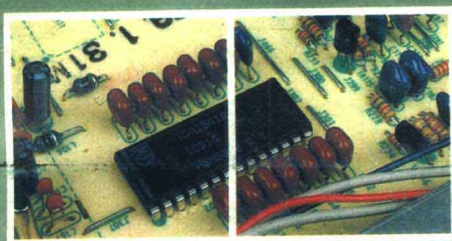
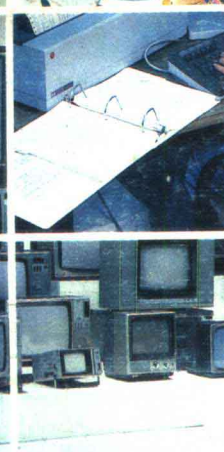
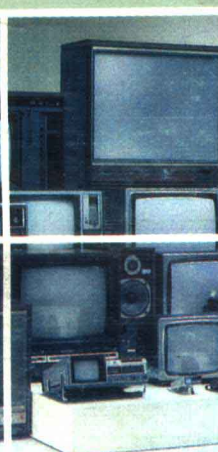
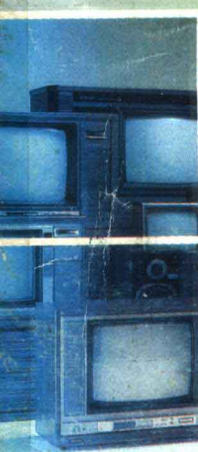
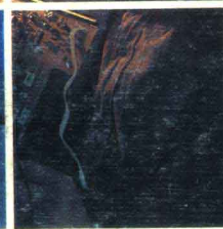
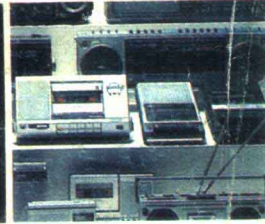


晶体管电路基础

林嘉锐 孙庆有 编著



● 电子技术教育丛书 ●



科学技术文献出版社

电子技术教育丛书

晶体管电路基础

林嘉锐 孙庆有 编著

科学技术文献出版社

(京)新登字 130 号

内 容 简 要

本书是一本基础读物，全书分两篇。上篇低频电路基础共分 8 章，下篇高频电路基础共分 11 章。其主要内容包括：晶体管原理，各种放大电路，频率变化电路，振荡器和整流滤波等电路的工作原理和基本分析方法，同时分析了电子设备中有关电子电路的基本概念、理论和典型电路。在编写中力求物理概念，减少繁琐数学的推导过程，使读者便于自学。

晶体管电路基础

林嘉锐 孙庆有 编著

科学技术文献出版社出版

(北京市复兴路 15 号 邮政编码：100038)

北京市通县教育局印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092 毫米 16 开本 印张 590 千字

1991 年 8 月北京第一版第一次印刷

印数：1—6700 册

科技新书目：242—083

ISBN7-5023-1403-2/TN.74

定价：10.00 元

序

电子技术教育丛书编委会，组织了富有实践经验的教授、高级讲师、高级工程师们花了一年多的时间，编写了这套《电子技术教育》丛书，是非常可喜的。

这套丛书的出版，对电子技术人才的培训，职业技术人员的成长会起到一定的积极作用，它将成为广大电子技术爱好者的良师益友。

我希望这套丛书能得到社会各界的关心和支持，同时通过广泛的教学实践，再据以修改补充，使其更加充实完善。

中国电子学会理事长

A stylized, bold handwritten signature in black ink, reading '郭俊人' (Guo Juren).

1990.10.18.

电子技术教育丛书编委会

顾问：邢纯洁 郭厚登 佟 力

主任委员：刘学达

副主任委员：游泽清 王明臣

委员(按姓氏笔划)：

丁 新 卫功宜 王有春 王玉生

左万昌 宁云鹤 齐元昌 朱 毅

陈 忠 李 军 李兴民 陆如新

周贵存 张道远 张珍华 廖汇芳

前 言

为适应我国电子技术教育迅速发展的迫切需要,使教育更好地为四化建设服务,为电化教育服务,电子技术教育丛书编委会,组织编写了这套《电子技术教育丛书》。

丛书包括:电子技术数学基础、电子技术电工基础、晶体管电路基础、脉冲与数字电路基础、模拟集成电路原理及应用、收录机和组合音响原理及电路解说、黑白电视机原理及电路解说、彩色电视机原理及电路解说、家用和专业用录像机原理及电路解说、卫星电视接收与转播、小型电视台转发设备、电子特技原理及应用、共用天线电视系统、摄像机与摄录放一体化机原理 操作和维护、小型电视台设备系统及其管理、实用无线电仪器与测量、微型计算机原理与应用、最新录像技术与设备、共十八册。

这套丛书是参照电子技术类职业教育的计划和大纲编写的。它包括了电子技术专业的基础课和专业课,具有较强的系统性,每册内容又具有一定的独立性。这套丛书可作为职业教育参考教材,也可供具有中等文化程度和电子技术爱好者自学时选用。

在编写丛书过程中,编者注意到理论与实践密切结合,硬件与软件相结合,并以小型电视台(站)所必须具备的配套设备作为专业课的基础。通过一定的理论分析和运用具体实例来加深对理论概念的理解,以简明分析问题的步骤和思路为线索,突出了物理概念。在文字上力求深入浅出和通俗易懂。每章后面一般都有一定数量的习题,帮助读者巩固所学的内容。书后还附有习题解答或提示,以便读者自我检查。

本套丛书前10本自1986年出版以来,已作了三次印刷,部分内容曾作为中国电子学会举办的“全国电子技术自修班”教材使用过,充分听取了广大教师、学员对本书的意见。这次出版,对书中的遗误和不妥之处进行了必要的修改;对部分内容也作了适当的调整和增删。例如数字电路原理及应用、盒式收录机原理与电路解说、黑白彩色电视机原理与电路解说(上下册)、模拟低频电子电路和模拟高频电子电路进行了改写,并增加了最新的机型和机种;无线电数学、“微型计算机原理和应用”进行了重写;同时又增添了“模拟集成电路原理及应用”,卫星电视接收与转播,小型电视台转发设备,“电子特技原理及应用”,“共用天线电视系统”,“摄像机与摄录放一体化机原理”,“操作和原理”,“小型电视台设备系统及其管理”,“实用无线电仪器与测量”,“最新录像技术与设备”等新书。

原电子工业部副部长,现中国电子学会理事长孙俊人同志亲自为本套丛书写了“序”,国家教委有关副局长领导,对丛书的出版工作给予大力支持,并直接组织指导了全套丛书的选题、编写、定稿和印刷出版全过程;有关工作人员和编辑也为全套丛书尽早与读者见面做出了很大努力。尽管如此,在较短时间里,组织出版这样一套职业教育系列丛书,难度是很大的。因此,书中的错误与不当之处在所难免,尤其是这套丛书是否能满足职业教育的要求,更有待于广大读者通过学习实践提出宝贵意见,以便在此基础上编出更适合我国职业技术教育丛书。

最后,我们还应向为这套丛书及时出版而付出辛勤劳动的出版、印刷等部门,以及所有参与此项工作的同志表示衷心地感谢。

丛书编辑委员会

1990年8月于北京

目 录

上篇 低频电路基础

第一章 半导体与晶体二极管

1-1 半导体与PN结	(1)
一、什么是半导体	(1)
二、N型和P型半导体	(5)
三、PN结及其单向导电性	(6)
1-2 晶体二极管	(9)
一、晶体二极管的结构	(9)
二、二极管的伏安特性曲线	(10)
三 二极管参数及举例	(11)
四、二极管性能的简易测试	(14)
五、稳压管	(15)
复习题	(17)

第二章 晶体三极管

2-1 晶体管的结构与放大作用	(19)
一、晶体三极管的结构	(19)
二、晶体三极管的电流放大作用	(20)
三、晶体管内部载流子的运动规律	(21)
四、我国半导体器件型号命名方法	(22)
2-2 晶体管的特性曲线	(23)
一、输入特性曲线	(23)
二、输出特性曲线	(25)
2-3 晶体管的主要参数	(27)
2-4 温度对晶体管参数的影响	(30)
2-5 利用万用表测试晶体三极管	(31)
复习题	(33)

第三章 晶体管放大电路基础

3-1 放大器的基本概念	(34)
一、什么叫放大器	(34)
二、最简单的放大电路	(34)
三、静态工作点的设置	(35)

四、动态工作情况	(36)
五、直流通路和交流通路	(37)
六、晶体三极管的三种连接方法	(39)
七、电源电路的简化表示	(40)
八、放大电路的主要指标	(41)
3-2 放大电路的基本分析方法	(43)
一、图解法	(43)
二、估算法	(49)
三、单管放大器设计举例	(52)
3-3 静态工作点的稳定电路	(54)
一、分压式偏置电路	(54)
二、电压负反馈式偏置电路	(57)
三、温度补偿式偏置电路	(57)
3-4 晶体管 h 参数等效电路	(58)
一、晶体管的等效电路和等效条件	(58)
二、晶体管的 h 参数等效电路	(59)
三、 h 参数的物理意义	(61)
四、简单的 h 参数等效电路	(62)
五、应用 h 参数等效电路分析基本放大器	(62)
3-5 多级放大器的放大倍数	(67)
一、两级放大器放大倍数的计算	(67)
二、多级放大器放大倍数的计算	(69)
3-6 阻容耦合放大器频率特性分析	(70)
一、放大器的频率特性	(70)
二、耦合电容 C_1 、 C_2 的选择	(72)
三、发射极旁路电容 C_e 的选择	(74)
四、耦合电容和射极旁路电容同时作用下的放大器下限频率	(75)
复习题	(76)

第四章 负反馈放大电路

4-1 负反馈的基本概念	(80)
一、什么是负反馈	(80)
二、负反馈的类型	(81)
4-2 负反馈对放大器性能的影响	(82)
一、负反馈对放大倍数的影响	(82)
二、负反馈提高了放大倍数的稳定性	(83)
三、负反馈对频率特性的改善	(84)
四、负反馈对非线性失真的改善	(85)
五、负反馈对放大器噪声和干扰的改善	(86)
六、负反馈对输入电阻和输出电阻的影响	(86)

4-3 负反馈放大器的基本电路	(88)
一、电流串联负反馈电路	(88)
二、电压串联负反馈电路	(90)
三、电压并联负反馈电路	(90)
四、电流并联负反馈电路	(91)
五、多级负反馈电路	(91)
4-4 射极输出器	(92)
一、射极输出器的工作原理	(92)
二、射极输出器的跟随特性	(94)
三、射极输出器的计算	(95)
四、射极输出器的应用	(97)
复习题	(99)
第五章 场效应管放大电路	
5-1 场效应管的工作原理及特性	(101)
一、结型场效应管	(101)
二、绝缘栅场效应管	(105)
三、场效应管的主要参数和使用注意事项	(108)
四、场效应管和晶体管的比较	(109)
5-2 场效应管放大器	(109)
一、静态工作点	(109)
二、场效应管的交流等效电路	(112)
三、放大倍数和输入输出电阻	(112)
四、源极输出器	(114)
复习题	(115)
第六章 直流放大器	
6-1 直流放大的主要问题	(116)
一、级间耦合问题	(116)
二、零点漂移问题	(116)
6-2 直流放大器的直接耦合方式	(117)
一、提高后级的发射极电位	(117)
二、NPN-PNP 型管直接耦合	(118)
6-3 零点漂移产生的原因及消除措施	(118)
一、产生零点漂移的原因	(118)
二、温度补偿电路	(119)
6-4 差动放大器	(120)
一、差动放大器的工作原理	(120)
二、典型的差动放大器	(121)
三、具有恒流源的差动放大器	(124)
四、其它接法的差动放大器	(125)

复习题.....	(125)
第七章 功率放大电路	
7-1 对功率放大电路的要求.....	(127)
一、输出功率要大.....	(127)
二、非线性失真要小.....	(127)
三、效率要高.....	(128)
7-2 甲类单管功率放大器.....	(128)
一、甲类功率放大器的分析.....	(129)
二、甲类功率放大器的设计举例.....	(131)
三、甲类功率放大器存在的问题.....	(133)
7-3 乙类推挽功率放大电路.....	(133)
一、乙类推挽功率放大电路的工作原理.....	(133)
二、乙类推挽放大器工作的图解分析法.....	(134)
三、非线性失真.....	(136)
四、推挽功率放大电路的计算.....	(137)
五、计算举例.....	(139)
7-4 无输出变压器功率放大电路.....	(140)
一、输入变压器倒相式推挽电路.....	(140)
二、互补对称式推挽电路.....	(142)
三、等效互补对称的推挽电路.....	(143)
7-5 功率管的散热问题.....	(145)
复习题.....	(146)
第八章 整流与稳压	
8-1 整流电路.....	(147)
一、半波整流电路.....	(147)
二、全波整流电路.....	(149)
三、桥式整流电路.....	(150)
8-2 滤波电路.....	(155)
一、电容滤波器.....	(155)
二、电感滤波器.....	(158)
三、倒L型滤波器.....	(158)
四、 π 型滤波器.....	(159)
8-3 稳压电路.....	(161)
一、硅稳压管稳压电路.....	(161)
二、晶体管稳压电路.....	(163)
三、提高稳压电源性能的几种电路.....	(165)
四、稳压电源的过电流保护措施.....	(168)
五、截止型过电流保护电路.....	(169)
复习题.....	(170)

下篇 高频电路基础

第一章 绪论

1-1 无线电信号的初步概念	(171)
1-2 电磁波	(172)
一、电磁波是由电磁振荡产生的	(172)
二、电磁波的特性	(173)
三、电磁波的发射	(174)
1-3 调制与调幅信号简介	(175)
一、调制的概念	(175)
二、调幅信号的数学表示式及波形	(175)
1-4 信号的频谱特性	(176)
一、任何形式信号的分解	(176)
二、频谱图	(177)
三、信号的频带宽度	(178)
四、调幅信号的频谱及其带宽	(179)
1-5 广播、电视发送的方框图	(181)
一、广播发送系统的方框图	(181)
二、电视发送系统的方框图	(181)
1-6 接收无线电广播的主要过程	(181)
1-7 无线电波波段的划分	(183)
1-8 无线电波的传播	(184)
复习题	(187)

第二章 电路元件的高频特性

2-1 电感线圈的电感量与高频特性	(189)
2-2 电容器的电容量与高频特性	(191)
2-3 屏蔽	(193)
复习题	(195)

第三章 简单谐振回路

3-1 串联谐振回路	(197)
一、串联回路电流的数学表示式	(197)
二、串联回路的电流谐振曲线	(198)
三、串联回路的相频特性曲线	(199)
四、回路的谐振频率	(200)
五、回路的品质因数	(201)
六、计算例题	(202)
3-2 并联谐振回路	(203)
一、并联回路端电压的数学表示式	(204)
二、并联回路的电压谐振曲线	(205)

三、并联回路的电压相频特性曲线	(206)
四、并联回路的谐振频率	(206)
五、并联回路的品质因数	(207)
六、并联回路的谐振电阻	(207)
七、串、并联谐振回路的对偶关系	(209)
3-3 谐振曲线的抑制比	(210)
3-4 谐振回路的通频带	(212)
3-5 谐振回路的选择性	(214)
3-6 信号源内阻及负载对谐振回路的影响	(215)
一、对串联谐振回路的影响	(215)
二、对并联谐振回路的影响	(215)
三、考虑信号源的输出电容和负载电容的影响	(217)
复习题	(218)
第四章 晶体管的共发射极等效电路	
4-1 晶体管等效电路的概念和类型	(220)
一、等效电路的概念	(220)
二、晶体管等效电路的定义	(221)
三、晶体管等效电路的类型	(221)
4-2 晶体二极管的高频等效电路	(222)
一、势垒电容 C_T	(222)
二、扩散电容 C_D	(223)
4-3 晶体管的共发射极混合 π 型等效电路	(223)
一、混 π 等效电路的导出	(224)
二、混 π 参数的意义	(224)
三、混 π 等效电路的简化	(226)
4-4 晶体管的电流放大系数	(227)
一、晶体管共发射极电流放大系数	(227)
二、电流放大系数 β 的讨论	(228)
4-5 晶体管的频率参数 f_β 和 f_T	(229)
一、晶体管共射电流放大系数 β 的截止频率 f_β	(229)
二、晶体管的特征频率 f_T	(230)
4-6 晶体管的 Y 参数等效电路	(231)
一、四端网络的 Y 参数方程组	(232)
二、 Y 参数等效电路	(232)
三、晶体管 Y 参数的定义	(234)
四、 Y 参数与混 π 参数的关系及 Y 参数的物理意义	(235)
4-7 两种等效电路的比较	(237)
复习题	(238)
第五章 小信号单调谐放大电路	

5-1 引言	(239)
一、调谐放大器的作用	(239)
二、调谐放大器的分类	(239)
三、小信号调谐放大器的主要指标	(239)
5-2 小信号单调谐放大器电路的工作原理	(240)
一、静态工作情况	(240)
二、动态工作情况	(241)
三、电路中各元件的作用	(242)
5-3 单调谐放大器的等效电路	(242)
5-4 谐振频率、品质因数与谐振电阻	(243)
5-5 单调谐放大电路谐振时的增益	(244)
5-6 单调谐放大电路的通频带和选择性	(245)
一、调谐放大器的通频带	(245)
二、调谐放大器的选择性	(246)
三、单调谐放大器通频带与选择性的矛盾	(247)
5-7 多级单调谐放大器的级联	(247)
一、多级单调谐放大器的总增益	(248)
二、多级单调谐放大器的通频带	(248)
三、多级调谐放大器的选择性	(249)
复习题	(249)
第六章 双谐振耦合回路与双调谐放大器	
6-1 引言	(251)
一、双谐振耦合回路及其形式	(251)
二、采用双谐振回路的理由	(251)
6-2 电容耦合双谐振回路	(252)
一、初、次级相同的双回路的谐振曲线	(252)
二、初、次级不相同的双回路谐振曲线	(255)
6-3 互感耦合双谐振回路	(255)
6-4 双调谐放大器	(257)
一、电压增益	(259)
二、选择性和通频带	(260)
三、双调谐放大器的级联	(261)
复习题	(261)
第七章 阻容耦合宽频带放大电路	
7-1 RC电路的频率特性	(264)
一、RC电路频率特性的概念	(265)
二、相位超前的RC电路	(265)
三、相位滞后的RC电路	(266)
7-2 共射阻容放大器的基本电路	(267)

一、基本电路	(267)
二、密勒效应	(267)
7-3 负载为纯电阻时阻容放大电路分析	(269)
一、电压增益	(269)
二、通频带与上截止频率	(271)
三、信号源内阻对高频特性的影响——源电压增益的概念	(272)
7-4 负载为容性时阻容放大电路分析	(273)
7-5 扩展放大器通频带的电路	(275)
一、串联负反馈宽放电路	(275)
二、并联负反馈宽放电路	(278)
三、高频补偿宽放电路	(279)
四、组合管宽放电路	(281)
复习题	(282)

第八章 LC 正弦波振荡电路

8-1 自激振荡电路的基本工作原理	(283)
8-2 自激振荡的起振与稳幅过程	(285)
一、自激振荡的建立过程及其起振条件	(285)
二、自激振荡的稳幅过程	(286)
8-3 变压器耦合反馈式振荡电路	(287)
一、相位起振条件的满足与振荡频率	(287)
二、振幅起振条件的满足	(288)
三、振荡器的偏置电路	(289)
四、变压器反馈振荡电路的几种形式	(291)
8-4 三点式振荡电路	(291)
一、电容三点式振荡电路	(291)
二、电感三点式振荡电路	(294)
8-5 改进型电容三点式振荡电路	(296)
一、串联改进型振荡电路	(296)
二、并联改进型振荡电路	(297)
8-6 石英晶体振荡器	(299)
一、石英晶体的压电效应及等效电路	(299)
二、石英晶体振荡器	(300)
8-7 RC低频振荡电路	(301)
一、RC移相式振荡电路	(301)
二、串并联式RC振荡电路	(302)
复习题	(304)

第九章 振幅调制与检波

9-1 非线性器件的频率变换作用	(305)
一、单一余弦电压作用下的频率变换	(305)

二、两个不同频率余弦电压作用下的频率变换	(307)
9-2 调幅波的性质	(308)
一、调幅波的波形、表示式和频谱	(308)
二、调幅波的能量分配	(309)
9-3 产生调幅波的电路	(311)
9-4 检波器概述	(313)
9-5 二极管检波电路工作的物理过程	(317)
9-6 大信号(峰值)检波器	(319)
一、检波效率	(320)
二、输入电阻	(321)
三、检波的失真	(322)
9-7 二极管检波器的实际电路举例及元件参数的选择	(326)
复习题	(328)
第十章 调频与鉴频	
10-1 调频信号的性质	(329)
一、调频信号的波形	(329)
二、调频信号的数字表示式	(329)
三、调频信号的频谱和频带宽度	(333)
四、调频信号的功率	(336)
10-2 调频信号的产生	(336)
一、变容二极管	(337)
二、变容二极管调频电路	(339)
10-3 调频信号的解调——鉴频	(341)
10-4 斜率鉴频器	(342)
10-5 相位鉴频器	(344)
一、平衡输出相位鉴频器	(345)
二、不平衡输出相位鉴频器	(347)
三、电容耦合回路相位鉴频器	(348)
10-6 比例鉴频器	(348)
一、基本电路工作原理	(349)
二、抑制寄生调幅的原理	(350)
三、两种实用的比例鉴频电路	(351)
10-7 调频制与调幅制性能的比较	(352)
复习题	(355)
第十一章 变频	
11-1 概述	(357)
11-2 实现变频的方法	(359)
11-3 变频跨导的概念	(361)
11-4 三极管的变频增益	(364)

11-5 三极管变频器的实际电路.....(366)

11-6 设计变频器的一些考虑.....(369)

复习题.....(370)

上篇 低频电路基础

晶体管电路与电工基础课程的研究对象不尽相同，它是专门研究包含有晶体管在内的各种电路。由于晶体管是一种有源器件，它具有无源器件（如电阻、电容、电感、变压器等）所没有的特性，所以在晶体管电路中就能够实现一些特殊的功能，如放大和频率变换等。显然，这些特殊功能的实现是有赖于晶体管本身所具有的特性。这就是说晶体管电路的核心元件是晶体管。所以学习晶体管电路就必须从学习晶体管的工作原理开始。

第一章 半导体与晶体二极管

1-1 半导体与PN结

晶体管一般是指晶体二极管、稳压管、晶体三极管以及场效应管等，它们都是用半导体材料制成的，所以又称为半导体器件。为此，要学习和了解晶体管，首先必须对半导体的性质有所认识。

一、什么是半导体

世界上有各种各样的物质，它们都具有不同的性质。但就其导电能力的大小来讲，大体可分为导体、绝缘体和半导体三大类。例如金、银、铜、铝等金属都是很好的导电材料，我们称它们为导体；陶瓷、云母、塑料、橡胶等物质很难导电，我们称它们为绝缘体；而象锗、硅等物质，它们的导电能力却介于导体和绝缘体之间，这就是半导体。

但是，半导体所以引起人们的注意并广泛应用在电子器件中，其原因并不在于它的导电能力介于导体和绝缘体之间，而在于它具有许多独特的性质。例如：纯净的半导体在受光或受热时，导电能力会明显增加；在纯净的半导体中掺入极微量的其他物质（称为杂质），它的导电能力将会成千成万倍的增加，并且可以根据掺入杂质的多少来控制半导体的导电性能等。人们正是利用半导体的这类独特性质制成了各种各样的半导体器件。

那么，为什么物质导电能力会有这样大的区别呢？这就需要从物质的内部结构说起。我们知道，一切物质都是由原子构成的。而原子则是由带正电的原子核和带负电的电子分几层围绕着原子核按照一定的规律分布在各层的电子轨道上构成的。

导体材料的原子其外层电子受原子核的束缚力很小，它们能大量地挣脱原子核的束缚成为可以自由活动的电子，称为自由电子。我们也叫它们为载流子，意思是能运载电荷的流动的粒子。它们在外界电场力的作用下就可以作定向运动而形成电流。所以导体的导电能力很强。