型应用	(391)
9.3 单片机测控系统中的保护电路	(391)
9.3.1 常用保护电路的分类	(392)
9.3.2 保护电路的设计	(392)
9.4 集成 ESD 保护器件	(397)
9.4.1 人体静电放电 (ESD) 模型及测试方法	(397)
9.4.2 ESD 保护二极管的原理与应用	(399)
9.4.3 多路 ESD 保护器件的原理与应用	(400)
9.5 集成过电压保护器件	(402)
9.5.1 NCP345 型集成过电压保护器的原理与应用	(402)
9.5.2 MAX4843 系列过电压保护器的原理与应用	(404)
9.6 集成过电流保护器件	(406)
9.6.1 LTC4213 型过电流保护器的原理与应用	(406)
9.6.2 AAT4610A 型 USB 接口过电流保护电路的原理与应用	(407)
第10章 单片机测控系统的电磁兼容性设计	(412)
10.1 电磁兼容性的设计与测量	(412)
10.1.1 电磁兼容性的研究领域	(412)
10.1.2 电磁兼容性的设计与测量	(414)
10.2 高频噪声模拟发生器的原理与应用	(417)
10.2.1 高频噪声模拟发生器的性能特点	(417)
10.2.2 高频噪声模拟发生器的工作原理	(417)
10.2.3 高频噪声模拟发生器的应用	(419)
10.3 无源电磁干扰滤波器的构造原理与应用	(422)
10.3.1 无源电磁干扰滤波器的构造原理及应用	(423)
10.3.2 无源电磁干扰滤波器的技术参数及测试方法	(424)
10.4 有源电磁干扰滤波器的原理与应用	(426)
10.4.1 有源电磁干扰滤波器的原理	(426)

10.4.2	有源电磁干扰滤波器的典型应用	(427)
10.5	单片机测控系统的接地及防静电措施	(429)
10.5.1	单片机测控系统的接地方式	(429)
10.5.2	单片机测控系统的防静电措施	(434)
10.6	单片机测控系统中常用的抗干扰措施	(436)
10.6.1	干扰的成因及后果	(436)
10.6.2	电路设计中的抗干扰措施	(436)
10.7	利用软件来提高抗干扰能力	(440)
10.7.1	数字滤波器	(440)
10.7.2	其他软件抗干扰技术	(443)
10.8	硬件看门狗电路	(446)
10.8.1	由计数器构成的看门狗电路	(446)
10.8.2	由定时器构成的看门狗电路	(447)
10.8.3	由专用芯片构成的看门狗电路	(448)
10.9	数字信号处理系统的抗干扰措施	(448)
10.9.1	数字信号处理系统的抗干扰措施	(448)
10.9.2	抑制反射干扰噪声的方法	(449)
10.10	设计印制电路板的注意事项	(449)
10.10.1	设计印制电路板的注意事项	(449)
10.10.2	设计实例	(451)
参考文献		(452)

第 1 章 智能化/网络化传感器的原理与应用

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。我国最近公布的“国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）”，已将传感器网络及智能信息处理、智能感知技术列入其中。本章专门介绍智能化温度传感器、单片智能化湿度/温度传感器、集成转速传感器、加速度传感器、电场感应器件、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、微功耗，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 年代中期间世的。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 $0.5\sim 0.0625^{\circ}\text{C}$ 。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. 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 E^2PROM 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）。

多通道智能温度传感器的测量功能更强大，典型产品有 7 通道智能温度传感器 MAX6697、MAX6698。多通道智能温度传感器的问世，为研制和开发具有高性价比的多路温度测控系统创造了良好条件。

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 Σ - Δ 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。 Σ - Δ 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 (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。

美国 ADI 公司专门开发出适配 Pentium 4 处理器的 ADT7460 型智能化远程散热风扇控制集成电路, 并已用于奔腾 4 计算机产品中。

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, 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