



普通高等教育规划教材

模拟电子技术基础

叶树江 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

模拟电子技术基础

主 编 叶树江
副主编 郑少锋 王 玫
参 编 张继东 侯晓力
主 审 李金平 张立臣



机械工业出版社

本书是面向 21 世纪培养应用型人才的系列教材之一,按照教育部颁发的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》编写。全书内容包括:绪论、半导体二极管及其应用电路、双极型晶体管及其放大器、场效应晶体管放大器、放大器的频率特性、功率放大器、集成运算放大器、反馈放大器、集成运算放大器的应用电路、直流电源以及模拟电子电路读图。本书精选了常规内容,适当增加了新技术、新器件方面的内容,其中包括应用 PSPICE 软件对电子电路进行分析与设计的新方法。本书起点适当,适用面广,突出物理概念的阐述和实际应用,便于自学。

本书可作为电气信息类(电气类、电子类和信息类)应用型本科专业课程的教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础/叶树江主编. —北京:机械工业出版社, 2004.7

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-14626-3

I. 模… II. 叶… III. 模拟电路-电子技术-高等学校-教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 054236 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王保家、闫晓宇

责任编辑:闫晓宇 版式设计:张世琴 责任校对:吴美英

封面设计:张静 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·19 印张·466 千字

定价:26.00 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、88379646

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育应用型人才培养规划教材

编审委员会

- 主任 刘国荣 湖南工程学院
- 副主任 左健民 南京工程学院
- 陈力华 上海工程技术大学
- 鲍 泓 北京联合大学
- 王文斌 机械工业出版社
- 委员 (按姓氏笔画排序)
- 刘向东 华北航天工业学院
- 任淑淳 上海应用技术学院
- 何一鸣 常州工学院
- 陈文哲 福建工程学院
- 陈 峻 扬州大学
- 苏 群 黑龙江工程学院
- 娄炳林 湖南工程学院
- 梁景凯 哈尔滨工业大学 (威海)
- 童幸生 江汉大学

电子与通信类专业分委员会

- 主任 鲍 泓 北京联合大学
- 副主任 张立臣 常州工学院
- 李国洪 华北航天工业学院
- 委 员 (按姓氏笔画排序)
- 邓 琛 上海工程技术大学
- 叶树江 黑龙江工程学院
- 李金平 北京联合大学
- 沈其聪 总参通信指挥学院
- 杨学敏 成都理工大学
- 秘书长 何希才 北京联合大学

序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来,科学技术突飞猛进,国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化发展和我国加入WTO,世界制造业将逐步向我国转移。有人认为,我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此,工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止,我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大的贡献。但据IMD1998年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第36位,与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下,教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校,并于2001、2002年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”,对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的,以适应经济、社会发展对工程教育的新要求,满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言:“科学家研究已有的世界,工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律,所以科学强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学(包括自然科学、技术科学和社会科学)理论和技术手段去改造客观世界的实践活动,所以它强调综合,强调方案优缺点的比较并作出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案,采用不同的培养模式,使用具有不同特点的教材。然而,我国目前的工程教育没有注意到这一点,而是:①过分侧重工程科学(分析)方面,轻视了工程实际训练方面,重理论,轻实践,没有足够的工程实践训练,工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象,导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一,课程结构不合理,知识面过窄,导致知识结构单一,所学知识中有一些内容已陈旧,交叉学科、信息科学的内容知之甚少,人文社会科学知识薄弱,学生创新能力不强。③教材单一,注重工程的科学分析,轻视工程实践能力的培养;注重理论知识的传授,轻视学生个性特别是创新精神的培养;注重教材的系统性和完整性,造成课程方面的相互重复、脱节等现象;缺乏工程应用背景,存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验,自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我国工程教育适应经济、社会的发展,培养更多优秀的工程技术人员,我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材,目的在于改革传统的高等工程教育教材,建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材,满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是:

1. 保证基础,确保后劲

科技的发展,要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此,从内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后具有较强的发展后劲。

2. 突出特色, 强化应用

围绕培养目标, 以工程应用为背景, 通过理论与工程实际相结合, 构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下九字方针: 知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为: “精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上, 挑选出最基本的内容、方法及典型应用; “新”指将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容, 以适应科学技术发展的需要。妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容, 并将这些内容按新的教学系统重新组织; “广”指在保持本学科基本体系下, 处理好与相邻以及交叉学科的关系; “用”指注重理论与实际融会贯通, 特别是要注入工程意识, 包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

3. 抓住重点, 合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课(专业基础课、专业课)教材的建设, 并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设, 力争做好与之配套的电子教材的建设。

4. 精选编者, 确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验, 又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务, 以确保教材质量。

我们相信, 本套系列教材的出版, 对我国工程应用型人才培养质量的提高, 必将产生积极作用, 会为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光, 高瞻远瞩, 及时提出并组织编写这套系列教材, 他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作, 并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件, 在此表示衷心感谢!

编审委员会主任 刘国荣教授
湖南工程学院院长

前 言

随着科技的日新月异，电子技术取得了突飞猛进的发展。如今，它已成为国民经济的强大推动力，成为 21 世纪科技进步的强力支柱。21 世纪的电子技术与电子信息人才，特别是电子技术与电子信息技术的应用型人才，都应扎实地掌握电子技术最基本的理论和技能。

《模拟电子技术基础》是一门用以培养学生电子技术技能的技术基础课程。本课程主要研究常用的半导体元器件组成的基本电子电路的原理和应用。通过本课程的学习，力求使学生能够较好地掌握电子技术的基本理论、基本知识、分析问题的基本方法以及基本技能。

本书在编写过程中，既按照教育部颁发的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》，又考虑到应用型本科人才培养的特殊性，力图在教材体系、内容更新、能力培养等方面有所突破。提出了如下编写思路：精选内容、基础理论简洁精炼、借助 PSPICE 软件实现全面分析与设计。

本书内容具有如下特点：

1. 基础理论简洁精练，通俗易懂，便于自学。
2. 随着电子技术的飞速发展，新技术、新器件不断出现，各种集成电路更是层出不穷。为了使学生在学习基础理论的同时，能够了解电子技术发展的新趋势，尽量削减了分立元件电路的内容，加强了对模拟集成电路的介绍，同时增加了一些必要的新知识、新器件，使教材具有一定的先进性。
3. 为了加强本书的启发性，在介绍基本电路和与之相关的基本概念、基本原理、基本方法后，都尽可能地从实际出发，介绍新颖的电路以及构成该电路的思路。注重理论联系实际，着力提高学生实际应用能力，体现应用型本科人才的培养需求。
4. 在习题与例题中引入 PSPICE 分析软件。
5. 在叙述上由浅入深、由表及里、由简单到复杂，符合学生的认识规律。
6. 在编排上，对于“加深、加宽”的内容，均在其章节名后带有“*”号，以便于教师选讲和读者自学。

参加本书编写工作的教师有：叶树江（第一章、第二章）、郑少锋（第八章）、王玫（第三章第 3、4、5 节、第五章、第七章）、张继东（第二章第 10 节、第三章第 1、2 节、第六章、第九章、第十章）、侯晓力（第四章、第八章第 7 节）。全书由叶树江担任主编，并负责对各章节的润色和定稿，郑少锋、王玫担任副主编。在本书编写过程中，黑龙江工程学院电工电子基础教研室的全体教师给予了大力支持，刘海成、刘美佳等同志还为本书试做了部分习题，并绘制了部分图稿。

本书在编写过程中得到了黑龙江工程学院有关领导的大力支持。

本书由北京联合大学李金平教授、常州工学院张立臣教授担任主审，并得到了教育部前电工课程教学指导委员会委员王毓银教授的关心和指导，并提出了许多宝贵的意见，这对提高本书的质量十分重要。在此我们表示诚挚的谢意！

尽管我们在全书的体系和内容上倾尽全力，但由于编者的学识有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请使用本教材的师生和读者给以批评指正，不胜感激。

编者
2004年4月

本书符号说明

为方便读者阅读,对一些容易混淆的基本符号和与电子器件性能参数相关的符号作如下说明。

一、电压 (U) 和电流 (I)

电子电路中的电压和电流往往不是单一的直流或交流,而是二者兼有。有时需要其中的直流分量,有时则需强调交流分量或动态变化量。为此需要用大、小写符号加上大、小写下标来表示,甚至再加上辅助符号才能说明清楚。现以电路的输入电压(电流)为例加以说明。

1. 大写字母、大写下标

如 $U_I(I_I)$ 表示直流输入电压(电流)或输入电压(电流)中的直流分量;而直流电源电压常用大写双下标表示,如 U_{CC} 、 U_{BB} 、 U_{EE} 等,其中 C、B、E 为所施加的电极符号。

2. 大写字母、小写下标

如 $U_i(I_i)$ 表示交流输入电压(电流)有效值;而 $\dot{U}_i\dot{I}_i$ 为交流相量值(复数);交流输入电压(或电流)的幅值常用 $U_{im}(I_{im})$ 表示。

3. 小写字母、小写下标

如 $u_i(i_i)$ 表示交流输入电压(电流)的瞬时值。

4. 小写字母、大写下标

如 $u_i(i_i)$ 一般用来表示非正弦输入电压(电流)的瞬时总量。其中含有直流分量和交流分量,则它们又可表示为 $u_i = U_I + u_i$ (或 $i_i = I_I + i_i$)。

5. Δ 后跟小写字母、大写下标

如 $\Delta u_i(\Delta i_i)$ 一般用来表示非正弦输入电压(电流)的瞬时变化量。如输入电压(电流)中仅含有交流量,则 $\Delta u_i(\Delta i_i)$ 与 $u_i(i_i)$ 是等价的。

6. Δ 后跟大写字母、大写下标

如 $\Delta U_I(\Delta I_I)$ 表示直流输入电压(电流)的变化量。

二、功率 (P) 和效率 (η)

P_o	交流输出功率
P_{om}	最大交流输出功率
P_T	晶体管平均功率(管耗)
P_E	电源消耗的平均功率
η_{max}	最大效率

三、频率 (f)

f_{bw} (或 BW)	放大电路通频带宽度
f_H 、 f_L	放大电路上、下限频率 (或 -3dB 频率)
f_C	与放大器增益为 0dB 相对应的信号频率
f_P	滤波器截止频率
f_0	振荡频率或重复频率

四、增益 (A)

A_u (\dot{A}_u)	电压增益 (复数电压增益 $\dot{A}_u = \dot{U}_o / \dot{U}_i$)
A_{uo}	开路电压增益 ($R_L = \infty$ 时的电压增益)
A_{us}	源电压增益 (输出电压与信号源电压之比)
A_{um}	中频电压增益
A_{ud}	差模电压增益 (对差模输入信号的电压增益)
A_{uc}	共模电压增益 (对共模输入信号的电压增益)
A_{up}	滤波器的通带增益
A_{uf}	反馈放大电路的闭环电压增益

五、与电子器件相关的符号

1. 二极管 (文字符号为 VD) 和稳压管 (文字符号为 VS)

U_T	温度的电压当量 (室温下, $U_T \approx 26\text{mV}$)
U_{th}	二极管伏安特性曲线中的开启电压
C_j	结电容
C_B	势垒电容
C_D	扩散电容
P	空穴型半导体
N	电子型半导体
r_d	二极管导通时的动态电阻
r_z	稳压管在稳压区的动态电阻
I_F	二极管允许的最大整流电流
$U_{(BR)}$	二极管反向击穿电压
U_{RM}	二极管允许的最高反向工作电压 (通常取 $U_{RM} = \frac{U_{(BR)}}{2}$)
U_Z	稳压管稳定电压
$I_{Z(max)}$	稳压管允许的最大稳定电流
P_{ZM}	稳压管允许的最大耗散功率

2. 双极型晶体管 (文字符号为 VT)

α ($\bar{\alpha}$)	共基接法时交流(直流)电流放大系数
β ($\bar{\beta}$)	共射接法时交流(直流)电流放大系数
$r_{be} = r_{bb'} + r_{b'e}$	b-e 间的动态电阻(它由 $r_{bb'}$ 和 $r_{b'e}$ 组成)
r_{ce}	c-e 之间的动态电阻
g_m	跨导 $\left(g_m = \frac{\Delta i_C}{\Delta u_{BE}} = \frac{\beta}{r_{be}} \right)$
I_{CBO}	发射极开路时, b-c 之间的反向电流
I_{CEO}	基极开路时, c-e 之间的穿透电流 [$I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO}$]
I_{CM}	集电极最大允许电流(此时 β 明显下降)
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时, c-e 之间的击穿电压
$U_{(BR)CER}$	b、e 间接电阻 R 时, c-e 之间的击穿电压
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路时, c-b 之间的击穿电压
$U_{(BR)EBO}$	集电极开路时, e-b 之间的击穿电压
I_{CS}	集电极饱和电流
I_{BS}	基极临界饱和电流 ($I_{BS} = I_{CS}/\beta$)
U_{CES}	c-e 之间的饱和压降
f_T	三极管特征频率(此时 β 下降为 1)

3. 场效应晶体管(文字符号为 VF)

$U_{GS(th)}$ 或 U_T	增强型场效应晶体管的开启电压
I_{DO}	增强型场效应晶体管 $u_{GS} = 2U_T$ 时的 I_D
$U_{GS(off)}$ 或 U_P	耗尽型场效应晶体管的夹断电压
I_{DSS}	耗尽型场效应晶体管 $u_{GS} = 0$ 时的 i_D (也称饱和漏极电流)
g_m	跨导 $\left(g_m = \frac{\Delta i_D}{\Delta u_{GS}} \right)$
r_d 或 r_{ds}	d-s 之间的动态电阻
P_{DM}	场效应晶体管漏极最大允许耗散功率
$U_{(BR)DS}$	d-s 之间的击穿电压
$U_{(BR)GS}$	g-s 之间的击穿电压

4. 集成运放(文字符号为 A)

A_{od}	开环差模电压增益
R_{id}	差模输入电阻
R_{ic}	共模输入电阻
R_o	输出电阻
U_{IO}	输入失调电压
dU_{IO}/dT	输入失调电压温漂
I_{IO}	输入失调电流

dI_{IO}/dT	输入失调电流温漂
$I_{O(max)}$	最大输出电流
I_{IB}	输入偏置电流
K_{CMR}	共模抑制比 ($K_{CMR} = \dot{A}_{od}/\dot{A}_{oc} $)
$U_{ID(MAX)}$	最大差模输入电压
$U_{IC(MAX)}$	最大共模输入电压
f_H	-3dB 带宽
S_R	转换速率

目 录

序

前言

本书符号说明

绪论	1	第一节 绝缘栅型场效应晶体管	87
第一章 半导体二极管及其应用电路	4	第二节 结型场效应晶体管	92
第一节 PN结的机理和特性	4	第三节 场效应晶体管的主要参数及其特点	94
第二节 半导体二极管	9	第四节 场效应晶体管放大电路	96
第三节 特殊二极管	15	第五节 场效应晶体管应用举例	101
第四节 半导体二极管的基本应用电路	19	本章小结	103
第五节 二极管的选用原则	20	习题	104
本章小结	21	第四章 放大器的频率特性	107
习题	21	第一节 频率响应的基本概念	107
第二章 双极型晶体管及其放大器	24	第二节 晶体管和场效应晶体管的高频等效模型	110
第一节 双极型晶体管 (BJT)	24	第三节 单级放大器的频率响应	114
第二节 关于放大器的基本概念	34	第四节 多级放大器的频率响应	120
第三节 共射极基本放大电路的组成及放大作用	39	本章小结	121
第四节 图解分析法	41	习题	122
第五节 放大电路的等效电路分析法	47	第五章 功率放大器	125
第六节 放大器的工作点稳定问题	53	第一节 功率放大器概述	125
第七节 共集电极放大电路和共基极放大电路	57	第二节 乙类双电源互补对称功率放大器	127
第八节 BJT基本放大电路的派生电路	61	第三节 甲乙类互补对称功率放大器	131
第九节 多级放大器	64	第四节 实用互补对称功率放大器举例*	136
第十节 差分放大电路	68	第五节 功率放大器的安全运行	137
第十一节 双极型晶体管放大电路应用举例	76	本章小结	139
本章小结	77	习题	140
习题	77	第六章 集成运算放大器	143
第三章 场效应晶体管放大器	87	第一节 概述	143
		第二节 集成运算放大器中的电流源	144
		第三节 集成运放电路的组成及其各部分的作用	146

第四节	集成运放电路简介	147	第三节	有源滤波器	202
第五节	集成运放的主要参数及 理想集成运放	149	第四节	跨导运算放大器 (OTA) 及其应用*	210
第六节	集成运放的电压传输特性和 低频等效电路	151	第五节	电流反馈运算放大器*	216
第七节	理想集成运放的虚短 和虚断概念	152	第六节	集成功率放大器	220
第八节	集成运放的种类	153	第七节	集成运放工作在非线性区 方面的应用	223
本章小结		155	第八节	集成运算放大器的应用	231
习题		155	本章小结		238
第七章	反馈放大器	157	习题		239
第一节	反馈的基本概念及判断方法	157	第九章	直流电源	246
第二节	电路中交流负反馈的 基本类型	159	第一节	直流电源的组成及各 部分的作用	246
第三节	负反馈放大电路的框图 分析法	162	第二节	小功率整流滤波电路	247
第四节	深度负反馈放大电路	165	第三节	稳压管稳压电路	252
第五节	负反馈对放大电路性能 的影响	168	第四节	串联型稳压电路	255
第六节	负反馈放大器的稳定问题	173	本章小结		267
第七节	反馈放大器的应用	180	习题		268
本章小结		182	第十章	模拟电子电路读图	272
习题		183	第一节	读图的思路 and 步骤	272
第八章	集成运算放大器的 应用电路	188	第二节	读图举例	273
第一节	基本运算电路	188	本章小结		277
第二节	模拟乘法器	197	附录	半导体分立器件型号 命名方法 (部分)	278
			部分习题参考答案		279
			参考文献		287

绪 论

1. 引言

电子科学技术的飞速发展,把人类带进了一个奇妙的电的世界。就像离不开水和空气一样,人们在生活和工作中已经离不开电。目前,世界已进入信息化时代,大量的电子电路、电子系统被应用于电力、通信、控制、测量、计算机、自动化等领域,都已经达到令人鼓舞的先进水平,电子制造业已经成为当今世界最具有发展前途的产业。

电子电路的发展是与电子器件的发展紧密结合的。随着电子器件的不断更新,电子电路的发展经历了以下几个阶段。

从1837年画家出身的美国人莫尔斯(S.F.B.Morse)发明了电报,经历了美国科学家贝尔(A.G.Bell)设计的电话、爱迪生(T.A.Edison)发明了热二极管、意大利的马可尼(G.Marconi)发明了无线电、英国科学家弗莱明(J.A.Fleming)在爱迪生发明的热二极管的基础上发明了实用的真空二极管,一直到1907年,美国人福斯特(L.D.Forst)发明了真空三极管(它对微弱电信号有放大作用),1914年福斯特又用真空三极管构成了振荡电路,从而使电子电路技术进入了实际应用阶段。

1925年,英国的贝尔德(J.L.Baird)首先发明电视。几乎在同时,美国无线电公司的工程师诺基发明了电视显像管。1933年,他利用真空二极管、真空三极管和显像管等,最早发明了电视机。1936年,黑白电视机正式问世了。

1946年,世界又一个奇迹出现了,第一台电子计算机在美国研制成功。这台叫做ENIAC的计算机是以美国数学家纽曼(J.V.Neumann)为首设计的。这台计算机占地约165m²,使用了18000只真空管,重30t,每秒钟运算5000次,这在当时是史无前例的。

人类的生产实践和科学实验是不断发展的,从1948年起,固态电子学的时代向我们走来。1947年,贝尔实验室的布拉丁、巴丁和肖克利发明了一种点接触晶体管。这是一种全新的固态器件,它体积小、电性能稳定、功耗低。这项发明自从1948年公布于世起,很快就应用于通信、电视、计算机等领域,促进了电气和电子工程技术的飞速发展。1958年,利用单晶硅材料,世界上第一片集成电路(Integrated Circuit, IC)在美国诞生,1961年福查德公司生产出了第一片商用IC。20世纪60年代末,在大约1/4英寸见方的小硅片上可以集成68000个晶体管和数千个其他元件。从20世纪70年代起,集成电路技术飞速发展,各种大规模集成电路(Large Scale Integrated, LSI)和超大规模集成电路(Very Large Scale Integrated, VLSI)层出不穷。由于集成电路成本低、尺寸小、可靠性高、电性能优良等优点得到广泛应用,从而引起了工业系统、通信系统、控制系统、计算机系统、测量系统、生物医学系统的革命性发展。目前,单片集成系统已达数千万个元器件,从而可将器件、电路与系统融合于一体,构成一个集成电子系统。今后,单片集成度将以什么样的速度发展?摩尔定律做出的回答是:今后几十年内,单片可集成的晶体管数目将以每14个月翻一番的速度递增。

电子线路或集成电子系统的工作基础就是电信号的产生、传输、处理和接收。表征信息

的电信号在时间上和幅度上可以是连续的或不连续的，从而划分出“模拟电子技术”和“数字电子技术”。无论“模拟电子技术”还是“数字电子技术”都离不开电子系统与信号。

2. 电子系统

所谓电子系统，通常是指由若干相互连接、相互作用的基本电路单元组成的具有特定功能的电路整体。如图 0-1 所示，计算机控制系统由计算机、信号变换电路、被控对象（执行器）、传感器和变送器等环节组成。这些环节在整个系统中是相互依存、相互作用的统一体，缺少哪一部分都不能完成控制功能。因此，它们是计算机控制系统的基本单元，称为子系统。

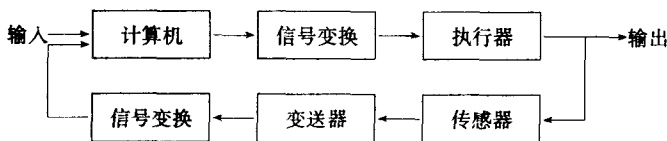


图 0-1 计算机控制系统框图

电子系统的种类很多，如通信系统、自动控制系统、计算机系统等，但一个完善而复杂的电子系统往往是由多个子系统所构成。电子系统的规模可大可小。例如单独考虑一台计算机时，计算机本身自成一个较复杂的系统，它由微处理器、存储器、输入/输出接口电路、外围设备等几个子系统构成，其框图如图 0-2 所示。然而，当我们考虑图 0-1 所示的计算机控制系统时，计算机就变成了这个系统的子系统。需要强调的是：由于大规模集成电路和模拟-数字混合集成电路的大量出现，在单个芯片上可能集成许多种不同类型的电路，从而自成一个系统；电子系统设计者往往把这种芯片作为子系统，然后根据其外特性实现其与一些电路或芯片的互联，从而形成更为复杂和完善的电子系统。

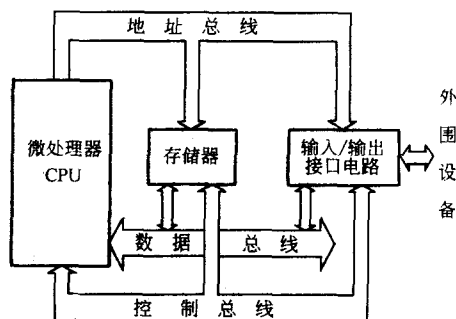


图 0-2 计算机系统框图

本书作为电子技术的基础性教材，将对目前一些最常用的基本模拟电子电路的工作原理

与设计方法进行讨论，包括应用 PSPICE 程序对模拟电子电路进行设计和分析，从而使读者在掌握基本模拟电子电路的工作原理、主要特性、电路之间的互联匹配等基本知识后，通过阅读电子元器件的产品手册，设计出满足技术要求、性能可靠、成本低的应用电子电路，乃至构成功能完善的电子系统。

3. 信号

电子系统正常工作时处理各种信号，这些信号是由电路产生、处理或传输的变化电量，例如电压变量和电流变量，这些信号都是时间的函数。

电子系统中的信号，通常可分为模拟信号和数字信号两大类。

所谓模拟信号，是指“模拟”物理量的变化（如声音、温度等的变化）而所得出的电流或电压信号。例如，在录音机的录音电路中，人们通过驻极话筒把声音高低强弱的变化转换成相应的电压的变化，从而得到可被电子系统所使用的电压信号；在有些家庭影院的放音电