

高等学校教学用书

电子线路基础

(供物理专业本科函授试用)

李元华 李秀山 唐朝仁 主编

北京师范大学出版

高等学校教学用书

电子线路基础

李元华 李秀山 唐朝仁 主编

北京师范大学出版社

高等学校教学用书
电子线路基础

李元华 李秀山 唐朝仁 主编

北京师范大学出版社出版
新华书店北京发行所发行
天津黎明印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.375 字数: 295 千

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

印数: 1—8000

统一书号: 13243·134 定价: 2.45元

内容简介

本书是根据1984年教育部师范教育司颁发的中学教师进修高等师范本科《电子线路基础》教学大纲，并参考1982年教育部颁发的全国师范专科《电子线路》教学大纲编写的。

本书内容有：半导体二极管和三极管，放大器基础，负反馈放大器，直流放大器和集成运放，低频功率放大器，直流稳压电源，正弦波振荡器，无线电广播和接收机，脉冲与数字电路，黑白电视机基础共十章。本书力求简明易懂，便于自学，每章有一定数量例题、思考题和习题，书后附有实验。

本书可作为教育学院、函授学院及师范专科学校开设《电子线路》课程的试用教材，也可作为中学物理教师及电子爱好者的参考用书。

前 言

本书是根据1984年教育部师范教育司颁发的中学教师进修专科、本科《电子线路基础》教学大纲，参考1982年师专《电子线路》教学大纲，在自编师专《电子线路》讲义的基础上，广泛征求了意见，经集体讨论、修改、编写而成的。在编写过程中，结合编者多年的教学经验，力求做到以下几点。

1. 处理好内容多、教学时数少的矛盾。根据大纲的要求，仔细地慎重地精选了内容，每章中选出最基本、最有代表性的电路作为研究对象，不搞电路大全。对所选的内容力求讲深讲透，避免浓缩，尽管教学是以分立元件为主，但为了适应电子技术集成化的需要，我们适当地增加了集成电路的内容。

2. 注重教法，适合自学，本书用通俗易懂的语言，由浅入深，由感性到理性，由特殊到一般；强调对概念和基本原理的讲深讲透的同时，特别注重分析方法的探讨，而不注重严密的数学推导；坚持理论联系实际，通过较多的例题，启发学生思路，以提高学生自学和分析问题的能力。书后选有一定数量的习题和思考题，与教学内容紧密配合。

3. 注重讲清难点。根据历年学生的疑难问题，我们着重研究了处理方法。如放大器中的负反馈历来是教学中的一个难点，我们从四种负反馈放大器入手，着重讲清反馈的概念、负反馈类型的判别，以及负反馈对放大器性能的影响。较复杂的计算用 $\bullet$ 号表示，目的在于使教学重点更加突出。在用等效电路分析放大器时，由全微分方程直接导出三极管 h 参数等效电路比较抽象，我们从三极管特性曲线引入，则比较直观。有助于问题的理解，便于教学。

本书由李元华、李秀山、唐朝仁主编，实验部分由高万新、王革执笔。

参加编写的有冯玉良、苏玉、佟吉才、杨沛玉、张永安、酆良弼、赵维刚、顾延仲、曹宏钧，还有张文学、黄东白。

本书在编写和审稿过程中，得到下列同志的热情指导和帮助，他们是河北承德教育学院陈健、辽宁师专物理中心教研组齐振昌、哈尔滨师专杜凯，陕西宝鸡教育学院忻元华，四川绵阳师专廖运策，山西临汾教育学院孙永奇、邯郸师专苏培熙、山东潍坊教育学院于学厚、营口教育学院黄鸿书、兰州教育学院顾仲凯、本溪教育学院赵志仁等。本书由北京师范大学无线电电子学系贾书圣副教授审定。在此对上述各位同志表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中一定存在着错误和不妥之处，恳切希望兄弟院校的师生和广大读者批评指正。

编者

绪 论

一、电子学发展简史

电子学是一门新兴的学科，从它诞生到现在只不过一百多年的历史，但它却以十分惊人的速度发展着。

1831年英国科学家法拉第，提出了电场和磁场的理论。

1864年英国物理学家麦克斯韦严格论证了法拉第电场和磁场的理论，并发展为统一的电磁场理论，预言了电磁波的存在。但当时由于他的论证数学过于复杂，位移电流也没有观察到，并且当时牛顿力学占统治地位，所以他的理论，引起了许多争论，没有被人们所承认。

到1888年德国物理学家赫兹，用实验的方法证明了电磁波的存在，尽管当时收发距离很近，但它却有着划时代的意义，证明不用电线也能传送信号。

1895年前后，意大利科学家马可尼和苏联科学家波波夫，分别在本国实现了1500米和200米的无线电通讯。

1901年横跨大西洋的无线电报实验成功，无线电通讯开始取代有线电通讯，前者比起后者，只推迟了43年。

到了1906年，美国的德·福雷斯特发明了真空电子三极管。电子管可以完成整流、放大、检波、调制、振荡等任务，它推动了整个无线电事业的发展。

1919年美国的阿姆斯特朗研究出超外差式接收机。1928年茨沃金发明了光电摄像管，之后，他便从事电视的研制工作。1941年美国开始电视广播。1946年世界上第一台电子计算机诞生，它用去了一万八千只真空电子管。

在二十到五十年代,所有无线电设备,全都采用电子管,电子管被称为无线电的心脏。这一时期,无线电主要用于通讯方面。

1948年巴丁和布拉顿发明了点接触型晶体管。1950年美国研制彩色电视获得成功。1951年制成了面接触型晶体三极管。晶体管具有体积小、重量轻、耗电省、寿命长等一系列优点。所以得到了突飞猛进的发展。到了60年代,许多无线电设备中的电子管都被晶体管所取代。

1963年第一次实现了利用卫星的电话通讯。

还需说明的是,在第二次世界大战中,由于战争的需要,迫使电子学跳出通讯范围,向雷达、导航等军事电子学方面发展,为电子学增添了许多新的内容。

1958年第一次出现了小规模集成电路。1972年制成了大规模集成电路。1981年出现了多功能超大规模集成电路。1984年制成了输出功率可达200W、输出电流达10A的功率集成电路。

目前,电子计算机正向有判断能力,能识别语言和图象的第五代产品发展。

在我国使用计算机的热潮已经掀起,彩色电视机的普及已经开始,家用电视机直接接收卫星电视广播的时代,已经为期不远。

二、电子学的基本内容

电子学的发展如此迅速,它所研究的对象正在不断地扩展。特别是60年代以来,许多重要的发明,如集成电路、控制论、计算机、激光技术等,都为电子学开拓了许多新领域。但可以概括地说,它的基本内容如下:

- (1) 研究电子的运动和电磁波的传播规律;
- (2) 研究电子元器件,以及由器件组成的网路、系统等;
- (3) 研究信息及信息在电路中的传输、反射、组合、分化和变换等;

(4) 研究物理量和电信号之间互相变换的理论和实践问题。

三、电子线路课程的特点

电子线路是以电磁学和电工学为基础的一门应用学科，它与实践有着更为密切的联系。由于它研究的对象是许多错综复杂的电路，以前又接触得较少，因而在学习这门课程时，应注意以下几个特点。

(1) 分析电路原理多，近似计算多。因为它是应用科学，必须弄清电路的工作原理和工作过程，在保证电路能正常工作的前提下，即使设计、计算有点误差也是完全允许的，而不必象普通物理学那样，强调严密的推导和准确无误的计算。

(2) 电路种类多，体系显得松散。在现代电子技术中，必须组成各种各样的电路，以满足不同的工作需要，每种电路各有自己的特殊要求，从整体上看，结构不够紧凑。不象基础理论那样，围绕着某一个定理或定律，有系统地进行讨论。

(3) 分析方法多。由于电路各异，分析研究的方法就不同，如模拟电路中有微变等效电路法、图解法、方框图法；数字电路中有逻辑代数法、卡诺图、状态转换图等方法。这些都是以前所没有接触过的。

电子线路是学生颇感兴趣的课程，因为它与实际有着密切的联系，它详细地分析了收音机、电视机、扩音机等各部分的基本电路，也为研究自动控制、计算机等打下了一点基础。它与一般的修理指导书相比，有着更广泛的理论指导意义。由于它存在着上述“三多”现象，往往使初学者感到不习惯。我们必须迅速熟悉这门课程的特点，掌握其分析方法，注重理论联系实际，将它学好，以适应电子技术飞速发展的需要。

目 录

结论	(i)
第一章 半导体二极管和三极管	(1)
§1-1 半导体基础知识	(1)
一、 半导体导电特性	(1)
二、 本征半导体	(2)
三、 杂质半导体	(3)
§1-2 PN 结的形成及其单向导电性	(4)
一、 自由状态下的 PN 结	(5)
二、 PN 结的单向导电性	(6)
§1-3 半导体二极管	(7)
一、 二极管的伏安特性曲线	(8)
二、 二极管的主要参数	(9)
§1-4 稳压管	(11)
一、 稳压管的稳压作用	(11)
二、 稳压管的参数	(12)
§1-5 三极管的结构及其放大作用	(13)
一、 三极管的结构	(14)
二、 三极管内部载流子运动过程	(14)
三、 三极管的放大作用	(16)
§1-6 三极管的特性曲线	(17)
一、 三极管的三种接法	(17)
二、 三极管的特性曲线	(18)
§1-7 三极管的参数	(22)
一、 电流放大系数	(22)
二、 极间反向电流	(23)
三、 极限参数	(23)
四、 频率参数	(24)

附录: 半导体器件型号命名方法	(25)
思考题和习题	(25)
第二章 放大器基础	(28)
§2-1 基本放大器	(28)
一、基本放大器的组成	(28)
二、有关放大器的几个基本概念	(30)
三、放大器的主要性能指标	(32)
四、增益及其分贝表示	(34)
§2-2 放大器的图解分析法	(35)
一、用图解法确定静态工作点	(36)
二、静态工作点的估算	(39)
三、放大器的动态图解分析	(40)
四、静态工点与波形失真的关系	(46)
§2-3 放大器等效电路分析法	(47)
一、三极管的等效电路	(48)
二、用简化 h 参数等效电路分析放大器	(49)
§2-4 静态工作点稳定的放大电路	(54)
一、分压式电流负反馈偏置电路	(54)
二、集电极-基极偏置电路	(57)
三、采用热敏电阻补偿方式的放大器	(58)
§2-5 用简化的 h 参数等效电路分析射极输出器	(59)
§2-6 多级小信号放大器	(62)
一、电路的组成	(62)
二、放大倍数	(63)
三、放大器的输入电阻	(64)
四、放大器的输出电阻	(64)
§2-7 阻容耦合放大器的频率特性	(66)
• §2-8 晶体三极管完整的 h 参数及其等效电路分析法	(69)
§2-9 场效应管放大器	(78)
一、N沟道增强型场效应管 (NMOS)	(79)

二、 N沟道耗尽型绝缘栅场效应管	(82)
三、 场效应管放大器	(83)
思考题和习题	(86)
第三章 负反馈放大器	(91)
§3-1 反馈的基本概念	(91)
一、 反馈的概念	(91)
二、 负反馈方框图	(92)
三、 负反馈放大器的放大倍数	(93)
§3-2 负反馈放大器的四种基本类型	(94)
一、 电流串联负反馈	(94)
二、 电压串联负反馈	(95)
三、 电流并联负反馈	(97)
四、 电压并联负反馈	(98)
§3-3 负反馈对放大器性能的影响	(100)
一、 负反馈能提高放大器放大倍数的稳定性	(100)
二、 负反馈能减小非线性失真	(101)
三、 负反馈能展宽通频带	(102)
四、 负反馈能改变放大器的输入和输出电阻	(102)
§3-4 简单负反馈放大器的计算	(104)
• §3-5 负反馈对放大器输入输出电阻影响的定量分析	(105)
思考题和习题	(110)
第四章 直流放大器和集成运放	(113)
§4-1 直流放大器的特殊问题	(113)
一、 级间耦合问题	(113)
二、 零点漂移问题	(114)
§4-2 差分式直流放大器	(115)
一、 差分放大器的工作原理	(115)
二、 典型差分放大器电路的分析	(118)
三、 差分放大器的改进	(123)
四、 差分放大器的四种接法	(125)

§4-3	集成运算放大器	(127)
一、	集成电路及其分类	(127)
二、	集成运算放大器的电路结构	(128)
三、	集成运放的基本特性	(130)
§4-4	集成运放的应用举例	(131)
一、	反相放大器、同相放大器和跟随器	(132)
二、	数学运算	(134)
三、	电桥放大器	(135)
◆§4-5	集成运放的调零和补偿	(136)
	思考题和习题	(138)
第五章	低频功率放大器	(140)
§5-1	功率放大器概述	(140)
§5-2	甲类功率放大器	(141)
一、	甲类功放的输出功率	(143)
二、	甲类功率放大器的效率	(145)
三、	功率放大管选择	(146)
§5-3	乙类推挽功率放大器	(146)
一、	乙类推挽功率放大器的电路结构	(147)
二、	乙类推挽功率放大器的工作原理	(148)
三、	乙类推挽功率放大器的交越失真	(149)
§5-4	互补对称推挽功率放大器	(149)
一、	互补对称推挽功率放大器的基本结构	(150)
二、	工作原理	(150)
三、	最大不失真输出功率的图解分析	(151)
四、	互补对称推挽功率放大器的实际电路	(154)
五、	无输出电容的互补对称推挽功率放大器	(157)
六、	复合管准互补推挽功率放大器	(157)
◆§5-5	集成功率放大器简介	(160)
§5-6	晶体管扩音机	(163)
一、	性能参数	(163)

二、扩音部分的电路分析.....	(184)
思考题和习题	(166)
第六章 直流稳压电源	(168)
§6-1 整流电路	(168)
一、半波整流电路	(168)
二、全波整流电路	(170)
三、桥式整流电路.....	(172)
§6-2 滤波电路	(173)
一、电容滤波电路.....	(174)
二、电感滤波电路.....	(177)
三、复式滤波电路.....	(178)
四、有源滤波器.....	(179)
§6-3 稳压管稳压电路	(181)
一、稳压原理.....	(181)
二、限流电阻的选择.....	(182)
§6-4 串联型晶体管稳压电路	(183)
一、简单的晶体管串联型稳压电路	(183)
二、带有直流放大器的稳压电路.....	(184)
三、提高晶体管稳压电源性能的措施.....	(189)
四、晶体管稳压电源举例.....	(192)
思考题和习题.....	(195)
第七章 正弦波振荡器.....	(198)
§7-1 产生自激振荡的条件.....	(198)
一、LC并联谐振回路的特点.....	(198)
二、振荡器自激振荡的条件.....	(199)
§7-2 LC正弦波振荡器.....	(201)
一、变压器耦合式振荡器.....	(201)
二、电感三点式振荡器.....	(202)
三、电容三点式振荡器.....	(203)
四、改进型电容三点式振荡器.....	(204)

§7-3	RC桥式振荡器	(206)
一、	RC串、并联网络的选频特性	(206)
二、	桥式振荡器的基本原理	(207)
思考题和习题		(209)
第八章	无线电广播和接收机	(212)
§8-1	无线电广播的基本知识	(212)
一、	无线电广播的基本原理	(212)
二、	调制	(212)
三、	无线电波的传播	(213)
四、	无线电波的波段划分	(213)
§8-2	调幅与检波	(214)
一、	调幅原理	(214)
二、	调幅电路	(218)
三、	检波	(220)
§8-3	调频	(222)
一、	调频波的特点	(222)
二、	调频波分析	(222)
三、	调频与调幅的比较	(224)
四、	调频电路	(224)
五、	解调	(225)
§8-4	变频	(226)
一、	变频原理	(227)
二、	变频电路	(227)
§8-5	中频放大器	(229)
一、	单调谐放大器	(230)
二、	双调谐放大器	(231)
三、	参差调谐放大器	(232)
四、	中频放大器	(233)
§8-6	晶体管超外差式收音机	(234)
一、	输入回路	(234)

二、 五点统调.....	(235)
三、 自动增益控制电路.....	(238)
四、 整机电路分析.....	(240)
五、 集成电路收音机简介.....	(242)
思考题和习题.....	(244)
第九章 脉冲与数字电路.....	(246)
§9-1 脉冲的基本概念	(246)
§9-2 晶体管开关特性	(247)
一、 二极管开关特性.....	(248)
二、 三极管的开关特性.....	(248)
三、 三极管的开关时间.....	(251)
四、 加速电容的作用.....	(252)
§9-3 微分和积分电路	(253)
一、 微分电路.....	(253)
二、 积分电路.....	(255)
§9-4 双稳态触发器	(256)
一、 两个稳定状态.....	(257)
二、 两种稳定状态的转换.....	(258)
三、 触发方式.....	(259)
§9-5 射极耦合单稳态触发器	(261)
§9-6 自激多谐振荡器	(263)
§9-7 锯齿波发生器	(264)
一、 锯齿波电压产生的原理.....	(265)
二、 简单的锯齿波发生器.....	(266)
§9-8 数字电路概述	(266)
§9-9 基本逻辑关系及门电路	(267)
一、 与逻辑和与门电路.....	(267)
二、 或逻辑和或门电路.....	(269)
三、 非逻辑和非门电路.....	(270)
四、 与非门电路.....	(271)

§9-10	集成逻辑门电路——TTL与非门	(272)
§9-11	MOS逻辑门电路	(274)
一、	NMOS反相器	(274)
二、	NMOS门电路	(275)
三、	CMOS反相器	(275)
四、	CMOS门电路	(276)
§9-12	数字电路的基本分析方法	(277)
一、	逻辑代数的三种基本运算	(277)
二、	逻辑函数的化简	(278)
三、	真值表、逻辑函数与逻辑图	(279)
§9-13	集成电路触发器	(281)
一、	基本RS触发器	(281)
二、	同步RS触发器	(282)
三、	主从JK触发器	(284)
四、	主从T触发器	(286)
五、	主从T'触发器	(286)
六、	主从D触发器	(286)
§9-14	基本逻辑部件	(287)
一、	数码寄存器	(287)
二、	加法器	(289)
三、	计数器	(292)
四、	编码器	(296)
五、	译码器	(296)
六、	数字显示	(298)
	思考题和习题	(298)
第十章	黑白电视机基础	(301)
§10-1	黑白电视原理	(301)
一、	电视广播和接收的基本过程	(301)
二、	光电转换原理	(301)
三、	扫描运动	(304)