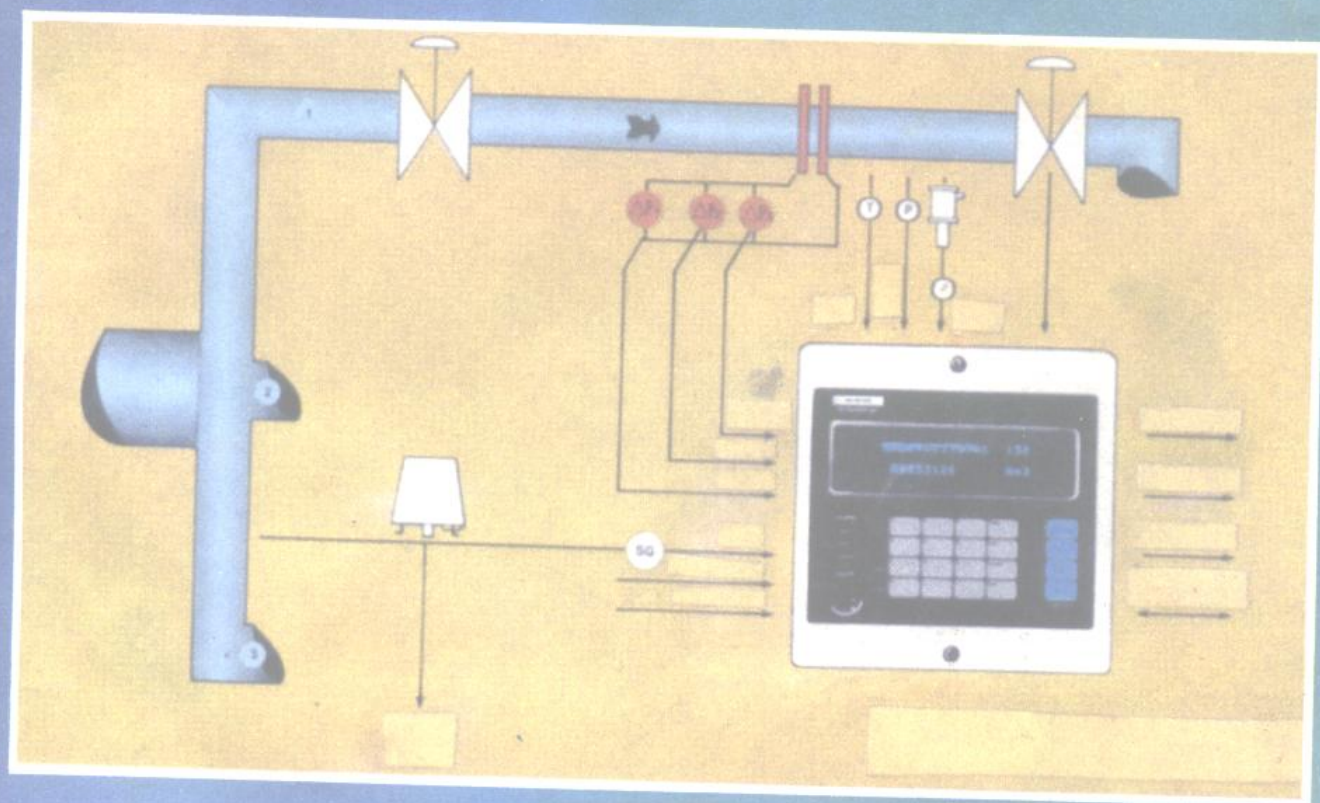


中央电视台  
电视讲座教材

# 微型计算机 与传感器技术

潘新民 王燕芳 编著  
马自卫 审



人民邮电出版社

73.862

858

中央电视台电视讲座教材

# 微型计算机与传感器技术

潘新民 编著  
王燕芳

人民邮电出版社

## 内 容 提 要

本书讲述了传感器—接口—智能化仪器—微型计算机控制系统，并详细地讨论了它们之间的关系、相互作用，以及设计原理。全书分四篇（共十七章）。

第一篇论述微型计算机与传感器的关系及其在智能化仪器中的作用，并对传感器的分类及微型计算机的概况进行了介绍。第二篇重点讲述了工业测量中常用的被测参数—温度、压力、流量、位移、荷重、速度、成分、物位等的测量方法及微型计算机在这些领域中的应用。第三篇主要讲述参数的检测与放大、微型计算机与传感器的接口技术、数据处理方法、打印及显示，以及数字通信技术。第四篇通过实例讲述微型计算机化设计原理及智能化仪器的设计方法。

本书可作为从事工业过程控制工作的科技人员的参考书，也可作为大专院校自动化、仪表及计算机应用等专业教材，及非计算机专业短训班教材。

0030/37-17

## 微型计算机与传感器技术

潘新民 编著  
王燕芳  
责任编辑俞正涛

人民邮电出版社出版  
北京东长安街27号  
小崔各庄印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行  
各地新华书店经售

开本：787×1092 1/16 1988年12月 第一版  
印张：29 8/16 页数：236 1988年12月北京第1次印刷  
字数：736 千字 插页：1 印数：1—30000 册

ISBN7-115-03886-4/TP·031

定价：9.50 元

## 前 言

随着半导体技术的飞跃发展,各种高性能、低价格的微型计算机相继问世,应用越来越广泛。特别是微型计算机在工业过程控制和智能化仪器中的应用已成为当今工业自动化及仪器智能化的重要标志。目前,各种智能化仪器及微型计算机系统象雨后春笋般出现。

参数的测量离不开传感器,微型计算机与传感器的关系,犹如人的大脑与五官的关系一样。大脑和五官通过神经系统联系,而传感器则像人的感觉器官,为计算机提供各种信息。计算机将这些信息进行加工、处理,然后输出,进行显示和控制。但是,由于大多数传感器输出的是模拟信号,而微型计算机却只能处理数字信号。再者,传感器的输出信号的大小及速度也未必与计算机相匹配,因此,必须通过接口电路将二者联系起来。

本书以应用广泛的Z80计算机为主,同时兼顾Intel 8085,特别是对组成智能仪表的单片机一如8048和8051系列也做了相应的介绍。

全书分四篇(共十七章)。第一、二两篇(共九章)主要讲述测量温度、流量、压力、位移、荷重、速度、成分、物位等各种参数的传感器原理及微型机在这些领域中的应用。第三、四两篇(共八章),主要讲述微型计算机与传感器的接口、通信、数据处理方法、微型计算机化设计原理及应用实例。

本书的特点是,它既不同于一般检测技术方面的书,也不同于微型机接口方面的书,它是企图将二者结合起来的综合性教科书。读完本书后,使从事计算机工作的技术人员了解各种参数的测量技术,而从事仪表测量工作的技术人员又可以学到有关微型计算机的接口及数据处理方面的知识,从而照顾到各方面读者的需要。

北京邮电学院马自卫付教授仔细地审阅了全部书稿,并提出许多宝贵意见。另外,在编写过程中,还得到了空军雷达学院王长胤教授的支持与帮助,在此,对他们表示衷心的感谢。

此外,本书在编写与电视教学过程中,还得到了冶金部北京电子设备研究制造厂袁长友(厂长)、蒋蓉、陈凤朝、洪砚钟、韩敬安以及韩小平、王景兰、张京生、张力英、余跃等同志的大力支持与帮助,并提供了宝贵资料。天津理工学院陶惠民(教授),黄永康(付教授)、许耀辉、赵镇(付教授)、王定基、庞明源、薛方津、马艳玲等同志曾给以热情支持,并做了大量工作。在此书出版之际,谨对上述诸同志的支持与帮助,表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,缺点与错误在所难免,恳切希望读者批评指正。

作者 1987年4月20日于天津

# 目 录

## 第一篇 总 论

|                                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| <b>第一章 微型计算机与传感器概述</b> .....            | ( 1 )  |
| 第一节 微型计算机与传感器的关系.....                   | ( 1 )  |
| 第二节 微型计算机与传感器的作用.....                   | ( 4 )  |
| 一、提高劳动生产率.....                          | ( 4 )  |
| 二、提高产品质量.....                           | ( 4 )  |
| 三、减轻劳动强度和改善劳动条件.....                    | ( 4 )  |
| 四、节约能源和降低消耗.....                        | ( 4 )  |
| 五、提高设备使用寿命和保证安全运行.....                  | ( 4 )  |
| 六、加强科学管理, 缩短生产周期, 加速资金周转.....           | ( 5 )  |
| 七、促进科学研究的发展.....                        | ( 5 )  |
| <b>第二章 传感器概述</b> .....                  | ( 6 )  |
| 第一节 传感器的应用范围.....                       | ( 6 )  |
| 第二节 传感器的分类.....                         | ( 7 )  |
| 第三节 传感器的发展趋势.....                       | ( 8 )  |
| 一、小型化.....                              | ( 8 )  |
| 二、多功能化.....                             | ( 8 )  |
| 三、智能化.....                              | ( 8 )  |
| 四、利用最新原理研制新型传感器.....                    | ( 10 ) |
| 第四节 传感器存在的问题.....                       | ( 10 ) |
| <b>第三章 微型计算机概述</b> .....                | ( 11 ) |
| 第一节 微型计算机的分类.....                       | ( 11 ) |
| 一、单板机.....                              | ( 11 ) |
| 二、单片机.....                              | ( 13 ) |
| 三、微型机化的小型计算机.....                       | ( 13 ) |
| 四、位片式微型计算机 ( Bit slice computer ) ..... | ( 14 ) |
| 五、微型计算机系统.....                          | ( 14 ) |
| 第二节 Z 80 简介 .....                       | ( 14 ) |
| 一、Z 80 管脚功能 .....                       | ( 15 ) |
| 二、Z 80 内部结构 .....                       | ( 16 ) |
| 三、Z 80 指令系统 .....                       | ( 18 ) |
| 第三节 Intel 8085 简介 .....                 | ( 19 ) |
| 一、Intel 8085 的管脚功能.....                 | ( 19 ) |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 二、Intel 8085 内部结构 .....    | ( 20 ) |
| 三、Intel 8085 指令系统 .....    | ( 21 ) |
| 第四节 单片微型计算机 .....          | ( 21 ) |
| 一、MCS-48 系列单片机 .....       | ( 23 ) |
| 二、MCS-51 系列单片机 .....       | ( 30 ) |
| 第五节 微型计算机智能化仪器的组成及功能 ..... | ( 32 ) |
| 一、智能化仪器的硬件接口 .....         | ( 32 ) |
| 二、智能仪表的软件 .....            | ( 34 ) |
| 三、智能仪表的功能 .....            | ( 35 ) |

## 第二篇 传 感 器

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| 第四章 温度传感器 .....           | ( 37 ) |
| 第一节 热电偶传感器 .....          | ( 37 ) |
| 一、热电效应 .....              | ( 38 ) |
| 二、热电偶的种类及结构 .....         | ( 39 ) |
| 三、热电偶的使用 .....            | ( 42 ) |
| 四、用微型机对热电偶的非线性进行补偿 .....  | ( 44 ) |
| 五、热电偶模拟输入板 .....          | ( 48 ) |
| 第二节 热电阻传感器 .....          | ( 50 ) |
| 一、热电阻温度传感器 .....          | ( 50 ) |
| 二、热敏电阻温度传感器 .....         | ( 52 ) |
| 三、用微型机对热敏电阻的非线性进行补偿 ..... | ( 53 ) |
| 第三节 红外测温传感器 .....         | ( 54 ) |
| 一、辐射的三个基本定律 .....         | ( 56 ) |
| 二、红外线温度检测原理 .....         | ( 57 ) |
| 三、实际红外测温仪 .....           | ( 58 ) |
| 四、微型机控制的红外测温技术 .....      | ( 59 ) |
| 第四节 温度传感器的近况及发展方向 .....   | ( 60 ) |
| 一、几种新型温度传感器 .....         | ( 61 ) |
| 二、温度测量的发展方向 .....         | ( 68 ) |
| 第五章 流量传感器 .....           | ( 69 ) |
| 第一节 差压式流量计 .....          | ( 69 ) |
| 一、工作原理 .....              | ( 69 ) |
| 二、节流装置的结构及使用注意事项 .....    | ( 72 ) |
| 三、标准孔板的结构 .....           | ( 73 ) |
| 四、差压流量计的安装及使用注意事项 .....   | ( 75 ) |
| 五、差压变送器 .....             | ( 75 ) |
| 第二节 电磁流量计 .....           | ( 77 ) |
| 一、电磁流量计的工作原理 .....        | ( 77 ) |

|                    |         |
|--------------------|---------|
| 二、电磁流量传感器的结构       | ( 78 )  |
| 三、电磁流量变送器原理        | ( 79 )  |
| 第三节 其它流量传感器        | ( 80 )  |
| 一、转子流量计            | ( 80 )  |
| 二、涡街流量传感器          | ( 81 )  |
| 第四节 微型计算机在流量测量中的应用 | ( 83 )  |
| 一、计算机流量测量系统        | ( 84 )  |
| 二、流量测量系统的程序设计      | ( 84 )  |
| 三、国外流量计算机概况        | ( 86 )  |
| 第六章 压力传感器          | ( 91 )  |
| 第一节 弹性式压力计         | ( 91 )  |
| 一、弹簧管压力计           | ( 92 )  |
| 二、薄膜式压力计           | ( 94 )  |
| 三、波紋管式压力计          | ( 96 )  |
| 第二节 压力传感器          | ( 96 )  |
| 一、应变式压力传感器         | ( 97 )  |
| 二、压电式压力传感器         | ( 97 )  |
| 第三节 微型计算机在压力测量中的应用 | ( 98 )  |
| 一、智能压力计            | ( 98 )  |
| 二、锅炉汽包水位的压力修正      | ( 100 ) |
| 第七章 机械量测量传感器       | ( 102 ) |
| 第一节 电阻应变片          | ( 102 ) |
| 一、金属电阻应变片          | ( 104 ) |
| 二、半导体应变片           | ( 110 ) |
| 三、应变片的粘贴           | ( 111 ) |
| 第二节 荷重及力传感器        | ( 112 ) |
| 一、应变电阻式荷重(或力)传感器   | ( 113 ) |
| 二、压磁式传感器           | ( 123 ) |
| 第三节 电子秤            | ( 126 ) |
| 一、电子吊车秤            | ( 128 ) |
| 二、皮带电子秤            | ( 129 ) |
| 三、电子料斗秤            | ( 132 ) |
| 四、电子平台秤            | ( 132 ) |
| 五、电子轨道秤            | ( 132 ) |
| 六、微型计算机在电子秤中的应用    | ( 133 ) |
| 第四节 直线位移传感器        | ( 138 ) |
| 一、电位计式位移传感器        | ( 138 ) |
| 二、电感式位移传感器         | ( 141 ) |
| 三、差动变压器式位移传感器      | ( 143 ) |
| 四、电容式位移传感器         | ( 148 ) |

|                  |         |
|------------------|---------|
| 五、感应同步器          | ( 157 ) |
| 六、光栅传感器          | ( 163 ) |
| 七、微型计算机在位移测量中的应用 | ( 165 ) |
| 第五节 角位移传感器       | ( 166 ) |
| 一、旋转变压器          | ( 166 ) |
| 二、自整角机           | ( 168 ) |
| 三、角度—数字传感器       | ( 173 ) |
| 第六节 转速传感器        | ( 178 ) |
| 一、测速发电机          | ( 178 ) |
| 二、数字式转速传感器       | ( 181 ) |
| 三、微型计算机马达速度控制系统  | ( 184 ) |
| 第八章 成分自动分析传感器    | ( 188 ) |
| 第一节 氧含量传感器       | ( 189 ) |
| 一、固体电解质及浓差电池     | ( 189 ) |
| 二、钢水定氧传感器        | ( 191 ) |
| 三、微型机在钢水定氧中的应用   | ( 195 ) |
| 四、燃烧废气氧含量传感器     | ( 199 ) |
| 第二节 红外线气体分析仪     | ( 202 ) |
| 一、红外线气体吸收原理      | ( 202 ) |
| 二、红外线分析仪的结构      | ( 203 ) |
| 三、取样系统           | ( 204 ) |
| 第三节 湿度传感器        | ( 205 ) |
| 一、湿度的定义及其表示方法    | ( 205 ) |
| 二、几种常用的湿度传感器     | ( 207 ) |
| 三、微型机在湿度测量中的应用   | ( 209 ) |
| 第四节 pH 值传感器      | ( 211 ) |
| 一、pH 值传感器的测量原理   | ( 212 ) |
| 二、工业 pH 计        | ( 213 ) |
| 三、微型机在 pH 计中的应用  | ( 215 ) |
| 第九章 物位传感器        | ( 219 ) |
| 第一节 液位传感器        | ( 219 ) |
| 一、浮力式液位传感器       | ( 219 ) |
| 二、差压式液位传感器       | ( 221 ) |
| 三、色带指示仪          | ( 224 ) |
| 第二节 电容式物位传感器     | ( 225 ) |
| 一、检测原理           | ( 225 ) |
| 二、电容器液位传感器       | ( 226 ) |
| 三、电容式固体料位传感器     | ( 227 ) |
| 第三节 其它物位传感器      | ( 228 ) |
| 一、热敏物位传感器        | ( 228 ) |

|                     |         |
|---------------------|---------|
| 二、 $\gamma$ 射线料位传感器 | ( 228 ) |
| 三、音叉料位传感器           | ( 229 ) |
| 四、激光料面传感器           | ( 230 ) |
| 第四节 微型机在料位测量中的应用    | ( 233 ) |
| 一、测量系统结构及原理         | ( 233 ) |
| 二、料位高度的测量原理及储量的换算   | ( 235 ) |
| 三、软件设计              | ( 236 ) |

### 第三篇 接口及数据处理

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| 第十章 检测信号的测量及放大            | ( 237 ) |
| 第一节 电桥                    | ( 237 ) |
| 一、直流电桥                    | ( 237 ) |
| 二、交流电桥                    | ( 240 ) |
| 三、电桥的电源                   | ( 241 ) |
| 第二节 模拟信号的放大               | ( 243 ) |
| 一、通用运算放大器                 | ( 243 ) |
| 二、仪器用放大器                  | ( 246 ) |
| 三、隔离放大器                   | ( 247 ) |
| 四、可编程增益放大器                | ( 249 ) |
| 第十一章 数据的采样及保持             | ( 254 ) |
| 第一节 多路开关连接方法              | ( 254 ) |
| 一、几种常用的多路开关               | ( 255 ) |
| 二、多路开关的扩展                 | ( 258 ) |
| 第二节 采样/保持电路               | ( 259 ) |
| 一、AD582                   | ( 260 ) |
| 二、LF 198/LF298/LF398      | ( 260 ) |
| 第十二章 模/数、数/模转换技术          | ( 262 ) |
| 第一节 D/A转换器原理及接口           | ( 262 ) |
| 一、D/A转换器原理                | ( 263 ) |
| 二、集成电路D/A转换器              | ( 264 ) |
| 三、D/A转换器的输出极性             | ( 266 ) |
| 四、D/A转换器与CPU接口及程序设计       | ( 267 ) |
| 第二节 A/D转换器原理及其接口          | ( 270 ) |
| 一、逐次逼近型A/D转换器原理           | ( 271 ) |
| 二、集成电路A/D转换器              | ( 271 ) |
| 三、A/D转换器与CPU的连接           | ( 276 ) |
| 四、A/D转换器的程序设计             | ( 279 ) |
| 第三节 3 1/2位A/D转换器—5 G14433 | ( 282 ) |
| 一、5 G14433 的转换原理          | ( 282 ) |
| 二、数字输出方式及显示方法             | ( 284 ) |

|                      |         |
|----------------------|---------|
| 三、5 G14433 的典型应用     | ( 285 ) |
| 第四节 12位数据采集系统        | ( 288 ) |
| 一、概述                 | ( 288 ) |
| 二、AD363的结构           | ( 288 ) |
| 三、AD363操作原理          | ( 290 ) |
| 四、AD363的应用           | ( 293 ) |
| 第五节 A/D、D/A转换器的应用    | ( 297 ) |
| 一、模拟量输入通道的结构形式       | ( 297 ) |
| 二、模拟量输出通道的结构形式       | ( 299 ) |
| 三、A/D、D/A接口的设计       | ( 300 ) |
| 第十三章 数据处理方法          | ( 304 ) |
| 第一节 数字滤波程序的设计        | ( 304 ) |
| 一、几种常用的数字滤波方法        | ( 305 ) |
| 二、高通滤波器              | ( 313 ) |
| 三、带通滤波器              | ( 313 ) |
| 四、各种数字滤波方法的比较        | ( 314 ) |
| 第二节 标度变换程序的设计        | ( 314 ) |
| 一、标度变换原理             | ( 314 ) |
| 二、线性刻度的标度变换          | ( 315 ) |
| 三、非线性参数的标度变换         | ( 317 ) |
| 第三节 非线性补偿及误差修正       | ( 319 ) |
| 一、线性插值法              | ( 319 ) |
| 二、二次抛物线插值法           | ( 323 ) |
| 三、查表法                | ( 324 ) |
| 四、传感器温度误差的修正         | ( 328 ) |
| 五、零位漂移的补正            | ( 328 ) |
| 第十四章 数字显示和打印技术       | ( 330 ) |
| 第一节 LED数码管显示         | ( 330 ) |
| 一、LED数码管的结构及显示原理     | ( 330 ) |
| 二、LED七段数码管十进制显示程序的设计 | ( 331 ) |
| 第二节 CRT显示终端          | ( 339 ) |
| 一、CRT显示的原理           | ( 340 ) |
| 二、CRT显示器与CPU的接口      | ( 345 ) |
| 三、CRT显示终端的应用         | ( 347 ) |
| 第三节 打印机及其接口          | ( 348 ) |
| 一、普通行式打印机            | ( 349 ) |
| 二、点阵式打印机             | ( 352 ) |
| 三、微型打印机              | ( 355 ) |
| 第十五章 数据通信技术          | ( 360 ) |
| 第一节 数据传送方式           | ( 361 ) |

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| 一、并行输入/输出方式 .....                 | ( 361 ) |
| 二、串行输入/输出方式 .....                 | ( 362 ) |
| 第二节 并行接口总线.....                   | ( 366 ) |
| 一、S-100 总线.....                   | ( 366 ) |
| 二、通用仪器接口总线GP-IB.....              | ( 371 ) |
| 三、GB-IB总线接口芯片.....                | ( 374 ) |
| 第三节 串行接口总线.....                   | ( 376 ) |
| 一、RS-232-C 标准接口总线 .....           | ( 376 ) |
| 二、RS-449、RS-422-A 和 RS-423-A..... | ( 381 ) |
| 三、常用串行接口集成电路.....                 | ( 387 ) |
| 第四节 数据通信的应用.....                  | ( 391 ) |
| 一、REMDACS系统.....                  | ( 391 ) |
| 二、REMDACS系统的插件板.....              | ( 393 ) |

## 第四篇 微型机化设计原理

|                        |         |
|------------------------|---------|
| 第十六章 微型计算机系统设计.....    | ( 396 ) |
| 第一节 微型计算机化设计原理及步骤..... | ( 396 ) |
| 一、微型计算机的选择.....        | ( 397 ) |
| 二、微型计算机化仪器设计方法及步骤..... | ( 399 ) |
| 第二节 微型机系统设计实例.....     | ( 402 ) |
| 一、系统概述.....            | ( 402 ) |
| 二、硬件设计.....            | ( 402 ) |
| 三、软件设计.....            | ( 416 ) |
| 第十七章 微型机在智能仪器中的应用..... | ( 435 ) |
| 第一节 多通道光谱分析仪.....      | ( 435 ) |
| 一、吸收光谱分析仪的工作原理.....    | ( 435 ) |
| 二、仪器方程及信号处理.....       | ( 436 ) |
| 三、带微型计算机的红外线分析仪.....   | ( 438 ) |
| 第二节 正弦电压有效值测量仪.....    | ( 440 ) |
| 一、系统硬件设计.....          | ( 440 ) |
| 二、系统软件设计.....          | ( 443 ) |
| 第三节 多托辊电子皮带秤.....      | ( 446 ) |
| 一、工作原理.....            | ( 446 ) |
| 二、系统硬件.....            | ( 447 ) |
| 三、系统软件.....            | ( 450 ) |
| 参考文献.....              | ( 457 ) |

# 第一篇 总 论

## 第一章 微型计算机与传感器概述

### 第一节 微型计算机与传感器的关系

当前，世界上正面临着—场新的技术革命，这场革命的主要基础就是信息技术，它是极大地提高劳动生产率和工作效率为主要特征的。

信息技术主要有三大支柱，一是测量控制技术，二是以微型计算机为代表的计算技术，三是通信技术，三者结合在一起，构成信息系统。近二十年来，信息技术的发展，其作用远远超过汽车、钢铁、化工等传统产业的影响。信息技术的发展给人类社会和国民经济的各个部门和各个领域带来了巨大的、广泛的、深刻的变化。并且，它们正在改变着传统工业的生产方式，带动着传统产业和其它新兴产业的更新和变革，是当今人类社会发展的强大动力。

特别是微型计算机的出现，正在帮助人们实现这一愿望。然而电子计算机只能接收数字信号，对非电量或模拟信号是无能为力的。因此，需要一种装置，它能够把非电量变成电量，再把模拟信号变成数字信号，然后送入计算机进行处理，由计算机发出各种控制命令。这种把非电量变成电量的装置叫做传感器。因此，在现代化的控制系统中，传感器和微型计算机是不可缺少的。

如果以人作比喻，微型计算机就象人的大脑，而各种各样的传感器就好比人的五官，人们用眼睛看，可以感觉到物体的形状、大小和颜色；用耳朵听，可以感觉到声音；用鼻子嗅，可以感觉到气味；用舌头尝可以感觉到苦、辣、酸、甜、咸等味道，而皮肤可以感觉到冷、热等等。当外界刺激通过五官及神经传到人的大脑时，由人的大脑进行处理，作出判断，并指挥肌肉和四肢作出相应的反应，如图1-1所示。

例如，当我们的手碰到一个灼热的物体时，通过触觉（皮肤）传到大脑，使人感到痛和

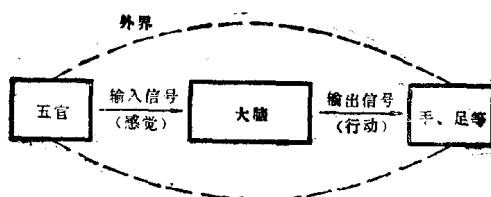


图 1-1 人的信息处理过程

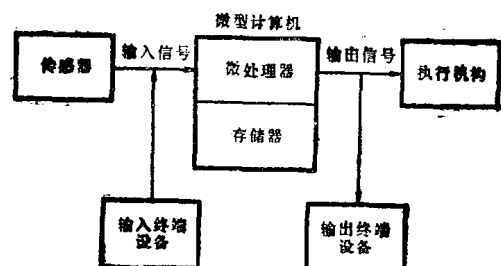


图 1-2 微型计算机和信息处理过程

热，于是大脑发出命令，立刻把手拿开，这种使手离开灼热物体的动作就是人的大脑经过加工和判断作出的决策和发出的命令。

传感器和微型计算机的使用过程中，与此相类似，其原理如图1-2所示。

比较图1-1和图1-2可知，微型计算机系统中与人的五官相当的部分是传感器，而与大脑相当的部分是微型计算机。人是根据大脑的命令移动手、脚或其它器官；而微型计算机系统则是根据微型计算机的命令对执行机构进行操作的。由此可见，采用传感器的微型机系统与人的机能和行动是一一对应的。

各种各样的传感器就是模拟人体的“五官”功能而研制的，特别是机器人的出现，更使其越来越接近人的功能。表1-1示出了人体“五官”与传感器的对应关系。

表 1-1

| 人体的“五官” | 传 感 器          | 物 理 现 象                                    |
|---------|----------------|--------------------------------------------|
| 视觉（眼）   | 光传感器           | 光电效应<br>热电效应<br>热温差效应                      |
| 听觉（耳）   | 压力传感器<br>磁传感器  | 压电效应<br>应变电阻效应<br>磁致伸缩效应<br>霍尔效应<br>约瑟夫森效应 |
| 嗅觉（鼻）   | 气体传感器<br>湿度传感器 | 吸收效应<br>吸收效应                               |
| 味觉（舌）   | 味觉传感器          | 正在根据仿生学及新材料的发展进行研制                         |
| 触觉（皮肤）  | 压力传感器          | 压电效应<br>应变电阻效应                             |
|         | 温度传感器          | 热电阻效应<br>光电效应                              |

微型计算机的发展更是惊人。由于集成电路，特别是大规模集成电路技术上的突破，从七十年代初到现在，只十几年的时间，各式各样的微型计算机如雨后春笋般地出现，并潮水般地涌向市场，为实现各行各业的自动化提供了灵活的、廉价的、可靠的、先进的技术工具。

近几年来，微型计算机的性能不断提高，价格一再下降，“性能/价格”比以每年几倍的速度增长。从1971年第一台微型计算机诞生开始，到现在已经历了五代：

第一代（1971~1972年），1971年4004、MCS-4是在台式计算机的基础上研制而成的。虽然它采用了不少小型计算机的思想，但它的功能较弱，灵活性较差，基本上属于一种可编程的高级台式计算器。1972年Intel公司又推出8008微处理器。第一代微处理器的特点是：（1）采用PMOS工艺；（2）集成度低，为2000~2500晶体管/片；（3）字长4~8位；（4）指令周期10~20 $\mu$ s；（5）10~24条引脚；（6）构成最小系统50~60片。

第二代（1973~1975年），1973年Intel公司研制出8080微处理器和MCS-80微型计算机，速度比8008提高10倍，指令周期达2 $\mu$ s，具有高级中断功能，在结构上完全摆脱了台式计算器的范围，而具有小型机的结构。典型产品有8080A、Motorola公司的M 6800、Rockwell公

司的PPS-8, 仙童公司的F8, Signetics公司的2650等。第二代产品的特性: (1)采用NMOS为主的工艺; (2)集成度达5000晶体管/片; (3)字长8~12位; (4)指令周期 $2\mu\text{s}$ ; (5)40只管脚。

第三代(1976~1977年), 在第二代微处理器的基础上研制出提高型8位机, 例如1976年Intel公司在8080A的基础上研制出8085, Zilog公司的Z80以及Motorola公司1977年宣布M6800的提高型M6802。第三代的另一个标志是单片机, 如Intel公司的8048/8748, Motorola公司的6801, TI公司的TMS1000, Rockwell公司的PPS-4/1, Mostock公司的3870等。在此期间还出现了早期的16位机, 有些是微型化的小型计算机, 如DEC公司的LSI-11, DGC公司的Micro NOVA, 其性能相当于小型机。这期间它们主要采用NMOS工艺, 集成度在9000~12000晶体管/片左右。

第四代(1978~1980年), 从这一代起, 进入超大规模集成电路时代。1978、1979两年美国三大公司先后推出8086、Z8000和M68000, 它们的综合性能超过8位机的5~10倍, 集成度为每 $1/4$ 英寸长的小片上可集成29000~68000个晶体管, 指令周期为 $0.4\sim0.75\mu\text{s}$ 。采用HMOS工艺, 引脚达64条(M68000), 其价格比小型机低1~2个数量级而性能已达到中高档机。1981年Intel公司又推出32位机, iAPX432, 集成度达100000晶体管/片, 进行32位乘法时只需 $5\mu\text{s}$ , 而8086则需要 $2100\mu\text{s}$ 。该机性能已能与大型机相比, 故有“微—大型机”之美称。

第五代为智能计算机。关于智能计算机的概念, 日本人1979年曾指出, 第五代计算机重点应放在逻辑能力上, 要有智能、能够学习、联想、推理, 并能够处理知识信息的高级智能计算机系统, 其目标是每秒推理次数高达 $100\text{M}\sim 1\text{GLIPS}$ 。知识库和数据库机的容量为 $100\sim 1000\text{GB}$ , 能以自然语言、声音、图象和图形与计算机对话。第五代计算机的实现和逐步完善, 才可真正算得上能模拟人的大脑某些功能的计算机。目前, 不少国家, 特别是日本、美国等国家, 都拨以巨款, 大力开展研制工作, 并取得了显著的进展。

当前, 微型计算机的发展速度是相当惊人的, 大约每年更新一代, 其集成度增加一倍, 且性能翻一翻。除了向16位、32位等高档微型机发展外, 还向“多微型机系统”方向发展。

近几年来, 不但主机发展很快, 而且外围设备, 如输入/输出设备、DMA控制器、磁盘驱动器、CRT显示终端、键盘控制设备、打印机、标准仪器接口总线, 如IEEE-488, RS-232-C等, 也都得到了迅速的发展。

除了硬件之外, 微型机系统的软件开发也进展迅速。一方面, 系统软件向标准化、商品化、系列化发展。另一方面, 各种应用软件也应运而生。随着微型计算机在各行各业的广泛应用, 形形色色的应用软件包也相继问世, 并大量涌向市场。

特别是为了便于微型计算机的推广应用, 计算机厂家在推出整机的同时, 还生产了花样繁多的芯片系列、成套部件和功能模块。如可编程定时器, 各种I/O接口, A/D, D/A转换板等等。这样就给用户提供了方便、灵活的条件, 可以根据具体的要求设计、研制、组装相应的专用微处理器或微型计算机系统, 以满足国民经济各部门自动化的要求。

微处理器和微型计算机的迅速发展向自动化的设计人员提出了新的挑战, 因此, 微型机与传感器相结合的技术也越来越引起人们的广泛关注, 一些带微处理器的新型“智能化”仪器不断涌现, 而且正在发挥愈来愈大的作用, 也使传统的仪器、仪表工业及控制理论产生了巨大的变化, 要求人们不断地采用微型机进行控制。本书正是为适应这一形势而编写的。主要以传感器—接口—微型计算机为主线进行讨论, 不仅讲工业过程控制中各种参数的测量方

法，而且讲述微型机与传感器的接口以及微型机化设计原理及方法。

## 第二节 微型计算机与传感器的作用

在现代化技术中，传感器与微型机结合起来，对自动化和信息化起着重要的作用，它在自动化技术中有着重大的意义，概括起来有如下几点：

### 一、提高劳动生产率

采用带有微型机的仪器、仪表对生产过程进行自动控制，可以大大提高劳动生产率。如用微型机控制车床进行切削，一般可提高效率3倍。对车站和码头的物流进行计量和监测，对石油、天然气管线进行监控，对矿山、矿井和其它危险场所进行安全监视，对环境进行监测，均可改善管理，提高效率，保证安全。特别是用计算机和绘图仪对汽车、飞机等进行辅助设计，可以提高功效20~30倍。

### 二、提高产品质量

采用各种传感器和微处理机技术可以对各种工业参数及工业产品，如汽车、发动机、化工产品等进行测试和评定，准确测定产品性能，及时发现隐患，为提高产品质量、改进性能，防止事故发生提供必要的信息和可靠的数据。通过计算机控制，保证了产品的一致性。同时也使原来用人工操作不能生产的产品现在变为有可能生产了。

### 三、减轻劳动强度和改善劳动条件

生产过程中使用传感器和计算机后，可以进行远距离传送和信号处理，使人们可以远离带有各种污染、辐射和各种危害人身健康的操作环境以外工作，从而保证人身安全，并且可以大大减轻人们的劳动强度。各种机器人的使用更使人们得到了有力的助手。如在喷漆工业和 underwater 作业中，广泛地使用机器人代替人进行工作，就是明显例证。

### 四、节约能源和降低消耗

由于对各种能耗及原材料消耗进行计量和控制，因而使能耗大大降低。如民用能源由于安装三表（即电度表、水表、煤气表）计量计费，可以节能50%；工业能源安装三表进行监测和经济合算，可以节能10%，工业窑炉实现燃烧自动控制可以节能10~20%，汽车采用传感器和微处理机可以节油10%。

### 五、提高设备使用寿命和保证安全运行

由于采用传感器和微处理机，可以对各生产设备的关键部位进行监测和控制，并通过报警系统进行预报，因而可以使事故防患于未然。

## 六、加强科学管理，缩短生产周期，加速资金周转

由于把计算机应用到信息管理系统，使事务和经营管理信息能准确、及时、全面地收集加工，并反映到各级工作人员手中，从而大大提高了工作效率。

## 七、促进科学研究的发展

各种各样带微处理器的传感器为科学实验提供了大量的可靠数据，使人们能够进行原来所不能进行的实验，从而促进了科学技术的发展。如生物工程、海洋开发、空间技术等领域的研究都离不开传感器和计算机。

## 第二章 传感器概述

### 第一节 传感器的应用范围

科学技术离不开测量。测量的目的就是要获得被测对象的有关物理或化学性质的信息，以便根据这些信息对被测对象进行评价或控制。完成这一功能的器件就叫传感器 (Transducer)。由于绝大多数的被测量，如温度、压力、流量、液位、成分等等都是非电量，而进行处理和计算的计算机 (或仪器、仪表) 只能接收电量，因此可以说传感器就是专门用来把非电量变成电量的一种装置。如热电偶可以把温度变成  $mV$  信号，力平衡放大器可以把压力、压差变成电信号等等。因此，传感器获得的信息正确与否，直接影响整个系统的精度。在一般系统中，如果传感器的误差很大，后边的测量电路、放大器以及微处理器再精确也是徒劳的。

传感器过去主要是指能够进行非电量和电量之间转换的敏感元件 (Sensor)，现在已将其范围扩大，除敏感元件之外，还包括与输入变换器相连接的信号调制、传递、放大等功能的二次变换器，以及具有显示功能的输出变换器等等。现在，随着微处理器的采用，还出现了一种带微处理器的所谓“智能传感器”。

随着科学技术的发展和人类科学实验的不断深入，测量的各类参数也不断增加，为了获得正确的信息，因此，人们要处理的信息量也与日俱增。表2-1示出了被测量的分类。

表 2-1 测量的分类

| 分 类 | 测 定 量                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------------|
| 机 械 | 长度、厚度、位移、液面、速度、加速度、旋转角、旋转数、质量、重量、力、压力、真空度、力矩、旋转力、风速、流速、流量、振动 |
| 音 响 | 声压、噪声                                                        |
| 频 率 | 频率、时间                                                        |
| 电 气 | 电流、电压、电位、功率、电荷、阻抗、电阻、电容、电感、电磁波                               |
| 磁 性 | 磁通、磁场                                                        |
| 温 度 | 温度、热量、比热                                                     |
| 光   | 照度、光度、彩色、紫外线、红外线、光位移                                         |
| 射 线 | 辐射量、剂量                                                       |
| 湿 度 | 湿度、水分                                                        |
| 化 学 | 纯度、浓度、成分、 $pH$ 值、粘度、密度、比重、气、液、固体分析                           |
| 生 理 | 心音、血压、血流、脉电波、血流冲击、血液氧饱和度、血液气体、分压、气流量、速度、体温、心电图、脑电波、肌肉电图      |
| 信 息 | 模拟、数字量、运算、传递、相关值                                             |