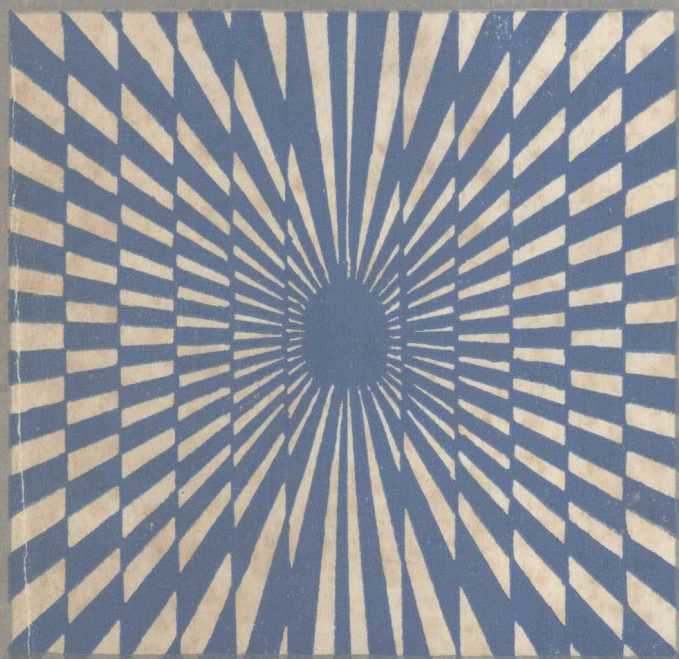


电子技术

魏志源 主编



DIAN ZI JI SHU

中央广播电视大学出版社

电 子 技 术

魏志源 主编

中央广播电视大学出版社

(京)新登字163号

电 子 技 术

魏志源 主编

中央广播电视大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京密云胶印厂印刷印装

开本787×1092 1/16 印张29.25 千字670

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数 1—10000

定价 10.70 元

ISBN 7-304-00629-3/TN·10

前 言

本书系根据中央广播电视大学机电工程专业“电子技术”课程教学大纲（1990年5月天津会议修订、通过）编写。

“电子技术”是本专业一门技术基础课。编写本书时，考虑到前修课程“电工技术”所提供的理论基础，并明确了为后续课程“微机技术”及“传感器技术与应用”等课服务的宗旨。此外，鉴于电大培养对象属大专层次，书中对理论的阐述以够用为度，力避烦冗的推导，而将重点放在电子技术的实际应用上。

本书内容分两大部分，即：模拟电路与数字电路。全书贯彻以集成电路应用为主的指导思想，以适应当前电子技术发展的现状及需要。

模拟电路部分包括前六章。第一章主要介绍半导体器件的外特性，尽力精简涉及半导体物理的内容。第二章主要讲分立元件基本放大电路，是理解模拟和数字集成电路不可少的基础。第三、四两章是为正确使用集成运算放大器作准备的基本概念和知识。第五章作为模拟部分的核心，旁征博引，列举了集成运放多方面的应用实例。第六章除集成稳压电源以外，针对本专业的需要，还介绍了晶闸管可控整流电路。

数字部分包括后七章。第七、八两章为分析与构成数字电路的基本知识。第九、十、十一、十二章在阐明组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路基本概念的基础上，广泛介绍了各种国产中规模数字集成电路及其应用。第十三章实质上是模拟电路在数字领域中的应用，可看成数字电路的硬件基础。第十三章是为数模接口及微机技术服务的。

本书取材较丰富，凡限于学时不能在电视广播中讲授的内容，留供读者在实际工作中参考。

参加本书编写工作的有魏志源（第一、二、六、七、八章），李西平（第三、四、五章）和孙亦昌（第九、十、十一、十二、十三章）等。魏志源为主编，负责全书的组织和定稿。

本书承北京邮电学院宋亚民教授和高等教育出版社李永和编审担任主审，高等教育出版社姚玉洁副编审对本书数字部分进行了审阅，他们都提出了许多宝贵意见，于本书质量提高大有裨益。特别在贯彻国家教委关于教材中文字符号和图形必需采用新颁国家标准的规定上，李、姚二同志给予的指导和帮助尤多。谨此向他们三位同志表示衷心感谢。

限于编者的水平和成书仓促，舛错难免，敬希使用本书的电大师生及其他读者，不吝指正。

编 者

1991年7月于北京

本书常用符号表

一、模拟电路部分

A	放大器, 运算放大器
a	整流元件阳极
A	放大倍数, 增益, 截面积
A_c	共模增益
A_d	差模增益
A_i	电流增益
A_p	功率增益
A_u	电压增益
Au_f	反馈放大器闭环电压增益
Au_o	放大器开路电压增益, 反馈放大器开环电压增益
BV	击穿电压
b	双极型晶体管基极
C	电容
c	双极型晶体管集电极
C_d	扩散电容
C_j	结电容
C_m	米勒电容
C_t	耗尽层电容
D	二极管
d	场效应管漏极
D	非线性失真系数
D_a	受主杂质浓度
D_d	施主杂质浓度
D_z	稳压管
$\mathcal{E}$	电场强度
e	双极型晶体管发射极, 自然对数的底
$E_{c.m}$	共模误差电压
F	反馈网络

I^r	反馈系数
f	频率
f_c	单位增益带宽
f_h	高截止频率, 3dB带宽
f_l	低截止频率
g	场效应管栅极, 晶闸管栅极
G	电导, 分贝增益
g_m	BJT和FET跨导
h_{fe}	BJT共射电流放大倍数
h_{ie}	BJT共射输入电阻
h_{oe}	BJT共射输出电导
I, i^*	电流
I_{av}	整流电流
I_{avm}	最大整流电流
I_{CBO}	集电结反向饱和电流
I_{CEO}	穿透电流
I_{ES}	发射结二极管反向饱和电流
I_f	反馈电流
I_{IB}	输入偏置电流
I_{OS}	输入失调电流
I_S	信号源电流, 二极管反向饱和电流
K	热力学温度的单位 (开尔文)
k	整流元件阴极
k	玻尔兹曼常数
K_{CMR}	共模抑制比
K_r	纹波系数
L	灯泡, 负载
L	自感系数, 电感
l	长度

* I, i 两符号附上大小写下标, 可表示各种不同的电流值, 以双极型晶体管集电极电流为例, 表示如下:

I_C	集电极静态电流
i_C	集电极电流总瞬时值
i_c	集电极电流交流分量瞬时值
I_c	集电极电流交流分量有效值
I_{cm}	集电极电流交流分量幅值
ΔI_C	集电极电流变化量

N	电子型半导体
P	空穴型半导体
P	功率
P_c	集电极耗散功率
P_{CM}	集电极容许最大耗散功率
P_E	电源提供的功率
P_o	输出功率
p_n	N区少子浓度
p_{n0}	N区热平衡少子浓度
Q	静态工作点
Q	电荷
q	电子电荷量
R	电阻
R_b, R_c, R_e	BJT基极、集电极、发射极外接电阻
R_{EE}	差动放大器发射极公共电阻
R_f	反馈电阻
R_g	栅极电阻
R_i	输入电阻
R_L	直流负载电阻
R_l	交流负载电阻
R_o	输出电阻
R_s	信号源内阻, 源极电阻
R_W	电位器 (可变电阻)
r	微变电阻
r_{ce}, r_{oe}	BJT共射输出电阻
r_{ds}	FET共源输出电阻
r_e	发射结电阻
r_o	泛指BJT、FET输出电阻
S, SW	开关
s	FET源极
SR	上升速率
S_T	电压温度系数
S_V	稳压系数
T	BJT, FET
T	周期, 温度

t	时间
U, u^1	电压
U_{av}	整流电压
U_{BR}	击穿电压
U_H	窗口比较器高门限
U_{HT}	施密特触发器高翻转电压
U_L	窗口比较器低门限
U_{LT}	施密特触发器低翻转电压
U_{OS}	失调电压
U_{REF}	基准电压
U_S	信号源电压
U_T	温度电压当量
$V_{BB}, V_{CC}, V_{DD}, V_{EE}, V_{GG}, V_{SS}$	电源电压
V_P	FET夹断电压
V_T	FET开启电压
X, x	电抗, 反馈电路中的信号量
Y, y	导纳
Z, z	阻抗
α	BJT共基电流放大倍数
β	BJT共射电流放大倍数
η	效率
ξ	集电极电压利用系数
θ	整流元件导电角
φ	相角
φ_0	PN结零偏位垒
ω	角频率

二、数字电路部分²

$A, B \dots$	逻辑变量
ADC	模数转换器
ALE^3	地址锁存允许端
BCD	二-十进制

1 U, u 各种不同表示方法与 I, i p. 注类同。

2 与模拟电路通用者不赘。

3 数字电路端口符号倘改斜体, 则表示该端数字信号逻辑变量。如: ALE 为地址锁存允许信号。以下类此不赘。

C	进位端, 时钟脉冲输入端
C_I	输入电容
CI_i	第 <i>i</i> 位进位输入端
CO_i	第 <i>i</i> 位进位输出端
CP	时钟脉冲输入端
C_r	清零脉冲
CS	片选端
C_T	空时电容
D	D 触发器控制端
DAC	数模转换
D_{SL}	左移串行输入端
D_{SR}	右移串行输入端
DRAM	动态读写存储器
E, EN	使能端
ECL	发射极耗合逻辑
EOC	转换结束端
EPROM	可擦可编程只读存储器
F	逻辑函数
f_{max}	最高工作频率
FA	全加器
FAMOS	浮置栅雪崩注入MOS管
FF	触发器
f_s	采样频率
G	逻辑门, 格雷码
I_B	灭灯输入端
I_{BR}	动态灭灯输入端
I^2L	集成注入逻辑
ILE	输入锁存允许端
I_{CS}	集电极饱和电流
I_{IS}	输入短路电流
J	JK触发器控制端
K	JK触发器控制端
LD	预置控制端
LE	寄存命令端
LED	发光二极管

LSB	最低有效位
LSTTL	低功耗肖特基TTL门
LT	试灯输入端
m_i	最小项
MSB	最高有效位
N	计数器累计脉冲个数
N_i	扇入系数
N_o	扇出系数
OC	集电极开路
O_C	进位输出端
$P_{OFF.}$	截止空载功率
P_{ON}	导通空载功率
PLA	可编程逻辑阵列
PROM	可编程只读存储器
Q	触发器输出
Q_n	现态输出
Q_{n+1}	次态输出
Q_b	基区储存电荷
R	复位端, 置0端
R_c	上拉电阻
R_D, R_d	直接复位端
R_T	定时电阻
RAM	读写存储器
ROM	只读存储器
S	置位端, 置1端; 选通
S_d	直接置位端
$S(E)$	使能端
SBD	肖特基二极管
SRAM	静态读写存储器
T	T 触发器控制端
T_w	输出脉冲宽度, 定时时间
t_d	延迟时间
t_f	下降时间
t_r	上升时间, 二极管反向恢复时间
t_s	存储时间

t_t	过渡时间
t_{pd}	平均传输延时
t_{CPLH}	对时钟触发沿由 0 变 1 的延时
t_{CPLH}	对时钟触发沿由 1 变 0 的延时
TG	传输门
TH	阈值端
TR	触发端
TSL	三态逻辑
TTL	三极管-三极管逻辑
U_{NH}	高电平噪声容限
U_{NL}	低电平噪声容限
U_{OFF}	关门电平
U_{ON}	开门电平
U_{SH}	高电平典型值
U_{SL}	低电平典型值
u_{OR}	基准模拟电压
U.L.	单元负载
V_{th}	阈值电压
W	数据输出端
WR	写输入端
x_i	输入逻辑变量
XFER	传输控制端
$Y_{(A>B)}$	比较器 $A>B$ 时输出
$Y_{(A=B)}$	比较器 $A=B$ 时输出
$Y_{(A<B)}$	比较器 $A<B$ 时输出
y_i	输出逻辑变量
Z	存储电路输入端
Δ	量化单位
ΔU_T	回差电压
x	任意项

目 录

第一章 半导体器件	(1)
引言	(1)
§ 1.1 半导体二极管	(1)
1.1.1 PN结的导电机理	(1)
1.1.2 半导体二极管	(5)
§ 1.2 双极型晶体管	(9)
1.2.1 BJT的工作原理和电流关系	(9)
1.2.2 BJT的特性曲线和主要参数	(11)
§ 1.3 场效应晶体管	(14)
1.3.1 FET的工作原理	(14)
1.3.2 FET的特性曲线和主要参数	(16)
小结	(18)
思考题和习题	(18)
第二章 放大电路基础	(22)
引言	(22)
§ 2.1 放大电路的基本概念及主要性能指标	(22)
2.1.1 放大器的基本概念及电路组成	(22)
2.1.2 主要性能指标	(25)
§ 2.2 放大电路的基本分析方法	(27)
2.2.1 图解法	(27)
2.2.2 微变等效电路法	(30)
§ 2.3 BJT偏置电路	(35)
2.3.1 电阻稳定偏置电路	(36)
2.3.2 镜象电流源	(36)
§ 2.4 放大器基本单元电路	(37)
2.4.1 单管放大电路	(37)
2.4.2 应用举例	(44)
§ 2.5 场效应管(FET)放大电路	(45)
2.5.1 场效应管偏置电路	(45)
2.5.2 微变等效电路	(46)
§ 2.6 功率放大器	(51)

2.6.1 一般要求	(51)
2.6.2 互补对称功率放大器	(51)
2.6.3 采用复合管的功率放大器	(56)
小结	(57)
思考题和习题	(58)
第三章 差动放大电路及理想运算放大器	(65)
引言	(65)
§ 3.1 直接耦合放大电路的特殊问题	(65)
§ 3.2 零漂的产生与抑制方法	(66)
§ 3.3 差动放大电路	(66)
3.3.1 电路工作原理	(67)
3.3.2 典型差动放大电路	(69)
3.3.3 差放电路的端输入方式	(72)
3.3.4 具有恒流源的差放电路	(73)
§ 3.4 理想运算放大器	(78)
小结	(80)
思考题和习题	(80)
第四章 放大电路中的反馈	(83)
引言	(83)
§ 4.1 反馈的基本概念与分类	(83)
4.1.1 反馈的基本概念	(83)
4.1.2 反馈放大器的分类	(84)
§ 4.2 反馈放大器的表示方法	(87)
4.2.1 方框图表示法	(88)
4.2.2 负反馈放大器的一般表达式	(88)
§ 4.3 负反馈放大器的分析方法	(90)
4.3.1 深度负反馈的特点	(90)
4.3.2 深度负反馈条件下的近似计算	(91)
§ 4.4 负反馈对放大器性能的改善	(97)
4.4.1 提高增益的稳定性	(97)
4.4.2 减小非线性失真	(98)
4.4.3 抑制噪声	(99)
4.4.4 展宽频带	(99)
小结	(100)
思考题和习题	(100)
第五章 集成运算放大器及其应用	(104)

引言	(104)
§ 5.1 运算放大器的基本概念	(104)
5.1.1 理想运算放大器	(104)
5.1.2 实际运算放大器	(105)
§ 5.2 通用型集成运放 $\mu A741$	(109)
5.2.1 $\mu A741$ 的电路	(112)
5.2.2 频率补偿	(113)
5.2.3 使用注意事项	(114)
§ 5.3 运放的基本组态	(116)
5.3.1 反相输入组态	(116)
5.3.2 同相输入组态	(117)
5.3.3 差动输入组态	(120)
5.3.4 三运放精密测量放大器	(122)
§ 5.4 线性应用电路	(124)
5.4.1 电压定标 (Voltage Scaling) 电路	(124)
5.4.2 电流定标电路	(128)
5.4.3 电流源电路	(130)
5.4.4 积分电路	(130)
5.4.5 微分电路	(132)
§ 5.5 非线性应用电路	(132)
5.5.1 对数放大电路	(133)
5.5.2 反对数放大器	(135)
5.5.3 对数-反对数电路的运用	(136)
5.5.4 利用二极管单向导电性的电路	(139)
§ 5.6 比较器	(145)
5.6.1 开环比较器	(145)
5.6.2 闭环负反馈过零比较器	(146)
5.6.3 闭环正反馈(滞回)比较器	(147)
5.6.4 窗口比较器	(149)
5.6.5 集成比较器	(151)
§ 5.7 振荡器	(152)
5.7.1 正弦振荡器	(152)
5.7.2 张弛振荡器	(156)
§ 5.8 运放在测量及信号处理中的应用举例	(161)
5.8.1 传感器放大器	(161)
5.8.2 电阻的在线测量	(164)
5.8.3 移相电路	(164)

5.8.4 电容量倍增器	(165)
5.8.6 平均值电路	(167)
§ 5.9 跨导型运放	(170)
5.9.1 跨导型集成运放 F 3080 A	(171)
5.9.2 应用举例	(172)
§ 5.10 集成运放的选用	(174)
小结	(175)
思考题和习题	(176)
第六章 直流稳压电源	(182)
引言	(182)
§ 6.1 直流稳压电源总体构成	(182)
§ 6.2 整流电路	(183)
6.2.1 整流电路的主要参数	(183)
6.2.2 桥式整流电路	(183)
6.2.3 单相半波、全波及桥式电路整流性能对比	(185)
§ 6.3 滤波电路	(186)
6.3.1 电容滤波电路	(186)
6.3.2 π 型滤波电路	(189)
§ 6.4 基准稳压源	(190)
6.4.1 稳压电路的技术指标	(190)
6.4.2 稳压管稳压电路	(191)
6.4.3 带隙稳压电源	(193)
§ 6.5 串联调整型稳压电路	(195)
6.5.1 电路及工作原理	(195)
6.5.2 性能分析	(196)
6.5.3 保护电路	(197)
§ 6.6 集成稳压器	(199)
6.6.1 概述	(199)
6.6.2 应用举例	(199)
§ 6.7 串联开关型稳压电路	(206)
6.7.1 电感式开关稳压电路总体构成及工作原理	(207)
6.7.2 电感式输出电路的粗略分析	(208)
§ 6.8 晶闸管整流电路	(212)
6.8.1 晶闸管基本工作原理	(212)
6.8.2 单相桥式可控整流电路	(215)
6.8.3 单结管触发电路	(219)

6.8.4 三相半控桥式整流电路	(223)
小结	(226)
思考题和习题	(227)
第七章 逻辑代数基础	(230)
引言	(230)
§ 7.1 数制与编码	(230)
7.1.1 数制	(230)
7.1.2 编码	(234)
§ 7.2 基本逻辑运算	(236)
7.2.1 逻辑函数的表示方法	(236)
7.2.2 基本逻辑运算	(237)
§ 7.3 基本定律和基本规则	(240)
7.3.1 基本定律	(240)
7.3.2 基本规则	(241)
§ 7.4 逻辑函数的代数法化简及转换	(242)
7.4.1 逻辑函数的化简	(242)
7.4.2 逻辑函数的转换	(244)
§ 7.5 逻辑函数利用卡诺图化简	(245)
7.5.1 卡诺图的绘制	(245)
7.5.2 用卡诺图表示逻辑函数	(246)
7.5.3 用卡诺图化简逻辑函数	(249)
§ 7.6 逻辑函数与逻辑图	(251)
小结	(252)
思考题和习题	(253)
附录7.1 美国标准信息交换码 (ASCII)	(255)
第八章 门电路	(256)
引言	(256)
§ 8.1 双极型半导体器件的开关特性	(256)
8.1.1 面结型二极管的开关特性	(256)
8.1.2 双极型三极管的开关特性	(258)
§ 8.2 TTL门电路	(259)
8.2.1 TTL与非门的电路及工作原理	(259)
8.2.2 TTL与非门的性能参数	(262)
8.2.3 抗饱和TTL门电路	(264)
§ 8.3 CMOS门电路	(265)
8.3.1 CMOS反相器	(265)

8.3.2	CMOS与非门及或非门	(266)
8.3.3	CMOS传输门	(267)
§ 8.4	OC门及三态门	(268)
8.4.1	OC门	(268)
8.4.2	三态门	(269)
§ 8.5	ECL门	(271)
8.5.1	工作原理	(271)
8.5.2	电路及性能特点	(272)
§ 8.6	I ² L门电路	(273)
§ 8.7	正逻辑与负逻辑	(274)
§ 8.8	逻辑门电路的使用	(276)
8.8.1	产品挑选	(276)
8.8.2	使用中的几个实际问题	(278)
小结		(282)
思考题和习题		(282)
第九章 组合逻辑电路		(286)
引言		(286)
§ 9.1	组合逻辑电路的分析方法	(286)
9.1.1	半加器、全加器电路的分析	(286)
9.1.2	一位数字比较器电路的分析	(289)
9.1.3	编码器电路的分析	(290)
9.1.4	译码器电路的分析	(292)
9.1.5	数字选择器、分配器电路的分析	(293)
§ 9.2	中规模集成组合逻辑组件简介	(295)
9.2.1	集成加法器	(296)
9.2.2	集成比较器	(297)
9.2.3	集成编码器	(299)
9.2.4	集成译码器	(302)
9.2.5	集成数据选择器	(305)
§ 9.3	中规模组合逻辑组件应用举例	(307)
小结		(311)
思考题和习题		(312)
第十章 触发器		(314)
引言		(314)
§ 10.1	触发器的基本电路	(314)
10.1.1	基本RS触发器	(314)