

面向 21 世纪课程教材配套书

电子技术(电工学 II)学习指导

天津大学电工学教研室 编

刘全忠 主编



A1008889

天津大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术(电工学Ⅱ)学习指导/刘全忠主编. —天津:天津大学出版社, 2000. 7

面同 21 世纪课程教材配套书籍

ISBN 7-5618-1309-0

I. 电... II. 刘... III. ①电子技术-教学参考资料
②电工-理论-教学参考资料 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 63857 号

出 版 天津大学出版社
出版人 杨风和
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
印 刷 天津市宝坻县第二印刷厂
发 行 新华书店天津发行所
开 本 787mm×1092mm 1/32
印 张 5.875
字 数 147 千
版 次 2000 年 7 月第 1 版
印 次 2000 年 7 月第 1 次
印 数 1—6 000
定 价 9.00 元

前 言

天津大学电工学教研室编写的教育部电工电子学科“九五”规划,面向 21 世纪电工学课程教材分两册,一册是《电工技术(电工学Ⅰ)》,由姚海彬教授主编,另一册是《电子技术(电工学Ⅱ)》,由刘全忠教授主编。经过两年试用,于 1999 年 9 月由高等教育出版社出版。为了帮助学生更好地学习这门课程,我们又编写了一套与教材配套的学习指导书。本书是与《电子技术(电工学Ⅱ)》配套的学习指导书。这套书也可作为教师的教学参考书。

本书由“教材的特点”、“教学基本要求和学习提示”、“习题解答”和“教学学时分配”等几部分组成。

“教材的特点”说明作为面向 21 世纪的崭新教材应具备的几个特点,即与过去“传统”教材的不同之处。

“教学基本要求”是要求学生必须学会的基本内容,它是根据原国家教委颁布的“《电子技术(电工学Ⅱ)》课程的教学基本要求(1995 年修订版)”和由原国家教委电工学课程教学指导小组制定,并经教育部鉴定通过的“全国普通高等学校电工学(电子技术)试题库”试题编写细目编写的。本书参照课程的教学基本要求和试题库试题编写细目,也采用了“了解”、“掌握”和“熟练掌握”三个层次。重点和重要的内容属于“掌握”和“熟练掌握”,其中“熟练掌握”的内容在试卷中出现的概率要高于“掌握”的内容。其余的内容属于“了解”,即需要学生“知道”或“学会”。教材中有些章节的内容超出教育部颁发的教学基本要求,属于加深、加宽的内容,应由各院校根据具体

专业情况取舍。对于这部分内容,大部分划入“了解”的层次,但也有个别内容归入“掌握”或“熟练掌握”的层次。

“学习提示”简述各章节的重要概念和基本内容,指明各章的重点和难点以及需要学生掌握的主要内容。

“习题解答”对教材中全部习题作了详细的解答,给出解题过程和答案。

“教学学时分配”包括课堂教学和实验教学两部分的学时,根据教育部颁发的教学基本要求,本课程的实验教学学时应占总学时的 $1/4$ 。本书给出总学时数为 70、64 和 55 三种情况,各章节内容的取舍、学时的分配和实验的安排,供教师教学参考。

本书由刘全忠主编,参加“习题解答”部分编写的有贾贵玺(1、5 章)、刘文豪(2、3、4 章)、刘曼华(6、8 章)、刘全忠(7、9、10 章),其余部分均由刘全忠编写,主编对全书作了认真的审阅,并最后定稿。徐芳兰参加了本书全部内容的整理和打印工作。

由于编者水平和经验有限,书中难免存在不妥或错误之处,希望使用本书的教师和学生提出宝贵意见。

编 者

2000 年 1 月于天津大学

目 录

教材的特点	1
教学基本要求和学习提示	6
第1章 半导体器件	6
第2章 基本放大电路	8
第3章 负反馈放大器	12
第4章 集成运算放大器的应用	14
第5章 电力电子技术	16
第6章 逻辑门电路和组合逻辑电路	18
第7章 时序逻辑电路	21
第8章 脉冲波形的产生和整形	24
第9章 模拟量与数字量的转换	26
第10章 存储器	27
习题解答	29
第1章 半导体器件	29
第2章 基本放大电路	37
第3章 负反馈放大器	52
第4章 集成运算放大器的应用	57
第5章 电力电子技术	77
第6章 逻辑门电路和组合逻辑电路	88
第7章 时序逻辑电路	125
第8章 脉冲波形的产生和整形	152
第9章 模拟量与数字量的转换	165
第10章 存储器	172

教学学时分配.....	174
一、总学时:70	174
二、总学时:64	176
三、总学时:55	178

教材的特点

一、教材内容作到重点保证“三基”的要求

根据原国家教委对本课程制定的“基本要求”,重点保证基本理论、基本知识和基本技能方面的内容,加强“三基”的培养和训练。当然,“三基”的内容并不是一成不变的,随着科技的不断发展也在不断的变化和更新。比如,随着数字电子技术的迅速发展,特别是数字电子计算机的广泛应用,教材中数字电子技术的内容应有所增加。本教材的数字电子技术部分占总内容的 55%,已超过模拟电子技术部分。模拟电子技术部分的篇幅虽比“传统”的教材大大减少,但其中集成电路的内容得到了加强,如放大器的章节,已由分立元件重点转向集成电路,其“三基”内容必须作相应的调整,由过去对内部电路的分析,如工作点设置、静态、动态分析,转为重点研究放大器(含集成电路)的外部特性,突出建立放大倍数、输入电阻、输出电阻、频率特性、失真等基本概念。删去了分立元件多级放大电路和差动放大电路的静态、动态分析。放大器的重点放在集成放大器,故而单列出“集成运算放大器的应用”一章,对集成运算放大器在模拟运算、测量、信号处理、波形产生等方面的应用作了深入的讨论。

另外,“三基”的培养和训练,要符合学生的认识规律,注意由浅入深、循序渐进,并要与现代科技水平相适应。比如基本放大器仍然从分立元件入手,从单管放大到差分放大和多级放大,再引出集成放大器,逐步建立起放大器外部特性的各

种重要概念和分析方法。反馈概念的建立,从分析分立元件电路入手转为以分析集成电路为主,这种改变不但利于学生对反馈概念的掌握,而且也符合目前大量使用集成电路的实际。在数字电路部分,如逻辑门、触发器以及由它们组成的寄存器、计数器等介绍,重点在于掌握它们的基本概念和逻辑功能,对内部电路不作过多要求,而对中规模集成电路寄存器和计数器的功能和使用方法给予足够的重视。出于同样考虑,在组合逻辑电路中,建立起基本概念和分析方法后,重点给出多种集成电路组合逻辑部件,并注重培养学生在使用这些部件方面的基本知识和基本技能。

二、教材内容充分反映现代科技的新成果、新技术

为适应社会对人才的需求,教材必须要充分反映出当代先进的科学技术水平。近二三十年来,电子技术的发展可谓日新月异,新器件、新技术、新成果不断涌现,它们强烈冲击着电子技术的传统内容,有的甚至彻底改变过去传统的知识结构和系统设计的方法。比如,各种新型电力电子器件的出现,导致电力电子技术这门新型交叉学科的诞生,并使之得到迅速发展。因而教材新增加了“电力电子技术”一章,将传统的整流、滤波内容纳入其中,并系统地介绍了整流(AC—DC 转换)、稳压(DC—DC 转换)和逆变(DC—AC 转换)电路。可编程逻辑器件的出现,开辟了逻辑部件的一个新的领域,使许多控制系统的设计变得更加简便、灵活。这部分内容作为单独一节放在“时序逻辑电路”一章中。在“存储器”一章中,只介绍半导体存储器已远远不够,教材中增加了磁盘存储器和光盘存储器的内容,以适应目前大量使用计算机的需要。另外,在“半导体器件”一章中,增加了“光电器件”一节,在“模拟量与数字

量的转换”一章中增加了“数据采集系统”一节等。

三、教材内容突出应用知识

对非电专业的人才培养,学习“电子技术”这门课程应侧重于电子技术的应用,这已是电工学界的共识,这一观点作为编写教材的指导思想和内容取舍的一个重要原则。

1. 从应用角度出发,重点介绍集成电路

对于元、器件尽量避免讨论其内部机理,分立元件电路尽量精简,只要能引出分析方法和所需的概念即可。重点介绍集成电路,主要研究它们的外部特性和功能,培养和训练学生对集成电路的使用技能。同时在教材中引入大量的集成电路功能块,如集成电路稳压块(W78 $\times\times$, W79 $\times\times$)、多功能寄存器块(74LS194)和多功能计数器块(74LS161、290)等,并介绍了它们的使用方法。

2. 与计算机应用相适应,加强接口电路的内容

由于计算机的广泛使用,模拟量与数字量之间的接口电路作为电子技术中的一部分重要内容给予足够的重视。本教材重点介绍了比较器、数/模转换器、模/数转换器等接口电路,并均给出它们的集成电路模块,以便实际应用。

3. 联系实际,加强综合训练,引入必要的应用实例

在掌握基本理论、基本知识的基础上,加强综合知识的训练是当前培养人才的一个重要方面。教材中引入大量的应用实例,如具有高可靠性的混合冗余系统,用于控制的顺序控制器以及广泛使用的转速数字测量、计时显示系统和波形发生器等。并将数据采集系统作为专门的一节进行了详细的讨论,包括温度采集—控制闭环系统、多点数据采集系统等。这些实例的引入,不但能加深学生对基本理论、基本知识的理解,而

且也开拓了眼界,联系了专业实际,有利于人才的培养。

四、教材具有足够大的信息量

随着电子技术的飞速发展,在这个领域不断涌现的新技术、新成果理应及时地反映到教材中去。从培养人才、适应社会需要考虑,增大教材的信息量也是一个必然的趋势。当然,教材中不同内容的介绍方法应该有所不同,有的需要系统、详细地讨论,有的只给出结构框图或原理框图即可。重要的是要让学生知道或了解当前大量使用的先进产品和当代的技术水平,使人才的知识结构不脱离社会的需求。教材信息量增大,为教师提供了丰富的教学内容和各类不同专业对内容取舍的选择余地。也有利于学生自学,开拓学生视野和思路。

五、教材具有“组合式”结构

本教材在保持电子技术知识体系完整性的同时,各章节之间又有相对的独立性。除了“最基础”的章节外,其他章节学习的次序可以根据专业需要或教学条件灵活组合。比如,在半导体器件(第1章)学完以后,可以先学模拟电子技术(第2章~5章),也可先学数字电子技术(第6章~10章)。

由于教材结构是“组合式”的,根据不同的专业需要和教学学时,在必学“最基础”章节的前提下,可以取舍教材中的不同章节,构成具有不同内容的组合式教材。本教材建议适用的教学学时范围约为55~70学时(含实验学时)。具体的取舍方法请参考本书的最后一部分“教学学时分配”。

六、教材便于教与学

为了使教材便于教与学,除了在教材的结构和内容的叙述上作了仔细的推敲外,又特别增加了下列两个方面的内容。

1. 配有多种类型的例题、思考题和习题

例题一般是用来巩固基本知识,或联系实际、扩展基本内容,多数不必讲述,学生可自学理解。每节后面的思考题是供学生学完本节内容后复习和加深理解而用。各章的习题大致可分为三种类型:一是在“基本要求”范围内的习题,用于加强概念,理解、掌握“基本要求”的内容;二是较难题,用于加深理解,起到举一反三之功用;三是接近实际的应用题,用于开拓学生视野,掌握实际应用知识。为便于教与学,教材附录中给出部分习题的答案。

2. 每章配有概述和小结

在每章的开始,都有一段简短的概述,指明本章的主要内容、重要概念以及学习本章的重要性等,使学生在学本章前对它们有一个大概的了解,有利于提高学生学习的积极性和自觉性。在每章的最后有“本章小结”,对本章的主要内容和重要概念进行简明、扼要的总结,其内容不必讲解,它是学生在学完本章后,对全章内容进行复习和小结的一个纲要,便于学生加强理解和熟练掌握本章的主要内容和重要概念。

教学基本要求和学习提示

第 1 章 半导体器件

一、教学基本要求

(1) 了解半导体二极管的导通、截止条件, 伏安特性和主要参数。

(2) 了解稳压管的稳压原理和主要参数, 以及稳压管稳压电路的连接。

(3) 了解晶体三极管的类型, 掌握电流分配、主要参数、特性曲线和放大、饱和、截止三种工作状态。

(4) 了解场效应晶体管(增强型绝缘栅场效应管和耗尽型绝缘栅场效应管)的特性曲线和主要参数。

(5) 了解半导体光电器件的种类和特点。

二、学习提示

半导体器件是用半导体材料制成的电子器件, 如二极管、稳压管、晶体三极管、场效应晶体管和光电器件等, 它们是构成电子电路最基本的元器件。

重点是掌握各种半导体器件的外部特性(电压—电流关系), 以及晶体三极管基极电流对集电极电流、场效应晶体管栅极电压对漏极电流的控制作用。

§ 1.1 半导体的基本知识与 PN 结

纯净的半导体为四价元素, 并具有共价键结构。由于热激发产生“电子”和“空穴”, 它们成对出现, 其数量受温度的影

响。在纯净半导体中掺入五价元素形成的 N 型半导体,具有大量的“电子”;而在纯净半导体中掺入三价元素形成的 P 型半导体,具有大量的“空穴”。

采用适当工艺将 P 型半导体和 N 型半导体紧密集合而形成 PN 结。PN 结具有单向导电性,加正向电压时 PN 结导通,加反向电压时 PN 结截止。

§ 1.2 半导体二极管

二极管由 PN 结组成,因而同样具有单向导电性。伏安特性的正向电压区域呈非线性,当正向电压小于死区电压时,正向电流近似为零,正向导通时的正向电压为 0.6 伏~0.7 伏(硅管)。伏安特性的反向电压区域反向电流近似为零,当反向电压达到击穿电压时,二极管反向击穿,造成二极管的损坏。

§ 1.3 稳压管

稳压管是一种特殊的二极管,它的伏安特性与普通二极管类似,但可以工作在反向击穿状态。反向击穿时,流过稳压管的电流可以在较大范围内变化,而两端的电压基本保持不变。利用稳压管的这种稳压特性,与调整电阻 R 相配合,可组成稳压管稳压电路。

§ 1.4 晶体三极管

晶体三极管具有 NPN 型和 PNP 型两种结构,它们的工作原理相同,只是电源极性相反而已。

晶体三极管的输入特性与二极管的伏安特性类似,呈非线性。输出特性具有恒流性和非线性,在放大区域集电极电流呈恒流特性,其大小与集、射极电压基本无关,只随基极电流变化,呈现出基极电流对集电极电流的控制作用,两者成线性关系;在饱和区域和截止区域基极电流失去对集电极电流的

控制作用,两者成非线性关系。

用基极电流的大小判断三极管的工作状态:基极电流为零时,工作在截止区域;基极电流大于集电极饱和电流对应的基极电流时,工作在饱和区域;基极电流在两者之间工作在放大区域。

§ 1.5 场效应晶体管

绝缘栅型场效应晶体管具有 N 沟道和 P 沟道两种结构,它们的工作原理相同,只是电源极性相反而已。每种结构的场效应晶体管又分为增强型和耗尽型两类。

场效应晶体管的外部特性与晶体三极管类似,所不同的是:晶体三极管是用基极电流控制集电极电流,而场效应晶体管是用栅极电压控制漏极电流。因而,前者为电流控制元件,后者为电压控制元件。

§ 1.6 光电器件

发光二极管是一种常用的半导体显示器件,和普通二极管相比,在正向导通时可以发出可见光。

光敏二极管其反向电流随光线强度的增加而增加。

光敏三极管由光敏二极管和三极管结合而成,其集电极电流随光线强度的增加而增加。

光电耦合器由发光二极管和光敏三极管组装而成。

第 2 章 基本放大电路

一、教学基本要求

(1)了解放大的概念和放大器的主要指标。

(2)了解放大器的组成和各元件的作用,掌握静态分析和动态分析方法,掌握电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的概

念和计算。了解非线性失真。

(3)了解静态工作点不稳定的原因及工作点稳定的电路。

(4)掌握射极跟随器的特点,了解它的用途。

(5)了解场效应晶体管的组成及特点。

(6)了解多极放大器的耦合方式,阻容耦合放大器的频率特性和频率失真。

(7)了解直接耦合放大器的零点漂移、共模信号、差模信号和共模抑制比,典型差分放大器的特点及输入、输出方式。

(8)了解功率放大器的三类工作状态和OTL功率放大器的原理和特点。

(9)了解集成运算放大器的基本组成、电压传输特性和主要参数。

二、学习提示

利用三极管的可控性可以组成放大电路。“放大”的实质是用微小能量的信号(如电流或电压)控制较大能量的传输。基本放大电路有晶体管放大电路、工作点稳定的放大电路、射极跟随器、场效应晶体管放大电路、多级放大电路、差分放大器、功率放大器和集成运算放大器等。

重点是放大器的分析方法以及与放大有关的一系列重要概念,如放大、放大倍数、输入电阻、输出电阻、失真等,为学习和使用集成电路放大器打好基础。

难点是放大电路的动态分析以及差分放大器。

§ 2.1 放大器概述

通过放大器的框图,了解与放大器有关的一些重要概念,如放大倍数、输入电阻、输出电阻、输出动态范围等,为以后展开深入的讨论打下基础。

§ 2.2 晶体管放大电路

用三极管可以组成放大电路,放大电路的性能要经过静态分析和动态分析来确定。

静态分析的目的是确定静态工作点,可以用图解法和估算法。通过调整基极电流,静态工作点应设置在放大区域的中间。若工作点偏高会出现饱和失真,而工作点偏低会出现截止失真。

动态分析的目的是确定放大电路的动态性能指标,可以用小信号模型分析法和图解法。小信号模型是指在输入交流电压(小信号)单独作用下放大电路的等效电路。通过小信号模型可以计算放大电路的各种动态性能指标,如放大倍数、输入电阻、输出电阻等,并找到改善这些指标的途径。图解法是用晶体管的输入特性曲线和输出特性曲线,通过作图的方法来分析放大过程、输出动态范围和产生失真的情况等。

§ 2.3 工作点稳定的放大电路

共射极放大电路的静态工作点受温度等因素的影响而发生偏移,采用分压式偏置电路(含射极电阻 R_E)可以有效地稳定静态工作点,但却降低了放大倍数。射极电阻 R_E 与旁路电容 C_E 并联,可以消除射极电阻对放大倍数的影响。

§ 2.4 射极跟随器

射极跟随器是一种共集电极放大电路,其电压放大倍数近似等于 1,但具有输入电阻高、输出电阻低的特点。广泛用来作为放大器的输入级或输出级。

§ 2.5 场效应晶体管放大电路

场效应晶体管放大电路的结构和分析方法与晶体管放大电路基本相同,由于场效应晶体管是电压控制元件,因而放大

电路具有极高的输入电阻。

§ 2.6 多级放大电路

多级放大电路的耦合方式有直接耦合和阻容耦合两种。总的电压放大倍数等于各级电压放大倍数的乘积。阻容耦合多级放大电路的幅频特性呈带通状,若输入信号的频率超出幅频特性的通频带,会产生频率失真。增大旁路电容 C_E ,减小晶体管结电容,都可有效地加宽通频带,减小频率失真。

§ 2.7 差分放大器

变化缓慢的直流信号可以用直接耦合放大电路放大,零点漂移是直接耦合放大电路的突出问题。两边对称的差分放大器可以有效地抑制零点漂移。实用的差分放大器在发射极电路引入电阻或恒流源,可以大大提高抑制零点漂移的能力。差分放大器对差模信号有放大作用,对共模信号,电路对称时无放大能力。差分放大器具有四种输入—输出方式。单端输出的放大倍数是双端输出放大倍数的一半,单端输入的放大倍数与双端输入的放大倍数相同。双端输入—单端输出差分放大器具有一个同相输入端和一个反相输入端,它是集成运算放大器的基本输入—输出方式。

§ 2.8 功率放大器

功率放大器要求在失真尽可能小的情况下,输出足够大的功率,并要求有较高的效率。根据静态工作点位置不同,可分为甲类、乙类和甲乙类三种类型。无输出变压器功率放大器(OTL)是一种互补对称的射极跟随器,两管轮流工作,在负载端得到完整的电压波形。为消除交越失真通常工作在甲乙类状态。