

电子学基础系列  
ELECTRONICS



ELECTRONIC SYSTEM DESIGN

# 电子系统设计

主编 俞承芳

编著 宋万年 陆起涌

张加珍 虞惠华

 复旦大学出版社  
[www.fudanpress.com.cn](http://www.fudanpress.com.cn)

子 学 基 础  
L E C T R O N

ELECTRONIC SYSTEM DESIGN

# 电子系统设计

主 编 俞 承 芳  
编 著 宋 万 年 陆 起 涌  
张 加 珍 虞 惠 华

 复旦大学出版社  
[www.fudanpress.com.cn](http://www.fudanpress.com.cn)

## 图书在版编目(CIP)数据

电子系统设计/俞承芳主编. —上海:复旦大学出版社, 2004. 9  
(电子学基础系列)  
ISBN 7-309-04106-2

I. 电… II. 俞… III. 电子系统-系统设计 IV. TN02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 065999 号

## 电子系统设计

俞承芳 主编

---

出版发行 复旦大学出版社

上海市国权路 579 号 邮编 200433

86-21-65118853(发行部) 86-21-65109143(邮购)

fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

---

责任编辑 梁 玲

装帧设计 孙 曙

总 编 辑 高若海

出 品 人 贺圣遂

---

印 刷 上海第二教育学院印刷厂

开 本 787×960 1/16

印 张 25.25 插页 2

字 数 453 千

版 次 2004 年 9 月第一版第一次印刷

印 数 1—3 100

---

书 号 ISBN 7-309-04106-2/T·282

定 价 39.00 元

---

如有印装质量问题, 请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

## 前 言

复旦大学电子信息教学实验中心主任俞承芳教授约我为该中心编写的系列实验教材作序,我欣然同意,原因是我从切身经历中体会到实验课程的重要。

1956年,我考进复旦大学物理系。大学课程与中学课程最为不同的要算普通物理实验课了,它最难学。难在要自学实验讲义,要写预习报告,要做实验,要写实验报告。每个环节以前都未学过,实验老师对我们的要求又特别严格,我们要花费很多时间去学实验课。也就是这个实验课,使我感到收获最大,受用一生。它培养了我的自学能力、动手能力和严谨的科学态度。当年我们的系主任王福山教授十分重视实验教学。他是理论物理出身,曾与大名鼎鼎的理论物理学家海森伯(Werner Karl Heisenberg,于1932年获诺贝尔物理学奖)共事过。1956年党发出向科学进军的号召,可惜不久就被千万不要忘记阶级斗争的口号声所淹没。即使在“左”占统治地位的年代里,也是在说重实践,要动手。众所周知物质第一性,实践是检验真理的标准。科学实验是人们认识自然、建设社会、创造财富中一个很重要的环节,电子信息实验课在当前日新月异的电子科学与技术教学中更占重要地位。历年来,实验教学一直是复旦大学教学方面的一个强项,一个特色。

为培养具有创新精神的高素质人才,适应电子技术飞跃发展对学生知识结构和能力的要求,复旦大学电子信息教学实验中心的教师积极开展实验教学研究,改革和整合实验课程及其教学内容。经过多年的努力,中心开设了以EDA软件教学为主的《模拟与数字电路基础实验》,以硬件电路设计为主的《模拟与数字电路实验》、《微机原理与接口实验》,以系统设计能力培养为主的《电子系统设计》和以新的电子技术应用为主的《近代无线电实验》等实验课程。这些实验在基础实验阶段要求学生能了解问题,在电路设计阶段要求学生能发现问题,在系统设计阶段要求学生能提出和解决问题。从基础知识的掌握到电路设计的训练,从电子新技术的应用到系统设计能力的培养,对学生业务能力的提高起了很大的作用。

在总结教学改革经验的基础上,该实验中心编写了一系列的实验教材,这套教材既保持了实验课程自身的体系与特色,又与相应的理论课程相衔接。在教材内容上,这套教材取材新颖,知识面宽,既将EDA融合在实验教学中,又强调了硬件电路和系统的设计与实现。

复旦大学工程系的电子学教学实验室经历赵梓光、叶君平、陈瑞涛、蓝

鸿翔、吴皖光、陆廷璋等老师主持实验教学的六十、七十、八十年代,到今天在 211 工程、985 工程和世界银行贷款资助下,在校、院、系领导的大力支持下,俞承芳等教授领导的电子信息教学实验中心得到了更大的发展、充实和提高。此系列教材是实验中心全体人员努力工作的结晶,是一项很好的教学成果。

中国工程院院士、复旦大学首席教授

王威琪

2004 年 6 月

## 编 者 的 话

人类已进入信息时代,信息在科学技术的发展中占有重要的地位。电子技术和计算机技术的发展,使信息的电子化处理成为可能。近年来,电子技术、电子系统的实现方法、设计方法都发生了巨大的转变:由原先采用的纸和笔设计,在硬件制作完成后再用仪器进行验证,转化为采用电子设计自动化工具,在硬件制作之前进行验证,然后再制作硬件。

由于电子技术的不断发展,现代电子系统所采用的技术越来越先进,功能越来越强,结构越来越复杂,作为一个高素质的设计人员应具备扎实的基础知识和开阔的思路,具有发现问题、提出问题、解决问题的能力。为拓宽学生的知识面,培养学生的电子系统设计能力和创新能力,从1999年起在复旦大学电子工程系开设了《电子系统设计》课程,并着手编写本书。

本书共分8章:第1章电子系统设计概论,介绍了现代电子系统的特征、电子系统的设计方法和EDA工具的应用,构成电子系统的子系统类型和硬件实现形式以及设计流程。第2章传感器技术和模拟电路系统,讲述了传感器技术和模拟电路子系统的构成,包括信号调理器、信号发生和变换以及电源技术。第3章基于可编程逻辑器件的数字系统设计,介绍了可编程逻辑器件的原理,具体讲述复杂可编程逻辑器件XC9500系列和现场可编程门阵列FPGA的原理,还介绍了可编程器件的设计与应用实例。第4章基于VHDL的数字电路描述,回顾了数字电路的描述与设计方法,介绍了基于VHDL语言的描述与设计,并列举了用VHDL语言描述的组合电路和时序电路。第5章微处理器系统的接口电路,介绍了微处理器系统的基本构成与基于CPLD的实现方法,并介绍了存储器、并行接口、串行通信接口、数模和模数转换器接口、可编程接口电路。第6章微处理器系统的结构,介绍了X86CPU系统、MCS-51微控制器系统、DSP系统。第7章虚拟仪器,介绍了虚拟仪器概念,虚拟仪器LabVIEW的基本构成,LabVIEW的程序结构与信号分析,虚拟仪器的数据采集硬件和仪器控制。第8章设计实例,介绍了集散系统、虚拟仪器等应用实例。

《电子系统设计》课程的建设得到了学校和院系领导的大力支持,电子信息教学实验中心的诸多老师参加了课程的教学实践。此书的编写汇集了很多老师的教学改革经验,讲义也已经多次试用并在此基础上修改完稿。本书的第1、3、4、5、8

章由俞承芳编写,第2章由俞承芳、宋万年编写,第6章由俞承芳、陆起涌、张加珍编写,第7章由俞承芳、虞惠华编写。在编写的过程中还有很多老师提出意见和建议,给予很大帮助,在此也致以衷心的感谢。此外,还要感谢几位研究生同学鞠伟成、郝寒雪、荣昊亮、李旦、赵倩、王涛为本书制作了部分图稿。鉴于编者的水平与经验,书中的疏漏和错误之处在所难免,欢迎广大读者给予批评和指正,并请提出宝贵意见。

编 者

2004 年 4 月于复旦大学

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第 1 章 电子系统设计概论     | 1  |
| § 1.1 概述           | 1  |
| 1.1.1 问题的提出        | 1  |
| 1.1.2 现代电子系统的特征    | 2  |
| § 1.2 电子系统的设计      | 6  |
| 1.2.1 电子系统的设计方法    | 6  |
| 1.2.2 EDA 工具的应用    | 9  |
| § 1.3 电子系统的构成      | 13 |
| 1.3.1 电子系统的子系统类型   | 13 |
| 1.3.2 电子系统的硬件实现形式  | 15 |
| § 1.4 系统设计流程       | 20 |
| 1.4.1 概述           | 20 |
| 1.4.2 设计方案的制定      | 21 |
| 1.4.3 方案的实现与测试     | 24 |
| 1.4.4 文档处理         | 26 |
| § 1.5 系统设计人员应具备的素质 | 27 |
| 第 2 章 传感器技术和模拟电路系统 | 29 |
| § 2.1 传感器技术        | 29 |
| 2.1.1 概述           | 30 |
| 2.1.2 模拟集成传感器      | 31 |
| 2.1.3 智能传感器        | 33 |
| § 2.2 信号调理器        | 35 |
| 2.2.1 信号的放大        | 36 |
| 2.2.2 仪表放大器        | 37 |
| 2.2.3 滤波器          | 38 |
| 2.2.4 程控放大与滤波      | 41 |
| 2.2.5 隔离放大器        | 42 |



|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| § 2.3 信号发生和变换                     | 46        |
| 2.3.1 集成函数发生器 8038                | 46        |
| 2.3.2 锁相环频率合成器(PLL)               | 47        |
| 2.3.3 基于 PLL 的正弦信号发生器             | 48        |
| 2.3.4 基于相位累加的正弦信号发生器              | 49        |
| 2.3.5 电压频率变换                      | 50        |
| § 2.4 稳压电源                        | 53        |
| 2.4.1 线性稳压电源                      | 53        |
| 2.4.2 开关式稳压电源                     | 54        |
| 2.4.3 DC-DC 变换器                   | 56        |
| <b>第 3 章 基于可编程逻辑器件的数字系统设计</b>     | <b>61</b> |
| § 3.1 可编程逻辑器件的原理                  | 61        |
| 3.1.1 概述                          | 61        |
| 3.1.2 逻辑集成电路的发展                   | 63        |
| 3.1.3 可编程逻辑器件编程技术的发展              | 65        |
| 3.1.4 可编程逻辑器件的分类                  | 67        |
| 3.1.5 可编程逻辑器件在数字系统设计中的应用          | 69        |
| § 3.2 Xilinx 公司的 CPLD-XC9500 系列器件 | 70        |
| 3.2.1 XC9500 系列器件的结构              | 70        |
| 3.2.2 功能块                         | 71        |
| 3.2.3 快速连接矩阵                      | 77        |
| 3.2.4 输入输出块(IOB)                  | 78        |
| § 3.3 现场可编程门阵列 FPGA               | 82        |
| 3.3.1 Xilinx 公司 FPGA 的基本结构        | 82        |
| 3.3.2 可构造的逻辑块(CLB)                | 84        |
| 3.3.3 输入输出块(IOB)                  | 86        |
| 3.3.4 可编程的内连接                     | 90        |
| 3.3.5 RAM 块                       | 91        |
| 3.3.6 DLL                         | 93        |
| § 3.4 可编程逻辑器件的设计                  | 94        |
| 3.4.1 可编程逻辑器件的设计流程                | 94        |
| 3.4.2 可编程逻辑器件的设计软件                | 95        |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 3.4.3 CPLD 的器件编程 .....              | 99         |
| 3.4.4 FPGA 的编程 .....                | 105        |
| §3.5 可编程逻辑器件的应用 .....               | 108        |
| 3.5.1 16 进制数-7 段数码显示器译码电路 .....     | 108        |
| 3.5.2 循环冗余码校验码产生电路 .....            | 110        |
| 3.5.3 基于 FPGA 的可重构系统 .....          | 111        |
| <b>第 4 章 基于 VHDL 的数字电路描述 .....</b>  | <b>115</b> |
| §4.1 数字电路的描述与设计 .....               | 115        |
| 4.1.1 组合电路的描述与设计 .....              | 115        |
| 4.1.2 时序电路的描述与设计 .....              | 117        |
| 4.1.3 基于 EDA 工具的描述与设计 .....         | 121        |
| §4.2 VHDL 语言 .....                  | 121        |
| 4.2.1 VHDL 程序的基本结构 .....            | 121        |
| 4.2.2 VHDL 语言的客体及分类 .....           | 128        |
| 4.2.3 VHDL 语法基础 .....               | 136        |
| §4.3 逻辑描述举例 .....                   | 153        |
| 4.3.1 组合电路设计 .....                  | 153        |
| 4.3.2 时序电路设计 .....                  | 165        |
| <b>第 5 章 微处理器系统的接口电路 .....</b>      | <b>171</b> |
| §5.1 微处理器系统的基本构成 .....              | 171        |
| 5.1.1 微处理器系统的基本结构 .....             | 171        |
| 5.1.2 接口总线 .....                    | 174        |
| 5.1.3 微处理器支持电路 .....                | 176        |
| 5.1.4 存储器和 I/O 接口组织 .....           | 178        |
| 5.1.5 微处理器基本系统的构成与基于 CPLD 的实现 ..... | 182        |
| §5.2 存储器的连接 .....                   | 184        |
| 5.2.1 常用存储器 .....                   | 184        |
| 5.2.2 存储器接口 .....                   | 190        |
| 5.2.3 RAM 信息的断电保护 .....             | 196        |
| §5.3 并行接口 .....                     | 198        |
| 5.3.1 外围设备的扩展方法 .....               | 198        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 5.3.2 并行通信的传送方式 .....             | 199        |
| 5.3.3 并行接口的实现 .....               | 205        |
| 5.3.4 并行接口的应用 .....               | 209        |
| § 5.4 串行通信及接口 .....               | 224        |
| 5.4.1 概述 .....                    | 224        |
| 5.4.2 串行通信的接口标准 .....             | 227        |
| 5.4.3 用于系统内部的串行通信接口 .....         | 234        |
| 5.4.4 串行接口的实现 .....               | 243        |
| § 5.5 数模(D/A)转换器和模数(A/D)转换器 ..... | 245        |
| 5.5.1 D/A 转换器及其接口 .....           | 245        |
| 5.5.2 A/D 转换器及其接口 .....           | 256        |
| § 5.6 可编程接口电路 .....               | 265        |
| 5.6.1 可编程并行接口电路 .....             | 265        |
| 5.6.2 可编程串行接口电路 .....             | 269        |
| 5.6.3 LCD 显示器及接口 .....            | 271        |
| <b>第6章 微处理器系统的结构</b> .....        | <b>277</b> |
| § 6.1 X86CPU 系统 .....             | 277        |
| 6.1.1 X86CPU 及外围电路 .....          | 277        |
| 6.1.2 PC-ISA 总线技术 .....           | 280        |
| 6.1.3 PCI 总线 .....                | 293        |
| 6.1.4 PC104 .....                 | 298        |
| 6.1.5 PC 机的并行接口 .....             | 302        |
| § 6.2 微控制器 .....                  | 306        |
| 6.2.1 MCS-51 系列的微控制器 .....        | 306        |
| 6.2.2 系统的扩展 .....                 | 310        |
| § 6.3 DSP 系统 .....                | 320        |
| 6.3.1 概述 .....                    | 320        |
| 6.3.2 TMS320C54x 数字信号处理器 .....    | 322        |
| 6.3.3 外部总线与接口 .....               | 327        |
| <b>第7章 虚拟仪器</b> .....             | <b>334</b> |
| § 7.1 虚拟仪器概念 .....                | 334        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 7.1.1 虚拟仪器与传统仪器 .....           | 334        |
| 7.1.2 虚拟仪器产品 .....              | 336        |
| § 7.2 虚拟仪器 LabVIEW .....        | 337        |
| 7.2.1 LabVIEW 的基本构成 .....       | 338        |
| 7.2.2 基本功能子模板 .....             | 342        |
| 7.2.3 程序设计 .....                | 346        |
| 7.2.4 程序的运行和调试 .....            | 350        |
| § 7.3 程序结构 .....                | 352        |
| 7.3.1 循环结构 .....                | 352        |
| 7.3.2 选择和顺序结构 .....             | 356        |
| 7.3.3 公式节点 .....                | 360        |
| § 7.4 信号分析 .....                | 361        |
| § 7.5 程序举例 .....                | 362        |
| § 7.6 虚拟仪器的硬件与调用 .....          | 364        |
| 7.6.1 数据采集硬件 .....              | 364        |
| 7.6.2 数据采集的调用 .....             | 365        |
| § 7.7 仪器控制 .....                | 370        |
| 7.7.1 概述 .....                  | 370        |
| 7.7.2 VISA 通信程序 .....           | 370        |
| 7.7.3 基于 GPIB 的仪器控制 .....       | 372        |
| 7.7.4 基于 GPIB 的仪器控制与应用 .....    | 374        |
| <b>第 8 章 设计实例</b> .....         | <b>376</b> |
| § 8.1 集散系统 .....                | 376        |
| 8.1.1 集散系统概述 .....              | 376        |
| 8.1.2 通信模式 .....                | 376        |
| 8.1.3 通信协议 .....                | 378        |
| 8.1.4 系统的硬件构成 .....             | 380        |
| 8.1.5 集散系统实例 .....              | 381        |
| § 8.2 虚拟仪器在存储元件记忆特性测试中的应用 ..... | 382        |
| 8.2.1 测试原理 .....                | 383        |
| 8.2.2 测试系统的构成 .....             | 384        |
| 8.2.3 基于虚拟仪器的测试系统 .....         | 385        |

---

|                    |     |
|--------------------|-----|
| § 8.3 数字录音 .....   | 387 |
| 8.3.1 系统的构成 .....  | 387 |
| 8.3.2 信号的采集 .....  | 388 |
| 8.3.3 存储器的选择 ..... | 389 |
| 参考文献 .....         | 390 |

# 第1章 电子系统设计概论

信息的电子化处理在科学技术的发展中占有重要的地位,在各学科的研究与应用开发中,电子信息处理都是不可缺少的基本手段.由于电子技术的不断发展,现代电子系统所采用的技术越来越先进,功能越来越强,结构越来越复杂,因而对电子系统的设计人员提出了更高的要求.作为一个高素质的设计人员应具备扎实的基础知识和开阔的思路,具有发现问题、提出问题和解决问题的能力.

本章从系统设计的角度,提出了设计现代电子系统需解决的几个问题,讲述的要点为:

- (1) 现代电子系统的特征;
- (2) 电子系统的设计方法与电子设计自动化(EDA)工具的应用;
- (3) 电子系统的构成与实现;
- (4) 系统设计流程;
- (5) 系统设计人员应具备的素质.

## § 1.1 概 述

### 1.1.1 问题的提出

电子系统指由电子元件或部件组成,能产生、传输、处理电信号及信息的系统.

人类已进入信息时代,信息在科学技术的发展中占有重要的地位.由于电子技术和计算机技术的发展,使信息的电子化处理成为可能.在各学科的研究与应用开发中,电子信息处理是不可缺少的基本手段.各种信号(振动、压力、温度、湿度、光、生物电、气体浓度等)都可转换为电信号,并利用电子信息科学的方法对其进行处理.随着科学的发展,信号的提取和处理方法有了飞跃的发展,信号处理由模拟的方法发展到数字的方法,时间域、频率域处理等各种新的理论和方法不断涌现.用现代的实验方法对各类数据和信息进行处理已逐步取代传统的处理方法.

近年来,电子信息科学与技术,如网络技术、数码技术、多媒体技术等迅速发展.电子信息系统的实现方法有了重大进展,嵌入式微控制器(MCU)、可编程逻辑

器件(PLD)、数字信号处理芯片(DSP)、片上系统(SOC)等新的方法正逐步取代由分立元件、单元电路组合成信息系统的方法。电子信息系统设计手段和方法,也由原先采用的纸和笔设计,在硬件制作完成后再用仪器进行验证,转化为采用电子设计自动化工具,在硬件制作之前进行验证,然后再制作硬件。而测试方法也由采用传统的仪器转化为采用数字化仪器仪表,通过计算机控制来提高测试水平和测试结果的处理效果。

由于电子技术的迅速发展,电子系统的应用领域也日益扩大,除了传统的应用领域,如工业自动控制、通信系统、雷达系统、计算机系统、电子测量系统外,医疗电子、信息家电、汽车电子等已成为新的经济增长点。这些应用系统在功能与结构上具有高度的综合性、层次性和复杂性。设计高性能、高可靠型的电子系统已成为电子设计人员必须掌握的一门技术,而在设计的过程中,如何缩短设计周期、降低设计成本已成为衡量设计人员能力的标准之一。

电子系统以电子学的方法对信息进行处理,但处理的对象为各种非电量,如振动、压力、温度、湿度、光、生物电、气体浓度等,所以在讨论如何设计电子系统之前,必须先解决非电量与电量的转换问题,即如何利用各类传感器及相应技术将各种非电信号转换为电信号,然后由电子系统作进一步的处理。

电子系统的设计可以从理论和技术、电路和器件以及设计工具几个方面考虑。

(1) 基本理论和技术包括电子信息处理的基本理论和技术,如电路理论、自动控制原理、信号与系统、数字信号处理、计算机技术、网络技术、数码技术、集成电路设计技术等。通过这些基本理论和技术,可制定系统的方案。

(2) 基本电路与器件包括模拟电路、数字电路以及可编程逻辑器件、MCU、DSP、嵌入式 CPU 等器件。电路与器件是构成系统的基本要素,在方案制定之后,必须采用具体的电路和器件实施方案。

(3) 设计工具包括模拟电路的分析和设计软件,数字电路和可编程逻辑器件的分析和设计软件,用于 MCU、DSP、嵌入式 CPU 开发的仿真软件 and 开发系统,印刷电路板设计软件,集成电路设计软件等。在系统的设计过程中使用这些软件将提高系统的设计效率 and 设计质量。

### 1.1.2 现代电子系统的特征

随着信息时代的到来,传统应用领域中的电子产品不断更新,新的应用领域也不断开拓,成为新的经济增长点。如集散系统、数据采集系统、测量系统、自动控制系统等工业控制和测量设备;固定电话、移动电话、可视电话、交换机等通信设备和

系统; B超、CT、心脏起搏器、心电图仪、心脏监护仪、电子血压计等医疗电子; 调制解调器、网络设备等计算机和网络系统; 示波器、信号源、逻辑分析仪、多用表、电源等测量设备; VCD、DVD 播放机、MP3、HDTV、数字电视、移动电视、PDA、多媒体电脑、智能卡、可视门铃等消费类电子产品; 汽车电子设备等。

图 1-1 为一个典型的集散系统的框图。一个上位机通过通信的方式向终端发送信息并获取终端发回的信息。通信可采用有线或无线的方式, 有线可采用 RS422、RS485 等总线的方式, 无线可采用电台网络, 也可采用 GSM 的短消息通信, 或采用无线上网的方式。每个终端是一个带通信模块的数据采集装置, 通过 A/D 转换器采集所需的数据, 在上位机的控制下将数据通过通信模块发出。

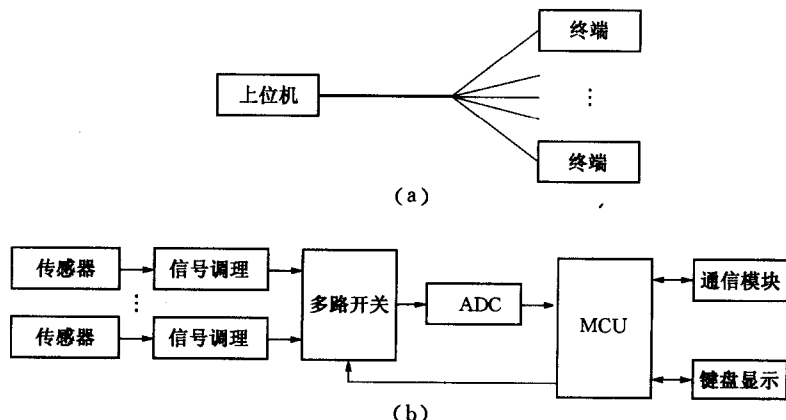


图 1-1 集散系统的框图

图 1-2 为车载导航系统的框图。车载设备通过 GPS 获取当前的地理位置信息, 通过嵌入式平台提供的电子地图标出当前位置。如在地图上标出目的地址时, 可根据道路信息计算出车辆最佳的行驶方案。通过通信模块还可与车辆管理站联系, 以获取管理站对车辆的控制信息, 而车辆也可将其地理位置、车况信息报告管理站。

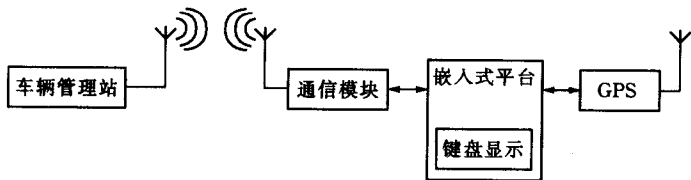


图 1-2 车载导航系统的框图

图 1-3 为直流无刷电机的控制系统框图。直流电机在仪器仪表、化工轻纺、医疗机械、家用电器等领域有着广泛的应用, 传统的直流电机采用电刷以机械的方式



换向,具有结构简单、运行可靠、维护方便等优点,但由于采用了电刷,也带来了噪声、电干扰及寿命短等致命的弱点。直流无刷电机根据转子的位置确定定子各相线圈的通电顺序和时间,通过控制加在线圈上的电流即可控制其转速。它以电子开关替代了传统直流电机的电刷,具有运行效率高、调速性能好、寿命长的优点,其应用日益广泛。

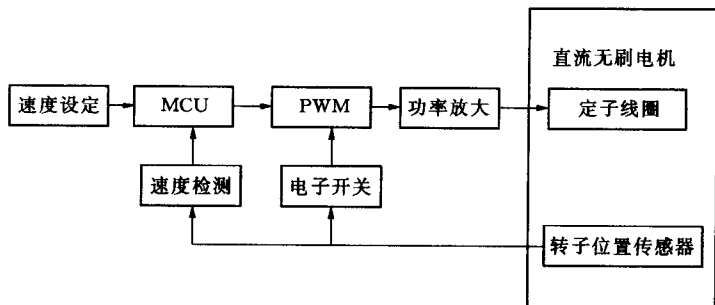


图 1-3 直流无刷电机的控制系统框图

图 1-4 为数据采集器的框图。数据采集器将传感器采集的电信号经信号调理后,由模数转换器变为数字信号,通过 FIFO 输入到 DSP,并存放在存储器中,由 DSP 做进一步的处理,或通过通信接口与其他设备交换数据。

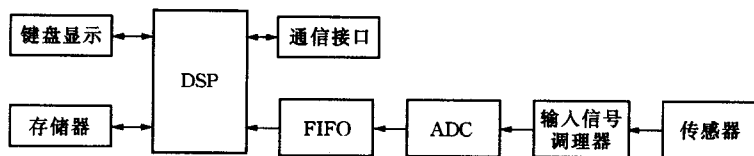


图 1-4 数据采集器的框图

上述这些设备都由各种各样的电子系统组成。在这些电子系统中显示了现代电子系统的数字化、智能化、模块化的特征。

### 一、数字化

根据电子系统应用的场合,可以采用不同的形式,由于数字技术和计算机技术的发展,更多的电子系统采用了数字化技术。

通常以模拟的方式处理信号,随着技术的进步,对模拟方式构成的电子系统有了很多改进,但是鉴于模拟系统固有的特性,其性能局限在一定的水平上。而且由于器件和材料的因素,模拟系统在频率响应、信号噪声比、动态范围等方面均无法有很大的改进。环境温度、电源电压等使用条件的变化以及器件的老化将使系统的