



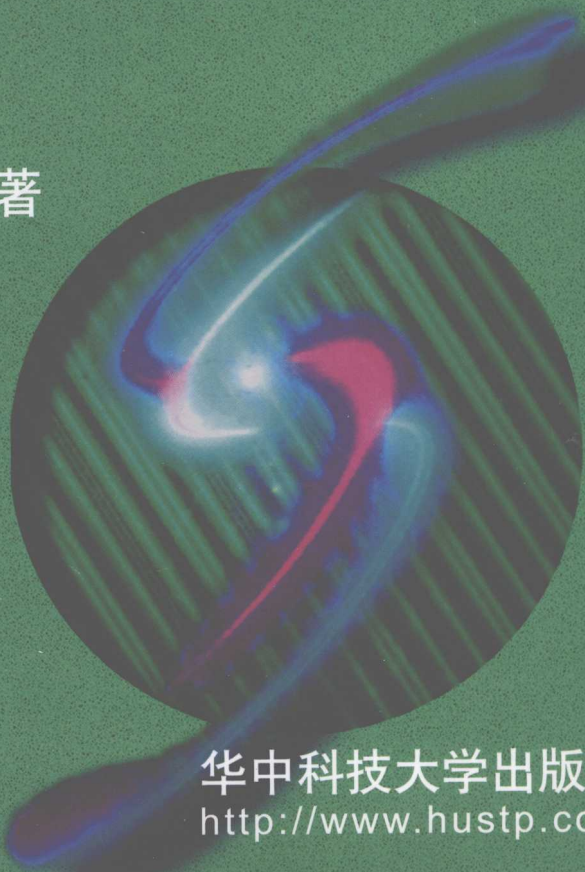
21世纪电工电子系列教材

模拟电子技术基础

廖惜春
廖惜春
徐秀平

主编
项华珍
黄培先

编著



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

TN710/201D

2008

模拟电子技术基础

廖惜春 主编

廖惜春 项华珍 徐秀平 黄培先 编著

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础/廖惜春 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2008年1月

ISBN 978-7-5609-4310-7

I. 模… II. 廖… III. 模拟电路-电子技术 IV. TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第175467号

模拟电子技术基础

廖惜春 主编

责任编辑:李 德

封面设计:潘 群

责任校对:刘 竣

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉众心图文照排中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×960mm 1/16 印张:22.25

字数:400 000

版次:2008年1月第1版

印次:2008年1月第1次印刷

定价:33.80元(含1CD)

ISBN 978-7-5609-4310-7/TN·113

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

前 言

本书是作者依据教育部高等学校电子信息科学与工程类基础课程教学指导分委员会于2004年8月修订的“电子技术基础课程教学基本要求”的内容,结合作者20多年的教学经验,本着对电子电气信息类课程进行教学改革的思路编著而成。

“模拟电子技术基础”课程是电子信息工程、通信工程、电气工程及其自动化以及计算机应用等专业的基础课,也是一门工程应用和实践性很强的课程,因此,本书以“电子技术基础课程教学基本要求”为依据,在内容编排上力求突出基本概念、基本原理和基本分析方法,引导读者抓住重点、突破难点、掌握解题方法,强调理论联系实际,注重培养学生的创新意识、工程素养和解决实际问题的能力。书中每章均列出了基本要求、基础知识,让学生明确重点,把握难点,深入理解,以大量例题详细叙述了分析问题和解决问题的思路和方法,并结合理论分析和实际应用,介绍了模拟电子线路的一些应用示例,以利于自学。每个重要知识点都配有相当数量的习题,使读者可以举一反三,逐步提高分析问题和解决问题的能力。书中介绍了常用EDA技术,以便初学者在学习本书期间能自行设计制作电子电路。

本书力求使读者通过该课程的学习和课外练习(含电路的设计制作练习),熟悉常用电子器件特性及其应用;系统地掌握模拟电子线路及其系统的基本原理、基本概念、基本分析方法和各种功能单元电路的工作原理及其设计方法,为电子系统的工程实现和后续课程的学习打下必备的基础。

全书内容共10章:第1章绪论;第2章半导体二极管及其应用;第3章晶体三极管及其放大电路;第4章场效应管放大电路;第5章功率放大电路;第6章集成运算放大器;第7章负反馈放大电路;第8章波形产生电路;第9章直流稳压电源和第10章电子电路EDA技术简介。其中第1,4,7,9章由廖惜春编写,第2,3章由徐秀平编写,第5,6,8章由项华珍编写,第10章由黄培先编写。廖惜春任主编,负责全书统稿和定稿。

本书可作为普通高等学校电子信息工程、通信工程、电气工程及其自动化、计算机应用、电子信息科学类及其他相近专业本科生学习“模拟电子技术基础”、“低频电子线路”等课程的教材和教学参考书,也可作为相关工程技术人员的参考书。本书在编写过程中得到了五邑大学主管校领导和信息学院领导的大力支持,五邑大学吴今培教授、武汉大学甘良才教授、赵茂泰教授、东南大学林福华教授、五邑大

II 模拟电子技术基础

学张歆奕博士、黄险峰博士、陈鹏博士、杨芷华高级工程师、何文丰副教授以及魏雪云、丘敏、麦汉荣等研究生也给予了大力支持和帮助,参考文献中的各位作者为本书提供了丰富的资料,在此一并表示衷心感谢!

由于作者水平所限,书中的不妥之处,请读者指正。

作 者

2007 年 10 月 于五邑大学

本书符号说明

一、基本规则

$I_B, U_{BE}, I_C, I_E, U_{CE}$ 大写字母、大写下标,表示直流量

I_b, U_{be}, I_c, U_{ce} 大写字母、小写下标,表示交流量有效值

$\dot{I}_b, \dot{U}_{be}, \dot{I}_c, \dot{U}_c, \dot{I}_e, \dot{U}_o$ 电流、电压交流量的相量表示形式

i_B, u_{BE}, i_C, u_{CE} 小写字母、大写下标,表示直流+交流量的总瞬时值

$i_b, u_{be}, i_c, u_{ce}, i_e, i_o$ 小写字母、小写下标,表示交流分量瞬时值

二、基本符号

1. 电流和电压

I_i, U_i 交流输入电流、电压的有效值

I_{id}, U_{id} 交流净输入电流、电压的有效值

I_o, U_o 交流输出电流、电压的有效值

$\dot{I}_f, \dot{U}_f$ 反馈电流,反馈电压

I_Q, U_Q 静态电流,静态电压

I_R 晶体二极管的反向电流

U_{REF} 参考电压

U_{BR} 晶体二极管的反向击穿压

$U_{(BR)CEO}$ 晶体三极管基极开路时 CE 极之间的反向击穿压

I_+, U_+ 集成运算放大器同相输入端的电流、电压

I_-, U_- 集成运算放大器反相输入端的电流、电压

U_T 温度的电压当量

U_{om} 输出电压最大值

U_{CC} 集电极回路或集成运算放大器正电源电压

U_{EE} 发射极回路或集成运算放大器的负电源($-U_{EE}$)电压

U_{BB} 基极回路对地的电压

U_{DD} 场效应管漏极回路对地的电压

U_{SS} 场效应管源极回路对地的电压

U_{GG} 场效应管栅极回路对地的电压

$U_{GS(off)}$ FET 夹断电压

$U_{GS(th)}$ FET 开启电压

2. 功率

P 功率的通用符号

p 瞬时功率

P_O 交流输出功率

P_{om} 交流输出功率最大值

P_C 集电极损耗功率

P_E 电源提供的直流功率

3. 频率

f 频率的通用符号

ω 角频率

$BW_{0.7}$ 3 dB 处通频带

f_o 谐振频率, 中心频率

f_H 放大电路的上限(-3 dB)频率

f_L 放大电路的下限(-3 dB)频率

4. 电阻、电容、电感、阻抗

R (直流或静态)电阻

r 小写字母表示微变(交流动态)电阻

G 电导的通用符号

g 微变电导

R_i, R_o 电路的输入、输出电阻

R_{if}, R_{of} 有反馈时, 电路的输入、输出电阻

R_L 负载电阻

R_s 信号源内阻

R_f 反馈电阻

r_{be} BJT 输入电阻

r_{ce} BJT 输出电阻

r_d 二极管输入电阻

r_{ds} FET 的输出电阻

C 电容的通用符号

C_B 隔直流(耦合)电容器

C_e 交流旁路电容器

$C_{b'e}$ 基极-集电极电容器

$C_{b'e}$ 基极-发射极电容器

C_j 结电容器

C_L 负载电容

L 电感的通用符号

Z 复阻抗通用符号

5. 增益或放大倍数、反馈系数

A 增益或放大倍数的通用符号

$\dot{A}_u$ 、 $\dot{A}_i$ 、 $\dot{A}_p$ 分别为电压、电流和功率增益

$\dot{A}_{ud}$ 差模电压放大倍数

$\dot{A}_{uc}$ 共模电压放大倍数

$\dot{A}_{uo}$ 理想运算放大器开环差模电压增益

$\dot{A}_{od}$ 开环电压增益

$\dot{A}_r$ 、 $\dot{A}_g$ 分别为互阻、互导增益

$\dot{A}_{uf}$ 闭环电压放大倍数

$\dot{A}_{us}$ 考虑信号源内阻时的源电压放大倍数

F 反馈系数的通用符号

$\dot{F}_u$ 、 $\dot{F}_i$ 、 $\dot{F}_r$ 、 $\dot{F}_g$ 分别为电压、电流、互阻、互导反馈系数

三、器件参数符号

g_m 跨导

α 共基极电流放大系数

β 共射极电流放大系数

h_{ie} 、 h_{fe} 、 h_{re} 、 h_{oe} BJT 共发射极接法 H 参数

Ω 、 ω 角频率

f_T 双极型三极管的特征频率

f_β 共射截止频率

f_α 共基截止频率

I_D 二极管电流

I_S 二极管反向饱和电流

I_Z 稳压管稳定电流

I_{CBO} 集电极反向饱和电流(射极开路)

I_{CEO} 集电极——发射极间穿透电流(基极开路)

I_{IB} 集成运算放大器输入偏置电流

I_{IO} 集成运算放大器输入失调电流

U_Z 稳压管稳定电压

$U_{GS(off)}$ 、 $U_{GS(th)}$ 场效应管的夹断电压和开启电压

$U_{(BR)DS}$ 、 $U_{(BR)GD}$ 、 $U_{(BR)GS}$ 分别为漏源、栅漏和栅源之间的击穿电压

$U_{(BR)CEO}$ 基极开路,集电极——发射极间反向击穿电压

$U_{(BR)CBO}$ 发射极开路,集电极——基极间反向击穿电压

$U_{(BR)EBO}$ 集电极开路,发射极——基极间反向击穿电压

U_{CES} 集电极——发射极之间的饱和电压

U_{IO} 集成运算放大器输入失调电压

P_{CM} 集电极最大允许耗散功率

K_{CMRR} 共模抑制比

S_R 集成运算放大器转换速率

四、其他符号

X 电抗通用符号

$\dot{X}$ 反馈电路中的信号量

$\dot{X}_s$ 源信号

$\dot{X}_i$ 输入信号

$\dot{X}_o$ 输出信号

$\dot{X}_f$ 反馈信号

$\dot{X}_{id}$ 静输入(差值)信号

φ 相角

φ_A 基本放大器相角

φ_F 反馈网络相角

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 电子技术的应用	(2)
1.2.1 信号处理	(2)
1.2.2 信号检测与控制	(2)
1.3 电子系统	(3)
1.3.1 电子系统	(3)
1.3.2 电子系统中的信号	(3)
1.4 放大电路的基本知识	(5)
1.4.1 放大器的基本概念	(5)
1.4.2 放大器的主要性能指标	(6)
第2章 半导体二极管及其应用	(10)
2.1 半导体基础与PN结	(10)
2.1.1 半导体及其特性	(10)
2.1.2 本征半导体	(10)
2.1.3 N型半导体和P型半导体	(12)
2.1.4 PN结及其单向导电性	(13)
2.2 半导体二极管	(15)
2.2.1 二极管的结构、类型及符号	(15)
2.2.2 二极管的伏安特性及主要性能参数	(16)
2.2.3 二极管的等效模型及其应用	(20)
2.3 特殊半导体二极管	(22)
2.3.1 稳压管及其应用	(22)
2.3.2 半导体发电器件	(25)
2.4 半导体二极管的应用示例	(29)
2.4.1 整流电路	(29)
2.4.2 开关电路	(29)
2.4.3 限幅电路	(30)
2.4.4 低电压稳压电路	(30)
2.4.5 检波电路	(31)
思考题与习题	(31)
第3章 晶体三极管及其放大电路	(35)
3.1 晶体三极管	(35)
3.1.1 晶体三极管的分类及结构	(35)
3.1.2 三极管的工作原理	(36)

3.1.3	三极管的放大作用	(39)
3.1.4	三极管的特性曲线及主要参数	(40)
3.2	三极管放大电路的基本分析方法	(45)
3.2.1	三极管放大电路的三种组态	(45)
3.2.2	共发射极放大电路的组成	(46)
3.2.3	共发射极放大电路的分析	(47)
3.3	放大电路静态工作点的稳定	(60)
3.3.1	温度对放大电路静态工作点的影响	(60)
3.3.2	分压偏置式共发射极放大电路	(61)
3.4	共集电极和共基极放大电路	(66)
3.4.1	共集电极放大电路	(66)
3.4.2	共基极放大电路	(70)
3.5	多级放大电路	(72)
3.5.1	多级放大电路的级间耦合	(72)
3.5.2	多级放大电路的分析和计算	(76)
3.6	放大电路的频率响应	(78)
3.6.1	频率响应基本概念	(78)
3.6.2	BJT 的高频小信号混合 π 型模型	(80)
3.6.3	单级阻容耦合放大电路的频率特性	(83)
3.6.4	多级放大器的频率响应	(86)
	思考题与习题	(87)
第4章	场效应管放大电路	(94)
4.1	结型场效应管(JFET)	(94)
4.1.1	N 沟道结型场效应管的结构	(94)
4.1.2	N 沟道结型场效应管的工作原理	(95)
4.1.3	结型场效应管的特性曲线	(97)
4.2	绝缘栅场效应管	(99)
4.2.1	N 沟道增强型 MOSFET	(99)
4.2.2	N 沟道耗尽型 MOSFET	(102)
4.2.3	MOS 场效应晶体管使用注意事项	(105)
4.2.4	双栅场效应管(DG FET)	(105)
4.3	FET 的主要参数及特点	(106)
4.3.1	FET 的主要参数	(106)
4.3.2	FET 的特点	(109)
4.4	场效应管放大电路	(110)
4.4.1	直流分析	(111)
4.4.2	小信号模型分析	(114)
4.4.3	共漏极放大电路	(118)
	思考题与习题	(120)

第5章 功率放大电路	(124)
5.1 功率放大电路的特殊问题	(124)
5.1.1 功率放大电路的特点和要求	(124)
5.1.2 提高功率放大电路效率的主要途径	(125)
5.2 乙类互补对称功率放大电路	(126)
5.2.1 无输出电容的双电源互补对称功率放大电路(OCL)	(126)
5.2.2 功率参数分析	(127)
5.2.3 无输出变压器的单电源互补对称功率放大电路(OTL)	(129)
5.3 甲乙类互补对称功率放大电路	(130)
5.3.1 乙类功放的交越失真	(130)
5.3.2 消除交越失真的措施	(130)
5.3.3 具有推动级的单电源甲乙类互补对称(OTL)功率放大电路	(131)
5.3.4 采用复合管的单电源甲乙类准互补对称(OTL)功率放大电路	(131)
5.4 集成功率放大器及其应用	(132)
5.4.1 TDA2006 集成功率放大器简介	(132)
5.4.2 TDA2006 集成功放的典型应用	(133)
思考题与习题	(135)
第6章 集成运算放大器	(138)
6.1 集成电路的特点	(138)
6.2 电流源电路	(138)
6.2.1 镜像电流源	(139)
6.2.2 比例电流源	(140)
6.2.3 微电流源	(140)
6.2.4 改进型电流源	(140)
6.3 差分放大电路	(141)
6.3.1 直接耦合多级放大电路的零点漂移问题	(141)
6.3.2 差分放大电路的组成原理	(142)
6.3.3 差分放大电路的静态分析	(143)
6.3.4 差分放大电路的动态分析	(144)
6.3.5 带恒流源的差分放大电路	(150)
6.3.6 差分放大电路的应用举例——感应式测厚仪	(152)
6.4 集成运算放大器的组成原理和主要技术参数	(153)
6.4.1 集成运算放大器的组成	(153)
6.4.2 集成运算放大器的主要技术参数	(155)
6.4.3 理想运算放大器的特点及其分析方法	(157)
6.5 模拟信号的运算电路	(159)
6.5.1 比例运算电路	(159)
6.5.2 加法运算电路	(162)
6.5.3 减法运算电路	(164)
6.5.4 积分运算电路	(164)
6.5.5 微分运算电路	(165)

6.5.6 模拟乘法器	(166)
6.6 有源滤波器	(168)
6.6.1 滤波器的作用和分类	(168)
6.6.2 低通有源滤波器(LPF)	(169)
6.6.3 高通有源滤波器(HPF)	(171)
6.6.4 带通有源滤波器(BPF)	(172)
6.6.5 带阻有源滤波器(BEF)	(173)
6.7 电压比较器	(175)
6.7.1 单限比较器	(175)
6.7.2 滞回比较器	(176)
6.7.3 双限比较器(窗口比较器)	(177)
6.8 集成运算放大器在使用中的一些问题	(179)
6.8.1 集成运算放大器的选用	(179)
6.8.2 集成运算放大器的消振和调零	(181)
6.8.3 集成运算放大器的保护	(181)
6.9 集成运算放大器的应用示例	(183)
6.9.1 差分测量放大电路	(183)
6.9.2 温度检测电路	(183)
思考题与习题	(184)
第7章 负反馈放大电路	(194)
7.1 反馈的基本概念及分类	(194)
7.1.1 反馈的基本概念	(194)
7.1.2 负反馈放大器增益的基本表达式	(195)
7.1.3 反馈基本类型及判断	(196)
7.2 负反馈放大电路的方框图	(205)
7.3 负反馈对放大器性能的影响	(206)
7.3.1 提高增益的稳定性	(206)
7.3.2 对放大器输入/输出电阻的影响	(207)
7.3.3 减小非线性失真	(208)
7.3.4 扩展闭环增益的通频带	(209)
7.4 负反馈放大电路的分析与计算	(209)
7.4.1 深度负反馈的计算	(210)
*7.4.2 负反馈放大电路的一般分析方法	(213)
7.4.3 引入负反馈的一般原则	(217)
7.5 负反馈的稳定性问题	(218)
7.5.1 负反馈放大电路的自激及稳定工作的条件	(218)
7.5.2 消除自激的原理	(221)
思考题与习题	(223)
第8章 波形产生电路	(231)
8.1 正弦波振荡器的振荡条件	(231)

8.1.1 振荡器的平衡振荡条件	(231)
8.1.2 振荡器的起振条件和稳幅	(232)
8.1.3 振荡器的组成、分析和分类	(233)
8.2 RC 正弦波振荡器	(234)
8.2.1 RC 串并联振荡器	(234)
8.2.2 RC 移相式振荡器	(237)
8.2.3 双 T 选频网络 RC 振荡器	(238)
8.3 LC 正弦波振荡器	(238)
8.3.1 LC 并联网络的频率特性	(239)
8.3.2 变压器反馈式振荡器	(240)
8.3.3 电感三点式振荡器	(242)
8.3.4 电容三点式振荡器	(243)
8.4 石英晶体振荡器	(244)
8.4.1 石英晶体的基本特性	(244)
8.4.2 石英晶体的等效电路	(245)
8.4.3 石英晶体振荡器	(246)
8.5 非正弦波发生器	(247)
8.5.1 矩形波发生器	(247)
8.5.2 三角波发生器	(250)
8.5.3 锯齿波发生器	(251)
8.6 集成函数发生器 8038 及应用	(252)
8.6.1 ICL8038 的工作原理	(252)
8.6.2 8038 的典型应用	(253)
思考题与习题	(254)
第 9 章 直流稳压电源	(259)
9.1 概述	(259)
9.1.1 化学电源	(260)
9.1.2 线性直流稳压电源	(260)
9.1.3 开关式直流稳压电源	(260)
9.2 直流稳压电源的基本组成及工作原理	(261)
9.2.1 直流稳压电源的组成	(261)
9.2.2 单相整流滤波电路	(262)
9.3 滤波电路	(265)
9.3.1 电容滤波电路	(265)
9.3.2 电感滤波电路	(268)
9.3.3 复式滤波器	(268)
9.4 稳压电路	(269)
9.4.1 并联型稳压电路	(269)
9.4.2 串联反馈式稳压电路	(271)
9.5 集成稳压器	(275)

9.5.1 三端固定式集成稳压器	(275)
9.5.2 三端可调式集成稳压器	(277)
9.5.3 基准电压源	(279)
9.6 开关式稳压电源	(281)
9.6.1 开关式稳压电源的特点及分类	(281)
9.6.2 开关式稳压电源的基本工作原理	(282)
9.6.3 采用集成 PWM 电路的开关电源	(286)
思考题与习题	(290)
第 10 章 电子电路 EDA 技术简介	(295)
10.1 Protel 99SE 的简介	(295)
10.2 Protel 99SE 设计电路原理图的主要步骤	(295)
10.2.1 建立设计项目	(295)
10.2.2 原理图编辑器的认识及设计前的基本设置	(296)
10.2.3 原理图的设计	(300)
10.3 Protel 99SE 绘制 PCB 图的步骤	(304)
10.3.1 电路板(PCB)设计的基础知识	(304)
10.3.2 Protel 99SE PCB 的环境介绍及设置	(305)
10.3.3 单面电路板的设计	(309)
10.4 使用 Protel 99SE 进行电路仿真	(311)
10.4.1 电路仿真的基本步骤	(311)
10.4.2 设置仿真电路原理图	(311)
10.4.3 电路仿真分析的设置	(313)
10.4.4 仿真波形分析器	(314)
10.5 Multi SIM 简介	(315)
10.5.1 主菜单	(315)
10.5.2 元器件工具栏	(317)
10.5.3 仪表列	(320)
10.5.4 设计工具栏	(320)
10.6 Multi SIM 绘图电路图的基本方法	(320)
10.6.1 放置元件	(320)
10.6.2 连接线路	(322)
10.6.3 虚拟仪表的使用	(322)
10.7 Multi SIM 的实验仿真分析功能	(323)
10.7.1 绘制电路图	(323)
10.7.2 电路的仿真分析	(324)
附录一 常用电子元器件主要参数表	(331)
附录二 Protel 99SE 仿真库各元件库类型名称	(337)
附录三 Protel 99SE 常用电子元器件电器符号和封装图	(338)
参考文献	(340)

第 1 章 绪 论

本章结合本书的特点以及后续章节的内容,主要介绍电子系统中的信号、频谱以及放大器的基本知识等。

1.1 引 言

电子技术是 19 世纪末、20 世纪初开始发展起来的新兴技术,在 20 世纪发展最迅速,应用最广泛,成为近代科学技术发展的一个重要标志。电子技术的基本任务是:信号的产生、传输和处理,使其满足人们生产生活中的各种需要。

从 1642 年世界出现了第一台机械式加法计算机起,1674 年发明了乘法计算机……1837 年美国人莫尔斯(S. F. B. Morse)发明电报,揭开了电子技术应用的序幕。经过 300 多年的努力,1946 年 2 月 14 日,世界上第一台电子计算机 ENICA 终于研制成功。它的体积约 90 m^3 ,占地面积 170 m^2 ,使用了 18000 个电子管,1500 个继电器,耗电 150 kW,每秒钟运算 5000 次,比机械式计算机的运算速度快几百倍至上千倍,且计算过程按照预先编写的程序自动运行,在当时这是史无前例的创举,也是电子技术发展的一个里程碑。

电子技术的发展主要经历了四个阶段。第一阶段:20 世纪 20 年代开始的以电子管为核心的第一代电子产品。第二阶段:1947 年,贝尔实验室的布拉丁等人发明了世界上第一只点接触晶体三极管。它小巧、轻便、省电、寿命长等特点,很快被各国应用,在很大范围内取代了电子管。第三阶段:1958 年,世界上利用单晶硅材料做成的第一块集成电路(integrated circuit, IC)在美国诞生,1961 年福查德公司生产了第一片商用集成电路。它把许多晶体管和电子器件集成在一块硅芯片上,使电子产品向更小型化发展。第四阶段:20 世纪 70 年代开始,集成电路从小规模集成电路(small scale integrated, SSI)迅速发展到大规模集成电路(larger scale integrated, LSI)和超大规模集成电路(very larger scale integrated, VLSI),从而使电子产品向着高效能、低消耗、高精度、高稳定、智能化的方向发展。例如,2006 年 9 月由中国科学院计算技术科学家研制的“龙芯 2 号增强型处理器芯片”(即龙芯 2E),是一片通用 64 位处理器。它在面积约 2 cm^2 大小的芯片上集成了 4700 万个晶体管,其功耗在 $3\sim 8\text{ W}$ 范围内。该处理器最高主频达到 1.0 GHz ,峰值运算速度达到 40 亿次每秒双精度浮点运算。

由于集成电路的制作工艺越来越先进,体积越来越小,其成本不断降低,电气性能、可靠性以及处理信号的能力等不断提高,因此集成电路已广泛应用于工业、

农业、国防等各个领域,智能芯片的出现更引发了控制系统、通信系统、测控系统、计算机系统、生物医学以及生命科学等领域的革命性发展。

1.2 电子技术的应用

1.2.1 信号处理

如前所述,电子技术的基本任务是信号的产生、传输和处理。例如,为了使一个人的声音信号传播得更远,人们往往需要使用扩音器,将声音信号进行放大,满足推动扬声器(喇叭)的需要,以便能让更多的人能听到优美动听的音乐等。图 1-1 所示为扩音器系统框图,该系统将声音通过麦克风转换成电信号,由放大器对代表声音的电信号进行放大并激励扬声器,发出声音。

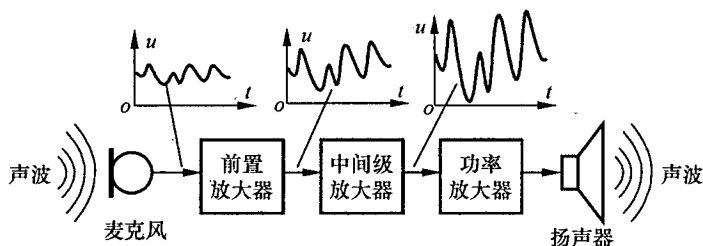


图 1-1 扩音器系统框图

1.2.2 信号检测与控制

信号检测与控制电路普遍应用于工业、农业、国防、医学、科学研究以及家庭等各个领域,例如,大家熟悉的家用电冰箱,由温度传感器检测冷藏箱内的温度,经放大器放大后由信号处理电路对温度信号进行处理,一方面显示检测到的温度值;另一方面通过控制电路可以控制冷藏箱内的温度,使其保持在用户设定的温度值。图 1-2 所示就是一个典型的温度检测与控制系统示意图。

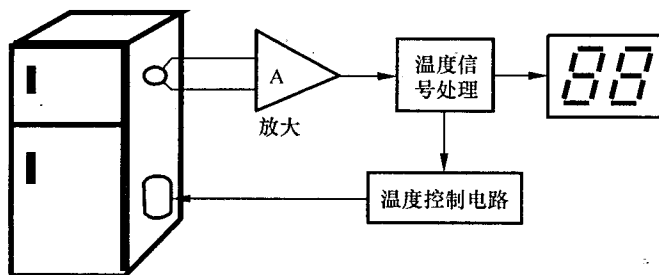


图 1-2 温度检测与控制系统示意图